



## **Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

PARA GESTIONAR RECURSOS DEL SUBPROYECTO:

**DRENAJE PLUVIAL DE CHETUMAL DEL TRAMO COMPRENDIDO DE LA INTERSECCIÓN DE LA AV. ERICK PAOLO MARTÍNEZ CON LA AV. CONSTITUYENTES A LA INTERSECCIÓN DE LA C. IGNACIO MANUEL ALTAMIRANO CON SALVADOR ALVARADO.**

DEL PROYECTO INTEGRAL DE:

**“DRENAJE PLUVIAL DE CHETUMAL, CON INICIO EN LA INTERSECCIÓN DE LA AV. ERICK PAOLO MARTÍNEZ CON LA AV. CONSTITUYENTES Y DESEMBOCADURA EN EL BOULEVARD BAHÍA”**

**DICIEMBRE 2019**

## Tabla de Contenido

<b>I</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>8</b>
<b>II</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL DEL PPI .....</b>	<b>22</b>
II.1	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	22
II.1.1	PROBLEMÁTICA, OPORTUNIDAD O CONDICIÓN NEGATIVA .....	39
II.2	ANÁLISIS DE LA OFERTA ACTUAL O INFRAESTRUCTURA EXISTENTE .....	40
II.2.1	INFRAESTRUCTURA ACTUAL .....	40
II.3	ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL .....	46
II.3.1	CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN OBJETIVO .....	46
II.4	DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA ACTUAL .....	53
<b>III</b>	<b>SITUACIÓN SIN EL PROYECTO DE INVERSIÓN .....</b>	<b>59</b>
III.1	OPTIMIZACIONES .....	59
III.1	ANÁLISIS DE LA OFERTA SIN EL PROYECTO DE INVERSIÓN .....	60
III.2	ANÁLISIS DE LA DEMANDA SIN EL PROYECTO DE INVERSIÓN .....	60
III.3	DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA SIN EL PROYECTO DE INVERSIÓN .....	63
III.4	DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA ADICIONAL DE SOLUCIÓN .....	76
<b>IV</b>	<b>SITUACIÓN CON EL PPI .....</b>	<b>82</b>
IV.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN .....	82
IV.2	ALINEACIÓN ESTRATÉGICA .....	91
IV.3	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA .....	92
IV.4	CALENDARIO DE ACTIVIDADES .....	99
IV.5	MONTO TOTAL DE INVERSIÓN .....	101
IV.6	FUENTES DE FINANCIAMIENTO .....	104
IV.7	CAPACIDAD INSTALADA .....	105
IV.8	VIDA ÚTIL .....	106
IV.9	ASPECTOS MÁS RELEVANTES DE LA VIABILIDAD DEL PPI .....	106
IV.10	ANÁLISIS DE LA OFERTA CON PROYECTO .....	108
IV.11	ANÁLISIS DE LA DEMANDA CON PROYECTO .....	111
IV.12	INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA CON PROYECTO .....	113
<b>V</b>	<b>EVALUACIÓN DEL PPI .....</b>	<b>119</b>
V.1	IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS DEL PPI .....	119
	COSTOS DIRECTOS .....	119
	COSTOS INDIRECTOS .....	121
	EXTERNALIDADES NEGATIVAS .....	121
V.2	IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE BENEFICIOS DEL PPI .....	122
	BENEFICIOS INDIRECTOS .....	126
	EXTERNALIDADES POSITIVAS .....	126
V.3	CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD .....	127
V.4	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	128
V.5	ANÁLISIS DE RIESGOS .....	132
<b>VI</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>133</b>
<b>VII</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>135</b>
<b>VIII</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>136</b>



IX RESPONSABLES DE LA INFORMACIÓN .....137

### Índice de Cuadros

Cuadro I. 1 Metas de las etapas anteriores, Colector Pluvial. ....	10
Cuadro I. 2 Tramos de inicio y fin, colector pluvial principal. ....	11
Cuadro I. 3 Principales Características por Componente, Colector principal. ....	11
Cuadro I. 4 Principales Características por Componente, Colector secundario. ....	12
Cuadro I. 5 Principales Características por Componente, Reposición de pavimentos. ....	12
Cuadro I. 6 Desglose de aplicación de recursos, etapas anteriores. ....	15
Cuadro I. 7 Costos, Consolidado. ....	16
Cuadro I. 8 Beneficios identificados del Proyecto. ....	17
Cuadro I. 9 Rentabilidad del Proyecto. ....	19
Cuadro I. 10 Riesgos asociados al Proyecto, durante la ejecución. ....	20
Cuadro I. 11 Riesgos asociados al Proyecto, durante la operación. ....	20
Cuadro I. 12 Indicadores de rentabilidad del Proyecto. ....	21
Cuadro II. 1 Cálculo de la tasa media de crecimiento poblacional de la ciudad de Chetumal, Othón P. Blanco, Quintana Roo. ....	24
Cuadro II. 2 Proyección de la población para la ciudad de Chetumal, CONAPO (2019-2030). ....	25
Cuadro II. 3 Costos por inundaciones en la zona de influencia del sistema colector 4.- “Soriana” (av. Erick Paolo con Constituyentes del 74), lluvias del 17 al 19 de octubre 2015. ....	39
Cuadro II. 4 Metas de las etapas anteriores, Colector Pluvial. ....	44
Cuadro II. 5 Tramos de inicio y fin, colector pluvial principal. ....	45
Cuadro II. 6 Desglose de Lotes afectados por las inundaciones, situación actual. ....	46
Cuadro II. 7 Desglose porcentual de los comercios de afectados por las inundaciones. ....	47
Cuadro II. 8 Distribución de lotes por colonia, en el área de influencia inmediata del Proyecto, situación actual. ....	49
Cuadro II. 9 Conteo vehicular cruzamiento Av. Erick Paolo con Constituyentes del 74. ....	50
Cuadro II. 10 Costos y molestias a viviendas afectadas por las inundaciones, en la situación actual (\$/viv/año). ....	54
Cuadro II. 11 Composición por tipo de comercios de los costos asociados (\$/comercio/año), por periodo de retorno. ....	54
Cuadro II. 12 Proyección de Lotes afectados por periodo de retorno. ....	55
Cuadro II. 13 Cálculo de los Costos Generalizados de Viaje de los vehículos que transitan por la zona, por periodo de retorno. ....	56
Cuadro III. 1 Desglose de Lotes afectados por las inundaciones, situación sin proyecto. ....	60
Cuadro III. 2 Desglose porcentual de los comercios de afectados por las inundaciones. ....	60
Cuadro III. 3 Conteo vehicular cruzamiento Av. Erick Paolo con Constituyentes del 74. ....	62
Cuadro III. 4 Costos y molestias a viviendas afectadas por las inundaciones, en la situación actual (\$/viv/año). ....	64
Cuadro III. 5 Composición por tipo de comercios de los costos asociados (\$/comercio/año), por periodo de retorno. ....	65



Cuadro III. 6 Proyección de Lotes afectados por periodo de retorno, sin proyecto. .... 65

Cuadro III. 7 Proyección de Costos por Lotes afectados por periodo de retorno, sin proyecto. .... 66

Cuadro III. 8 Proyección de Costos por Lotes afectados por periodo de retorno por su probabilidad estadística de ocurrencia, sin proyecto. .... 67

Cuadro III. 9 Cálculo de los Costos Generalizados de Viaje de los vehículos que transitan por la zona, por periodo de retorno. .... 69

Cuadro III. 10 Proyección de Costos por afectaciones al tránsito, por periodo de retorno, sin proyecto. .... 69

Cuadro III. 11 Proyección de Costos por afectaciones al tránsito, por periodo de retorno por su probabilidad de ocurrencia, sin proyecto. .... 70

Cuadro III. 12 Otros costos atribuibles a las inundaciones ordinarias y extraordinarias, por periodo de retorno. (\$/año). .... 73

Cuadro III. 13 Proyección de Costos por Otros costos atribuibles a las inundaciones, por periodo de retorno, sin proyecto. .... 74

Cuadro III. 14 Proyección de Otros Costos atribuibles a las inundaciones, por periodo de retorno por su probabilidad de ocurrencia, sin proyecto. .... 75

Cuadro III. 15 Costos de inversión, reinversión y de operación y mantenimiento del proyecto de la Alternativa 1 (sin IVA). .... 77

Cuadro III. 16 Costos de inversión, reinversión y de operación y mantenimiento del proyecto (sin IVA). .... 79

Cuadro IV. 1 Metas de las etapas anteriores, Colector Pluvial. .... 83

Cuadro IV. 2 Principales Características por Componente, Colector principal. .... 83

Cuadro IV. 3 Principales Características por Componente, Colector secundario. .... 84

Cuadro IV. 4 Principales Características por Componente, Reposición de pavimentos. .... 84

Cuadro IV. 5 Vialidades de los colectores pluviales principal y secundarios, cuarta etapa (proyecto).. 85

Cuadro IV. 6 Infraestructura en las vialidades del colector pluvial principal, cuarta etapa (proyecto). 85

Cuadro IV. 7 Infraestructura en las vialidades del colectores pluviales secundarios, cuarta etapa (proyecto). .... 86

Cuadro IV. 8 Principales componentes del Proyecto. .... 87

Cuadro IV. 9 Vialidades, colector pluvial principal, etapas anteriores. .... 89

Cuadro IV. 10 Vialidades, colectores pluviales secundarios, etapas anteriores. .... 89

Cuadro IV. 11 Calendario de actividades del proyecto. .... 99

Cuadro IV. 12 Distribución del monto total de inversión del Proyecto por principales Componentes, Etapas anteriores. .... 101

Cuadro IV. 13 Distribución del monto total de inversión del Proyecto por principales Componentes, cuarta etapa. .... 102

Cuadro IV. 14 Calendario de ejecución físico financiero consolidado del proyecto, cuarta etapa (Incluye IVA). .... 104

Cuadro IV. 15 Distribución de la inversión por fuente de financiamiento, por etapa (incluye IVA). ... 104

Cuadro IV. 16 Distribución de la inversión del proyecto por fuente de financiamiento (incluye IVA). 104

Cuadro IV. 17 Vialidades, infraestructura sistema colector pluvial, con proyecto. .... 109

Cuadro IV. 18 Distribución de Lotes afectados por las inundaciones, con proyecto. ....	111
Cuadro IV. 19 Proyección de Lotes afectados por periodo de retorno. ....	112
Cuadro IV. 20 Conteo vehicular cruzamiento Av. Erick Paolo con Constituyentes del 74. ....	113
Cuadro IV. 21 Proyección del costo total anual esperado por Lotes, por periodo de retorno, con proyecto. ....	114
Cuadro IV. 22 Proyección del costo total anual por Tránsito, por periodo de retorno, con proyecto. ....	115
Cuadro IV. 23 Proyección de costos por daños en Tránsito, por periodo de retorno por su probabilidad de ocurrencia, con proyecto. ....	116
Cuadro IV. 24 Proyección del costo total anual esperado por Otros costos (aguas residuales, emergencia, infraestructura), por periodo de retorno. ....	117
Cuadro V. 1 Costos directos (no incluye IVA).....	119
Cuadro V. 2 Flujo anual de costos del proyecto (no incluye IVA).....	120
Cuadro V. 3 Costos indirectos (no incluye IVA).....	121
Cuadro V. 4 Externalidades negativas (no incluye IVA). ....	121
Cuadro V. 5 Beneficios directos (no incluye IVA).....	123
Cuadro V. 6 Flujo anual de Beneficios del Proyecto (no incluye IVA).....	125
Cuadro V. 7 Beneficios indirectos (no incluye IVA).....	126
Cuadro V. 8 Externalidades positivas (no incluye IVA). ....	126
Cuadro V. 9 Indicadores de rentabilidad del Proyecto (no incluye IVA).....	127
Cuadro V. 10 Flujo anual neto del Proyecto (no incluye IVA).....	127
Cuadro V. 11 Resumen del análisis de sensibilidad de las principales variables del Proyecto.....	128
Cuadro V. 12 Análisis de sensibilidad de la variable BENEFICIOS. ....	129
Cuadro V. 13 Análisis de sensibilidad de la variable INVERSIÓN. ....	130
Cuadro V. 14 Análisis de sensibilidad de la variable COSTOS. ....	131
Cuadro V. 15 Análisis de riesgos asociados al proyecto, durante la ejecución. ....	132
Cuadro V. 16 Análisis de riesgos asociados al proyecto, durante la operación. ....	132

## Índice de Figuras

Figura I. 1 Zona Metropolitana de Chetumal.....	13
Figura I. 2 Micro localización Colector Pluvial Erick Paolo (Proyecto).....	14
Figura I. 3 Micro localización, área de influencia del Colector Pluvial Erick Paolo (Proyecto). ....	15
Figura II. 1 Ubicación geográfica del estado de Quintana Roo.....	22
Figura II. 2 Zona Metropolitana de Cancún. ....	23
Figura II. 3 Zona Metropolitana de Chetumal.....	23
Figura II. 4 Etapas de desarrollo y ocupación de la ciudad de Chetumal de acuerdo al Programa de Desarrollo Urbano (PDU,2018). ....	26
Figura II. 5 Precipitación pluvial promedio mensual en la ciudad de Chetumal. ....	27
Figura II. 6 Sistema de drenaje y saneamiento en la ciudad de Chetumal. ....	28

Figura II. 7 Principales colectores pluviales del Sistema de drenaje pluvial existente en la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.....	29
Figura II. 8 Macro y micro cuencas identificadas en la ciudad de Chetumal, Quintana Roo. ....	31
Figura II. 9 Principales zonas de inundación en la ciudad de Chetumal, por cuenca y sistema pluvial colector existente.....	32
Figura II. 10 Modelo Digital de Elevaciones de la Ciudad de Chetumal, Quintana Roo. ....	33
Figura II. 11 Esguerrimiento natural del agua hacia el cruzamiento de la Av. Erick Paolo con Constituyentes del 74 en la zona de influencia del sistema colector 4. “Soriana”. ....	34
Figura II. 12 Afectaciones en el cruzamiento de la Av. Erick Paolo con Constituyentes del 74 de la zona de influencia del sistema colector 4. “Soriana”, luvias agosto 2012. ....	35
Figura II. 13 Tirantes alcanzados en la Ciudad de Chetumal, Quintana Roo con las luvias de octubre 2015 (acumulado en un periodo de 12 horas). ....	37
Figura II. 14 Inundaciones en el cruzamiento de la Av. Erick Paolo Martínez con Constituyentes del 74 de la zona de influencia del sistema colector 4.- “Soriana”, luvias del 17 al 19 de octubre 2015. ....	38
Figura II. 15 Capacidades máximas de la Infraestructura drenaje pluvial, zona de estudio (Sistema colector 4.- Soriana).....	41
Figura II. 16 Vialidades afectadas con una luvia con periodo de retorno de 10 años en la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.....	42
Figura II. 17 Mapa de tirantes máximos para una luvia con periodo de retorno de 10 años, en la ciudad de Chetumal, Quintana Roo. ....	43
Figura II. 18 Mapa de riesgo de inundación para una tormenta con periodo de retorno de 10 años...	44
Figura II. 19 Infraestructura Pluvial de las etapas anteriores. ....	45
Figura II. 20 Área de influencia del Proyecto por colonia.....	47
Figura II. 21 Zonificación según el PDU de la zona de proyecto. ....	48
Figura II. 22 Rutas que toman los habitantes de la zona norte de la Ciudad para dirigirse a la zona sur. ....	50
Figura II. 23 Rutas alternativas utilizadas por automovilistas. ....	56
Figura II. 24 Colonias con cobertura de infraestructura de Drenaje sanitario con problemas de desbordamientos ante la presencia de luvias.....	58
Figura III. 1 Área de influencia del Proyecto por colonia. ....	61
Figura III. 2 Rutas que toman los habitantes de la zona norte de la Ciudad para dirigirse a la zona sur, situación sin proyecto. ....	62
Figura III. 3 Rutas alternativas utilizadas por automovilistas, sin proyecto. ....	69
Figura III. 4 Colonias con cobertura de infraestructura de Drenaje sanitario con problemas de desbordamientos ante la presencia de luvias, sin proyecto.....	73
Figura III. 5 Alternativa 1, Construcción de tanque de regulación. ....	76
Figura IV. 1 Ubicación de la Zona de proyecto. ....	90
Figura IV. 2 Colonias populares en la Zona de proyecto integral. ....	90
Figura IV. 3 Zona Metropolitana de Chetumal. ....	92



Figura IV. 4 Micro localización de la zona de proyecto en la ciudad de Chetumal (colectores pluviales principal y secundarios). ..... 94

Figura IV. 5 Micro localización de la zona de proyecto en la ciudad de Chetumal (Chimenea de inspección, Bocas de tormenta y pozos de inspección). ..... 94

Figura IV. 6 Macro localización de la zona de proyecto en la ciudad de Chetumal, municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo. .... 96

Figura IV. 7 Zona de influencia del proyecto integral por colonias en la ciudad de Chetumal, municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo. .... 97

Figura IV. 8 Zona de influencia total del proyecto, por colonias en la ciudad de Chetumal, municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo. .... 98

Figura IV. 9 Capacidad instalada del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Chetumal, con proyecto. .... 105

Figura IV. 10 Capacidad instalada del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Chetumal, con proyecto. .... 110

Figura IV. 11 Zona de influencia del colector 8.- Erick Paolo (Proyecto) por colonias en la ciudad de Chetumal. .... 111





# I Resumen Ejecutivo

## 1.1. Nombre del PPI

“Drenaje pluvial de Chetumal del tramo comprendido de la intersección de la Av. Erick Paolo Martínez con la Av. Constituyentes a la intersección de la C. Ignacio Manuel Altamirano con Salvador Alvarado”.

Como parte del proyecto Integral: “Drenaje pluvial de Chetumal, con inicio en la intersección de la Av. Erick Paolo Martínez con la Av. Constituyentes y desembocadura en el Boulevard Bahía”.

## 1.2. Problemática identificada que se busca atender

Tanto en la ciudad de Chetumal como en el resto del estado, el drenaje sanitario y el drenaje pluvial operan mediante infraestructura independiente uno de otro, para garantizar que el agua residual que se recolecta reciba un tratamiento adecuado en los sistemas de tratamiento instalados, mientras que el desalojo del agua pluvial que normalmente se conduce hacia sistemas naturales de agua esté libre de contaminantes que pudieran afectar el medio.

En la ciudad, para dar atención a los diferentes puntos de inundación se cuenta con un sistema separado de drenaje pluvial compuesto de 7 sistemas colectores principales<sup>1</sup> cada uno con su zona de influencia, estos son: 1. Flamboyanes; 2. Insurgentes; 3. Faisán; 4. Soriana; 5. Cinco de Abril; 6. Esteban B. Calderón; y 7. Centro.

En años recientes, la recurrencia de lluvias atípicas se ha hecho más presentes en la entidad, que aunado a un crecimiento horizontal de las ciudades provoca que la vulnerabilidad por inundaciones sea un problema latente en los principales centros de población.

En el caso de la ciudad de Chetumal, derivado del crecimiento de la mancha urbana, ha presentado cambios de uso de suelo que ocasiona un cambio en la pendiente de escurrimiento natural y en la capacidad de absorción del suelo, lo que ha contribuido al incremento de los escurrimientos superficiales; éstas precipitaciones pluviales se han caracterizado porque en un corto periodo de tiempo, caen grandes volúmenes de agua provocando con ello la acumulación en las zonas más bajas de la ciudad.

Tal es el caso del crecimiento de la mancha urbana hacia la zona norte de la ciudad, en donde se ha generado uno de los puntos más críticos, hacia donde dichos escurrimientos se han incrementado, el cual es el cruzamiento de las vialidades Av. Erick Paolo Martínez con Constituyentes del 74, en donde se presentan niveles de terreno de hasta 2.9 metros sobre el nivel del mar (msnm), si bien dicha zona cuenta con cobertura de drenaje pluvial, ya que es atendido por el sistema colector 4.- “Soriana”, con capacidad de desalojo actual de 900 litros por segundo (l/s), la cual resulta insuficiente tanto en capacidad como en cobertura.

<sup>1</sup> Los nombres que se les asignan a los sistemas colectores depende principalmente de la zona de inundación que atienden.

#### 1.2. Problemática identificada que se busca atender

Esta situación se agrava durante la temporada de lluvias (junio-octubre, periodo en el que puede llover de cinco a diez días seguidos), ya que en la zona se presentan desde encharcamientos transitorios hasta inundaciones con duración de varios días, con tirantes que llegan a exceder el metro de altura sobre el nivel de la calle, por lo que dicha zona se considera como de alto riesgo de inundación. Tal es el caso de las lluvias del 17 al 19 de octubre en 2015, que causaron inundaciones con tirantes de 1.66 M, ocasionando afectaciones a los habitantes de los distintos desarrollos habitacionales, comercios y transeúntes, así como el Colegio de Bachilleres Plantel 2 en las colonias de Solidaridad y Proterritorio.

Por lo anterior, la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) en colaboración con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), elaboraron el estudio "*Programa para el Manejo del Agua Pluvial de la Ciudad De Chetumal*", el cual tuvo como base de análisis la elevación natural de terreno, la modificación del suelo como resultado del crecimiento de la ciudad, la impermeabilización de vasos reguladores naturales, la infraestructura pluvial existentes y con ello caracterizar las cuencas y microcuencas que integran el territorio de la ciudad.

De entre las 22 cuencas que integran el territorio de la ciudad, la cuenca número 9, ubicada al Noreste, es de las que mayores dificultades por inundación presenta, en el estudio se identificaron 124 puntos de inundación y encharcamiento dentro de la ciudad, de entre los cuales se destaca la zona del cruzamiento de las vialidades Av. Erick Paolo Martínez y Constituyentes del 74, ubicado en la parte baja de la cuenca.

Asimismo, a partir del mismo estudio, se desarrollaron tormentas de proyecto con periodos de retorno que van de los 2 hasta los 100 años, y de ésta se destacó que una tormenta con periodo de retorno de 10 años que arrojó caudales calculados entre los 1,500 l/s y los 2,100 l/s, implica que a pesar de que el sistema actual en la zona, funcione a plena capacidad (900 l/s), esta resulta insuficiente para el desalojo de los caudales arrojados, lo que resulta en costos y molestias por las afectaciones producidas por el contacto físico del agua: en viviendas, comercios, infraestructura, equipamientos, vehículos y afectaciones a la salud (enfermedades gastrointestinales, de la piel) además de hacer necesario el empleo de recursos públicos en labores de limpieza y/o restauración, así como para la implementación de operativos de asistencia social.

Ante esta problemática se ha propuesto la ampliación y/o reforzamiento del sistema de drenaje pluvial ubicado en la zona con el fin de mitigar los costos y molestias en que incurre la población al presentarse las inundaciones.

Es de señalarse que en años anteriores la CAPA se ejecutaron recursos del Programa APASZU<sup>2</sup> de la CONAGUA en tres etapas, en las cuales se completaron 1,173.22 M del recorrido del colector principal (tramo en el que se incluye la desembocadura al Boulevard Bahía), así como 1,585 MI de colectores secundarios que permiten el desalojo de los caudales pluviales de las zonas bajas de la cuenca 12.

Aunque para el desalojo de los caudales de la zona de crítica de inundación en la zona baja de la cuenca número 9 (en el cruce de la Av. Erick Paolo con Constituyentes del 74) aún es necesaria la

<sup>2</sup> Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APASZU), durante los ejercicios de 2013, 2014 y 2015.

#### 1.2. Problemática identificada que se busca atender

construcción de 1,553.13 MI que conecte a dicha zona con la infraestructura resultante de las etapas anteriores para su conducción (1,173.22M) y correcta disposición final en la Bahía de Chetumal.

#### 1.3. Principales características del PPI

Para proteger de inundaciones a la zona más baja de la cuenca número 9, al **noreste** de la ciudad de Chetumal (intersección de las vialidades Av. Erick Paolo con Constituyentes del 74), ante precipitaciones de una tormenta con un periodo de retorno esperado de hasta 10 años (50.4 mm/hr).

Que si bien se encuentra en el área de influencia del sistema 4. "Soriana" (con capacidad actual para el desalojo de 900 l/s), el proyecto contempla acciones para el incremento de la capacidad de desalojo del sistema de drenaje pluvial en la zona, hasta alcanzar los 2,100 l/s requeridos para el desalojo de las aguas pluviales provenientes de las zonas altas de la ciudad.

Para ello será necesaria la construcción de la siguiente infraestructura:

- Colector principal de sección rectangular de 8 M2 constituido por 2 cajones de 2.0x2.0x1.75 M; que incluya la instalación de chimeneas para su inspección y mantenimiento;
- Colectores secundarios de PVC de 8, 12 y 16 pulgadas de diámetro para la alimentación del colector principal, que incluya bocas de tormenta y pozos de inspección.
- Asimismo, al tratarse de una zona urbanizada, con vialidades pavimentadas, se considera la reposición de la carpeta asfáltica tanto en el caso del colector principal como de los colectores secundarios.

Con dicha infraestructura se lograrán reducir los riesgos asociados a fenómenos de alta precipitación pluvial, como son daños materiales a viviendas, comercios, infraestructura y equipamiento urbano, vehículos, así como problemas de salud pública y costos por la implementación de operativos de asistencia social, entre otros.

Es de señalarse que, la ejecución del proyecto ha sido multianual, con tres etapas ya realizadas<sup>3</sup>, de las cuales se ha logrado la construcción de 1,173.22 MI de colector principal:

**Cuadro I. 1** Metas de las etapas anteriores, Colector Pluvial.

Etapas	Año	Metas				
		Colector principal (ML)	Chimenea de inspección (PZA)	Colector secundario (ML)	Boca de tormenta (PZA)	Pozo de visita (PZA)
Primera	2013	655.22	0	560.34	24.00	12.00
Segunda	2014	414.75	9.00	1,024.74	31.00	9.00
Tercera	2015	103.25	3.00	0	0	0
<b>Total</b>		<b>1,173.22</b>	<b>12.00</b>	<b>1,585.08</b>	<b>55.00</b>	<b>21.00</b>

<sup>3</sup> Con recursos del Programa APASZU de la Conagua en los años 2013, 2014 y 2015.

#### 1.3. Principales características del PPI

**Cuadro I. 2** Tramos de inicio y fin, colector pluvial principal.

Etapas	Año	Colector principal (ML)	Vialidades del recorrido
Primera	2013	655.22	Desembocadura a la Bahía de Chetumal, Av. Universidad, Av. Ignacio M. Altamirano hasta el cruzamiento con la C. José M. Pino Suarez.
Segunda	2014	414.75	Av. Ignacio M. Altamirano con inicio en la C. José M. Pino Suarez hasta el cruzamiento con la C. Felipe Ángeles.
Tercera	2015	103.25	Av. Ignacio M. Altamirano con inicio en la C. Felipe Ángeles hasta el cruzamiento con la C. Salvador Alvarado.
<b>Total</b>		<b>1,173.22</b>	

Fuente: Coordinación de Construcción de la CAPA.

Con la cuarta y última etapa se pretende:

- La construcción de 6,212.52 M2 de Colector principal de sección rectangular de 8 M2 constituido por 2 cajones de 2.0x2.0x1.75 M;
- Suministro e instalación de 14 chimeneas para inspección y mantenimiento del colector principal de 1.22 M de diámetro con profundidades que irán desde 0.50 hasta 6.50 M;
- La construcción de 1,929.66 M de colectores secundarios de PVC de 8 (40.77M), 12 (1,590.60 M) y 16 (298.29 M) pulgadas de diámetro para la alimentación del colector principal;
- Suministro e instalación de 35 bocas de tormenta de 1.0x1.2x3.0 m con rejillas tipo tableros de 0.75x3.0 de acero tipo IRVING;
- Suministro e instalación de 22 pozos de inspección de 1.22 M de diámetro con profundidades que van desde 1.0 M a 3.5 M;
- Adicional a lo anterior, será necesaria la ejecución de acciones complementarias tales como la reposición de la carpeta asfáltica tanto en el caso del colector principal como de los colectores secundarios.

Dichas acciones están programadas para ejecutarse durante un periodo de 12 meses, a continuación, se describen los principales componentes consolidados:

**Cuadro I. 3** Principales Características por Componente, Colector principal.

Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Descripción
Colector Principal	6,212.52	M2	Consistente en un canal de desagüe de sección rectangular de 8 M2 constituido por 2 cajones prefabricados de concreto de 2.00x2.00x1.75 M.

#### 1.3. Principales características del PPI

Chimenea de inspección	14.00	PZA	<p>Prefabricado (a base de concreto y armado de varilla, de 1.22 M de diámetro con profundidades de hasta 0.5M (5), 1.5M (1), 2.0M (1), 3.0M (1), 5.0M (1), 5.5M (2), 6.0M (1) y 6.5M (2).</p> <p>Incluye: brocal y tapa, escalones de polipropileno y cono.</p>
------------------------	-------	-----	--

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

**Cuadro I. 4** Principales Características por Componente, Colector secundario.

Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Descripción
Colector secundario	1,929.66	ML	Consistente en Tubería PVC para alcantarillado serie métrica de 12" y 18" de diámetro.
Boca de tormenta (Captadores)	35.00	PZA	De 1.00x1.20x3.00 M elaborado de muro de block y concreto, incluye rejillas tipo tablero de 0.75x3.00 M de acero tipo IRVING.
Pozo de inspección	22.00	PZA	De 1.22 M de diámetro, elaborado a base de concreto, con profundidades de hasta 1.0M (6), 1.5M (5), 2.0M (5), 2.5M (5) y 3.5M (1). Incluye: escalones de polipropileno con refuerzo de acero, cono, brocal y tapa (de tipo GOZNE y bisagra, sello cónico perimetral).

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

**Cuadro I. 5** Principales Características por Componente, Reposición de pavimentos.

Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Descripción
Reposición carpeta asfáltica (Colector principal y secundarios)	12,820.79	M2	Reposición de carpeta asfáltica de hasta 10 cm elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo.
Construcción de Banqueta	5,285.70	M2	de hasta 8 Cm de espesor (de concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> y malla electro soldada)
Construcción de guarnición	1,553.13	ML	de sección trapezoidal de 30x15x35 Cm (basexcoronaxaltura de concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> ).
Construcción de rampa	48.00	M2	de 1.20M (de concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> )
módulo de alumbrado público	10.00	PZA	(Luminaria LED 120W, 220V, 60HZ, tipo cabeza de cobra)

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

### 1.4. Objetivo orientado a impulsar el Desarrollo Metropolitano

Orientado a promover una planeación ordenada de la infraestructura para el desalojo de las aguas pluviales, de tal forma que permita el impulso de la sustentabilidad y consolidación urbana de la zona metropolitana, el objetivo principal del proyecto es ampliar la cobertura de drenaje pluvial en la ciudad de Chetumal, enfocándose a la cuenca 9 ubicada en la zona de influencia del sistema colector pluvial 4.-“Soriana”, con la finalidad de mitigar los efectos de las inundaciones que se presentan en dicha zona (daños materiales a viviendas y problemas de salud pública), mediante la ampliación de la capacidad de desalojo del sistema en 1,200 l/s, al pasar de 900 l/s de capacidad actual a 2,100 l/s una vez ejecutado el proyecto.

### 1.5. Zona Metropolitana a la que pertenece el PPI

En Quintana Roo se cuenta con dos zonas metropolitanas (ZM), la **ZM de Cancún**<sup>4</sup> decretada en 2009 bajo el criterio de “conurbación física” con un municipio central y la segunda, zona a la que pertenece el Proyecto, la **ZM de Chetumal**, de reciente creación en el mes de abril 2018, en el municipio de Othón P. Blanco, bajo el criterio de “Capital estatal” con la ciudad de Chetumal como eje central y una superficie total de 9,958.2 Km<sup>2</sup>.

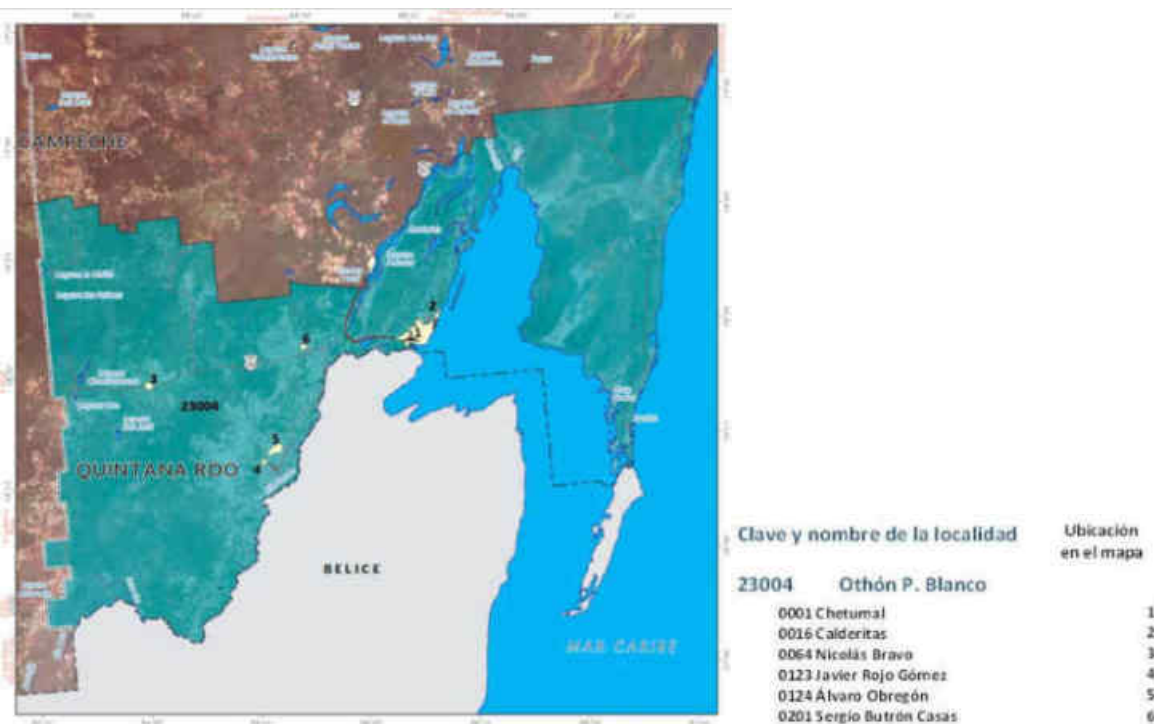


Figura I. 1 Zona Metropolitana de Chetumal.

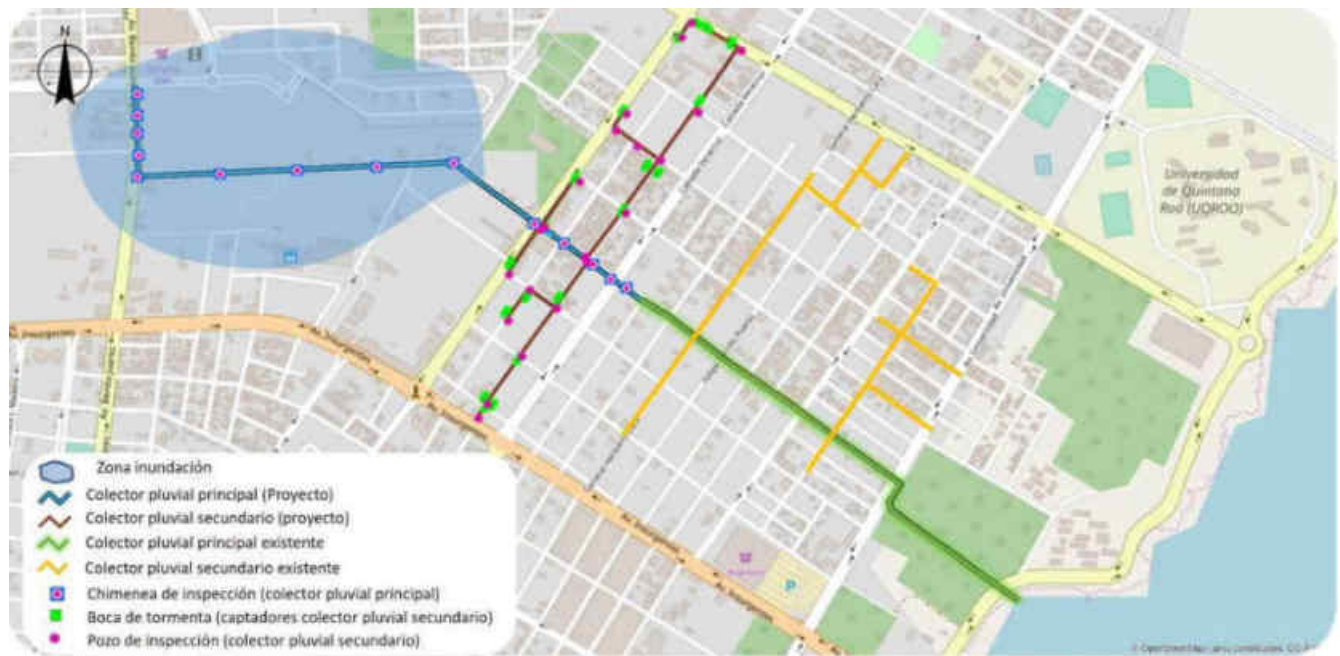
Fuente: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano; “Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015”; febrero 2018; pág. 198.

<sup>4</sup> conformada por los municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez (municipio central) con una superficie de 2,108.8 Km<sup>2</sup>.

### 1.5. Zona Metropolitana a la que pertenece el PPI

El proyecto se realizará en la zona de influencia del colector pluvial 4. “Soriana”; en el caso del colector principal, será a partir del cruzamiento de las vialidades Av. Erick Paolo Martínez y Constituyentes del 74, siguiendo hacia la Av. Insurgentes hasta llegar a la intersección con “Vereda (calle sin nombre)”, siguiendo por la “vereda” hasta encontrarse con la C. Manuel Ignacio Altamirano, continuar el recorrido atravesando la Calzada del Centenario hasta la calle General Salvador Alvarado. (ver Figura I. 2).

En la Figura I. 3 se muestra la zona de influencia de la nueva infraestructura pluvial por colonias, ésta comprenderá un total de 482.35 hectáreas correspondientes a las colonias de: Privada del Sol, Isabel Tenorio, Adolfo López Mateos, Reforma, Zazil-Ha y 5 de Abril, así como del Colegio de Bachilleres plantel 2.



**Figura I. 2** Micro localización Colector Pluvial Erick Paolo (Proyecto).

**1.5. Zona Metropolitana a la que pertenece el PPI**



**Figura I. 3** Micro localización, área de influencia del Colector Pluvial Erick Paolo (Proyecto).

**1.6. Horizonte de Evaluación**

Se consideran 31 años de evaluación (Considerando 1 año de Inversión para el año 0 y la operación a partir del año 1 hasta el año 30).

**1.7. Identificación y descripción de los principales costos del PPI**

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

La ejecución del proyecto ha sido multianual, cuyos recursos para las etapas anteriores provinieron del programa Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APASZU) de la CONAGUA. (Ver Cuadro I. 6)

**Cuadro I. 6** Desglose de aplicación de recursos, etapas anteriores.

Etapas	Año	Monto (sin IVA)
Primera	2013	\$ 32,725,219.43
Segunda	2014	37,158,455.88
Tercera	2015	7,953,007.08
<b>Total con IVA</b>		<b>\$ 77,836,682.39</b>



#### 1.7. Identificación y descripción de los principales costos del PPI

Para la cuarta y última etapa, los costos en pesos a valor presente se valoraron en **\$163,024,286.57** (son: ciento sesenta y tres millones, veinticuatro mil, doscientos ochenta y seis pesos 57/100 M.N.), por concepto de:

- Inversión inicial;
- Costos anuales por mantenimiento consistente principalmente en trabajos de limpieza de alcantarillas tapadas, retiro de basuras, lodos y/o tierra, trabajos de chapeo de maleza, rehabilitación de rejillas de boca de tormenta, entre otros, al menos 2 veces al año.

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

**Cuadro I. 7** Costos, Consolidado.

Identificación	Cuantificación	Valoración al valor presente	Periodicidad
Etapas anteriores	Inversión actualizada	42,706,383.00	Años -7 al -1
	Operación del sistema + Mantenimiento Preventivo y/o correctivo	447,789.00	
Proyecto (cuarta etapa)	Inversión	118,664,710.00	Año 0
	Operación del sistema + Mantenimiento Preventivo y/o correctivo	1,205,404.57	1 al 30

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



#### 1.8. Identificación y descripción de los principales beneficios del PPI

Se identificaron beneficios por los siguientes conceptos

- Ahorro en costos por menor daño en viviendas (por limpieza, reparación y sustitución de pertenencias dañadas principalmente en muebles y electrodomésticos).
- Ahorro en costos por la Liberación de recursos por enfermedades.
- Ahorro en costos por la liberación de recursos por desalojo, preparativos.
- Ahorro en costos por la liberación de recursos por emergencia y limpieza.
- Ahorro en costos por la liberación de recursos por el tránsito vehicular.
- Se reduce la necesidad de inversiones futuras.

A continuación, se presentan los beneficios identificados, cuantificados y valorados a Valor Actual a 2019, lo que representa un total de **\$239,897,081.86** (Son: doscientos treinta y nueve millones, ochocientos noventa y siete mil, ochenta y un pesos 86/100 M.N.), para el proyecto integral durante el horizonte de evaluación.

**Cuadro I. 8** Beneficios identificados del Proyecto.

Identificación	Cuantificación	Valoración	Periodicidad
Beneficios anteriores	Etapas Valor presente de los beneficios generados de la ejecución de las etapas anteriores en la zona de influencia.	\$50,777,152.46	Anual (-7 al -1)
Menor daño en viviendas	La población incurre en costos por limpieza, reparación y sustitución de pertenencias dañadas, principalmente en muebles, electrodomésticos.	39,884,637.00	Anual
Menor daño en comercios	Los beneficios a los comercios localizados en la zona afectada son por evitar la disminución de ingresos (atribuibles a inundación), por ahorro en costos de reparación y sustitución de muebles y equipo de trabajo, así como por liberación de tiempo dedicado a preparativos.	2,430,476.00	Anual
Disminución de costos por enfermedades	En las viviendas afectadas se presentan enfermedades diversas (gripe, fiebre, infecciones), por las que se incurre en costos por pago de consultas y compra de medicamentos.	11,862,950.05	Anual
Evitar costos por desalojo	Se refiere a costos adicionales promedio en que actualmente incurren quienes evacuan sus viviendas a causa de las inundaciones.	599,114.55	Anual
Ventas de los comercios	Se considera que los comercios afectados no disminuyen sus ventas una vez ejecutado el proyecto.	10,749,978.90	Anual

#### 1.8. Identificación y descripción de los principales beneficios del PPI

Evitar costos por preparativos	Para cuantificar la liberación de tiempo se empleó el concepto de valor del tiempo de las personas, según el cual las horas que ya no se dedican a preparativos puede emplearse en alguna actividad productiva.	404,324.79	Anual
Menor ausentismo	Debido al riesgo la población esta no asiste a sus centros laborales, o en su defecto a reparar los daños que sufrieron sus viviendas.	2,192,442.00	Anual
Disminución de CGV	Las inundaciones impactan negativamente el tránsito vehicular. Quienes transitan por vías inundadas se verán afectados, ya sea por circular a una velocidad inferior a la deseada, o por modificar su ruta. En ambos casos se observa un incremento en los CGV: los que usan rutas alternativas aumentan su consumo de combustible y su tiempo de viaje, mientras que los que permanecen en las vías afectadas enfrentan un mayor tiempo de traslado al reducirse su velocidad de circulación	108,027,089.00	Anual
Menores gastos emergencia y limpieza	Este beneficio se refiere al ahorro por los costos en que actualmente incurre el gobierno estatal o municipal por labores mantenimiento y limpieza de las redes durante la temporada de lluvias	9,856,582.93	Anual
Disminución de afectación en infraestructura pública	La infraestructura vial sufre daños, lo que repercute en mayores costos de mantenimiento por bacheo y reposición de asfalto.	3,112,334.18	Anual

Fuente: Elaboración propia.



#### 1.9. Indicadores de rentabilidad

##### Valor Presente Neto (VPN)

El Valor Presente Neto para el proyecto integral asciende a **\$73,596,317.57** (Son: setenta y tres millones, quinientos noventa y seis mil, trescientos diecisiete pesos 57/100 M.N.). A continuación, se presenta el Valor Actual de los Costos Sociales (VACS), el Valor Actual de los Beneficios Sociales (VABS) y el Valor Actual Neto Social (VANS).

**Cuadro I. 9** Rentabilidad del Proyecto.

Concepto	Monto
<b>Valor Actual de los Costos Sociales (VACS)</b>	<b>(163,024,286.57)</b>
Inversión inicial	(161,371,093.00)
Operación y Mantenimiento	(1,653,193.57)
<b>Valor Actual de los Beneficios Sociales (VABS)</b>	<b>239,897,081.86</b>
Liberación de recursos	239,897,081.86
<b>Valor Actual Neto Social (VANS)</b>	<b>\$ 76,872,795.28</b>

Fuente: Elaboración propia.

##### Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno para el proyecto integral asciende a **18.28%**

##### Tasa de Rentabilidad

La Tasa de Rentabilidad Inmediata para el proyecto integral es de **10.02%** para el primer año en que entra en operación el proyecto.



#### 1.10. Principales riesgos asociados a la ejecución y operación del PPI

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

1.- Durante la inversión-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.

2.- Durante la operación, por variaciones en los beneficios a causa de los volúmenes de precipitación realmente presentados, cambios en el crecimiento de la población, cambios en la urbanización y la sobrevaloración de los costos de emergencia por parte de las autoridades; así como por variaciones en los costos de mantenimiento a causa de un cambio en precios de insumos y actividades no consideradas.

**Cuadro I. 10** 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
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

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

**Cuadro I. 11** Riesgos asociados al Proyecto, durante la operación.

Descripción	Factibilidad de ocurrencia	Análisis de posible impacto	Acciones para su mitigación
Azolve de alcantarillas	Alta	Se afectaría la atención prestada a los usuarios de la infraestructura	Programa de concientización a la población para no arrojar basura en las calles.

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



#### 1.11. Conclusión referente a la rentabilidad del PPI

A partir de la metodología establecida para evaluar a los proyectos de protección a centros de población contra inundaciones (PCP), se ha analizado la conveniencia social de llevar a cabo el proyecto “*Construcción del Drenaje Pluvial de Chetumal: con inicio en la intersección de la Av. Erick Paolo Martínez con la Av. Constituyentes y desembocadura en el Boulevard Bahía*”, y se obtuvieron los siguientes indicadores de rentabilidad social:

**Cuadro I. 12** Indicadores de rentabilidad del Proyecto.

Indicador	Monto
Valor Actual de los Costos (VAC)	(163,024,286.57)
Valor Actual de los Beneficios (VAB)	239,897,081.86
Valor Actual Neto Social (VANS)	\$ 76,872,795.28
TIR	18.28%

Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos resultados, se concluye que el proyecto presenta un beneficio social de **76.87 millones de pesos**, una vez descontados los costos sociales inherentes a su ejecución y operación. La Tasa Interna de Retorno Social (TIR) calculada es de **18.28%**, superior a la tasa social de descuento promedio propuesta por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), del 10.0%, lo cual implica que la rentabilidad social esperada del proyecto es mayor al costo de oportunidad.

Este resultado es producto del cálculo de los costos inherentes a las inundaciones que se evitarán al tener la capacidad de recolección y conducción necesaria para precipitaciones pluviales de tormentas, con periodos de retorno de 10 años o menos. En este sentido, al evitar las inundaciones, se tienen beneficios por costos evitados en limpieza, daños a hogares, vialidades, infraestructura urbana; así como los relacionados a los impactos en salud por el inadecuado desalojo del agua pluvial.

La Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) calculada para el proyecto resulta superior a la tasa social de descuento promedio propuesta por la SHCP, del 10.0%, al primer año de operación (**10.02%**) del proyecto.

Del análisis de sensibilidad del monto de *inversión* del proyecto se concluye que, con un incremento menor al 64.78%, el proyecto aún sería rentable. Del análisis de sensibilidad de *los costos de operación y mantenimiento* del proyecto integral se concluye que, con un incremento menor al 6377.34%, el proyecto aún sería rentable. Del análisis de sensibilidad de los *beneficios* del proyecto integral se concluye que, con una reducción menor al 40.65%, el proyecto aún sería rentable.

## 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.

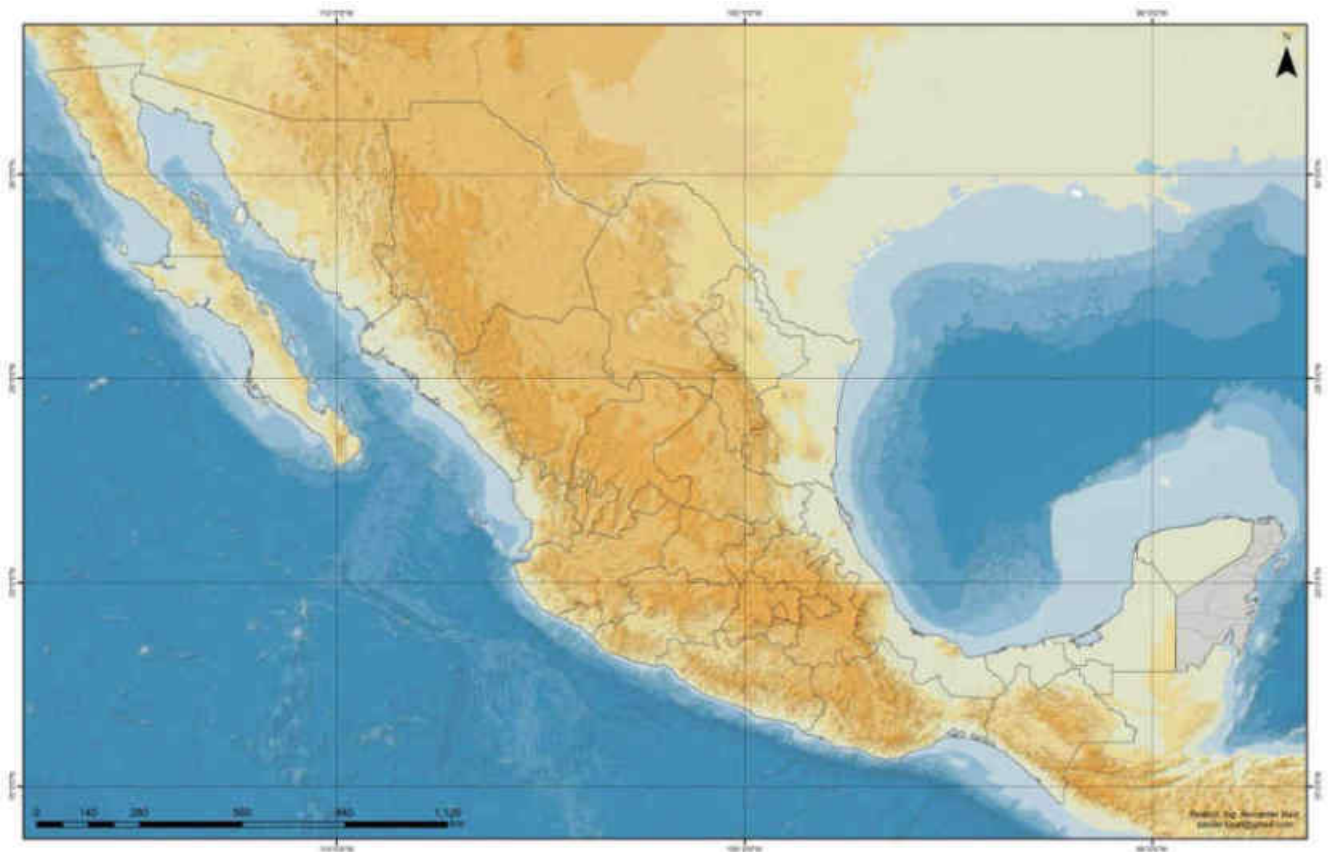


Figura II. 1 Ubicación geográfica del estado de Quintana Roo.

En Quintana Roo se cuenta con dos zonas metropolitanas (ZM), la primera decretada en 2009 bajo el criterio de “conurbación física” con un municipio central y la segunda de reciente creación en abril 2018 bajo el criterio de “Capital estatal” con una ciudad como eje central:

- La **ZM de Cancún** (Figura II. 2) conformada por los municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez (municipio central) con una superficie de 2,108.8 Km<sup>2</sup>; ubicada en la Región “Caribe Norte”, en donde se concentra más del 70.0% de la población estatal, de acuerdo al censo INEGI 2010.

## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

- La **ZM de Chetumal** (Figura II. 3), en el municipio de Othón P. Blanco, con la ciudad de Chetumal como eje central y una superficie total de 9,958.2 Km<sup>2</sup>; ubicada en la región “Frontera Sur”, en donde se concentra el más de 15.0% de la población estatal, de acuerdo al censo INEGI 2010.



Clave y nombre de la localidad	Ubicación en el mapa
<b>23003 Isla Mujeres</b>	
0001 Isla Mujeres	1
0286 Zona Urbana Ejido Isla Mujeres	2
<b>23005 Benito Juárez</b>	
0001 Cancún	3
0002 Alfredo V. Bonfil	4

**Figura II. 2** Zona Metropolitana de Cancún.



Clave y nombre de la localidad	Ubicación en el mapa
<b>23004 Othón P. Blanco</b>	
0001 Chetumal	1
0016 Calderitas	2
0064 Nicolás Bravo	3
0123 Javier Rojo Gómez	4
0124 Álvaro Obregón	5
0201 Sergio Butrón Casas	6

**Figura II. 3** Zona Metropolitana de Chetumal.

**Fuente:** Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano; “Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015”; Febrero 2018; pág. 196 y 198.

El municipio de Othón P. Blanco, se ubica al Sur del estado, limita al norte con el municipio de Bacalar; al oeste con el de Calakmul (Campeche) y al sur con los Distritos de Corozal y Orange Walk (Belize); tiene una extensión de 18,760 km<sup>2</sup> que representa el 36.9% del territorio estatal<sup>5</sup>, y una población de 224,080 habitantes<sup>6</sup> lo que lo posiciona como el segundo municipio más poblado del estado.

La ciudad de Chetumal, cabecera del municipal y capital del estado, se ubica en las coordenadas geográficas 18°30'13" latitud norte y 88°18'19" longitud oeste, con una altitud de 10 metros sobre el nivel del mar. Su principal vía de acceso es por la Carretera Federal 186 (Escárcega-Chetumal) que la conecta con el estado de Campeche; y que además a unos 15 Km de la ciudad, entronca con la Carretera Federal 307 (Cancún-Chetumal) que la comunica con el norte del estado.

<sup>5</sup> Es el más extenso del estado y el quinto más grande del país.

<sup>6</sup> De acuerdo con la Encuesta intercensal realizada por el INEGI en 2015.



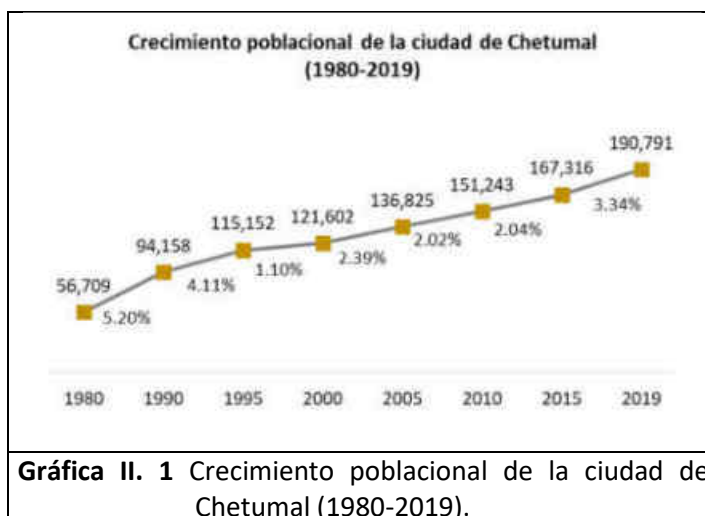
## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

Si se analiza la dinámica poblacional de la ciudad, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda del INEGI, para el año 2010, la ciudad contaba con 151,243 habitantes, lo que representaba el 11.41% de la población estatal y el 61.84% de la población municipal; mientras que para el 2015 dicha población se incrementó hasta los 167,316 habitantes (el 74.67% municipal y el 11.14% estatal).

Asimismo, en el Cuadro II. 1 Se retoman los últimos censos y conteos de población del INEGI y las proyecciones de la población del CONAPO para la ciudad, en él se observa que en el periodo de 2005 a 2015, la tasa media de crecimiento anual (t.m.c.a.) se ha colocado por encima del 2% anual superando las medias Nacional y Municipal.

**Cuadro II. 1** Cálculo de la tasa media de crecimiento poblacional de la ciudad de Chetumal, Othón P. Blanco, Quintana Roo.

Año	Chetumal	
	Población	Tasa media de crecimiento anual
1980	56,709	-
1990	94,158	5.20%
1995	115,152	4.11%
2000	121,602	1.10%
2005	136,825	2.39%
2010	151,243	2.02%
2015 <sup>a/</sup>	167,316	2.04%
2019 <sup>b/</sup>	190,791	3.34%



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

Notas:

<sup>a/</sup> Encuesta Intercensal INEGI 2015

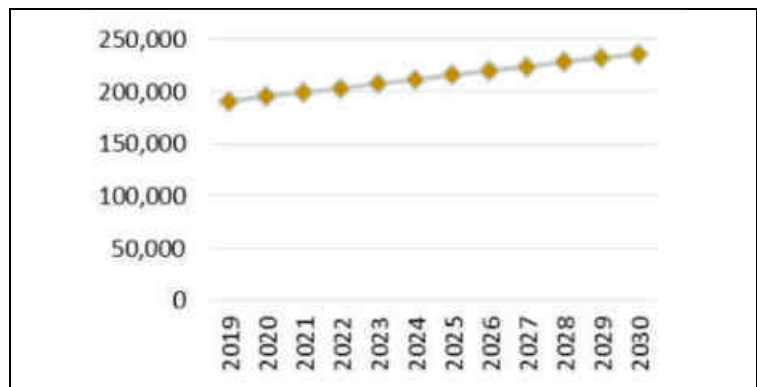
<sup>b/</sup> Proyecciones de la población del CONAPO (2010-2030).

## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

Asimismo, de acuerdo a las proyecciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO), se estima que la población de la ciudad alcance los 236,238 habitantes para el año 2030, lo que significaría un incremento del 1.96% con respecto a lo proyectado para el año 2019.

**Cuadro II. 2** Proyección de la población para la ciudad de Chetumal, CONAPO (2019-2030).

Año	Chetumal	Año	Chetumal
2019	190,791	2026	220,331
2020	195,069	2027	224,396
2021	199,341	2028	228,406
2022	203,604	2029	232,356
2023	207,846	2030	236,238
2024	212,054	t.m.c.a.	1.96%
2025	216,217		

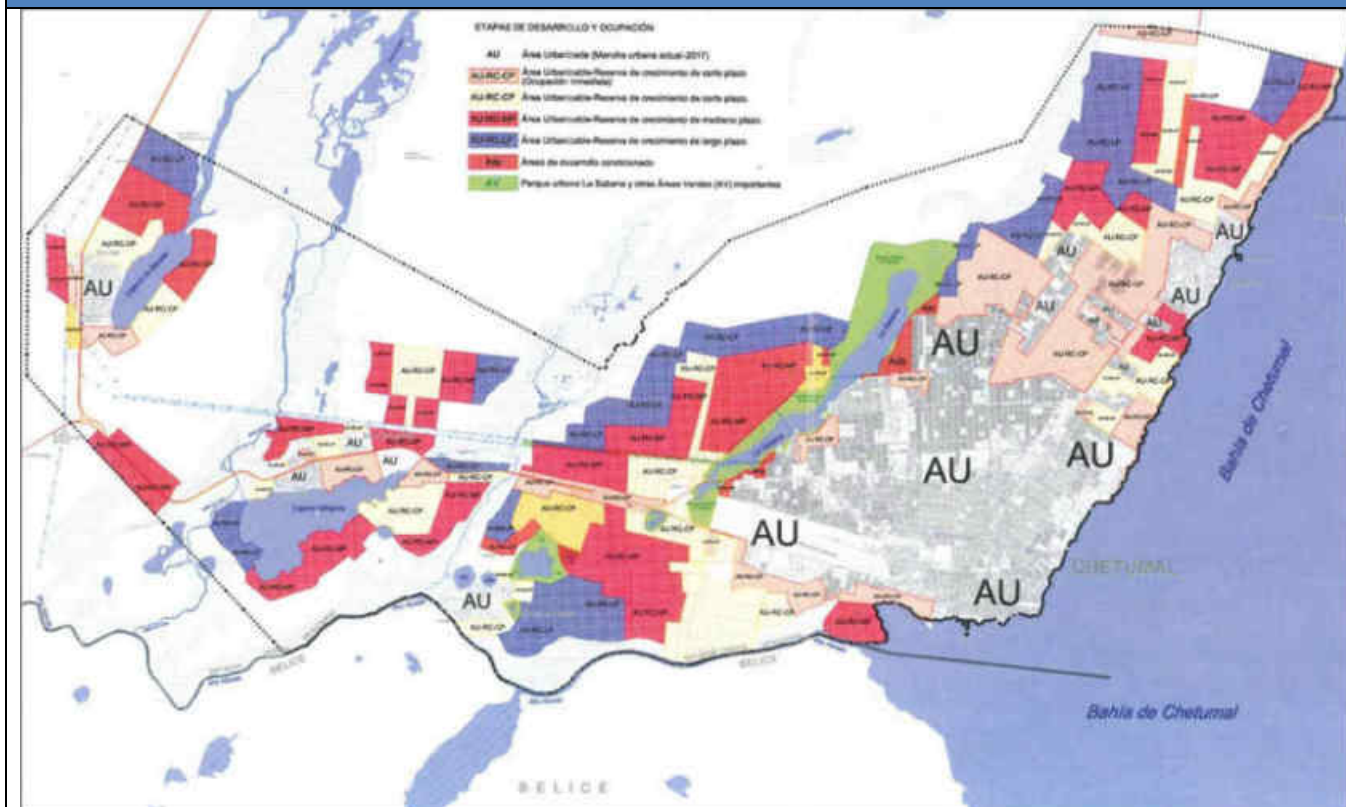


Fuente: Proyecciones de la población de la CONAPO (2010-2030)

Debido a que la ciudad de Chetumal fue fundada junto al litoral de la Bahía, su crecimiento urbano ha seguido un modelo de “abanico”, por lo que, desde un punto de vista geométrico, el centro urbano de la ciudad se ubica en el extremo sur del área urbana, la cual, así como sus zonas de crecimiento (AU-RC) se encuentran definidas en el Programa de Desarrollo Urbano<sup>7</sup> (identificadas como de ocupación inmediata, corto plazo, mediano y largo plazo). Ver Figura II. 4

<sup>7</sup> Publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 27 de marzo de 2018.

## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual



**Figura II. 4** Etapas de desarrollo y ocupación de la ciudad de Chetumal de acuerdo al Programa de Desarrollo Urbano (PDU,2018).

**Fuente:** Anexos del Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal-Calderitas, Subteniente López, Huay-Pix y Xul-Há, Municipio de Othón P. Blanco.

Por su naturaleza como cabecera estatal y municipal, la ciudad de Chetumal concentra el equipamiento, los servicios y las actividades económicas propicios para que exista una alta dependencia en cuanto a la prestación de servicios y el predominio político-administrativo, además de representar una fuente de empleo para los habitantes de las localidades conurbadas de Calderitas, Subteniente López, Huay-Pix y Xul-Ha, cuya incorporación a la dinámica urbana de la ciudad ha ocasionado un crecimiento tal en la demanda de servicios básicos que la capacidad de atención de las autoridades se ha visto rebasada.

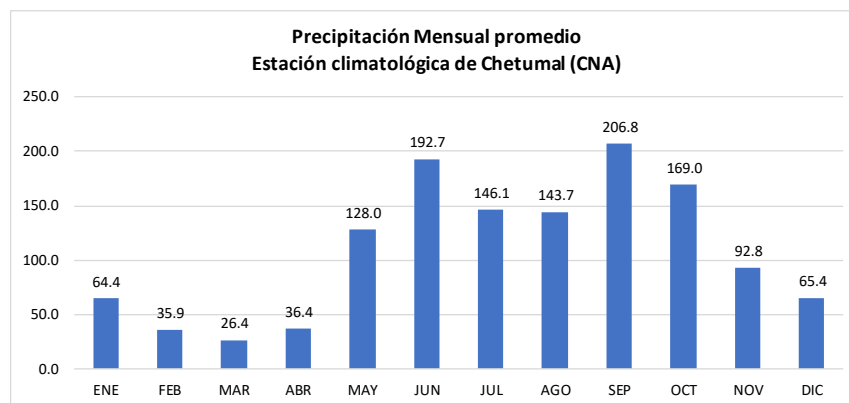
Las variaciones de la lluvia media anual en distintas áreas de la península de Yucatán van desde los 456 mm a los 1,666 mm y se presenta una media anual de 1,159 mm. Las precipitaciones máximas se presentan en la parte sureste y suroeste, y las precipitaciones mínimas en la parte norte, en la zona costera, observándose una distribución de la lluvia media en toda la zona localizada al suroeste y centro de la península.

En el municipio de Othón P. Blanco derivado de las variaciones en la precipitación pluvial, se presentan tres subtipos del clima Subhúmedo, si bien se cuenta con una época de lluvias fuertes en verano, con sequía interestival, de hecho se presentan precipitaciones en todos los meses, aún en los

## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

que se toman como los más secos, marzo y abril, cuando se presentan precipitaciones debido a las perturbaciones tropicales que se manifiestan en estas épocas.

El clima predominante en la ciudad de Chetumal es cálido subhúmedo intermedio, con una temporada de lluvias con duración de cinco meses (junio a octubre) con posibilidad de tormentas tropicales y ciclones; durante éstos meses se generan ráfagas constantes de precipitación pluvial en periodos que van de 5 a 10 días continuos. La temperatura media que oscila entre 18.8°C y 33°C y una precipitación entre 1,100 y 1,300 mm anuales.



**Figura II. 5** Precipitación pluvial promedio mensual en la ciudad de Chetumal.

El terreno que circunda la Bahía de Chetumal, incluyendo la zona de Bacalar y la península se clasifica como planicie de acumulación lagunar estructural, prácticamente a nivel del mar y de muy escasa pendiente, en la ciudad de Chetumal se distinguen dos zonas de diferente elevación, separadas físicamente por un escalón natural del terreno, que constituye una transición corta pero gradual.

Estas dos zonas son conocidas, de acuerdo a su elevación relativa, zona alta y zona baja. La zona baja inmediata a la bahía, tiene una elevación media de 2 metros sobre el nivel del mar (msnm); la zona alta se extiende tierra adentro con una elevación de 6 a 9 msnm, de forma tal que el desnivel entre ambas varía entre 4 a 7 msnm.

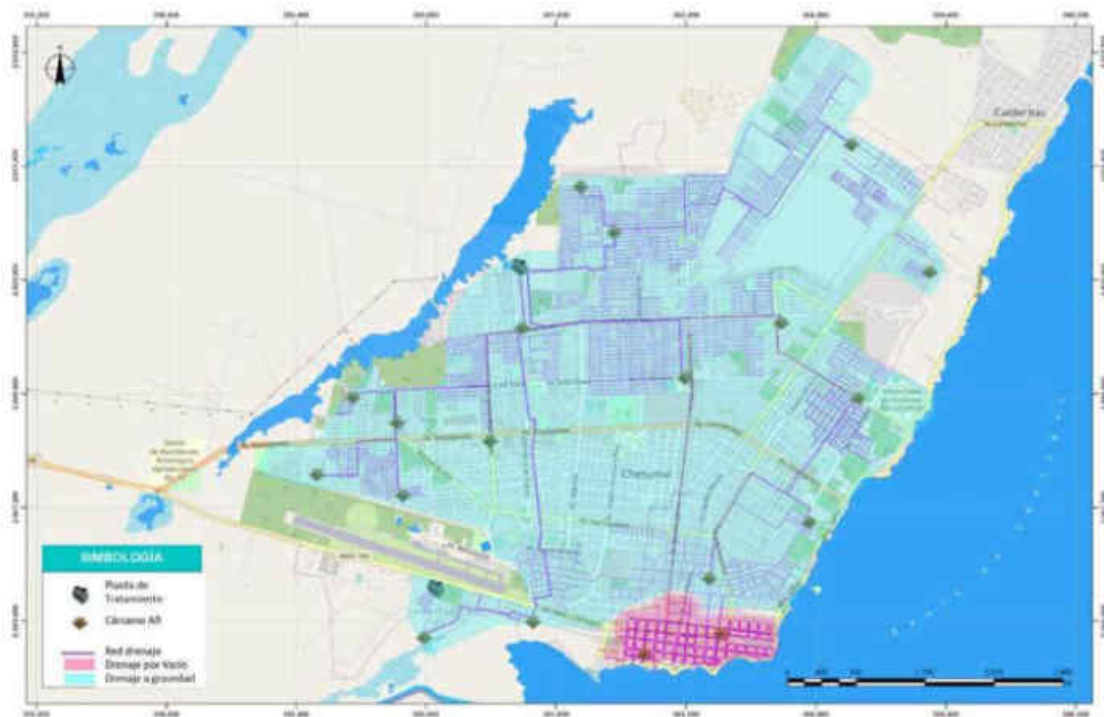
### Sistema de drenaje en la ciudad de Chetumal

Tanto en la ciudad de Chetumal como en el resto del estado, el drenaje sanitario y el drenaje pluvial operan mediante infraestructura independiente uno de otro, para garantizar que el agua residual que se recolecta reciba un tratamiento adecuado en los sistemas de tratamiento instalados, mientras que el desalojo del agua pluvial que normalmente se conduce hacia sistemas naturales de agua esté libre de contaminantes que pudieran afectar el medio.

Para el desalojo de las aguas residuales, en la ciudad 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" (Figura II. 6); el sistema opera con 16 cárcamos de bombeo, 2 plantas

## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

generadoras de vacío y emisores a presión que conducen el agua residual de un cárcamo a otro hasta su destino final, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) “Centenario” con capacidad para 120 litros por segundo (lps), en donde serán tratadas para posteriormente ser utilizadas para la recarga del acuífero. Actualmente el sistema tiene una cobertura del 50% y se encuentra dividido en sectores de acuerdo al área de influencia de los cárcamos.



**Figura II. 6** Sistema de drenaje y saneamiento en la ciudad de Chetumal.

En lo que respecta al desalojo de las aguas pluviales, en la ciudad se dispone de un 35% de cobertura en infraestructura de colectores pluviales y que cubren un área para 130 mil habitantes, consistente en un sistema de colectores pluviales compuesto de 7 colectores principales (Figura II. 7) que trabajan mediante bocas de tormenta que interceptan el agua de lluvia que escurre por las calles, y que es conducido por medio de tuberías (colectores) hasta su descarga, que en el caso particular de la ciudad, son la Bahía y cuerpos lagunares. Asimismo, se cuenta con aproximadamente 2,000 pozos de absorción fabricados con profundidades a 5 m y 35 m, distribuidos en la ciudad utilizados para infiltrar el agua de lluvia en toda la zona urbana.

- |                |                   |                        |
|----------------|-------------------|------------------------|
| 1. Flamboyanes | 4. Soriana        | 6. Esteban B. Calderón |
| 2. Insurgentes | 5. Cinco de Abril | 7. Centro              |
| 3. Faisán      |                   |                        |

## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual



Figura II. 7 Principales colectores pluviales del Sistema de drenaje pluvial existente en la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

### Origen del proyecto

La ciudad de Chetumal, por su topografía, es afectada por encharcamientos e inundaciones debido a la presencia de eventos pluviales tanto ordinarios como extraordinarios; asimismo el crecimiento de la mancha urbana ha generado un cambio en los usos del suelo, que afectan directamente al comportamiento del escurrimiento en calles lo que genera que ésta se concentre en un punto determinado a un tiempo más corto (tiempo de concentración disminuye). Todo esto genera un peligro para la integridad tanto de las personas como de bienes materiales, así como una afectación de la infraestructura de los servicios urbanos: redes de agua potable, alcantarillado, colectores pluviales existentes, red de calles, etcétera.

Los costos por las inundaciones urbanas generalmente se asocian a los problemas ocasionados por la introducción del agua a los inmuebles habitados y no habitados ya que la población incurre en costos por reparación y sustitución de las pertenencias dañadas o bien por el abandono de las viviendas durante los periodos de mayor inundación, además de que los centros de enseñanza y comercios deben cerrar sus puertas y/o suspender sus servicios lo cual afecta sus ingresos por ventas de sus productos.

#### II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

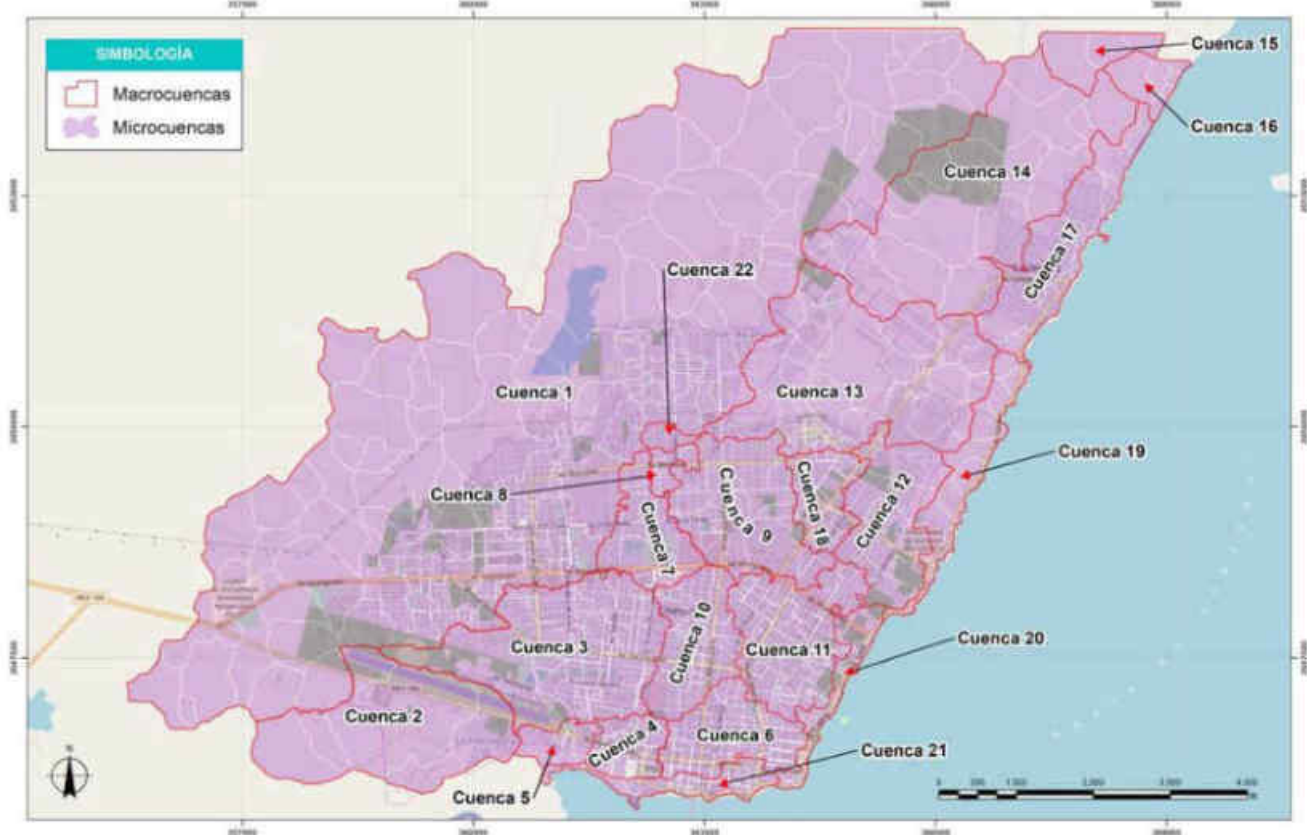
Otra de las afectaciones, es al tránsito vehicular que al volver las calles intransitables, este se torna caótico, ya que los automovilistas, usuarios de las vías anegadas deben circular a menor velocidad o modificar su ruta de viaje, incrementando el tráfico y reduciendo la velocidad en vías no inundadas, lo que representa mayores costos generalizados de viaje (CGV), al incrementar el tiempo de viaje y el costo de operación de los vehículos. Asimismo, a pesar de la existencia de sistemas separados para el desalojo de las aguas pluviales y las aguas residuales, en periodos de lluvia abundante, en las zonas donde se cuenta con infraestructura de alcantarillado sanitario, ésta se ve saturada con agua de lluvia y, a pesar de que las bombas trabajan lo doble de lo normal, es común el rebosamiento de las aguas negras, lo que representa un riesgo a la salud. Esto a su vez afecta el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ya que el exceso de agua de lluvia contribuye a rebasar la capacidad de la infraestructura instalada, afectando los procesos de tratamiento, al modificar la calidad del agua recibida; lo cual pudiera traducirse en una reducción de la calidad del agua tratada y que posteriormente se inyecta al subsuelo.

De lo anterior, la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del estado de Quintana Roo (CAPA), determinó la realización en colaboración con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) del "*Programa para el Manejo del Agua Pluvial de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo*" (al que se le hará referencia como *Estudio*), el cual tuvo como base de análisis la elevación natural de terreno, la modificación del suelo como resultado del crecimiento de la ciudad, la impermeabilización de vasos reguladores naturales, la infraestructura pluvial existentes y con ello generar modelos de análisis que permitieron caracterizar las macro y micro cuencas que integran el territorio de la ciudad (Figura II. 8).

A partir de estas cuencas, con diferentes escenarios de periodo de retorno de las lluvias que pudiesen presentarse en la ciudad, se determinaron los escurrimientos y las zonas de mayor riesgo y conflicto por inundaciones, así como las principales colonias, viviendas y vialidades, derivado de su vulnerabilidad social (ICI).



## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual



**Figura II. 8** Macro y micro cuencas identificadas en la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

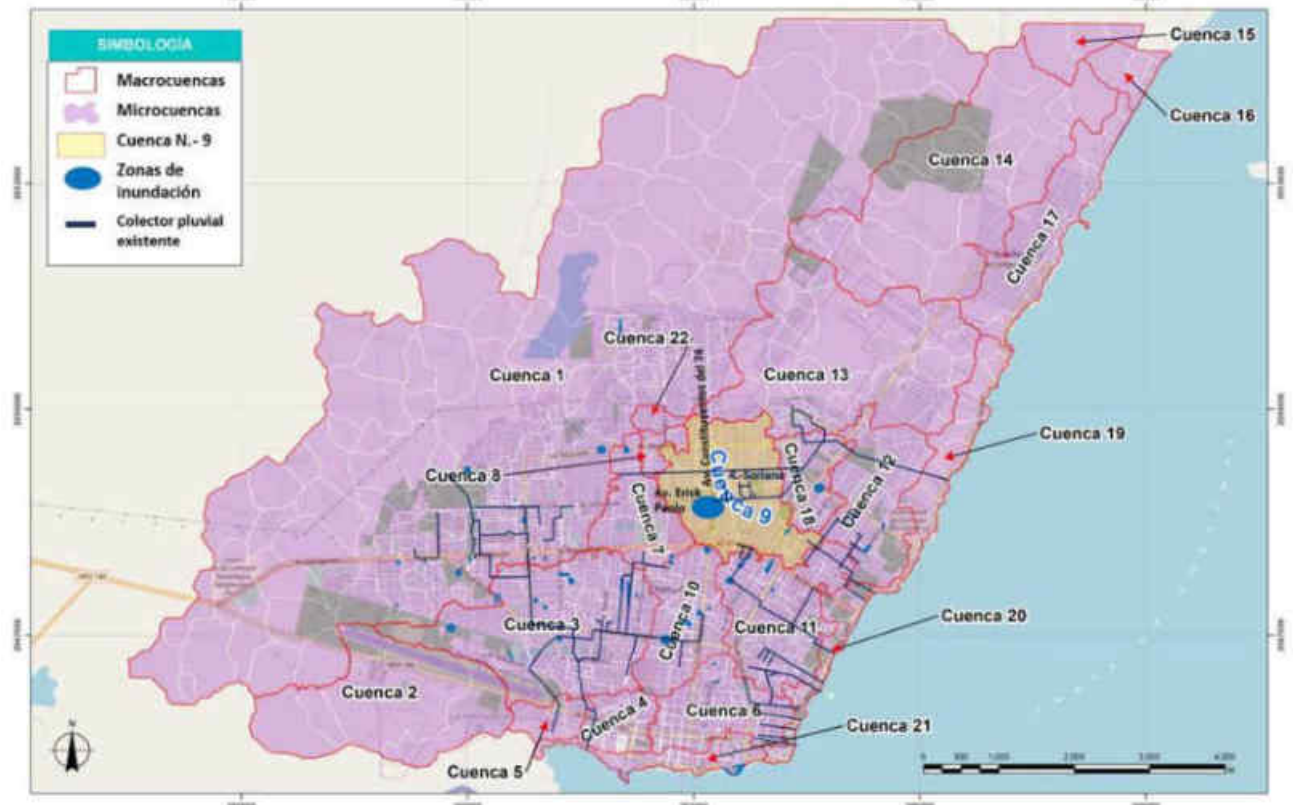
Fuente: Estudio Geohidrológico de la Ciudad de Chetumal, CAPA-IMTA, 2015, pág.452

De lo anterior se detectó que, si bien, a pesar de que en la ciudad se cuenta con infraestructura pluvial, se tienen problemas de inundaciones debido en gran parte a la configuración topográfica de la ciudad, con el estudio se identificaron 124 puntos de inundación y encharcamiento, los cuales varían en extensión de acuerdo a la precipitación y el punto de ubicación, de entre dichos puntos de inundación, se destaca el ubicado en la zona baja de la cuenca 9, en el cruzamiento de las vialidades Av. Erick Paolo Martínez y Constituyentes del 74, ubicado en la zona de influencia del sistema colector 4.- Soriana (ver Figura II. 9).

El sistema colector número 4.- “Soriana”, atiende parte de la zona norte de la ciudad (una de las zonas más urbanizadas, en donde se ubican desarrollos comerciales, habitacionales y el colegio de Bachilleres plantel 2), de acuerdo con el Estudio, es la que más problemas de inundaciones ha presentado, ya que los cambios de uso de suelo, derivado del crecimiento de la mancha urbana por la construcción de nuevas colonias con niveles más elevados, ha provocado que las anteriormente edificadas queden más bajas (ver Figura II. 10), lo que ha contribuido al incremento de los escurrimientos naturales superficiales hacia la zona y limitando con ello la capacidad de absorción del suelo, lo que ocasiona los constantes encharcamientos en la zona (ver Figura II. 11).

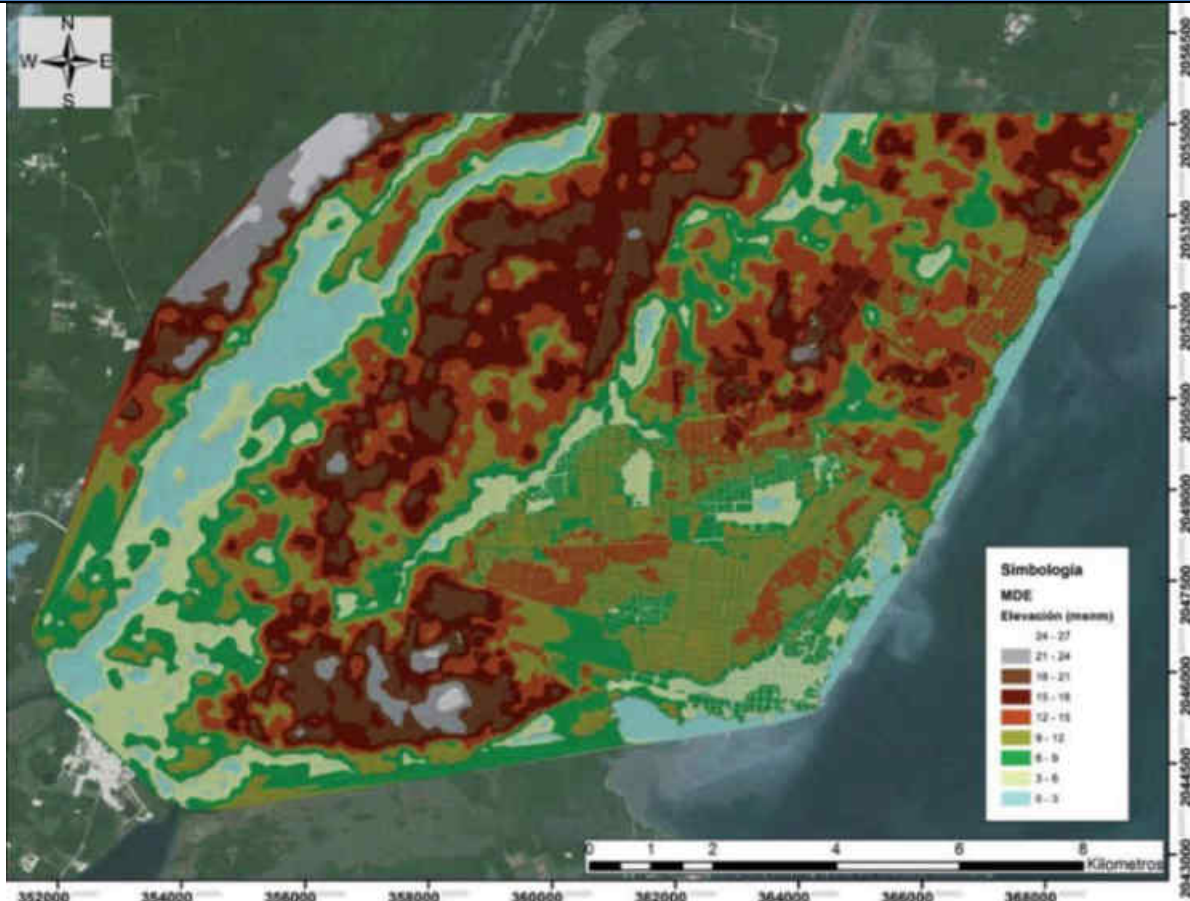


## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual



**Figura II. 9** Principales zonas de inundación en la ciudad de Chetumal, por cuenca y sistema pluvial colector existente.

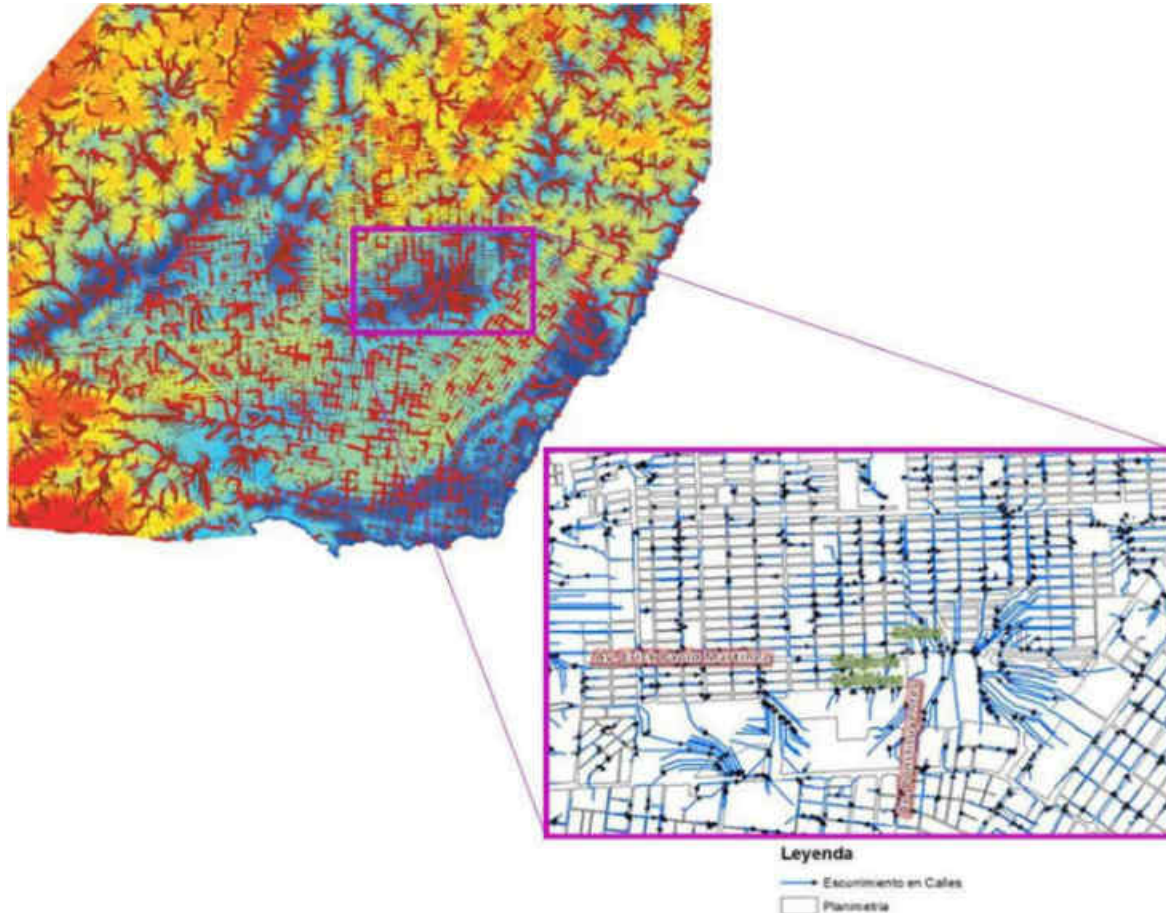
## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual



**Figura II. 10** Modelo Digital de Elevaciones de la Ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

**Fuente:** Estudio Geohidrológico de la Ciudad de Chetumal, CAPA-IMTA, 2015, pág.443

## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual



**Figura II. 11** Escurrimiento natural del agua hacia el cruce de la Av. Erick Paolo con Constituyentes del 74 en la zona de influencia del sistema colector 4. “Soriana”.

Como bien se observó en la Figura II. 9, la cuenca 9 es una de las que más problemas por inundación presenta ya que el caudal pluvial excedente escurre superficialmente, es decir, en la parte alta de la cuenca no se presentan problemas de inundación; sin embargo, en la parte baja, ubicada precisamente en el cruce de las vialidades Av. Erick Paolo Martínez y Av. Constituyentes del 74, donde se tienen niveles de terreno de 2.9 metros sobre el nivel del mar (msnm, ver Figura II. 10), es en donde el agua pluvial se acumula, causando desde encharcamientos transitorios hasta inundaciones de más de un metro sobre el nivel de la calle con duración de varios días (ver Figura II. 13).

En años recientes, tanto en la temporada de lluvias (junio a octubre) como en casos de lluvias atípicas, las precipitaciones pluviales se han caracterizado porque en un corto periodo de tiempo, caen grandes volúmenes de agua, que, en el caso de la ciudad de Chetumal, por sus características topográficas, provoca que la vulnerabilidad por inundaciones en diversas zonas (franja costera, partes bajas y planas) sea un problema latente en las zonas más bajas de la ciudad.

## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

Para el año 2012, la ciudad fue impactada por el huracán Ernesto y la onda tropical número 11, los cuales dejaron una gran cantidad de lluvia, por lo que para ese año, de acuerdo a la nota periodística de "EL Universal"<sup>8</sup>, *Froilán Torres Herrera, Director General del Organismo de Cuenta de la Península de Yucatán de la CONAGUA precisó a la ciudad de Chetumal como el sitio de mayor precipitación pluvial de año (para el mes de agosto registró un 260 por ciento más del promedio histórico de ese mes de 143.5 mm, con una precipitación pluvial de 515.9 mm).*

Es de destacarse que en ese periodo, en la ciudad se presentaron varias zonas con encharcamientos por la saturación del suelo (manto freático saturado<sup>9</sup>), la presencia de lodosy/o basura en las vialidades, ocasionando que el drenaje sea más lento, así como daño al patrimonio de la ciudadanía, un incremento de insectos y alimañas asociadas a la basura y malos olores que manan de los desagües representan un riesgo para la salud de la población en la zona, además de un incremento de los costos de mantenimiento a colectores, rejillas de piso, de banqueta o coladeras por obstrucciones con basura.

Uno de los puntos críticos fue en el cruce de las vialidades Av. Erick Paolo Martínez con Constituyentes del 74, en donde se presentaron tirantes de hasta 0.90 M, a pesar de que ubicarse en la zona de influencia del sistema 4. "Soriana", cuya capacidad de conducción resultó insuficiente por lo que presentó desbordes, ocasionando inundaciones en calles y áreas verdes aledañas de la zona.

De acuerdo a un recorrido realizado por el IMTA, dicho colector pluvial, opera a su máxima capacidad con aproximadamente 414 M de longitud crítica con un tirante de agua de hasta 1.20 M, de ahí la recomendación de realizar una obra de descarga adicional al Canal existente.



**Figura II. 12** Afectaciones en el cruce de la Av. Erick Paolo con Constituyentes del 74 de la zona de influencia del sistema colector 4. "Soriana", lluvias agosto 2012.

<sup>8</sup> <http://archivo.eluniversal.com.mx/notas/886281.html>. Miércoles 28 de noviembre de 2012

<sup>9</sup> hay un exceso de humedad, ante la presencia de nuevas lluvias, el agua no puede ser absorbida, por lo que se incrementan los escurrimientos acumulándose en terrenos ubicados en las partes bajas de la ciudad, cuya capacidad de absorción se ha visto disminuida por los cambios de usos del suelo.

## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

Para el año 2013 El diario *Novedades Quintana Roo*<sup>10</sup> menciona que, de acuerdo con el director local de la Comisión Nacional del Agua en el estado, en ese año se registró un 58% más de precipitaciones con que en el año 2012, detalló que en 2012 cayeron 1,295.1 mm de agua, mientras que en 2013 fueron 2,043.9 mm y que los meses de mayor precipitación fueron los de julio (360.3 mm), septiembre (450 mm) y noviembre (348.2 mm); de acuerdo con los datos, para ese año, en Chetumal cayeron 1,762 mm de precipitación acumulada.

Para el año 2015, la onda tropical número 44 (con lluvias que duraron desde el sábado 17 al lunes 19 de octubre), causó severas inundaciones en la capital del estado, cuyas intensas precipitaciones pluviales, de acuerdo a la publicación del diario *Noticaribe*<sup>11</sup>, fueron calificadas de “inusuales” por el entonces presidente municipal de Othón P. Blanco, Eduardo Espinosa Abuxapqui, ya que según explicó, en tan sólo 12 horas hubo una precipitación de 200 milímetros, lo que normalmente se registra en un mes, similar a una lluvia con periodo de retorno de 100 años. (considerando que de acuerdo con la Conagua “esta lluvia fue la más intensa en la historia del estado, ya que acumuló aproximadamente 502 milímetros, superando lo registrado con el huracán Wilma en Cancún en octubre de 2005 que fue de 450 milímetros”).

Asimismo, el gobierno municipal de Othón P. Blanco habilitó como albergue la escuela primaria Francisco I. Madero para las familias que se vieron afectadas por alguna inundación y se suspendieron las clases para el lunes 19 de octubre luego de valorar la situación en la que se encontraban los planteles educativos, de acuerdo con un comunicado oficial del gobierno del Estado.

Para el día 17 de octubre, se determinó cerrar 14 puntos de diversas vialidades donde el nivel del agua superó los **80 centímetros**, dichos cruces fueron:

Cruzamientos	Cruzamientos
<ul style="list-style-type: none"> <li>San Salvador esquina Morelos</li> <li><b>Erick Paolo por Constituyentes del 74</b></li> <li>Javier Rojo Gómez por Erick Paolo</li> <li>Primo de verdad esquina Heriberto Frías</li> <li>Chicozapote con Framboyanes</li> <li>Veracruz con Chapultepec</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Justo Sierra esquina Independencia</li> <li>avenida Chetumal por Insurgentes</li> <li>Estadio Nachan Kaan</li> <li>Pacto Obrero</li> <li>Faisán entre Tela y Erick Paolo</li> </ul>

Y adicionalmente, por encharcamientos severos, la secretaría de Seguridad Pública determinó el cierre de nuevas intersecciones, las cuales fueron:

Cruzamientos	Cruzamientos
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Erick Paolo con Constituyentes del 74</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>San Salvador con José María Morelos</li> </ul>

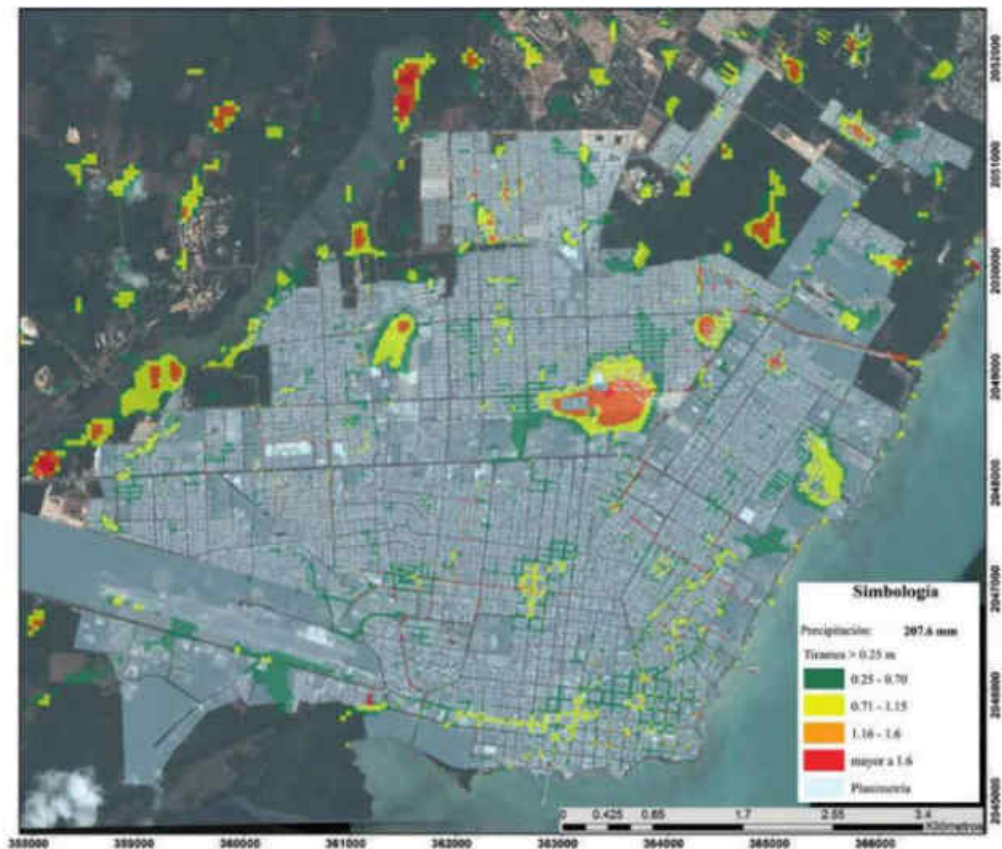
<sup>10</sup> <https://sipse.com/novedades/lluvias-rompen-record-historico-en-quintana-roo-64841.html> Viernes 6 de diciembre de 2013.

<sup>11</sup> <https://noticaribe.com.mx/2015/10/17/chetumal-colapsada-por-lluvias-anuncia-abuxapqui-que-pedirán-declaratoria-de-emergencia-por-inundaciones-seguira-el-mal-tiempo/> Sábado 17 de octubre de 2015.

## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erick Paolo con Constituyentes y Tela</li> <li>• Erick Paolo con 4 de marzo</li> <li>• Faisán con Constituyentes</li> <li>• Constituyentes con Río Verde</li> <li>• Puerto España con Canadá</li> <li>• Nicolás Bravo con Cuba</li> <li>• Chetumal esquina Insurgentes</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chicozapote con Machuxac</li> <li>• Nicolás Bravo con Yaxcopoil</li> <li>• Canadá con Paramarimbo</li> <li>• Chicozapote con Dos Aguadas</li> <li>• Chicozapote con Flamboyanes</li> <li>• <i>Centenario con Comonfort</i></li> </ul> |
|--|--|

De lo anterior se destaca el tramo de la Av. Erick Paolo Martínez por constituyentes del 74, el cual está ubicado en una de las zonas más urbanizadas de la ciudad, en donde se presentaron afectaciones, por tirantes de hasta 1.66 M (ver Figura II. 13), ocasionando molestias a viviendas, comercios y transeúntes en la zona, así como al Colegio de Bachilleres plantel 2, lo que se traduce en costos y molestias para quienes habitan y/o transitan por la zona, además de hacer necesario el empleo de recursos públicos en labores de limpieza.



**Figura II. 13** Tirantes alcanzados en la Ciudad de Chetumal, Quintana Roo con las lluvias de octubre 2015 (acumulado en un periodo de 12 horas).

**Fuente:** Estudio Geohidrológico de la Ciudad de Chetumal, CAPA-IMTA, 2015, pág.442

#### II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

Las colonias más afectadas en la zona fueron la de Solidaridad y Proterritorio de los cuales el 75%, representadas en el Cuadro II. 3, se han visto afectados por las inundaciones, cuyos costos de afectación ascendieron a un monto total de \$199,637,624.70, los cuales se describen en el Cuadro II. 3.



**Figura II. 14** Inundaciones en el cruce de la Av. Erick Paolo Martínez con Constituyentes del 74 de la zona de influencia del sistema colector 4.- “Soriana”, lluvias del 17 al 19 de octubre 2015.



## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

**Cuadro II. 3** Costos por inundaciones en la zona de influencia del sistema colector 4.- “Soriana” (av. Erick Paolo con Constituyentes del 74), lluvias del 17 al 19 de octubre 2015.

Costo por inundaciones	Monto
Inundación en viviendas	11,159,154.86
Inundación en comercios	324,228.37
Costos por enfermedades	3,147,113.15
Costos por desalojo	85,000.00
Disminución de ventas en los comercios	4,250,000.00
Costos por preparativos	126,065.61
Ausentismo laboral	560,636.08
Aumento de CGV	176,697,388.86
Afectación por aguas residuales	10,000.00
Gastos emergencia y limpieza	3,278,037.77
<b>Total Costos</b>	<b>\$ 199,637,624.70</b>

Fuente: Trabajo de campo.

### II.1.1 Problemática, oportunidad o condición negativa

Cada año, la ciudad de Chetumal está sujeta frecuentemente a la presencia de huracanes, tormentas tropicales, fenómenos naturales que originan constantes precipitaciones en periodos que van de cinco a diez días seguidos, que aunado a la temporada de lluvias con duración de cinco meses (junio a Octubre) y a sus características topográficas, esta se ve afectada por inundaciones en diversas zonas.

De entre dichas zonas se destaca el cruzamiento de la Av. Erick Paolo Martínez y Constituyentes del 74, ubicado en la parte baja de la cuenca número 9, en donde si bien se cuenta con cobertura de drenaje pluvial, el crecimiento desordenado de la mancha urbana y el cambio de uso de suelo, ha afectado tanto la elevación del terreno como la permeabilidad del suelo, que al incrementar los escurrimientos hacia las zonas bajas se ha limitado su capacidad de absorción, ocasionando que en periodos de precipitación pluvial, esta sea considerada como una zona de inundación severa, ya que en ésta se han presentado desde encharcamientos transitorios hasta inundaciones con tirantes mayores a un metro sobre el nivel de la calle con duración de varios días.

Tal es el caso de las lluvias del 17 al 19 de octubre en 2015, cuando en la zona se presentaron tirantes de hasta 1.66 M (ver Figura II. 14), producto de la onda tropical número 44, cuyas precipitaciones rebasaron los 200 mm en 12 horas, que si bien, de acuerdo al *estudio*, podría compararse a las precipitaciones de una lluvia con periodo de retorno de 100 años. Asimismo, de acuerdo con declaraciones de la CONAGUA dichas lluvias, acumularon aproximadamente 502 milímetros, superando lo registrado con el huracán Wilma en Cancún en octubre de 2005, por lo que se consideró como “la más intensa lluvia en la historia del estado”.



#### II.1.1 Problemática, oportunidad o condición negativa

Lo anterior, ha sido causa de molestias a usuarios en las viviendas, comercios y transeúntes en la zona, así como al Colegio de Bachilleres plantel 2, lo que se traduce en costos y molestias para quienes habitan y/o transitan por la zona, además de hacer necesario el empleo de recursos públicos en labores de limpieza.

La introducción del agua a las viviendas ocasiona que la población incurra en costos por reparación y sustitución de las pertenencias dañadas o bien por el abandono de las viviendas durante los periodos de mayor inundación, además de que los centros de enseñanza deben cerrar sus puertas y/o suspender sus servicios. Asimismo, los automovilistas, usuarios de las vías anegadas se ven en la necesidad de circular a menor velocidad o modificar su ruta de viaje, incrementando el tráfico y reduciendo la velocidad en vías no inundadas, lo que representa mayores costos generalizados de viaje (CGV), al incrementar el tiempo de viaje y el costo de operación de los vehículos, para el año 2015, las lluvias del mes de octubre ocasionaron un costo por aproximadamente \$199,637,624.70 (son: ciento noventa y nueve millones, seiscientos treinta y siete mil, seiscientos veinticuatro pesos 70/100 M.N).

#### II.2 Análisis de la Oferta Actual o Infraestructura Existente

##### II.2.1 Infraestructura actual

Para el desalojo de las aguas pluviales, en la ciudad se dispone de un 35% en infraestructura de colectores pluviales y que cubren una área para 130 mil habitantes, consistente en un sistema de colectores pluviales compuesto de 7 colectores principales (1.-Flamboyanes, 2.-Insurgentes, 3.-Faisán, 4.-Soriana, 5.-Cinco de Abril, 6.-Esteban B. Calderón y 7.-Centro) que trabajan mediante bocas de tormenta que interceptan el agua de lluvia que escurre por las calles, y que es conducido por medio de tuberías (colectores) hasta su descarga, que en el caso particular de la ciudad, la Bahía y cuerpos lagunares. Asimismo, se cuenta con aproximadamente 2,000 pozos de absorción fabricados, distribuidos en toda la zona urbana de la ciudad, utilizados para infiltrar el agua de lluvia con profundidades que van desde los 5 m hasta los 35 m.

Como se ha mencionado, en el cruce de la Av. Erick Paolo esquina con la Av. Constituyentes del 74, ubicado en la zona baja de la cuenca número 9 de la ciudad, los problemas por inundación se agravan, debido a que en dicha zona la cota del terreno natural tiende a ser de las más bajas de la ciudad, con niveles del terreno de 2.9 metros sobre el nivel del mar (msnm), aunado a que la capacidad de absorción del terreno se ha visto reducida por el desarrollo urbano de la zona.

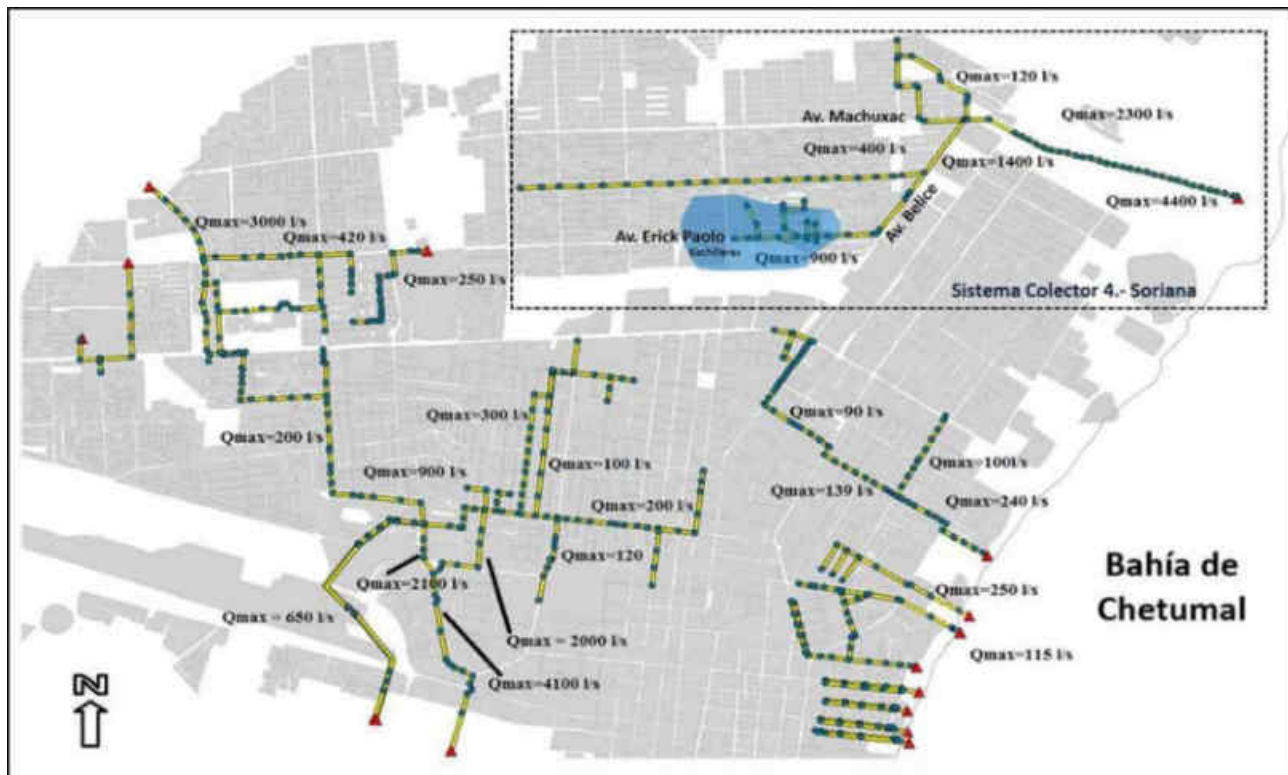
Actualmente el desalojo del agua pluvial en esta zona se realiza mediante un colector denominado 4.-"Soriana" que desemboca en la Bahía de Chetumal; este colector tiene una longitud aproximada de 3,581 metros lineales (ML), de los cuales 2,200 M lo conforman el Dren Soriana de cajón de concreto (con una capacidad máxima de conducción de 900 l/s) que inicia sobre la Av. Erick Paolo Martínez hasta conectar con la Av. Belice y continua hasta la Av. Machuxac en donde conecta con el canal Machuxac, este último una zanja de 1,381 ML a cielo abierto (con una capacidad máxima de

### II.2.1 Infraestructura actual

conducción para 4,400 l/s). Ver Figura II. 15.

De acuerdo a un recorrido realizado por el IMTA, el dren *Soriana* empieza con un tramo con pendiente cero (en la intersección de las Av. Erick Paolo y Av. Constituyentes del 74) lo que reduce su capacidad máxima de descarga a 900 l/s, esto si es que opera en condiciones óptimas, es decir, cuando no se tiene presencia de basura en las calles.

Asimismo, dicho dren presenta una sección variable y por su ubicación, con una cota de terreno de 2.9 msnm, presenta longitudes críticas con tirantes de hasta 1.20 M.

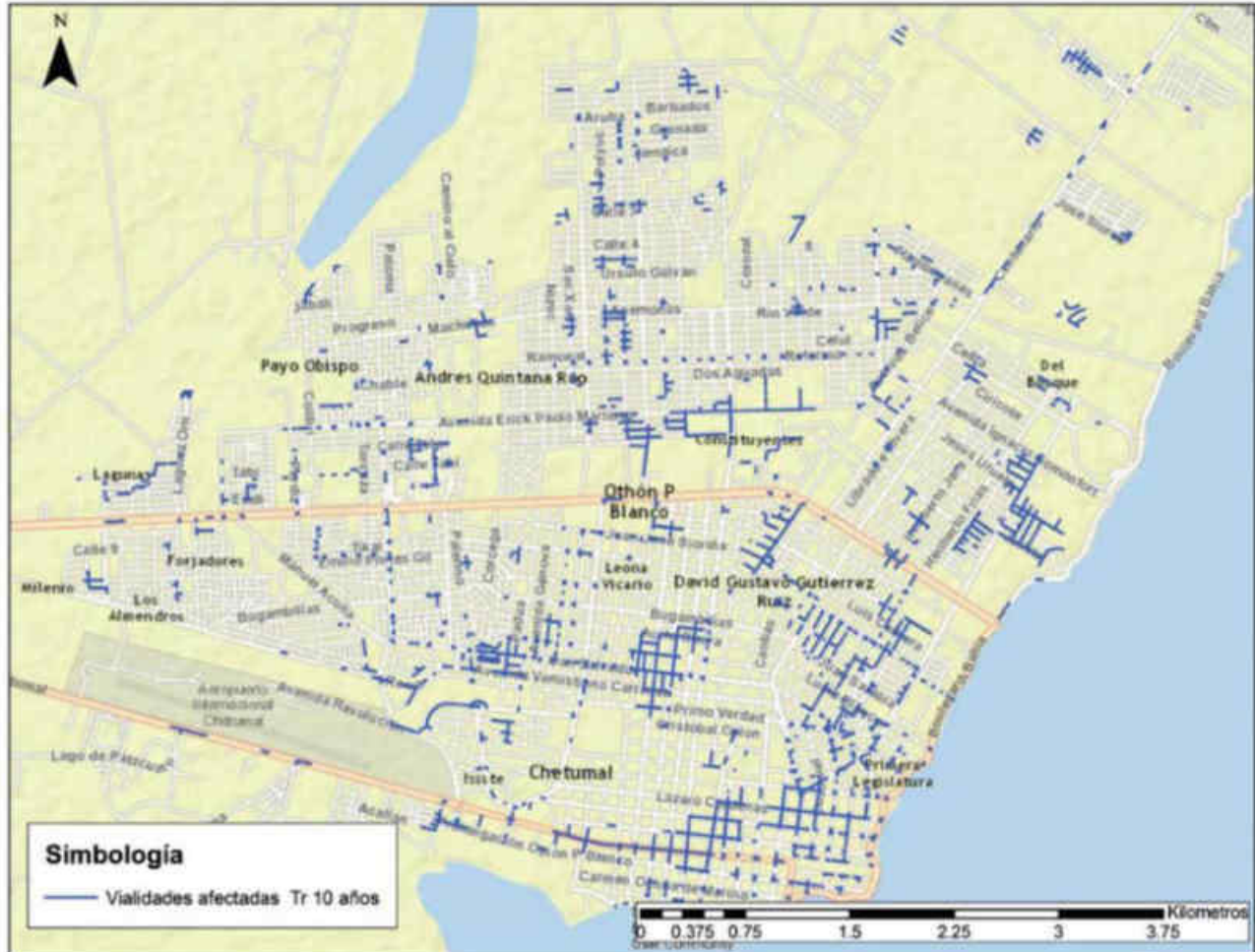


**Figura II. 15** Capacidades máximas de la Infraestructura drenaje pluvial, zona de estudio (Sistema colector 4.- Soriana).

Dichas capacidades máximas fueron calculadas con el modelo de simulación elaborado por el IMTA en el estudio para el *"Programa para el manejo del agua pluvial de la ciudad de chetumal"*, en el cual se determinó que la capacidad máxima actual de desalojo del colector sería rebasada con lluvias que presentan un periodo de retorno menor a los 2 años.

Asimismo, del modelo se determinó que para una lluvia con un periodo de retorno de 10 años (periodo requerido para el calculo de la infraestructura), en la ciudad de Chetumal, se tendría en riesgo potencial de sufrir problemas relacionados con las inundaciones a una población de 13 mil 309 habitantes. En lo que respecta a la afectación vial, se determinó que para el mismo periodo, se presentarían problemas en el 11.8 % de total de vialidades, lo cual podría llegar a acrecentarse casi al doble con una lluvia con periodo de retorno de 100 años (Figura II. 16).

### II.2.1 Infraestructura actual

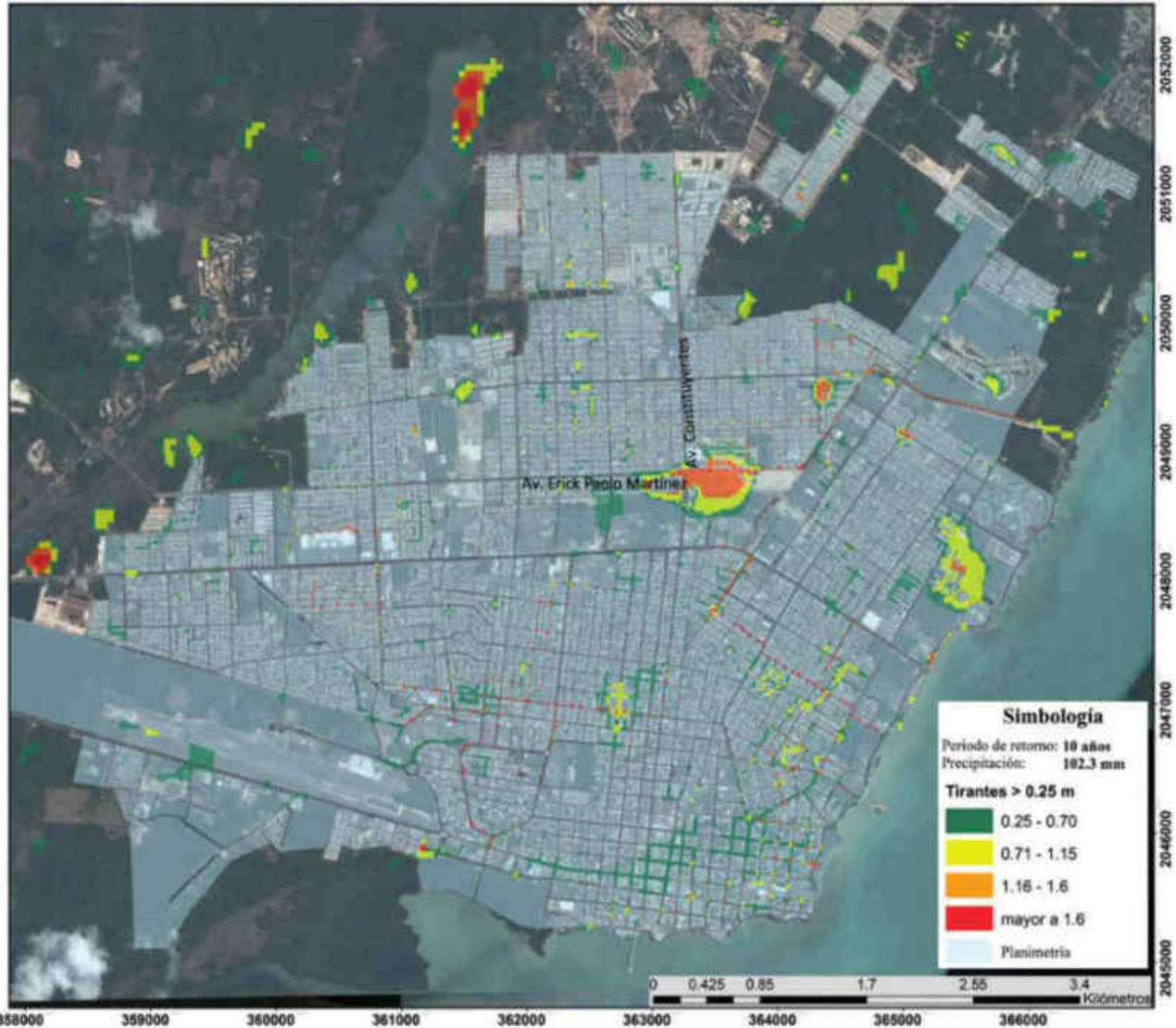


**Figura II. 16** Vialidades afectadas con una lluvia con periodo de retorno de 10 años en la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

**Fuente:** Estudio Geohidrológico de la Ciudad de Chetumal, CAPA-IMTA, 2015, pág.521.

De acuerdo con el mapa de tirantes máximos (Figura II. 17) se determinó que para una lluvia vinculada a un periodo de retorno de 10 años, en la ciudad de Chetumal se presentan tirantes del orden de 0.25 a 2.02 m.

### II.2.1 Infraestructura actual



**Figura II. 17** Mapa de tirantes máximos para una lluvia con periodo de retorno de 10 años, en la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

**Fuente:** Estudio Geohidrológico de la Ciudad de Chetumal, CAPA-IMTA, 2015, pág.485.

Además, de acuerdo a los mapas de riesgo (Figura II. 18), en el cruce de las vialidades Av. Erick Paolo con Constituyentes del 74, los problemas por inundación se agravan, debido a la cota del terreno natural en la zona ya que tiende a ser de las más bajas de la ciudad, que aunado a que el nivel freático se encuentra entre 1.3 y 1.5 metros del nivel del terreno, genera problemas para el desalojo del agua, por lo que opera a su capacidad máxima.

### II.2.1 Infraestructura actual



**Figura II. 18** Mapa de riesgo de inundación para una tormenta con periodo de retorno de 10 años.  
**Fuente:** Estudio Geohidrológico de la Ciudad de Chetumal, CAPA-IMTA, 2015, pág.442.

Por lo anterior y para proteger de inundaciones a la zona más baja de la cuenca número 9 (intersección de las vialidades Av. Erick Paolo con Constituyentes del 74), al **noreste** de la ciudad de Chetumal, en años anteriores se han ejecutado recursos del Programa APASZU de la CONAGUA, para la construcción de tres etapas de un colector principal de sección rectangular de 8 M<sup>2</sup> y colectores secundarios que actualmente se encuentra en operación y permite la conducción de los caudales pluviales de las zonas bajas de la cuenca 12 (Av. Universidad con Ignacio Ramírez) (ver Figura II. 19).

**Cuadro II. 4** Metas de las etapas anteriores, Colector Pluvial.

ETAPAS	AÑO	METAS				
		COLECTOR PRINCIPAL (ML)	CHIMENEA DE INSPECCIÓN (PZA)	COLECTOR SECUNDARIO (ML)	BOCA DE TORMENTA (PZA)	POZO DE VISITA (PZA)
PRIMERA	2013	655.22	0	560.34	24.00	12.00
SEGUNDA	2014	414.75	9.00	1,024.74	31.00	9.00
TERCERA	2015	103.25	3.00	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>1,173.22</b>	<b>12.00</b>	<b>1,585.08</b>	<b>55.00</b>	<b>21.00</b>

Fuente: Coordinación de Construcción de la CAPA.

## II.2.1 Infraestructura actual



**Figura II. 19** Infraestructura Pluvial de las etapas anteriores.

En dichas etapas anteriores se ha consolidado la construcción de 1,173.22 ML de colector principal y 1,585.08 M de colectores secundarios que desalojan los caudales pluviales de la zona baja de la cuenca número 12 y que además atienden a las colonias de Fracc. Zazil-Ha, Fracc. Reforma, 5 de abril y parte de la colonia Adolfo López Mateos.

**Cuadro II. 5** Tramos de inicio y fin, colector pluvial principal.

ETAPAS	AÑO	COLECTOR	ML	VIALIDADES
PRIMERA	2013	PRINCIPAL	655.22	Boulevard Bahía, Av. Universidad E Ignacio M. Altamirano entre Av. Universidad y José M. Pino Suárez.
		SECUNDARIO	560.34	José M. Pino Suarez, Francisco Zarco, Ignacio Ramírez, Jesús Urueta.
SEGUNDA	2014	PRINCIPAL	414.75	Av. Ignacio M. Altamirano entre José M. Pino Suarez y Felipe Ángeles
		SECUNDARIO	1,024.74	Francisco J. Mújica, Jesús Urueta, Heriberto Jara, Felipe C. Puerto y Guadalupe Victoria.
TERCERA	2015	PRINCIPAL	103.25	Av. Ignacio M. Altamirano entre Felipe Ángeles y Salvador Alvarado

Fuente: Coordinación de Construcción de la CAPA.

### II.1.2 Problemas que presenta la infraestructura actual

Debido a las precipitaciones pluviales y al desarrollo urbano hacia la zona norte de la ciudad (cambio de uso de suelo), se han incrementado los escurrimientos de las zonas elevadas hacia las zonas bajas de la ciudad, una de las zonas de mayor afectación al presentar una cota de terreno de 2.9 msnm, es la zona ubicada en la cuenca número 9 de la ciudad, en el cruzamiento de las vialidades Av. Erick Paolo Martínez y Av. Constituyentes del 74, que si bien cuenta con infraestructura para el desalojo de agua pluvial (sistema colector 4.- Soriana), esta presenta una capacidad máxima de desalojo de 900 l/s, la cual se ha visto superada por el incremento de los escurrimientos y que además, de acuerdo con los resultados de un modelo de simulación con lluvias de periodos de retorno de 2 hasta 100 años, realizado en el estudio realizado por el IMTA, dicha capacidad máxima se vería rebasada con lluvias que presentan un periodo de retorno menor a los 2 años.

Asimismo, de acuerdo a un recorrido realizado para dicho estudio, el dren existente presenta pendientes cero, lo que limita su capacidad máxima y presenta longitudes críticas con tirantes de hasta 1.20 M, según el mismo estudio, para el desalojo de las precipitaciones pluviales es necesaria una capacidad máxima de desalojo de 2,100 l/s al inicio (en el cruzamiento de las vialidades), que deberá incrementarse en el punto final a los 5,000 l/s.

### II.3 Análisis de la Demanda Actual

#### II.3.1 Características de la población objetivo

La zona de influencia del proyecto, es considerada como una de las zonas de mayor urbanización de la ciudad, en ella se encuentran ubicadas viviendas, comercios y el colegio de bachilleres plantel 2.

En el Cuadro II. 6 se desglosa el total de viviendas y comercios así como el porcentaje de afectados ante el problema de inundaciones. asimismo, en el caso de los comercios, en el Cuadro II. 7 se presenta un desglose porcentual por tipo de comercio afectado.

**Cuadro II. 6** Desglose de Lotes afectados por las inundaciones, situación actual.

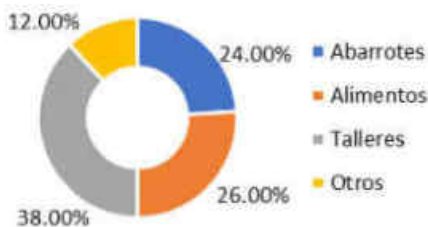
Tipo de Lote	Total	Población	% Afectados		
			Tr=5	Tr=10	Tr=20
Viviendas	2,418	8,681	50%	75%	95%
Comercios	212	-	48%	66.67%	85%
<b>Total</b>	<b>2,630</b>	<b>8,681</b>			

Fuente: Trabajo de campo.

### II.3.1 Características de la población objetivo

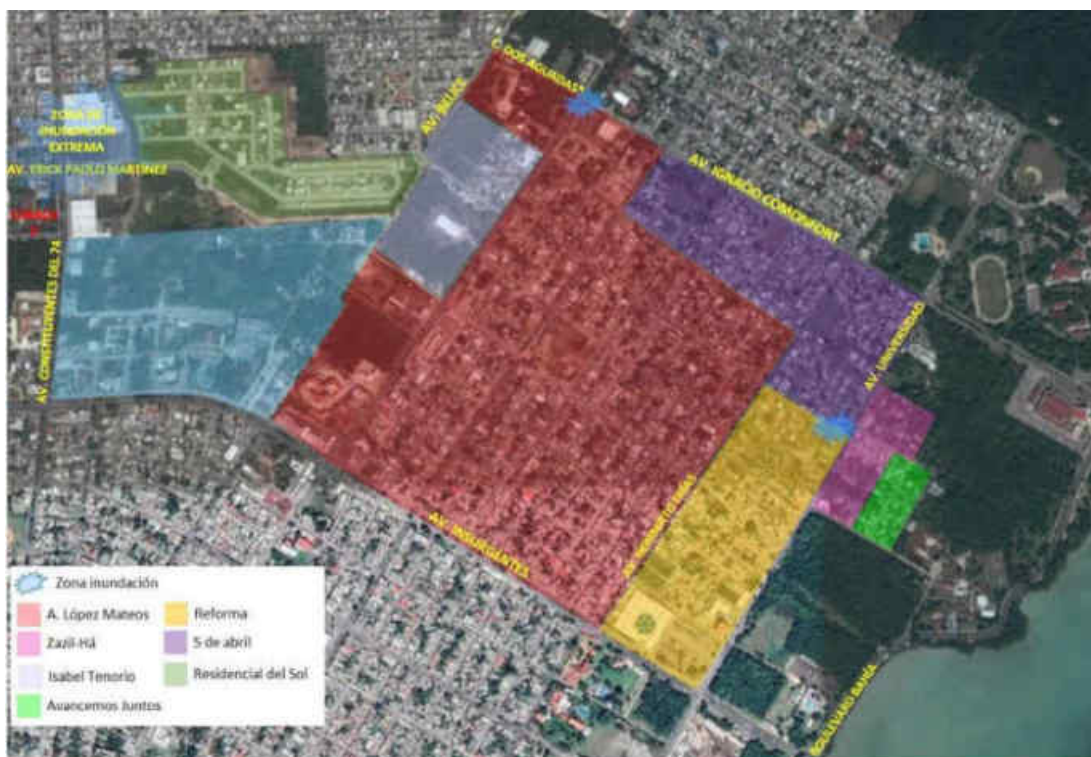
**Cuadro II. 7** Desglose porcentual de los comercios de afectados por las inundaciones.

Tipo de comercio	Composición
Abarrotes	24%
Alimentos	26%
Taller	38%
Otros	12%
<b>Total</b>	<b>100%</b>



Fuente: Trabajo de campo

Dicha zona, se encuentra comprendida entre las vialidades Av. Constituyentes del 74, Av. Erick Paolo Martínez, Av. Belice, Dos Aguadas, Av. Ignacio Comonfort, y Boulevard Bahía e incluye parte de las cuencas 9, 12 y 18 de la ciudad de Chetumal.



**Figura II. 20** Área de influencia del Proyecto por colonia.

Al calcular la tasa de crecimiento anual que ha presentado la ciudad de Chetumal, en el periodo de 2010 al 2019 se determinó en 2.61% anual, pero al tratarse de una zona casi en su totalidad urbanizada, con la característica de ser una con mayor grado de urbanización en la ciudad, de acuerdo al PDU, la reserva territorial urbana disponible de esta zona, se habrá agotado en un periodo de 20 años a una tasa media anual de 1.89% anual, hasta alcanzar un total de 3,514 viviendas (12,615 habitantes) y 307 comercios.



### II.3.1 Características de la población objetivo



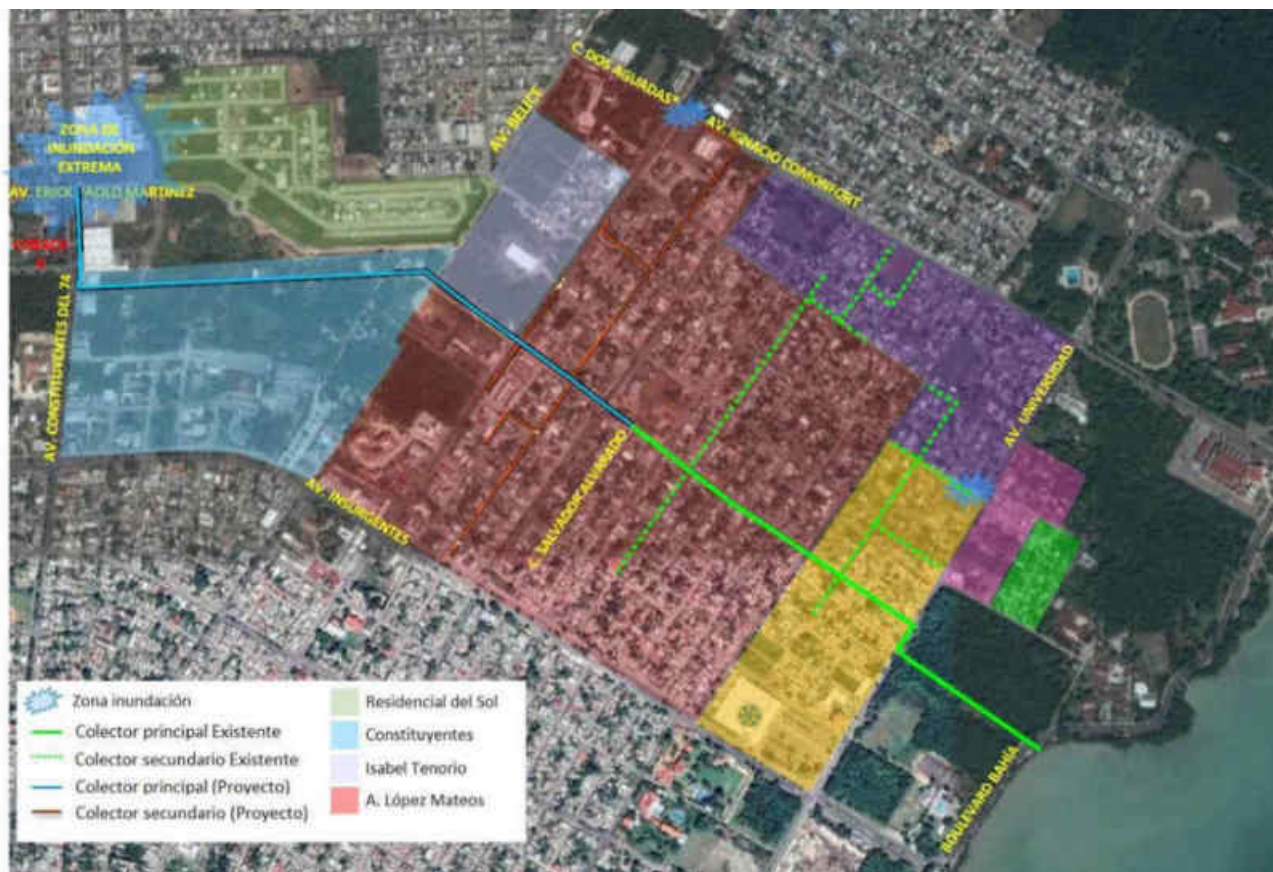
- |                                  |   |                          |
|----------------------------------|---|--------------------------|
| H1.- Habitacional 11 a 15 viv/ha | HRV.- Habitacional residencial vertical 55 viv/ha | CoD.- Comercio distrital |
| H3.- Habitacional 26 a 35 viv/ha | SCU.- Subcentro urbano                            | UE.- Usos especiales     |
| H4.- Habitacional 36 a 45 viv/ha | CBa.- Centro de barrio                            | AV.- Áreas verdes        |
| H5.- Habitacional 46 a 55 viv/ha | ZTH.- Zona turística hotelera                     |                          |
| H6.- Habitacional 56 a 70 viv/ha | EQ.- Equipamientos urbanos                        |                          |

**Figura II. 21** Zonificación según el PDU de la zona de proyecto.

**Fuente:** Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal-Calderitas, Subteniente López, Huay-Pix y Xul-Há, Municipio de Othón P. Blanco (pág. 539 y 540).

En la zona, el cruce de las vialidades Av. Erick Paolo y Constituyentes del 74, representa el punto más crítico de inundación, cuya zona de influencia inmediata incluye alrededor de 839 usuarios (771 viviendas con aproximadamente 2,768 habitantes y 68 comercios) en las colonias de: Residencial del Sol, Isabel Tenorio, Constituyentes y parte de la Adolfo López Mateos.

### II.3.1 Características de la población objetivo



**Cuadro II. 8** Distribución de lotes por colonia, en el área de influencia inmediata del Proyecto, situación actual.

Colonia	Tipo de Lote		Total	Población
	Viviendas	Comercios		
Residencial del Sol	58	1	59	208
Constituyentes	10	22	32	36
Isabel Tenorio	42	8	50	151
Adolfo López Mateos	661	37	698	2,373
<b>Total</b>	<b>771</b>	<b>68</b>	<b>839</b>	<b>2,768</b>

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

Asimismo, esto afecta de manera significativa tanto a los automovilistas como a los transeúntes que utilizan dichas vialidades para trasladarse de la zona “Norte” de la ciudad a la zona “Sur”, en donde se encuentran las instituciones de gobierno de los tres niveles, así como escuelas y comercios.

Para determinar la afluencia vehicular en la zona, se realizaron conteos de autos, en las horas pico, cuyos resultados se muestran en el Cuadro II. 9:

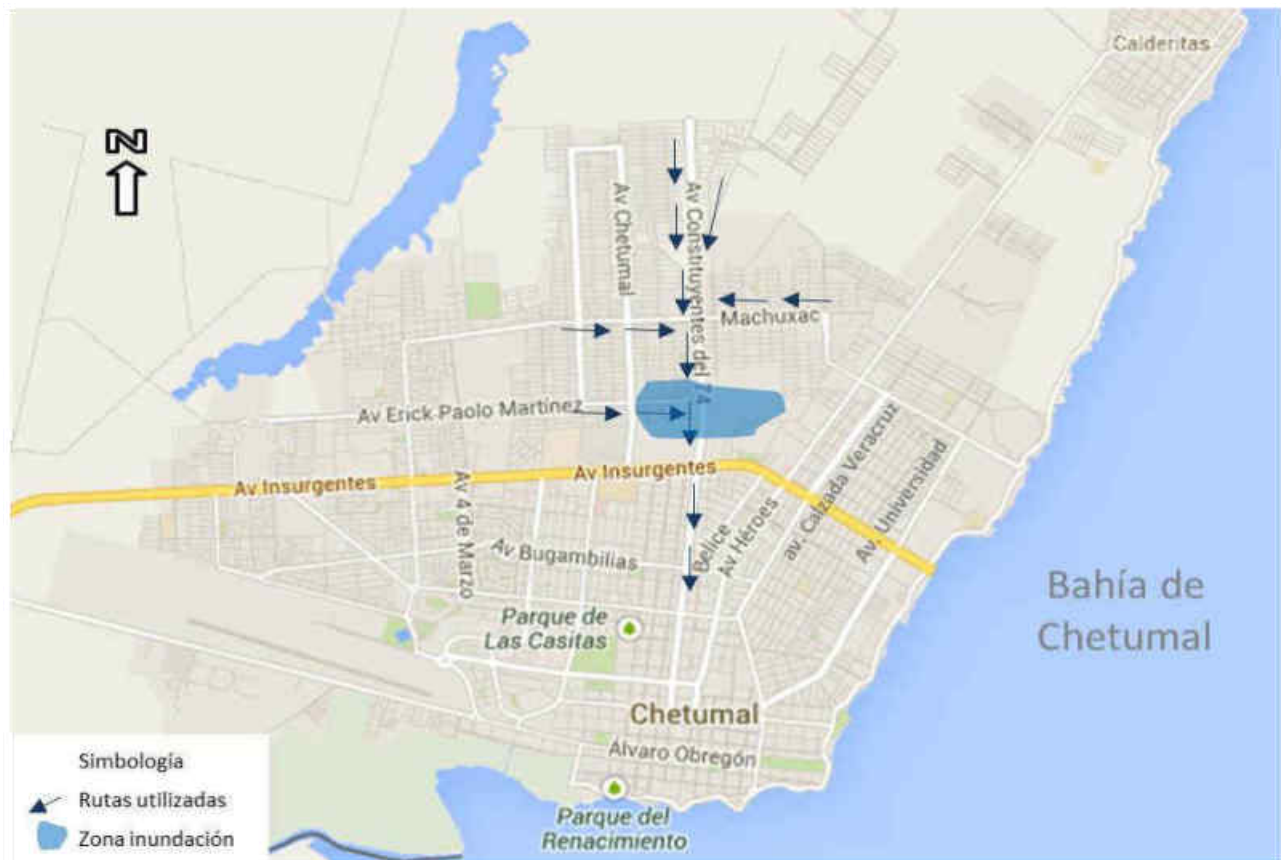
### II.3.1 Características de la población objetivo

**Cuadro II. 9** Conteo vehicular cruzamiento Av. Erick Paolo con Constituyentes del 74.

Vialidad	Punto	Dirección	Horario		Promedio veh/min	Total
			6:45 a 7:15	8:45 a 9:15		
Av. Constituyentes	1	Sur a Norte	342	300	11	642
Av. Erick Paolo	2	Este a Oeste	269	237	8	506
Av. Constituyentes	3	Norte a Sur	641	631	21	1,272
Av. Erick Paolo	4	Oeste a Este	351	180	8	531
<b>TOTAL</b>			<b>1,603</b>	<b>1,348</b>	<b>49</b>	<b>2,951</b>

Fuente: Trabajo de campo.

En la Figura II. 22 se muestra la ruta que siguen los automovilistas al trasladarse de la zona norte a la zona sur de la Ciudad.



**Figura II. 22** Rutas que toman los habitantes de la zona norte de la Ciudad para dirigirse a la zona sur.



#### II.3.2 Necesidades de consumo o requerimiento actual

La ciudad de Chetumal, por su topografía, es afectada por encharcamientos e inundaciones debido a la presencia de eventos pluviales tanto ordinarios como extraordinarios; que aunado al crecimiento de la mancha urbana hacia la zona norte que ha generado un cambio en los usos del suelo y afectado su capacidad de aborción, ha generado un incremento de los escurrimientos en las vialidades concentrándose en un punto determinado a un tiempo más corto, lo que representa un peligro para la integridad tanto de las personas como de bienes materiales.

En el estudio denominado *“Programa para el manejo del agua pluvial de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo”*, se desarrolló a partir de la caracterización de las cuencas que conforman la ciudad, un modelo de simulación con diferentes escenarios de periodo de retorno de lluvias que pudiesen presentarse, con él se determinaron los escurrimientos y las zonas de mayor riesgo y conflicto por inundaciones y se analizó el impacto que dichas lluvias generan en los colectores pluviales existentes en la ciudad.

De entre los hallazgos se distingue que, para una lluvia con periodo de retorno de 2 años, el área inundada de la superficie urbana de la ciudad sería de un 4.32%, mientras que sin la presencia de colectores el área inundada sería de 7.35%, por lo que la infraestructura hidráulica funciona mitigando en un 40% el impacto de una lluvia con periodo de retorno de dos años. En el caso de una lluvia de periodo de retorno de 10 años, la eficiencia de los colectores cae a un 15%, comparándola con el impacto que hubiera tenido la lluvia de esa misma magnitud si no existieran colectores pluviales. Para una lluvia de periodo de retorno de 20 años los colectores sólo mitigan los daños de la lluvia un 5% con respecto a la falta de infraestructura.

El modelo de simulación se construyó a base de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE), la planimetría de la ciudad, caracterización geomorfológica de las microcuencas y el drenaje pluvial; tomando como condicional inicial lluvias de proyecto que van de los 2 a los 100 años de periodo de retorno, para poder generar el sentido y dirección del flujo superficial de todos los escenarios.

En ese sentido, para la zona crítica del cruzamiento de las vialidades Av. Erick Paolo con Constituyentes del 74, se determinó que la infraestructura actual presenta una capacidad máxima instalada de 900 l/s, con lo cual no se garantiza el desalojo del agua de lluvia, que presentan un periodo de retorno menor a los 2 años, muestra de ello es que con que las lluvias que actualmente se presentan año con año, se generan problemas de encharcamiento severo en la zona.

La CONAGUA recomienda para la construcción de obras pluviales el periodo de retorno de 10 años, a partir del cual se determinó que para el correcto desalojo de los caudales pluviales que se acumulan en la zona, se requiere de una capacidad de desalojo de 2,100 l/s.

Lo que representa un déficit de 1,200 l/s lo cual ha tenido como consecuencia que en la zona se presente una acumulación del agua pluvial, lo cual ha sido motivo de descontento por parte de la tanto para la población que habita en la zona, quienes han incurrido en costos ya sea por la reparación o reposición de bienes; como para los automovilistas que utilizan dichas vialidades para trasladarse de la zona Norte de la ciudad hacia la zona Sur y se ven en la necesidad de disminuir la velocidad o de cambiar la ruta, lo cual incrementa los Costos Generalizados de Viaje (CGV) y costos de operación de los vehículos. Así también dicha situación hace necesaria la utilización de recursos públicos para las

#### II.3.2 Necesidades de consumo o requerimiento actual

labores de limpieza u operativos de asistencia social.

La metodología utilizada para calcular las lluvias de proyecto para diferentes periodos de retorno consistió en la recopilación de datos de información pluviométrica de la zona, a partir de la base de datos del ERIC III V2.0 del IMTA, que recopila datos históricos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), de las estaciones climatológicas cercanas al área de estudio. En el caso de Chetumal, la estación con registro más amplio es la 23032 (Observatorio), con el que se trabajó para identificar las curvas Intensidad (I)-Duración (D)-Periodo de retorno (T) de esta estación, para el cálculo de las funciones de distribución de cada serie de datos de precipitación de la estación climatológica se utilizó el software AFA V.1.1 (análisis de frecuencia), desarrollado por el IMTA en el 2010.

Una vez determinadas las curvas de intensidad-periodo de retorno, se procede a determinar el Gasto requerido de Proyecto para una tormenta con periodo de retorno de 10 años (de acuerdo a los criterios del manual de diseño de la CONAGUA), para el cual se utilizó el *Método Racional*, el más empleado en el cálculo del gasto pico en cuencas urbanas y fundamentado en supuestos como:

- La intensidad de la precipitación es uniforme en el espacio y no varía en el tiempo.
- La duración de la precipitación que produce el caudal máximo dada una intensidad, es igual al tiempo de concentración.
- El tiempo de concentración es el tiempo que tarda toda el área de la cuenca en contribuir al escurrimiento mismo en que se produce el gasto pico
- El coeficiente de escurrimiento se mantiene constante en el tiempo.

A partir de la caracterización geomorfológica de las microcuencas, se determinó que la cuenca de la zona de proyecto tiene una extensión de 22.59 Hectáreas, en las cuales, alrededor del 60% presentan problemas de impermeabilidad, con escurrimientos de hasta 1.3 Km, al presentar alturas máximas de hasta 8.11 M y mínimas de hasta 2.9 M, lo que resulta en un tiempo de concentración de hasta 40.6 minutos, a partir del cual, dependiendo del periodo de retorno de la tormenta, arrojará intensidades , para las cuales se determinará el gasto requerido.

Cuenca	Área (has)	Área impermeable 60 (%)	longitud (km)	Altura máxima (m)	Altura mínima (m)	Desnivel extremos (m)	Pendiente cuenca (%)
9 (Soriana)	22.59	13.55	1.30	8.11	2.90	5.21	4.01

Cuenca	Tiempo de concentración (min)	coeficiente de escurrimiento	periodo de retorno (años)	intensidad (mm/hr)	Gasto de escurrimiento (m3/s)	I/s
9 (Soriana)	40.60	0.70	5	68.02	1.79	1,794.02
			10	79.62	2.10	2,100.00
			20	93.20	2.46	2,458.16

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

Por su topografía, la zona de cruzamiento de las vialidades Av. Erick Paolo y Constituyentes del 74, es considerada como crítica por las constantes afectaciones por encharcamientos e inundaciones, esto por la presencia de eventos pluviales tanto ordinarios como extraordinarios, que aunado al crecimiento de la mancha urbana (cambios de usos de suelo), ha generado un incremento de los escurrimientos en calles concentrándose en un punto determinado a un tiempo más corto, lo que representa un peligro para la integridad tanto de las personas como de bienes materiales en la zona.

Dichas afectaciones atribuibles a las inundaciones, se clasifican de la siguiente manera: Lotes que incluye afectaciones tanto a viviendas como a comercios por conceptos de daños, enfermedades, desalojo, preparativos y/o ausentismo.; Tránsito que incluye los Costos de la operación Vehicular y del tiempo; y otros costos que agrupan los costos generados al destinar recursos para atención de desbordes de agua residual, gastos de emergencia y a la infraestructura y equipamientos.

de acuerdo con el estudio, para una lluvia vinculada a un periodo de retorno de 10 años, de un total de 45 colonias, las 10 colonias ubicadas en la zona de influencia del sistema colector 4.- Soriana, presentan las mayores afectaciones ante precipitaciones intensas.

Colonia	Tirante mínimo (M)	Tirante máximo (M)	Superficie de afectación (Ha)
Solidaridad	0.31	1.14	4.49
Andrés Quintana Roo	0.60	1.10	3.32
Proterritorio	0.91	1.6	9.97
Isabel Tenorio	0.75	1.28	1.07
Adolfo López Mateos	0.53	2.02	14.85
5 de Abril	0.51	1.13	2.26
Fraccionamiento Reforma	0.53	0.59	2.39
Constituyentes	N.D.	N.D.	7.27
Residencial del Sol	N.D.	N.D.	N.D.
Zazil-Ha	N.D.	N.D.	20.99

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Estudio Geohidrológico de la Ciudad de Chetumal, CAPA-IMTA, 2015, pág.502-510.

### a) Lotes: Viviendas y Comercios

En el caso de Lotes de viviendas, se presentan costos por la reparación y sustitución de pertenencias dañadas, además de que se destina tiempo para elevar muebles y aparatos de línea blanca sobre bloques y maderos a fin de evitar el deterioro, lo cual dificulta su uso en el periodo que dure la temporada de lluvias (Junio – Noviembre). En periodos de afectación extraordinaria, algunos de los habitantes abandonan se ven en la necesidad de abandonar sus viviendas durante dicho periodo o

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

se trasladan a un nivel más elevado, en caso de viviendas con 2 o más pisos (principalmente edificios de apartamentos)<sup>12</sup>.

En el Cuadro II. 10 se resumen, por periodo de retorno, los principales conceptos por los cuales se incurre en costos y molestias de los habitantes en las viviendas, se estima que para tormentas con periodo de retorno de 5 años, se afecta a un 50% de las viviendas instaladas en la zona crítica, mientras que para tormentas con periodo de retorno de 10 años, el 70% de las viviendas, y para tormentas con periodo de 20 años, este porcentaje se incrementa al 95%.

**Cuadro II. 10** Costos y molestias a viviendas afectadas por las inundaciones, en la situación actual (\$/viv/año).

Concepto	Costo promedio anual		
	Tr=5	Tr=10	Tr=20
Muebles	2,630	3,944	7,810
Electrodomésticos	789	1,184	2,344
Maquinaria y equipo	178	267	529
Medios de transporte	496	745	1,474
Viviendas	143	214	424
Otros daños	256	384	761

**Fuente:** Elaboración propia, considerando un hacinamiento en la Ciudad de Chetumal de 3.59 habitantes por vivienda

En el caso de los Lotes de comercios, quienes presentan problemas por ventas bajas ya que, al encontrarse en una zona inundada, suspenden labores o el número de clientes se reduce. Adicionalmente, y al igual que en las viviendas, al inicio de la temporada de lluvias, en los comercios se dedica tiempo a diversos preparativos a fin de proteger muebles y equipo de trabajo, así como por limpieza del interior y frente de los locales después de cada inundación.

En el Cuadro II. 11 se presentan los costos asociados a tormentas con periodo de retorno de 5, 10 y 20 años, su composición por tipo de comercio en la zona afectada por las inundaciones. Se estima que, ante lluvias con periodo de retorno de 5 años, el 48% de los comercios son afectados, en el caso de lluvias con periodo de retorno de 10 años, se afectaría a aproximadamente el 66.67%, mientras que, para lluvias con periodo de 20 años, se trata del 85% del total de comercios.

**Cuadro II. 11** Composición por tipo de comercios de los costos asociados (\$/comercio/año), por periodo de retorno.

Tipo de comercio	Costo asociado			%
	Tr=5	Tr=10	Tr=20	
Abarrotes	45.94	1,653.88	3,274.68	24.00%
Alimentos <sup>a/</sup>	34.09	1,380.79	2,733.97	26.00%

12. Información obtenida con trabajo de campo.

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

Taller	267.81	15,666.83	31,020.32	38.00%
Otros <sup>b/</sup>	305.32	5,495.79	10,881.66	12.00%
<b>Total / Promedio</b>	<b>158.15</b>	<b>170.40</b>	<b>266.17</b>	<b>100.00%</b>

Notas: <sup>a/</sup> Incluye carnicerías, pollerías, expendios de comida, entre otros.

<sup>b/</sup> Incluye papelerías, tiendas de regalos, vinaterías, entre otros.

En los siguientes cuadros, se hace una proyección de los lotes (viviendas y comercios) afectados en la zona de proyecto, considerando un porcentaje de afectación para a cada periodo de retorno (Cuadro II. 12).

**Cuadro II. 12** Proyección de Lotes afectados por periodo de retorno.

periodo	Año	Viviendas Total	Total afectadas			Comercios Total	Total afectados		
			Tr=5	Tr=10	Tr=20		Tr=5	Tr=10	Tr=20
0	2019	2,208	1,104	2019	2,098	66	32	44	56

Fuente: Elaboración propia.

### b) Tránsito

La Av. Erick Paolo y la Av. Constituyentes del 74 son unas de las principales vías de comunicación de la Ciudad, ambas arterias permiten el tránsito de la población que habita en la zona norte de la ciudad hacia la zona al sur, en donde se encuentran los centros laborales, escuelas y comercios, donde los habitantes realizan sus actividades cotidianas.

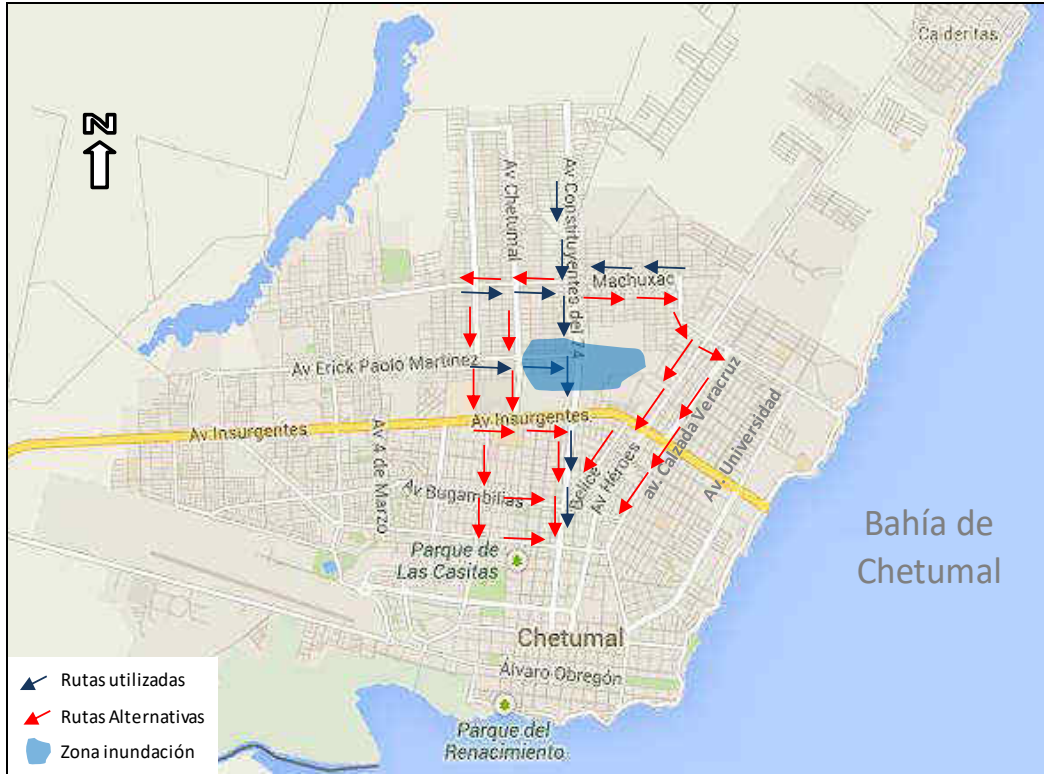
Es por tal que, al presentarse los problemas de inundación sobre estas avenidas, tanto los automovilistas como los vehículos de transporte, tienen que buscar otras rutas alternativas para acudir a sus centros laborales o realizar sus actividades diarias, lo anterior ocasiona que otras vías alternas se vean saturadas ocasionado que se incurra en un mayor costo generalizado de viajes (CGV).

Los automovilistas disminuyen su velocidad o modifican la ruta que siguen por la inundación de las vías, al colapsar el tráfico con la caída del sistema de semáforos o por el cierre de calles para evitar que los vehículos envíen agua al interior de los domicilios.

Según aforo realizado en estas vías en ellas transitan en promedio 26,559 vehículos al día, y que al cerrarse estas, la población se retrasa en promedio 30 minutos al utilizar rutas alternativas, afectando en el mismo periodo de tiempo a la población que comúnmente utiliza esas rutas que se utilizan como alternativas. (Ver Figura II. 23)



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



**Figura II. 23** Rutas alternativas utilizadas por automovilistas.

Se estima que el número de coches por día se incremente a una tasa anual de 1.37%, en la situación actual se calcularon los costos de operatividad de los vehículos y el tiempo.

**Cuadro II. 13** Cálculo de los Costos Generalizados de Viaje de los vehículos que transitan por la zona, por periodo de retorno.

Concepto	Unidad de medida	Actual		
		Tr=5	Tr=10	Tr=20
Vehículo ligero (A)	\$/veh	13.14	14.03	17.40
Autobús (B)	\$/veh	91.02	101.81	146.62
Camión (C)	\$/veh	53.14	56.95	71.29

### c) Otras afectaciones

Adicional a lo anterior, cuando en la zona se presentan inundaciones, el *Colegio de Bachilleres Chetumal No. 2*, ubicado en dicha zona, debe suspender sus operaciones (clases suspendidas), ocasionando atraso en los programas de estudio, además de que al igual que en las casas habitación y comercios de la zona, se debe invertir tiempo para el resguardo del mobiliario de la escuela o en su caso se incurren en costos por reparación y sustitución de estos.

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

En cuanto a los servicios de drenaje sanitario y saneamiento, a pesar de la existencia de sistemas separados para el desalojo de las aguas pluviales y residuales, en periodos de lluvia abundante, la red de alcantarillado sanitario se satura con agua de lluvia, y a pesar de que las bombas trabajan lo doble de lo normal, es común el rebosamiento de las aguas negras, lo anterior ya que la población tiene la mala práctica de canalizar sus descargas pluviales a sus tuberías sanitarias, además de realizar el levantamiento de las tapas de los pozos de visita para el desagüe de las calles inundadas, lo que además de representar un riesgo a la salud pública, por el rebosamiento de las redes, también puede ser causa de accidentes por la falta de señalamientos.

A su vez, la presencia de agua pluvial en las redes de drenaje sanitario, afecta el funcionamiento de la PTAR ya que por el incremento considerable en el caudal que ingresa a la misma, se han generado problemas de rebosamientos, lo que a su vez afecta la operatividad de los procesos de tratamiento, reduciendo con ello la calidad del agua tratada, que, en el caso de Chetumal, es utilizada para la recarga del acuífero.

Por ello, y por el posible aumento de enfermedades respiratorias y gastrointestinales, se implementa una vigilancia epidemiológica generando costos adicionales. Otros costos relacionados con el desazolve de pozos de absorción y alcantarillas del drenaje pluvial, son el traslado de personal y equipo de las instituciones que realizan acciones de apoyo durante la contingencia. Dichas acciones involucran el empleo de recursos públicos, además de los servicios públicos que requieren personal directo se paralizan temporalmente, como el caso de la recolecta de basura, ya que éste es desviado hacia acciones emergentes, lo cual ocasiona la acumulación de residuos sólidos. Cada año, el gobierno ejecuta obras parciales e implementa programas y acciones diversas para enfrentar estas contingencias.

Asimismo, la población ha generado soluciones particulares a problemas específicos: aumentando la altura de las banquetas, rellenando los lotes, construyendo sus propios pozos de absorción, levantando bardas para desviar las aguas. A pesar de ello, es el sentir general que las inundaciones son cada vez más frecuentes, los volúmenes de agua mayores, y que los sistemas actuales para el desalojo del agua resultan insuficientes en capacidad y cobertura.

De entre las colonias, en donde se cuenta con infraestructura de drenaje sanitario, que son afectadas por el rebosamiento de aguas residuales, por la introducción del agua pluvial al sistema, a pesar de encontrarse en el área de influencia del colector pluvial 4. "Soriana", además del Colegio de Bachilleres Plantel 2, se encuentran las colonias de Comité Proterritorio, Solidaridad, Andrés Quintana Roo (Figura II. 24).



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



**Figura II. 24** Colonias con cobertura de infraestructura de Drenaje sanitario con problemas de desbordamientos ante la presencia de lluvias.

Ante esta problemática la CAPA, en conjunto con las autoridades competentes, ven la necesidad de instalar un colector pluvial en la zona en estudio es con la finalidad de mitigar en lo posible los problemas de inundación que se padecen.



## III Situación sin el Proyecto de Inversión

### Supuestos técnicos y económicos y horizonte de evaluación

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

- La zona en estudio seguirá incorporando población.
- El número de vehículos que transitan por la zona, aumentará a medida que aumente la población.
- Debido al clima que predomina en la región se continuará con lluvias frecuentes que ocasiona que se presenten las inundaciones.
- La infraestructura de los comercios y el Colegio de Bachilleres Plantel 2 se mantienen.
- Se continúa con el programa de rehabilitación y desazolve de las redes de drenaje pluvial.
- Los diferentes actores involucrados que cuando se presentan inundaciones continúan participando.

### 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. Una vez optimizada la situación actual se debe determinar en el tiempo la denominada situación Sin Proyecto.

Como optimización en el presente estudio *se consideró que las acciones llevadas a cabo actualmente constituyen una optimización*, acciones tales como la limpieza y desazolve de las actuales líneas del alcantarillado pluvial, a fin de permitirle trabajar a su máxima capacidad.

En el presente estudio se consideró que las acciones llevadas a cabo actualmente constituyen una optimización, limpieza y desazolve de las actuales líneas del alcantarillado pluvial, a fin de permitirle trabajar a su máxima capacidad.

**Cuadro III 1** Costos por optimización.

Gastos emergentes y de limpieza	Costo
Alimentos	69,034
Fletes	201,348
Herramientas	107,146
Material de limpieza	11,865
Material desinfectante	10,067
Combustible	185,528
<b>Total</b>	<b>584,989</b>

Fuente: Elaboración propia.

### III.1 Análisis de la Oferta sin el Proyecto de Inversión

la oferta de la situación sin proyecto corresponde a la situación actual proyectada, por lo que la capacidad instalada para el desalojo de las aguas pluviales, sería 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 aligerar el retiro del agua debido a la obstrucción de las alcantarillas por la basura y/o materiales que se encuentran en las vialidades.

### III.2 Análisis de la Demanda sin el Proyecto de Inversión

Ya que las optimizaciones realizadas corresponden a acciones que se han llevado a cabo, se consideró que la población que habita en la zona seguirá incurriendo en costos y molestias derivadas de la inundación.

En la zona de influencia del proyecto, por ser una de las zonas de más urbanización de la ciudad, se ubican viviendas, comercios y el colegio de bachilleres plantel 2, en el siguiente cuadro se desglosa el total de viviendas y comercios así como el porcentaje de afectados ante el problema de inundaciones. asimismo, en el caso de los comercios, en el Cuadro III. 2 se presenta un desglose porcentual por tipo de comercio afectado.

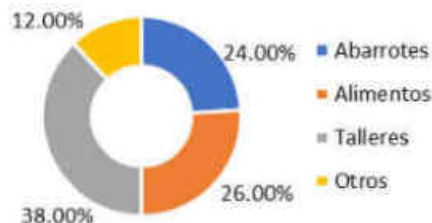
**Cuadro III. 1** Desglose de Lotes afectados por las inundaciones, situación sin proyecto.

Tipo de Lote	Total	Población	% Afectados		
			Tr=5	Tr=10	Tr=20
Viviendas	2,418	8,681	50%	75%	95%
Comercios	212	-	48%	66.67%	85%
<b>Total</b>	<b>2,630</b>	<b>8,681</b>			

Fuente: Trabajo de campo.

**Cuadro III. 2** Desglose porcentual de los comercios de afectados por las inundaciones.

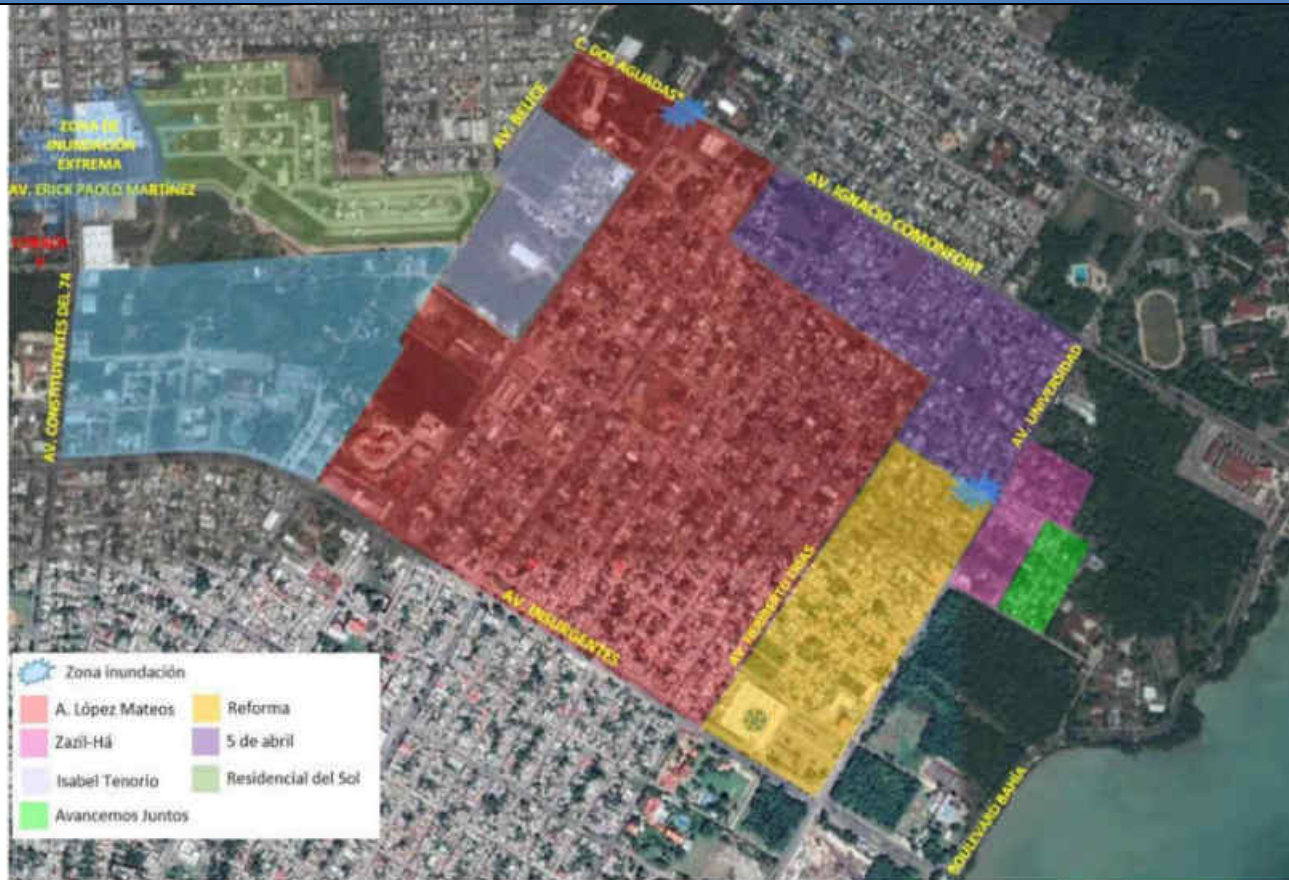
Tipo de comercio	Composición
Abarrotes	24%
Alimentos	26%
Taller	38%
Otros	12%
<b>Total</b>	<b>100%</b>



Fuente: Trabajo de campo

Dicha zona, se encuentra comprendida entre las vialidades Av. Constituyentes del 74, Av. Erick Paolo Martínez, Av. Belice, Dos Aguadas, Av. Ignacio Comonfort, y Boulevard Bahía e incluye parte de las cuencas 9, 12 y 18 de la ciudad de Chetumal.

### III.2 Análisis de la Demanda sin el Proyecto de Inversión



**Figura III. 1** Área de influencia del Proyecto por colonia.

La cuarta etapa que atiende a la zona crítica de inundación, comprende a un total de 771 viviendas, 68 comercios y 1 servicio general (COBACH II), que a continuación se desglosa por colonia:

Colonia	Tipo de Lote		Total	Población
	Viviendas	Comercios		
Residencial del Sol	58	1	59	208
Constituyentes	10	22	32	36
Isabel Tenorio	42	8	50	151
Adolfo López Mateos	661	37	698	2,373
<b>Total</b>	<b>771</b>	<b>68</b>	<b>839</b>	<b>2,768</b>

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

Asimismo, esto afecta de manera significativa tanto a los automovilistas como a los transeúntes que utilizan dichas vialidades para trasladarse de la zona “Norte” de la ciudad a la zona “Sur”, en donde se encuentran las instituciones de gobierno de los tres niveles, así como escuelas y comercios.

### III.2 Análisis de la Demanda sin el Proyecto de Inversión

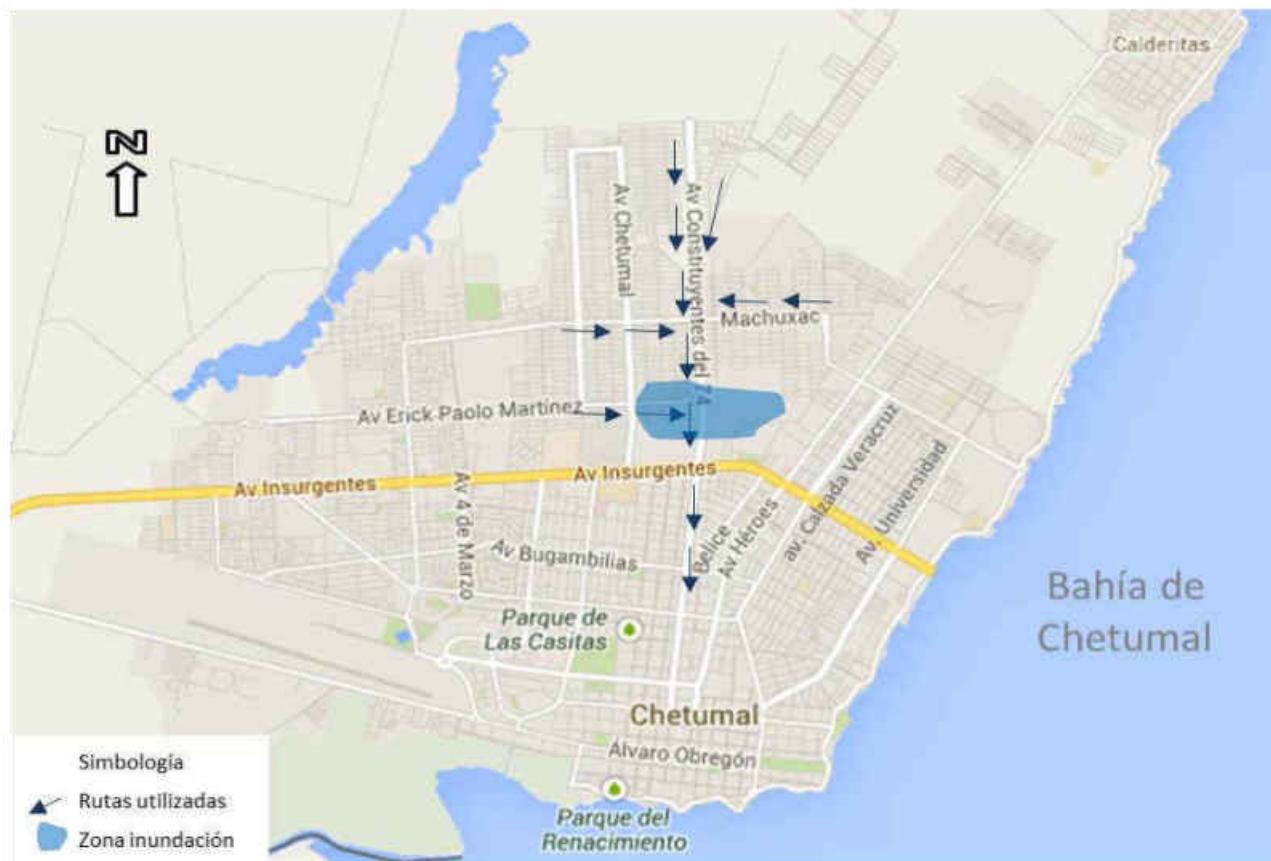
Para determinar la afluencia vehicular en la zona, se realizaron conteos de autos, en las horas pico, cuyos resultados se muestran en el Cuadro III. 3:

**Cuadro III. 3** Conteo vehicular cruzamiento Av. Erick Paolo con Constituyentes del 74.

Vialidad	Punto	Dirección	Horario		Promedio veh/min	Total
			6:45 a 7:15	8:45 a 9:15		
Av. Constituyentes	1	Sur a Norte	342	300	11	642
Av. Erick Paolo	2	Este a Oeste	269	237	8	506
Av. Constituyentes	3	Norte a Sur	641	631	21	1,272
Av. Erick Paolo	4	Oeste a Este	351	180	8	531
<b>TOTAL</b>			<b>1,603</b>	<b>1,348</b>	<b>49</b>	<b>2,951</b>

Fuente: Trabajo de campo.

En la Figura III. 2 se muestra la ruta que siguen los automovilistas al trasladarse de la zona norte a la zona sur de la Ciudad.



**Figura III. 2** Rutas que toman los habitantes de la zona norte de la Ciudad para dirigirse a la zona sur, situación sin proyecto.

### III.3 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda sin el Proyecto de inversión

Al no ampliarse la capacidad de desalojo de las aguas pluviales en la zona en estudio, se seguirán con las mismas molestias que en la situación actual, ya que al tratarse de acciones de limpieza y desazolve, no se alcanza el impacto esperado, ya que, con el crecimiento de la mancha urbana, la acumulación del agua pluvial ha ido en incremento, ocasionando con ello mayores costos por mantenimiento al destinar personal a la atención de emergencias, rentas de equipo, entre otras acciones por mantenimiento correctivo.

Por su topografía, la zona de cruzamiento de las vialidades Av. Erick Paolo y Constituyentes del 74, es considerada como crítica por las constantes afectaciones por encharcamientos e inundaciones, esto por la presencia de eventos pluviales tanto ordinarios como extraordinarios, que aunado al crecimiento de la mancha urbana (cambios de usos de suelo), ha generado un incremento de los escurrimientos en calles concentrándose en un punto determinado a un tiempo más corto, lo que representa un peligro para la integridad tanto de las personas como de bienes materiales en la zona.

Dichas afectaciones atribuibles a las inundaciones, se clasifican de la siguiente manera: Lotes que incluye afectaciones tanto a viviendas como a comercios por conceptos de daños, enfermedades, desalojo, preparativos y/o ausentismo.; Tránsito que incluye los Costos de la operación Vehicular y del tiempo; y otros costos que agrupan los costos generados al destinar recursos para atención de desbordes de agua residual, gastos de emergencia y a la infraestructura y equipamientos.

de acuerdo con el estudio, para una lluvia vinculada a un periodo de retorno de 10 años, de un total de 45 colonias, las 10 colonias ubicadas en la zona de influencia del sistema colector 4.- Soriana, presentan las mayores afectaciones ante precipitaciones intensas.

Colonia	Tirante mínimo (M)	Tirante máximo (M)	Superficie de afectación (Ha)
Solidaridad	0.31	1.14	4.49
Andrés Quintana Roo	0.60	1.10	3.32
Proterritorio	0.91	1.6	9.97
Isabel Tenorio	0.75	1.28	1.07
Adolfo López Mateos	0.53	2.02	14.85
5 de Abril	0.51	1.13	2.26
Fraccionamiento Reforma	0.53	0.59	2.39
Constituyentes	N.D.	N.D.	7.27
Residencial del Sol	N.D.	N.D.	N.D.
Zazil-Há	N.D.	N.D.	20.99

**Fuente:** Elaboración propia con datos del Estudio Geohidrológico de la Ciudad de Chetumal, CAPA-IMTA, 2015, pág.502-510.



### III.3 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda sin el Proyecto de inversión

#### a) Lotes: Viviendas y Comercios

En el caso de Lotes de viviendas, se presentan costos por la reparación y sustitución de pertenencias dañadas, además de que se destina tiempo para elevar muebles y aparatos de línea blanca sobre bloques y maderos a fin de evitar el deterioro, lo cual dificulta su uso en el periodo que dure la temporada de lluvias (Junio – Noviembre). En periodos de afectación extraordinaria, algunos de los habitantes abandonan se ven en la necesidad de abandonar sus viviendas durante dicho periodo o se trasladan a un nivel más elevado, en caso de viviendas con 2 o más pisos (principalmente edificios de apartamentos)<sup>13</sup>.

En el Cuadro III. 4 se resumen, por periodo de retorno, los principales conceptos por los cuales se incurre en costos y molestias de los habitantes en las viviendas, se estima que para tormentas con periodo de retorno de 5 años, se afecta a un 50% de las viviendas instaladas en la zona crítica, mientras que para tormentas con periodo de retorno de 10 años, el 70% de las viviendas, y para tormentas con periodo de 20 años, este porcentaje se incrementa al 95%.

**Cuadro III. 4** Costos y molestias a viviendas afectadas por las inundaciones, en la situación actual (\$/viv/año).

Concepto	Costo promedio anual		
	Tr=5	Tr=10	Tr=20
Muebles	2,630	3,944	7,810
Electrodomésticos	789	1,184	2,344
Maquinaria y equipo	178	267	529
Medios de transporte	496	745	1,474
Viviendas	143	214	424
Otros daños	256	384	761

**Fuente:** Elaboración propia, considerando un hacinamiento en la Ciudad de Chetumal de 3.59 habitantes por vivienda

En el caso de los Lotes de comercios, quienes presentan problemas por ventas bajas ya que, al encontrarse en una zona inundada, suspenden labores o el número de clientes se reduce. Adicionalmente, y al igual que en las viviendas, al inicio de la temporada de lluvias, en los comercios se dedica tiempo a diversos preparativos a fin de proteger muebles y equipo de trabajo, así como por limpieza del interior y frente de los locales después de cada inundación.

En el Cuadro III. 5 se presentan los costos asociados a tormentas con periodo de retorno de 5, 10 y 20 años, su composición por tipo de comercio en la zona afectada por las inundaciones. Se estima que, ante lluvias con periodo de retorno de 5 años, el 48% de los comercios son afectados, en el caso de lluvias con periodo de retorno de 10 años, se afectaría a aproximadamente el 66.67%, mientras que, para lluvias con periodo de 20 años, se trata del 85% del total de comercios.

13 . Información obtenida con trabajo de campo.

### III.3 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda sin el Proyecto de inversión

**Cuadro III. 5** Composición por tipo de comercios de los costos asociados (\$/comercio/año), por periodo de retorno.

Tipo de comercio	Costo asociado			%
	Tr=5	Tr=10	Tr=20	
Abarrotes	137.82	1,653.88	3,274.68	24.00%
Alimentos <sup>a/</sup>	115.07	1,380.79	2,733.97	26.00%
Taller	870.38	15,666.83	31,020.32	38.00%
Otros <sup>b/</sup>	915.96	5,495.79	10,881.66	12.00%
<b>Total / Promedio</b>	<b>504.11</b>	<b>549.94</b>	<b>855.55</b>	<b>100.00%</b>

Notas: <sup>a/</sup> Incluye carnicerías, pollerías, expendios de comida, entre otros.

<sup>b/</sup> Incluye papelerías, tiendas de regalos, vinaterías, entre otros.

En los siguientes cuadros, se hace una proyección de los lotes (viviendas y comercios) afectados en la zona de proyecto, considerando un porcentaje de afectación para a cada periodo de retorno (Cuadro III. 6). En el Cuadro III. 7, se proyectan los costos de afectación de los lotes (viviendas y comercios) en la zona de proyecto para a cada periodo de retorno, para posteriormente en el Cuadro III. 8, ponderar dichos costos por la probabilidad de ocurrencia de cada lluvia (periodo de retorno, 1/n).

**Cuadro III. 6** Proyección de Lotes afectados por periodo de retorno, sin proyecto.

periodo	Año	Viviendas Total	Total afectadas			Comercios Total	Total afectados		
			Tr=5	Tr=10	Tr=20		Tr=5	Tr=10	Tr=20
0	2020	2,418	1,209	1,814	2,297	212	102	141	180
1	2021	2,464	1,232	1,848	2,341	216	104	144	184
2	2022	2,511	1,256	1,883	2,385	220	106	147	187
3	2023	2,558	1,279	1,919	2,430	224	108	149	190
4	2024	2,606	1,303	1,955	2,476	228	109	152	194
5	2025	2,655	1,328	1,991	2,522	232	111	155	197
6	2026	2,705	1,353	2,029	2,570	236	113	157	201
7	2027	2,756	1,378	2,067	2,618	240	115	160	204
8	2028	2,808	1,404	2,106	2,668	245	118	163	208
9	2029	2,861	1,431	2,146	2,718	250	120	167	213
10	2030	2,915	1,458	2,186	2,769	255	122	170	217
11	2031	2,970	1,485	2,228	2,822	260	125	173	221
12	2032	3,026	1,513	2,270	2,875	265	127	177	225
13	2033	3,083	1,542	2,312	2,929	270	130	180	230
14	2034	3,141	1,571	2,356	2,984	275	132	183	234
15	2035	3,200	1,600	2,400	3,040	280	134	187	238
16	2036	3,260	1,630	2,445	3,097	285	137	190	242

### III.3 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda sin el Proyecto de inversión

17	2037	3,322	1,661	2,492	3,156	290	139	193	247
18	2038	3,385	1,693	2,539	3,216	295	142	197	251
19	2039	3,449	1,725	2,587	3,277	301	144	201	256
20	2040	3,514	1,757	2,636	3,338	307	147	205	261
21	2041	3,514	1,757	2,636	3,338	307	147	205	261
22	2042	3,514	1,757	2,636	3,338	307	147	205	261
23	2043	3,514	1,757	2,636	3,338	307	147	205	261
24	2044	3,514	1,757	2,636	3,338	307	147	205	261
25	2045	3,514	1,757	2,636	3,338	307	147	205	261
26	2046	3,514	1,757	2,636	3,338	307	147	205	261
27	2047	3,514	1,757	2,636	3,338	307	147	205	261
28	2048	3,514	1,757	2,636	3,338	307	147	205	261
29	2049	3,514	1,757	2,636	3,338	307	147	205	261
30	2050	3,514	1,757	2,636	3,338	307	147	205	261

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro III. 7** Proyección de Costos por Lotes afectados por periodo de retorno, sin proyecto.

Periodo	Año	Periodo de retorno			Flujo Neto
		5 años	10 años	20 años	
0	2020				
1	2021	7,304,229	23,054,714	60,831,467	91,190,410
2	2022	7,446,483	23,494,586	61,963,820	92,904,890
3	2023	7,582,926	23,934,167	63,120,274	94,637,367
4	2024	7,723,788	24,385,592	64,324,819	96,434,199
5	2025	7,871,853	24,837,017	65,505,372	98,214,242
6	2026	8,019,918	25,299,703	66,758,116	100,077,738
7	2027	8,167,984	25,774,234	67,986,867	101,929,085
8	2028	8,323,252	26,260,316	69,287,811	103,871,380
9	2029	8,482,940	26,769,796	70,612,747	105,865,483
10	2030	8,642,628	27,267,431	71,937,790	107,847,849
11	2031	8,803,708	27,788,172	73,311,031	109,902,911
12	2032	8,969,207	28,320,757	74,684,273	111,974,236
13	2033	9,141,909	28,841,497	76,105,607	114,089,013
14	2034	9,313,219	29,385,343	77,527,047	116,225,609
15	2035	9,484,529	29,941,033	78,972,587	118,398,149
16	2036	9,663,043	30,496,431	80,442,226	120,601,700
17	2037	9,845,976	31,074,934	81,984,057	122,904,967
18	2038	10,036,112	31,665,282	83,525,995	125,227,389
19	2039	10,224,856	32,267,182	85,116,025	127,608,062
20	2040	10,414,992	32,880,635	86,706,055	130,001,681
21	2041	10,414,992	32,880,635	86,706,055	130,001,681
22	2042	10,414,992	32,880,635	86,706,055	130,001,681

### III.3 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda sin el Proyecto de inversión

23	2043	10,414,992	32,880,635	86,706,055	130,001,681
24	2044	10,414,992	32,880,635	86,706,055	130,001,681
25	2045	10,414,992	32,880,635	86,706,055	130,001,681
26	2046	10,414,992	32,880,635	86,706,055	130,001,681
27	2047	10,414,992	32,880,635	86,706,055	130,001,681
28	2048	10,414,992	32,880,635	86,706,055	130,001,681
29	2049	10,414,992	32,880,635	86,706,055	130,001,681
30	2050	10,414,992	32,880,635	86,706,055	130,001,681
<b>Valor Actual</b>		<b>80,088,911</b>	<b>252,757,875</b>	<b>666,724,657</b>	<b>999,571,442</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro III. 8** Proyección de Costos por Lotes afectados por periodo de retorno por su probabilidad estadística de ocurrencia, sin proyecto.

Periodo	Año	Daños por probabilidad de ocurrencia			Flujo Neto
		5 años (1/5)	10 años (1/10)	20 años (1/20)	
0	2020				
1	2021	1,460,846	2,305,471	3,041,573	6,807,891
2	2022	1,489,297	2,349,459	3,098,191	6,936,946
3	2023	1,516,585	2,393,417	3,156,014	7,066,016
4	2024	1,544,758	2,438,559	3,216,241	7,199,558
5	2025	1,574,371	2,483,702	3,275,269	7,333,341
6	2026	1,603,984	2,529,970	3,337,906	7,471,860
7	2027	1,633,597	2,577,423	3,399,343	7,610,363
8	2028	1,664,650	2,626,032	3,464,391	7,755,073
9	2029	1,696,588	2,676,980	3,530,637	7,904,205
10	2030	1,728,526	2,726,743	3,596,889	8,052,158
11	2031	1,760,742	2,778,817	3,665,552	8,205,110
12	2032	1,793,841	2,832,076	3,734,214	8,360,131
13	2033	1,828,382	2,884,150	3,805,280	8,517,812
14	2034	1,862,644	2,938,534	3,876,352	8,677,531
15	2035	1,896,906	2,994,103	3,948,629	8,839,639
16	2036	1,932,609	3,049,643	4,022,111	9,004,363
17	2037	1,969,195	3,107,493	4,099,203	9,175,891
18	2038	2,007,222	3,166,528	4,176,300	9,350,050
19	2039	2,044,971	3,226,718	4,255,801	9,527,491
20	2040	2,082,998	3,288,063	4,335,303	9,706,365
21	2041	2,082,998	3,288,063	4,335,303	9,706,365
22	2042	2,082,998	3,288,063	4,335,303	9,706,365
23	2043	2,082,998	3,288,063	4,335,303	9,706,365
24	2044	2,082,998	3,288,063	4,335,303	9,706,365
25	2045	2,082,998	3,288,063	4,335,303	9,706,365



### III.3 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda sin el Proyecto de inversión

26	2046	2,082,998	3,288,063	4,335,303	9,706,365
27	2047	2,082,998	3,288,063	4,335,303	9,706,365
28	2048	2,082,998	3,288,063	4,335,303	9,706,365
29	2049	2,082,998	3,288,063	4,335,303	9,706,365
30	2050	2,082,998	3,288,063	4,335,303	9,706,365
<b>Valor Actual</b>		<b>16,017,782</b>	<b>25,275,787</b>	<b>33,336,233</b>	<b>74,629,803</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### b) Tránsito

La Av. Erick Paolo y la Av. Constituyentes del 74 son unas de las principales vías de comunicación de la Ciudad, ambas arterias permiten el tránsito de la población que habita en la zona norte de la ciudad hacia la zona al sur, en donde se encuentran los centros laborales, escuelas y comercios, donde los habitantes realizan sus actividades cotidianas.

Es por tal que, al presentarse los problemas de inundación sobre estas avenidas, tanto los automovilistas como los vehículos de transporte, tienen que buscar otras rutas alternativas para acudir a sus centros laborales o realizar sus actividades diarias, lo anterior ocasiona que otras vías alternas se vean saturadas ocasionado que se incurra en un mayor costo generalizado de viajes (CGV).

Los automovilistas disminuyen su velocidad o modifican la ruta que siguen por la inundación de las vías, al colapsar el tráfico con la caída del sistema de semáforos o por el cierre de calles para evitar que los vehículos envíen agua al interior de los domicilios.

Según aforo realizado en estas vías en ellas transitan en promedio 26,559 vehículos al día, y que al cerrarse estas, la población se retrasa en promedio 30 minutos al utilizar rutas alternativas, afectando en el mismo periodo de tiempo a la población que comúnmente utiliza esas rutas que se utilizan como alternativas. (Ver Figura III. 3)



### III.3 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda sin el Proyecto de inversión



**Figura III. 3** Rutas alternativas utilizadas por automovilistas, sin proyecto.

Se estima que el número de coches por día se incremente a una tasa anual de 1.37%, en la situación actual se calcularon los costos de operatividad de los vehículos y el tiempo.

**Cuadro III. 9** Cálculo de los Costos Generalizados de Viaje de los vehículos que transitan por la zona, por periodo de retorno.

Concepto	Unidad de medida	Sin proyecto		
		Tr=5	Tr=10	Tr=20
Vehículo ligero (A)	\$/veh	13.14	14.03	17.40
Autobús (B)	\$/veh	91.02	101.81	146.62
Camión (C)	\$/veh	53.14	56.95	71.29

**Cuadro III. 10** Proyección de Costos por afectaciones al tránsito, por periodo de retorno, sin proyecto.

Periodo	Año	Periodo de retorno			Flujo Neto
		5 años	10 años	20 años	
0	2020				
1	2021	215,161,893	238,494,717	327,812,894	781,469,504
2	2022	218,109,611	241,762,094	332,303,931	792,175,636
3	2023	221,097,713	245,074,235	336,856,495	803,028,442
4	2024	224,126,752	248,431,752	341,471,429	814,029,932
5	2025	227,197,288	251,835,267	346,149,587	825,182,142
6	2026	230,309,891	255,285,410	350,891,837	836,487,138



### III.3 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda sin el Proyecto de inversión

7	2027	233,465,136	258,782,820	355,699,055	847,947,011
8	2028	236,663,609	262,328,145	360,572,132	859,563,885
9	2029	239,905,900	265,922,040	365,511,970	871,339,911
10	2030	243,192,611	269,565,172	370,519,484	883,277,267
11	2031	246,524,350	273,258,215	375,595,601	895,378,166
12	2032	249,901,733	277,001,853	380,741,261	907,644,847
13	2033	253,325,387	280,796,778	385,957,416	920,079,581
14	2034	256,795,945	284,643,694	391,245,032	932,684,672
15	2035	260,314,049	288,543,313	396,605,089	945,462,452
16	2036	263,880,352	292,496,356	402,038,579	958,415,287
17	2037	267,495,513	296,503,556	407,546,508	971,545,577
18	2038	271,160,201	300,565,655	413,129,895	984,855,751
19	2039	274,875,096	304,683,404	418,789,774	998,348,275
20	2040	278,640,885	308,857,567	424,527,194	1,012,025,646
21	2041	282,458,265	313,088,916	430,343,217	1,025,890,397
22	2042	286,327,943	317,378,234	436,238,919	1,039,945,096
23	2043	290,250,636	321,726,316	442,215,392	1,054,192,344
24	2044	294,227,070	326,133,966	448,273,743	1,068,634,779
25	2045	298,257,981	330,602,001	454,415,093	1,083,275,075
26	2046	302,344,115	335,131,249	460,640,580	1,098,115,944
27	2047	306,486,229	339,722,547	466,951,356	1,113,160,132
28	2048	310,685,091	344,376,746	473,348,590	1,128,410,426
29	2049	314,941,476	349,094,707	479,833,465	1,143,869,649
30	2050	319,256,175	353,877,305	486,407,184	1,159,540,663
<b>Valor Actual</b>		<b>2,278,274,938</b>	<b>2,525,338,141</b>	<b>3,471,097,458</b>	<b>8,274,710,536</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro III. 11** Proyección de Costos por afectaciones al tránsito, por periodo de retorno por su probabilidad de ocurrencia, sin proyecto.

Periodo	Año	Daños por probabilidad de ocurrencia			Flujo Neto
		5 años (1/5)	10 años (1/10)	20 años (1/20)	
0	2020				
1	2021	43,032,379	23,849,472	16,390,645	83,272,495
2	2022	43,621,922	24,176,209	16,615,197	84,413,328
3	2023	44,219,543	24,507,423	16,842,825	85,569,791
4	2024	44,825,350	24,843,175	17,073,571	86,742,097
5	2025	45,439,458	25,183,527	17,307,479	87,930,464
6	2026	46,061,978	25,528,541	17,544,592	89,135,111
7	2027	46,693,027	25,878,282	17,784,953	90,356,262
8	2028	47,332,722	26,232,814	18,028,607	91,594,143

### III.3 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda sin el Proyecto de inversión

9	2029	47,981,180	26,592,204	18,275,598	92,848,983
10	2030	48,638,522	26,956,517	18,525,974	94,121,014
11	2031	49,304,870	27,325,822	18,779,780	95,410,472
12	2032	49,980,347	27,700,185	19,037,063	96,717,595
13	2033	50,665,077	28,079,678	19,297,871	98,042,626
14	2034	51,359,189	28,464,369	19,562,252	99,385,810
15	2035	52,062,810	28,854,331	19,830,254	100,747,396
16	2036	52,776,070	29,249,636	20,101,929	102,127,635
17	2037	53,499,103	29,650,356	20,377,325	103,526,784
18	2038	54,232,040	30,056,565	20,656,495	104,945,100
19	2039	54,975,019	30,468,340	20,939,489	106,382,848
20	2040	55,728,177	30,885,757	21,226,360	107,840,293
21	2041	56,491,653	31,308,892	21,517,161	109,317,705
22	2042	57,265,589	31,737,823	21,811,946	110,815,358
23	2043	58,050,127	32,172,632	22,110,770	112,333,528
24	2044	58,845,414	32,613,397	22,413,687	113,872,498
25	2045	59,651,596	33,060,200	22,720,755	115,432,551
26	2046	60,468,823	33,513,125	23,032,029	117,013,977
27	2047	61,297,246	33,972,255	23,347,568	118,617,068
28	2048	62,137,018	34,437,675	23,667,429	120,242,122
29	2049	62,988,295	34,909,471	23,991,673	121,889,439
30	2050	63,851,235	35,387,730	24,320,359	123,559,325
<b>Valor Actual</b>		<b>455,654,988</b>	<b>252,533,814</b>	<b>173,554,873</b>	<b>881,743,675</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### c) Otras afectaciones

Adicional a lo anterior, cuando en la zona se presentan inundaciones, el *Colegio de Bachilleres Chetumal No. 2*, ubicado en dicha zona, debe suspender sus operaciones (clases suspendidas), ocasionando atraso en los programas de estudio, además de que al igual que en las casas habitación y comercios de la zona, se debe invertir tiempo para el resguardo del mobiliario de la escuela o en su caso se incurren en costos por reparación y sustitución de estos.

En cuanto a los servicios de drenaje sanitario y saneamiento, a pesar de la existencia de sistemas separados para el desalojo de las aguas pluviales y residuales, en periodos de lluvia abundante, la red de alcantarillado sanitario se satura con agua de lluvia, y a pesar de que las bombas trabajan lo doble de lo normal, es común el rebosamiento de las aguas negras, lo anterior ya que la población tiene la mala práctica de canalizar sus descargas pluviales a sus tuberías sanitarias, además de realizar el levantamiento de las tapas de los pozos de visita para el desagüe de las calles inundadas, lo que además de representar un riesgo a la salud pública, por el rebosamiento de las redes, también puede ser causa de accidentes por la falta de señalamientos.



### III.3 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda sin el Proyecto de inversión

A su vez, la presencia de agua pluvial en las redes de drenaje sanitario, afecta el funcionamiento de la PTAR ya que por el incremento considerable en el caudal que ingresa a la misma, se han generado problemas de rebosamientos, lo que a su vez afecta la operatividad de los procesos de tratamiento, reduciendo con ello la calidad del agua tratada, que, en el caso de Chetumal, es utilizada para la recarga del acuífero.

Por ello, y por el posible aumento de enfermedades respiratorias y gastrointestinales, se implementa una vigilancia epidemiológica generando costos adicionales. Otros costos relacionados con el desazolve de pozos de absorción y alcantarillas del drenaje pluvial, son el traslado de personal y equipo de las instituciones que realizan acciones de apoyo durante la contingencia. Dichas acciones involucran el empleo de recursos públicos, además de los servicios públicos que requieren personal directo se paralizan temporalmente, como el caso de la recolecta de basura, ya que éste es desviado hacia acciones emergentes, lo cual ocasiona la acumulación de residuos sólidos. Cada año, el gobierno ejecuta obras parciales e implementa programas y acciones diversas para enfrentar estas contingencias.

Asimismo, la población ha generado soluciones particulares a problemas específicos: aumentando la altura de las banquetas, rellenando los lotes, construyendo sus propios pozos de absorción, levantando bardas para desviar las aguas. A pesar de ello, es el sentir general que las inundaciones son cada vez más frecuentes, los volúmenes de agua mayores, y que los sistemas actuales para el desalojo del agua resultan insuficientes en capacidad y cobertura.

De entre las colonias, en donde se cuenta con infraestructura de drenaje sanitario, que son afectadas por el rebosamiento de aguas residuales, por la introducción del agua pluvial al sistema, a pesar de encontrarse en el área de influencia del colector pluvial 4. "Soriana", además del Colegio de Bachilleres Plantel 2, se encuentran las colonias de Comité Proterritorio, Solidaridad, Andrés Quintana Roo (Figura III. 4).

### III.3 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda sin el Proyecto de inversión



**Figura III. 4** Colonias con cobertura de infraestructura de Drenaje sanitario con problemas de desbordamientos ante la presencia de lluvias, sin proyecto.

El desglose de estos costos y los descritos con anterioridad se presenta en el siguiente cuadro:

**Cuadro III. 12** Otros costos atribuibles a las inundaciones ordinarias y extraordinarias, por periodo de retorno. (\$/año).

Concepto	Costos atribuibles		
	Tr=5	Tr=10	Tr=20
<b>Aguas residuales</b>	<b>4,062.47</b>	<b>10,000.00</b>	<b>11,291.83</b>
<b>Gastos de emergencia</b>	<b>2,185,358.51</b>	<b>3,278,037.77</b>	<b>6,490,514.78</b>
Costos de albergue	1,084,947.44	1,627,421.16	3,222,293.90
Gastos de emergencia	713,480.53	1,070,220.80	2,119,037.19
Desazolve de pozos	189,964.52	284,946.77	564,194.61
Limpieza de vialidades	196,966.02	295,449.03	584,989.08
<b>Infraestructura</b>	-	-	<b>9,949,681.00</b>
Reparación vialidades	-	-	4,400,000.00
Edificios públicos	-	-	5,258,772.00
Reconst. viviendas	-	-	290,909.00

**Fuente:** Elaboración propia.

A continuación se proyectan dichos costos para cada periodo de retorno (Cuadro III. 13), para posteriormente, Cuadro III. 14, ponderarse por la probabilidad de ocurrencia de cada lluvia (periodo de retorno, 1/n).

### III.3 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda sin el Proyecto de inversión

**Cuadro III. 13** Proyección de Costos por Otros costos atribuibles a las inundaciones, por periodo de retorno, sin proyecto.

Periodo	Año	Periodo de retorno			Flujo Neto
		5 años	10 años	20 años	
0	2020				
1	2021	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
2	2022	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
3	2023	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
4	2024	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
5	2025	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
6	2026	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
7	2027	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
8	2028	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
9	2029	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
10	2030	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
11	2031	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
12	2032	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
13	2033	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
14	2034	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
15	2035	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
16	2036	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
17	2037	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
18	2038	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
19	2039	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
20	2040	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
21	2041	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
22	2042	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
23	2043	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
24	2044	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
25	2045	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
26	2046	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
27	2047	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
28	2048	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
29	2049	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
30	2050	2,189,421	3,288,038	16,451,488	21,928,946
<b>Valor Actual</b>		<b>20,639,484</b>	<b>30,996,051</b>	<b>155,086,767</b>	<b>206,722,302</b>

Fuente: Elaboración propia.



### III.3 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda sin el Proyecto de inversión

**Cuadro III. 14** Proyección de Otros Costos atribuibles a las inundaciones, por periodo de retorno por su probabilidad de ocurrencia, sin proyecto.

Periodo	Año	Daños por probabilidad de ocurrencia			Flujo Neto
		5 años (1/5)	10 años (1/10)	20 años (1/20)	
0	2020				
1	2021	437,884	328,804	822,574	1,589,262
2	2022	437,884	328,804	822,574	1,589,262
3	2023	437,884	328,804	822,574	1,589,262
4	2024	437,884	328,804	822,574	1,589,262
5	2025	437,884	328,804	822,574	1,589,262
6	2026	437,884	328,804	822,574	1,589,262
7	2027	437,884	328,804	822,574	1,589,262
8	2028	437,884	328,804	822,574	1,589,262
9	2029	437,884	328,804	822,574	1,589,262
10	2030	437,884	328,804	822,574	1,589,262
11	2031	437,884	328,804	822,574	1,589,262
12	2032	437,884	328,804	822,574	1,589,262
13	2033	437,884	328,804	822,574	1,589,262
14	2034	437,884	328,804	822,574	1,589,262
15	2035	437,884	328,804	822,574	1,589,262
16	2036	437,884	328,804	822,574	1,589,262
17	2037	437,884	328,804	822,574	1,589,262
18	2038	437,884	328,804	822,574	1,589,262
19	2039	437,884	328,804	822,574	1,589,262
20	2040	437,884	328,804	822,574	1,589,262
21	2041	437,884	328,804	822,574	1,589,262
22	2042	437,884	328,804	822,574	1,589,262
23	2043	437,884	328,804	822,574	1,589,262
24	2044	437,884	328,804	822,574	1,589,262
25	2045	437,884	328,804	822,574	1,589,262
26	2046	437,884	328,804	822,574	1,589,262
27	2047	437,884	328,804	822,574	1,589,262
28	2048	437,884	328,804	822,574	1,589,262
29	2049	437,884	328,804	822,574	1,589,262
30	2050	437,884	328,804	822,574	1,589,262
<b>Valor Actual</b>		<b>4,127,897</b>	<b>3,099,605</b>	<b>7,754,338</b>	<b>14,981,840</b>

Fuente: Elaboración propia.

Ante esta problemática la CAPA, en conjunto con las autoridades competentes, ven la necesidad de instalar un colector pluvial en la zona en estudio es con la finalidad de mitigar en lo posible los problemas de inundación que se padecen.

### III.4 Descripción de la alternativa adicional de solución

#### Construcción de un tanque de regulación

La construcción de un tanque de regulación de 5,700 m<sup>3</sup> de capacidad, mismo que aportaría sus aguas al dren actual (dren Soriana). Este dren se configuraría como un tanque de retención en el cual se incluiría un rebombeo hasta su descarga en el canal a cielo abierto de dicho dren (Canal Machuxac). (Ver Figura III. 5)



**Figura III. 5** Alternativa 1, Construcción de tanque de regulación.

Dicha infraestructura representa un costo de inversión de \$75,000,000.00 (no incluye IVA), con un periodo de vida útil de 20 años, cuyos costos de operación y mantenimiento, consistentes en la limpieza, mantenimiento de los equipos de bombeo y mantenimiento del sistema eléctrico, ascienden a \$372,000.00 al primer año de operación y que se irán incrementando en aproximadamente 1.20% al año.

CONCEPTO	VALORES	UNIDADES
Periodo de ejecución	10	Meses (inversión instantánea)
Inversión inicial	95,000,000.00	\$
Vida útil Equipo de bombeo	10	años
Reinversión equipo de bombeo	38,000,000	\$
Vida útil	20	años
Operación y mantenimiento	372,000.00	\$/año vencido

### III.4 Descripción de la alternativa adicional de solución

Con la proyección de los flujos de inversiones y costos de operación y mantenimiento del proyecto se obtiene lo siguiente:

**Cuadro III. 15** Costos de inversión, reinversión y de operación y mantenimiento del proyecto de la Alternativa 1 (sin IVA).

Periodo	Año	Inversión	Costo operación y mantenimiento	Total costos	Valor Presente
0	2019	95,000,000	0	95,000,000	95,000,000
1	2020	0	372,000	372,000	338,182
2	2021	0	376,464	376,464	311,127
3	2022	0	380,982	380,982	286,237
4	2023	0	385,553	385,553	263,338
5	2024	0	390,180	390,180	242,271
6	2025	0	394,862	394,862	222,889
7	2026	0	399,600	399,600	205,058
8	2027	0	404,396	404,396	188,654
9	2028	0	409,248	409,248	173,561
10	2029	38,000,000	414,159	38,414,159	14,810,321
11	2030	0	419,129	419,129	146,902
12	2031	0	424,159	424,159	135,150
13	2032	0	429,249	429,249	124,338
14	2033	0	434,400	434,400	114,391
15	2034	0	439,613	439,613	105,240
16	2035	0	444,888	444,888	96,821
17	2036	0	450,227	450,227	89,075
18	2037	0	455,629	455,629	81,949
19	2038	0	461,097	461,097	75,393
20	2039	0	466,630	466,630	69,362
<b>TOTAL</b>		<b>133,000,000</b>	<b>8,352,465</b>	<b>141,352,465</b>	<b>113,080,260</b>
<b>Valor Actual</b>		<b>109,650,645</b>	<b>3,429,615</b>	<b>113,080,260</b>	

Fuente: Elaboración propia.

CONCEPTO	ALTERNATIVA 1
Costo Anual Equivalente (CAE)	<b>13,282,364.86</b>
Valor Presente del Costo (VPC)	113,080,259.56
Tasa Social de descuento (r)	10%
Años de vida útil del activo (m)	20
Años del horizonte de evaluación (n)	21

### III.2 Comparación con el proyecto de inversión

#### PROYECTO DE INVERSIÓN PROPUESTO

El proyecto propuesto, consiste en la construcción de un canal pluvial, para la protección de la zona más baja de la cuenca número 9 de la ciudad de Chetumal, ubicada al noreste de la ciudad de Chetumal en el cruzamiento de las vialidades Av. Erick Paolo Martínez y Av. Constituyentes del 74, dicho canal se conectará a un colector pluvial existente<sup>14</sup> con desembocadura en la Bahía de Chetumal y servirá como colector interceptor para desalojar el agua proveniente de la zona.

Con ello se incrementará la capacidad de desalojo del sistema pluvial de la ciudad en 1,200 l/s, lo que permitirá desalojar de manera oportuna las aguas pluviales de la cuenca 9 de ciudad Chetumal; en beneficio directo de las 2,208 viviendas, 66 comercios y 1 servicio general asentados en la zona. (Ver Figura III 1).



**Figura III 1** Construcción de colector pluvial principal y secundarios en la zona de Soriana

Dicha infraestructura representa un costo de inversión de \$118,664,710.73 (no incluye IVA), con un periodo de vida útil de 30 años, cuyos costos de operación y mantenimiento, consistentes en trabajos de limpieza de alcantarillas tapadas, retiro de basuras, lodos y/o tierra, trabajos de chapeo de maleza, rehabilitación de rejillas de boca de tormenta, entre otros, al menos 2 veces al año, los cuales presentarán un incremento porcentual anual del 1.0%, a partir de \$100,000.00.

CONCEPTO	VALORES	UNIDADES
Periodo de ejecución	12	Meses
Inversión inicial	118,664,710.73	\$
Vida útil	30	años
Operación y mantenimiento	100,000.00	\$/año vencido

<sup>14</sup> Construido de forma multianual, con recursos del Programa APASZU de la Conagua, iniciado en 2013 y concluido en 2015.

### III.2 Comparación con el proyecto de inversión

Con la proyección de los flujos de inversiones y costos de operación y mantenimiento del proyecto se obtiene lo siguiente:

**Cuadro III. 16** Costos de inversión, reinversión y de operación y mantenimiento del proyecto (sin IVA).

Periodo	Año	Inversión	Costo operación y mantenimiento	Total costos	Valor Presente
0	2020	118,664,710	0	118,664,710	118,664,710
1	2021		107,214	107,214	97,467
2	2022		108,286	108,286	89,493
3	2023		109,369	109,369	82,171
4	2024		110,463	110,463	75,448
5	2025		111,568	111,568	69,275
6	2026		112,684	112,684	63,607
7	2027		113,811	113,811	58,403
8	2028		114,949	114,949	53,625
9	2029		116,098	116,098	49,237
10	2030		117,259	117,259	45,208
11	2031		118,432	118,432	41,510
12	2032		119,616	119,616	38,113
13	2033		120,812	120,812	34,995
14	2034		122,020	122,020	32,132
15	2035		123,240	123,240	29,503
16	2036		124,472	124,472	27,089
17	2037		125,717	125,717	24,872
18	2038		126,974	126,974	22,837
19	2039		128,244	128,244	20,969
20	2040		129,526	129,526	19,253
21	2041		130,821	130,821	17,678
22	2042		132,129	132,129	16,232
23	2043		133,450	133,450	14,903
24	2044		134,785	134,785	13,684
25	2045		136,133	136,133	12,565
26	2046		137,494	137,494	11,536
27	2047		138,869	138,869	10,593
28	2048		140,258	140,258	9,726
29	2049		141,661	141,661	8,930
30	2050		143,078	143,078	8,200
<b>TOTAL</b>		<b>118,664,710</b>	<b>3,729,432</b>	<b>122,394,142</b>	<b>119,763,963</b>
<b>VALOR ACTUAL</b>		<b>118,664,710</b>	<b>1,099,253</b>	<b>119,763,963</b>	

Fuente: Elaboración propia.



### III.2 Comparación con el proyecto de inversión

CONCEPTO	ALTERNATIVA 3
Costo Anual Equivalente (CAE)	<b>12,704,471.15</b>
Valor Presente del Costo (VPC)	119,763,962.92
Tasa Social de descuento (r)	10%
Años de vida útil del activo (m)	30
Años del horizonte de evaluación (n)	31

#### COMPARACIÓN CON LA ALTERNATIVA PROPUESTA

##### TÉCNICAMENTE:

Al evaluar la alternativa 1, consistente en la construcción de un tanque de regulación de 5,700 M3 de capacidad, mismo que aportaría sus aguas al dren actual (dren Soriana, con capacidad para 900 l/s). En casos de lluvias atípicas, este mismo, se configuraría como un tanque de retención en el cual se incluiría un rebombeo hasta su descarga en el canal a cielo abierto "Machuxac" (con capacidad para 4,400 l/s). Este a su vez requerirá para su correcta operación de personal operativo para el mantenimiento y operación de las bombas, del sistema eléctrico, así como en la adquisición de plantas de emergencia que garanticen su funcionamiento en caso de fallas eléctricas, lo cual eleva sus costos de operación anuales.

Por la necesidad de adquisición de un terreno para su construcción que facilite su operación, además de sus altos costos de operación y a la limitante de que operará con la capacidad máxima actual del sistema, cuyos bombeos, en periodos de lluvias atípicas, para el desalojo del agua que se acumularía, incrementarían los costos de operación, se determinó que este proyecto no es técnicamente viable.

Por otro lado, al analizar el proyecto propuesto, que incrementa la capacidad de desalojo del sistema, resulta técnicamente más viable, ya que se cuenta con las factibilidades legales, ambientales y técnicos, además de que su funcionamiento será por gravedad, lo que implica menores costos de operación al no requerir de equipos electromecánicos para su funcionamiento. Sólo será necesario, para evitar azolvamientos, al menos 2 veces al año, trabajos de mantenimiento, consistentes principalmente, en trabajos de limpieza de alcantarillas tapadas, retiro de basuras, lodos y/o tierra, trabajos de chapeo de maleza, rehabilitación de rejillas de boca de tormenta, entre otros.

Por lo anterior, se determinó que la construcción del canal pluvial que incremente la capacidad de desalojo del sistema de las aguas pluviales que por escurrimiento natural llegan a esta zona, es óptimo.



### III.2 Comparación con el proyecto de inversión

**ECONÓMICAMENTE:**

Asimismo, de acuerdo con las características de las alternativas propuestas, se proyectaron los flujos de inversiones y costos de operación y mantenimiento y una tasa de descuento social del 10%, a continuación, se muestra comparan el Costo Anual Equivalente de cada una de las alternativas.

CONCEPTO	ALTERNATIVA 1	PROYECTO PROPUESTO
Costo Anual Equivalente (CAE)	<b>13,282,364.86</b>	<b>12,704,471.15</b>
Valor Presente del Costo (VPC)	113,080,259.56	119,763,962.92
Tasa Social de descuento (r)	10%	10%
Años de vida útil del activo (m)	20	30
Años del horizonte de evaluación (n)	21	31

De lo anterior, considerando que el proyecto propuesto presenta un menor costo anual equivalente, Considerando lo anterior, se determina que la mejor alternativa a ejecutar es el proyecto propuesto.



# 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

Para proteger de inundaciones a la zona más baja de la cuenca número 9, al **noreste** de la ciudad de Chetumal (intersección de las vialidades Av. Erick Paolo con Constituyentes del 74), ante precipitaciones de una tormenta con un periodo de retorno esperado de hasta 10 años (50.4 mm/hr).

Que si bien se encuentra en el área de influencia del sistema 4. "Soriana" (con capacidad actual para el desalojo de 900 l/s), el proyecto contempla acciones para el incremento de la capacidad de desalojo del sistema de drenaje pluvial en la zona, hasta alcanzar los 2,100 l/s requeridos para el desalojo de las aguas pluviales provenientes de las zonas altas de la ciudad.

Para ello será necesaria la construcción de la siguiente infraestructura:

- Colector principal de sección rectangular de 8 M2 constituido por 2 cajones de 2.0x2.0x1.75 M; que incluya la instalación de chimeneas para su inspección y mantenimiento;
- Colectores secundarios de PVC de 8, 12 y 16 pulgadas de diámetro para la alimentación del colector principal, que incluya bocas de tormenta y pozos de inspección.
- Asimismo, al tratarse de una zona urbanizada, con vialidades pavimentadas, se considera la reposición de la carpeta asfáltica tanto en el caso del colector principal como de los colectores secundarios.

Con dicha infraestructura se lograrán reducir los riesgos asociados a fenómenos de alta precipitación pluvial, como son daños materiales a viviendas, comercios, infraestructura y equipamiento urbano, vehículos, así como problemas de salud pública y costos por la implementación de operativos de asistencia social, entre otros.



#### Descripción del PPI

Es de señalarse que, la ejecución del proyecto ha sido multianual, con tres etapas ya realizadas<sup>15</sup>, de las cuales se ha logrado la construcción de 1,173.22 ML de colector principal, en el que se incluye la desembocadura a la Bahía de Chetumal (cuerpo receptor de las aguas pluviales de la ciudad, primera etapa):

**Cuadro IV. 1** Metas de las etapas anteriores, Colector Pluvial.

Etapas	Año	Metas				
		Colector principal (ML)	Chimenea de inspección (PZA)	Colector secundario (ML)	Boca de tormenta (PZA)	Pozo de visita (PZA)
Primera	2013	655.22	0	560.34	24.00	12.00
Segunda	2014	414.75	9.00	1,024.74	31.00	9.00
Tercera	2015	103.25	3.00	0	0	0
<b>Total</b>		<b>1,173.22</b>	<b>12.00</b>	<b>1,585.08</b>	<b>55.00</b>	<b>21.00</b>

Fuente: Coordinación de Construcción de la CAPA.

Con la cuarta y última etapa (proyecto) se pretende:

- La construcción de 6,212.52 M2 de Colector principal de sección rectangular de 8 M2 constituido por 2 cajones de 2.0x2.0x1.75 M;
- Suministro e instalación de 14 chimeneas para inspección y mantenimiento del colector principal de 1.22 M de diámetro con profundidades que irán desde 0.50 hasta 6.50 M;
- La construcción de 1,929.66 M de colectores secundarios de PVC de 8 (40.77M), 12 (1,590.60 M) y 16 (298.29 M) pulgadas de diámetro para la alimentación del colector principal;
- Suministro e instalación de 35 bocas de tormenta de 1.0x1.2x3.0 m con rejillas tipo tableros de 0.75x3.0 de acero tipo IRVING;
- Suministro e instalación de 22 pozos de inspección de 1.22 M de diámetro con profundidades que van desde 1.0 M a 3.5 M;
- Adicional a lo anterior, será necesaria la ejecución de acciones complementarias tales como la reposición de la carpeta asfáltica tanto en el caso del colector principal como de los colectores secundarios.

Dichas acciones están programadas para ejecutarse durante un periodo de 12 meses, a continuación, se describen los principales componentes consolidados:

**Cuadro IV. 2** Principales Características por Componente, Colector principal.

Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Descripción
Colector Principal	6,212.52	M2	Consistente en un canal de desagüe de sección rectangular de 8 M2 constituido por 2 cajones prefabricados de concreto de 2.00x2.00x1.75 M.

<sup>15</sup> Con recursos del Programa APASZU de la Conagua en los años 2013, 2014 y 2015.

Descripción del PPI			
Chimenea de inspección	14.00	PZA	Prefabricado (a base de concreto y armado de varilla, de 1.22 M de diámetro con profundidades de hasta 0.5M (5), 1.5M (1), 2.0M (1), 3.0M (1), 5.0M (1), 5.5M (2), 6.0M (1) y 6.5M (2). Incluye: brocal, escalones de polipropileno y cono.

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

**Cuadro IV. 3** Principales Características por Componente, **Colector secundario.**

Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Descripción
Colector secundario	1,929.66	ML	Consistente en Tubería PVC para alcantarillado serie métrica de 8", 12" y 18" de diámetro.
Boca de tormenta (Captadores)	35.00	PZA	De 1.00x1.20x3.00 M elaborado de muro de block concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> , Incluye rejillas tipo tablero de 0.75x3.00 M de acero tipo IRVING.
Pozo de inspección	22.00	PZA	De 1.22 M de diámetro, elaborado a base de concreto, con profundidades de hasta 1.0M (6), 1.5M (5), 2.0M (5), 2.5M (5) y 3.5M (1). Incluye: escalones de polipropileno con refuerzo de acero, cono y Brocal y tapa (de tipo GOZNE y bisagra, sello cónico perimetral).

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

**Cuadro IV. 4** Principales Características por Componente, **Reposición de pavimentos.**

Componente	Cantidad	Unidad de Medida	Descripción
Reposición carpeta asfáltica (Colector principal y secundarios)	12,820.79	M2	Reposición de carpeta asfáltica de hasta 10 cm elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo.
Construcción de Banqueta	5,285.70	M2	de hasta 8 Cm de espesor (de concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> y malla electro soldada)
Construcción de guarnición	1,553.13	ML	De sección trapezoidal de 30x15x35 Cm (basexoronaxaltura de concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> ).
Construcción de rampa	48.00	M2	de 1.20M (de concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> )
módulo de alumbrado público	10.00	PZA	(Luminaria LED 120W, 220V, 60HZ, tipo cabeza de cobra)

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

#### Descripción del PPI

Esta cuarta y última etapa se ejecutará en 12 meses, por lo que la infraestructura resultante iniciará su operación a partir del año 1 y tendrá una vida útil de 30 años. Tendrá un costo inicial sin IVA de \$118,664,710.73 (son: ciento dieciocho millones, seiscientos sesenta y cuatro mil, setecientos diez pesos 73/100 M.N.).

Asimismo, se tendrán costos de operación y mantenimiento de la nueva infraestructura por un monto a valor presente de \$1,205,404.57 (son: un millón, doscientos cinco mil, cuatrocientos cuatro pesos 57/100 M.N.); que incluyen conceptos tales como costos de personal, labores mantenimiento y limpieza de las redes, entre otros.

**Cuadro IV. 5** Vialidades de los colectores pluviales principal y secundarios, cuarta etapa (proyecto).

Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Vialidades del recorrido
<b>Colector pluvial principal</b>	M2 (ML)	6,212.52 (1,553.13)	C. Ignacio Manuel Altamirano con inicio en la C. Salvador Alvarado y fin en la vereda (calle sin nombre); Vereda (calle sin nombre) con fin en la Av. Constituyentes del 74; Av. Constituyentes del 74 con inicio en la Vereda (calle sin nombre) y fin Av. Erick Paolo Martínez.
<b>Colector pluvial secundario</b>	ML	1,929.66	C. Ramón F. Iturbe entre Av. Insurgentes y Valentín Gómez Farías; C. Ramón F. Iturbe entre C. Valentín Gómez Farías e Ignacio M. Altamirano; C. Librado E. Rivera; calzada del Centenario entre Ramón Corona y Francisco Zarco; Ramón Corona entre Librado E. Rivera y Ramón F. Iturbe; Ramón F. Iturbe entre Ignacio M. Altamirano e Ignacio Ramírez; Ramón F. Iturbe entre Ignacio Ramírez e Ignacio Comonfort; Ignacio Comonfort entre calzada del Centenario y Ramón F. Iturbe; calzada del Centenario entre con Ignacio Comonfort; Calzada del centenario con Ignacio Ramírez; Ignacio Ramírez entre Ramón F. Iturbe y calzada del Centenario.

Fuente: Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

A continuación se muestra, vialidad, la infraestructura a construir por tipo de colector: En el Cuadro IV. 6, se muestra el correspondiente al colector principal y en el Cuadro IV. 7, el correspondiente a los colectores pluviales secundarios.

**Cuadro IV. 6** Infraestructura en las vialidades del **colector pluvial principal**, cuarta etapa (proyecto).

TRAMO	VIALIDAD	COLECTOR	CHIMENEA	CARPETA ASFÁLTICA	BANQUETA	GUARNICIÓN	RAMPA	LUMINARIA
		M2	PZA	M2	M2	ML	M2	PZA
<b>T-12</b>	C. Ignacio Manuel Altamirano con inicio en la C. Salvador Alvarado y fin en la vereda (calle sin nombre)	2,280.92	6.00	3,995.44	1,940.64	570.23	20.00	3.00
<b>T-13</b>	Vereda (calle sin nombre) con fin en la Av. Constituyentes del 74	3,057.48	4.00	5,355.72	2,601.35	764.37	23.00	6.00
<b>T-14</b>	Av. Constituyentes del 74 con inicio en la Vereda (calle sin	874.12	4.00	1,531.18	743.71	218.53	5.00	1.00

Descripción del PPI								
	nombre) y fin Av. Erick Paolo Martínez							
	<b>TOTAL</b>	6,212.52	14.00	10,882.33	5,285.70	1,553.13	48.00	10.00

Fuente: Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

**Cuadro IV. 7** Infraestructura en las vialidades del **colectores pluviales secundarios**, cuarta etapa (proyecto).

TRA MO	VIALIDAD	LONGITUD	POZO INSPECCIÓN	CARPETA ASFÁLTICA
		ML	PZA.	M2
T-1	C. Ramón F. Iturbe entre Av. Insurgentes y Valentín Gómez Farías	40.77	2.00	40.96
T-2	C. Ramón F. Iturbe entre C. Valentín Gómez Farías e Ignacio M. Altamirano	434.98	3.00	436.96
T-3	C. Librado E. Rivera con Ramón Corona	97.28	1.00	97.72
T-4	Calzada del Centenario entre Ramón Corona y Francisco Zarco	279.70	4.00	280.98
T-5	Ramón Corona entre Librado E. Rivera y Ramón F. Iturbe	79.30	1.00	79.66
T-6	Ramón F. Iturbe entre Ignacio M. Altamirano e Ignacio Ramírez	298.29	3.00	299.65
T-7	Ramón F. Iturbe entre Ignacio Ramírez e Ignacio Comonfort	332.65	3.00	334.17
T-8	Ignacio Comonfort entre calzada del Centenario y Ramón F. Iturbe	140.06	1.00	140.70
T-9	calzada del Centenario entre con Ignacio Comonfort	44.45	1.00	44.65
T-10	Calzada del centenario con Ignacio Ramírez	43.14	1.00	43.34
T-11	Ignacio Ramírez entre Ramón F. Iturbe y calzada del Centenario	139.04	2.00	139.67
	<b>TOTAL</b>	<b>1,929.66</b>	<b>22.00</b>	<b>1,938.46</b>

Fuente: Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

En el caso particular de la ciudad, las aguas pluviales son desalojadas hacia la Bahía de Chetumal, por tanto, se considera la interconexión del colector al colector existente (de la ejecución de las etapas anteriores<sup>16</sup> Cuadro IV. 9 y Cuadro IV. 10) con desembocadura a la Bahía, que inicia en la calle Salvador Alvarado de la colonia Adolfo López Mateos y que cuenta con un recorrido de 1,173.22 MI, cuya capacidad de conducción es suficiente para desaguar los caudales colectados tanto en zona baja de la cuenca 9 como para los caudales colectados por sus colectores secundarios en su zona de influencia que comprende a las colonias de 5 de Abril, Reforma, Zazil-Ha (cuenca 12) y parte de la colonia Adolfo López Mateos (Cuenca 18).

<sup>16</sup> APASZU 2013, 2014 y 2015

Descripción del PPI	
<p>Una vez concluido el Proyecto, considerando la infraestructura existente (1,173.22 M), el canal pluvial contará con un recorrido total de 2,726.35 M, con inicio en la Av. Erick Paolo Martínez con Constituyentes del 74 y desembocadura en el Boulevard Bahía siendo la bahía de Chetumal el destino final de las aportaciones pluviales de la zona en estudio.</p> <p>Por otro lado, la función de los colectores secundarios, será la de recolectar la aportación pluvial de sus respectivas colonias para así interconectarse con el colector principal, el cual conducirá dichas aportaciones hasta su disposición final en el Boulevard Bahía.</p> <p>Adicional a las aportaciones de las colonias dentro del área de influencia de los colectores secundarios (Privada del sol, Isabel Tenorio, Adolfo López Mateos, 5 de abril, Reforma y Zazil-Ha, así como del colegio de Bachilleres Plantel 2), dicho colector recibirá las aportaciones del sistema colector 4.- "Soriana" con capacidad de desalojo máxima actual de 900 l/s, que actualmente brinda servicio a las colonias de Solidaridad, Comité Proterritorio, Proterritorio, Arboledas, y Andrés Quintana Roo, de las cuales, las ubicadas en la zona de proyecto y por tanto beneficiarias son: Solidaridad, Comité Proterritorio y Andrés Quintana Roo.</p>	

**Cuadro IV. 8** Principales componentes del Proyecto.

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	MEDIDA	CANTIDAD
<b>1</b>	<b>Colector principal</b>		
1.1	Estructura de conducción principal Consistente en un canal de desagüe de sección rectangular de 8 M2 constituido por 2 cajones prefabricados de concreto de 2.00x2.00x1.75 M.	M2	6,212.52
1.2	Chimenea de inspección Prefabricado (a base de concreto y armado de varilla, de 1.22 M de diámetro con profundidades de hasta 0.5M (5), 1.5M (1), 2.0M (1), 3.0M (1), 5.0M (1), 5.5M (2), 6.0M (1) y 6.5M (2). Incluye: brocal, escalones de polipropileno y cono.	PZA	14.00
<b>2</b>	<b>Colectores secundarios</b>		
2.1	Conducción secundaria Consistente en Tubería PVC para alcantarillado serie métrica de 8", 12" y 18" de diámetro.	ML	1,929.66
2.1	Boca de tormenta (Captadores) De 1.00x1.20x3.00 M elaborado de muro de block concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> , Incluye rejillas tipo tablero de 0.75x3.00 M de acero tipo IRVING.	PZA	35.00
2.2	Pozo de inspección De 1.22 M de diámetro, elaborado a base de concreto, con profundidades de hasta 1.0M (6), 1.5M (5), 2.0M (5), 2.5M (5) y 3.5M (1). Incluye: escalones de polipropileno con refuerzo de acero y cono.	PZA	22.00

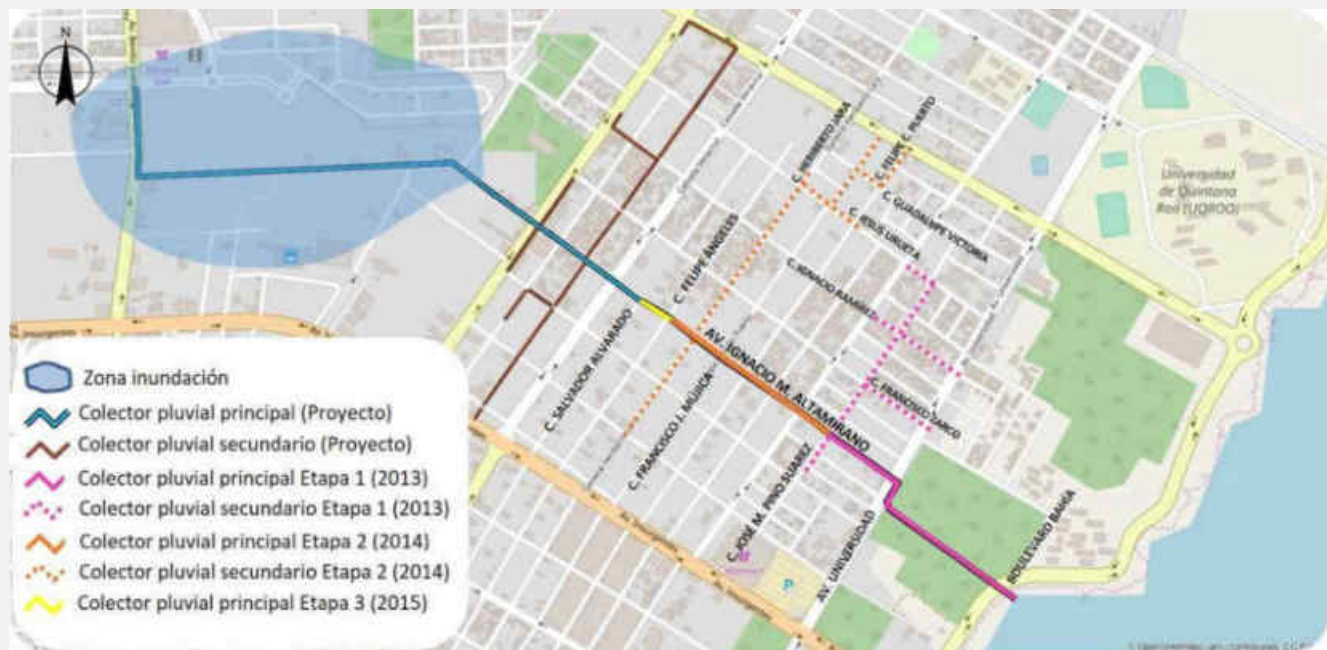


COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	MEDIDA	CANTIDAD	
3	<b>Reposición de pavimentos</b>			
3.1	Reposición de pavimentos (Colector principal y secundarios)	Reposición de carpeta asfáltica de hasta 10 cm elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo.	M2	12,820.79
3.2	Construcción de Banqueta	de hasta 8 Cm de espesor (de concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> y malla electro soldada)	M2	5,285.70
3.3	Construcción de guarnición	De sección trapezoidal de 30x15x35 Cm (base coronaxaltura de concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> ).	M2	1,553.13
3.4	Construcción de rampa	de 1.20M (de concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> )	M2	48.00
3.5	módulo de alumbrado público	(Luminaria LED 120W, 220V, 60HZ, tipo cabeza de cobra)	PZA	10.00

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

#### Ubicación del PPI

la ejecución del proyecto ha sido multianual, con tres etapas ya realizadas<sup>17</sup>, de las cuales se ha logrado la construcción de 1,173.22 MI de colector principal (que incluye la desembocadura al cuerpo receptor, Bahía de Chetumal) y 1,585.08 de colectores secundarios:



<sup>17</sup> Con recursos del Programa APASZU de la Conagua en los años 2013, 2014 y 2015.

#### Ubicación del PPI

**Cuadro IV. 9** Vialidades, colector pluvial principal, etapas anteriores.

Etapas	Año	Colector principal (ML)	Vialidades del recorrido del Colector pluvial principal
Primera	2013	655.22	Desembocadura a la Bahía de Chetumal, Av. Universidad, Av. Ignacio M. Altamirano hasta el cruzamiento con la C. José M. Pino Suarez.
Segunda	2014	414.75	Av. Ignacio M. Altamirano con inicio en la C. José M. Pino Suarez hasta el cruzamiento con la C. Felipe Ángeles.
Tercera	2015	103.25	Av. Ignacio M. Altamirano con inicio en la C. Felipe Ángeles hasta el cruzamiento con la C. Salvador Alvarado.
	<b>Total</b>	<b>1,173.22</b>	

Fuente: Coordinación de Construcción de la CAPA.

**Cuadro IV. 10** Vialidades, colectores pluviales secundarios, etapas anteriores.

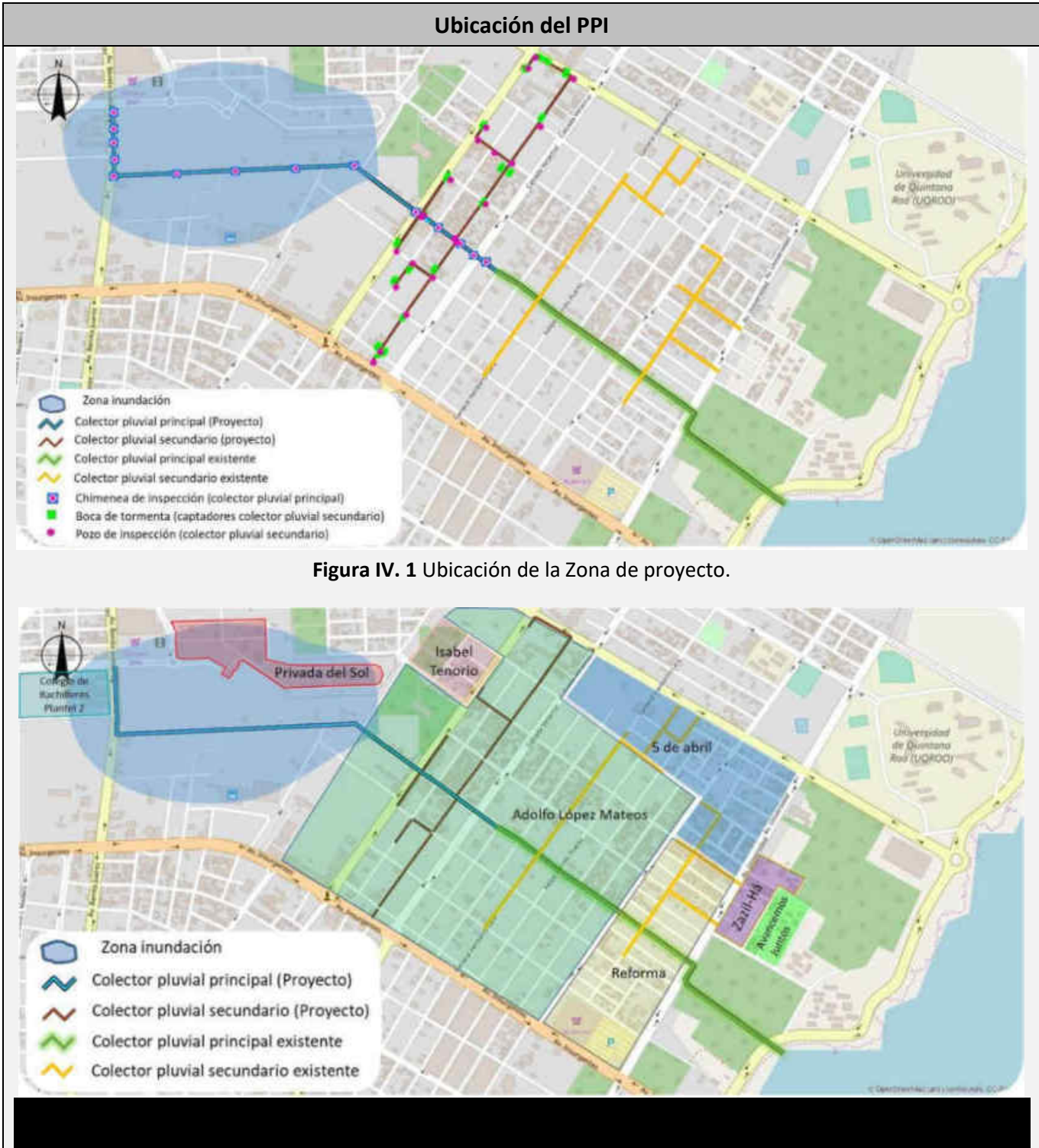
Etapas	Año	Colector secundario (ML)	Vialidades del recorrido de los Colectores pluviales secundarios
Primera	2013	560.34	Av. José M. Pino Suárez con inicio en la C. Ramón Corona y fin en la C. Jesús Urueta; C. Francisco Zarco con inicio en la Av. José M. Pino Suárez y fin en la Av. Universidad; C. Ignacio Ramírez con inicio en la Heriberto Frías y fin en la Av. Universidad; C. Jesús Urueta con inicio en la Av. José M. Pino Suárez y fin en la Heriberto Frías.
Segunda	2014	1,024.74	C. Francisco J. Mújica con inicio en la C. Benjamín Gill y fin en la C. Juan Bautista Vega; C. Jesús Urueta con inicio en la C. Francisco J. Mújica y fin en la C. Felipe C. Puerto; C. Heriberto Jara con inicio en la C. Jesús Urueta y fin en la Av. Ignacio Comonfort; C. Guadalupe Victoria con inicio en la C. Heriberto Jara y fin en la C. Felipe C. Puerto; C. Felipe C. Puerto con inicio en la C. Guadalupe Victoria y fin en la Av. Ignacio Comonfort.
	<b>Total</b>	<b>1,585.08</b>	

Fuente: Coordinación de Construcción de la CAPA.

La cuarta y última etapa del proyecto comprenderá las vialidades de:

- 1.- En el caso del colector principal: la Av. Ignacio M. Altamirano (con inicio en la C. Salvador Alvarado hasta calle sin nombre –vereda–), Vereda (hasta la Av. Constituyentes), Av. Constituyentes del 74 (con inicio en la calle sin nombre hasta la Av. Erick Paolo Martínez);
- 2.- En el caso de los colectores pluviales secundarios: las calles de Ramón F. Iturbe, Librado E. Rivera, Clz. Del Centenario, Ignacio Comonfort e Ignacio Ramírez. (Figura IV. 1).





## **IV.2 Alineación estratégica**

### **IV.2.1 Plan y Programas Nacionales de Desarrollo**

#### **PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2019-2024**

EJE II. Política social  
Desarrollo Sostenible

EJE III. Economía

#### **PROGRAMA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA 2019-2024**

(En espera de su publicación)

#### **PROGRAMAS DE SEDATU**

#### **PROGRAMA SECTORIAL DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO 2019-2024**

(En espera de su publicación)

#### **PROGRAMA NACIONAL DE DESARROLLO URBANO 2019-2024**

(En espera de su publicación)

### **IV.2.2 Plan y Programas Estatales de Desarrollo**

#### **PLAN ESTATAL DE DESARROLLO QUINTANA ROO 2016-2022.**

Ninguna línea de Acción de las detalladas en el *Plan Quintana Roo 2016-2022* se corresponde a este tipo de Componente (Drenaje Pluvial), por lo que se está en espera de las adecuaciones correspondientes para corregir esta omisión, ya que las acciones de este componente son necesarias dadas las condiciones climatológicas del Estado (presencia de huracanes y zonas con alto riesgo de inundación).

### **IV.2.3 Plan y Programas Municipales de Desarrollo**

(<http://www.opb.gob.mx/portal/wp-content/uploads/transparencia/93/l/f/PDU2018/PDU%20integrado%2019012018-publicacion%20digital.pdf>)

#### **TOMO III**

#### **IV. PROGRAMACIÓN Y CORRESPONSABILIDAD SECTORIAL**

Identificar las obras y acciones que se consideran más importantes a realizar en el ámbito de aplicación de este Programa de Desarrollo Urbano en el corto, mediano y largo plazo.

#### **IV.5. MATRICES DE OBRAS Y ACCIONES IDENTIFICADAS.**

MATRIZ V. INFRAESTRUCTURA URBANA (Pág. 555).

I.8- Red primaria y secundaria de drenaje pluvial

## IV.3 Localización geográfica

### IV.3.1 Zona metropolitana que se beneficiará

En Quintana Roo se cuenta con dos zonas metropolitanas (ZM), la **ZM de Cancún**<sup>18</sup> decretada en 2009 bajo el criterio de “conurbación física” con un municipio central y la segunda, zona a la que pertenece el Proyecto, la **ZM de Chetumal**, de reciente creación en Abril 2018, en el municipio de Othón P. Blanco, bajo el criterio de “Capital estatal” con la ciudad de Chetumal como eje central y una superficie total de 9,958.2 Km<sup>2</sup>.

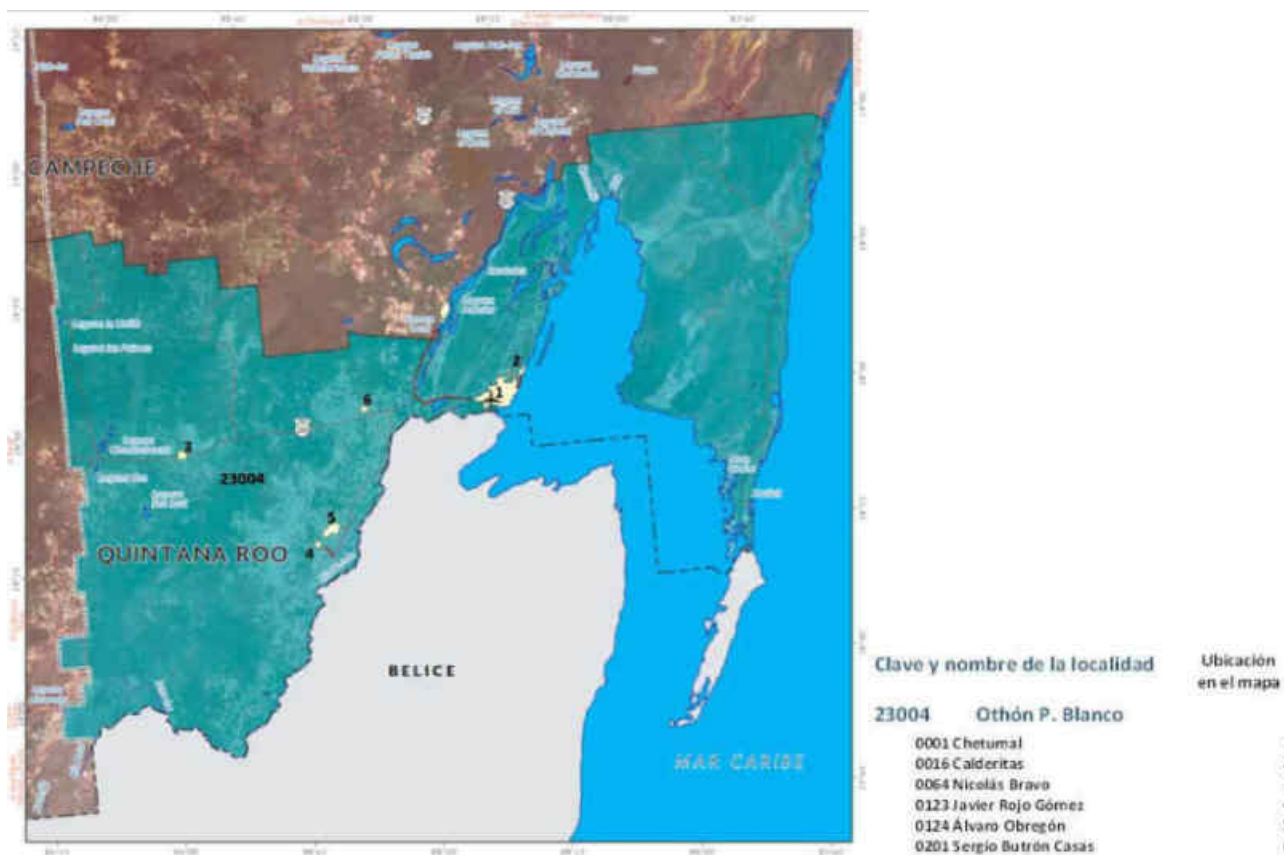


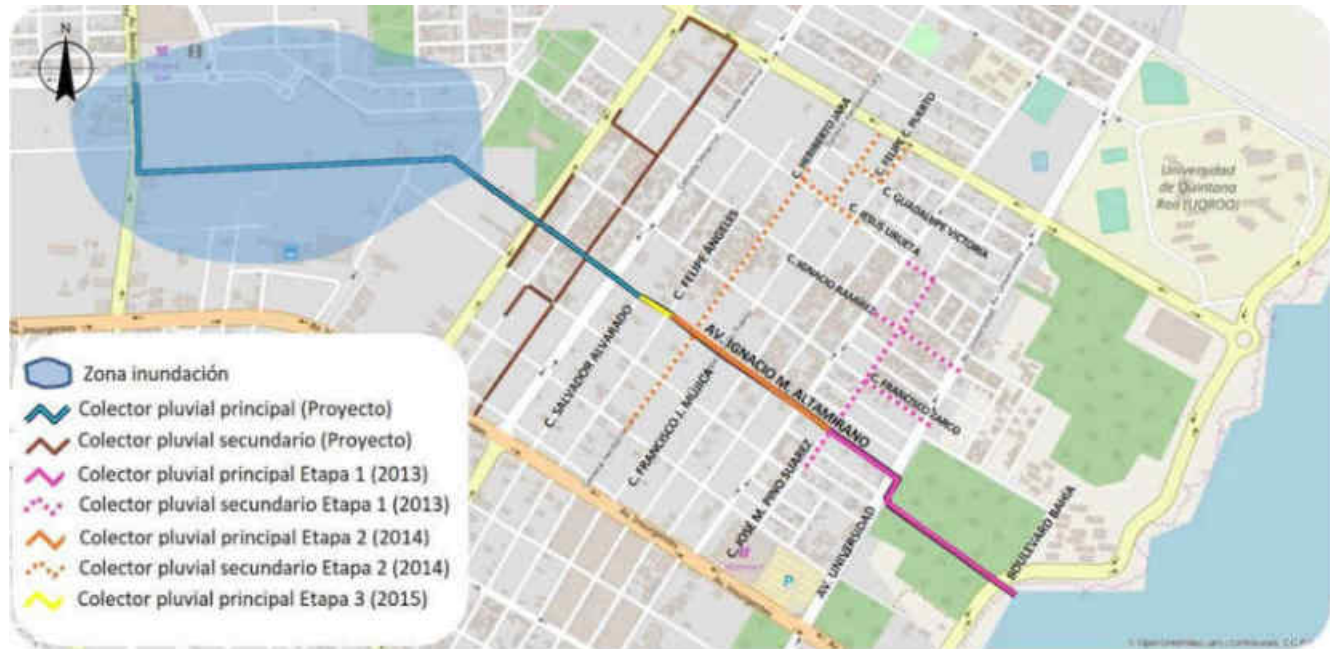
Figura IV. 3 Zona Metropolitana de Chetumal.

Fuente: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano; “Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015”; febrero 2018; pág. 198.

<sup>18</sup> conformada por los municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez (municipio central) con una superficie de 2,108.8 Km<sup>2</sup>.

### IV.3.2 Ubicación geográfica del PPI

la ejecución del proyecto ha sido multianual, con tres etapas ya realizadas<sup>19</sup>, de las cuales se ha logrado la construcción de 1,173.22 MI de colector principal (que incluye la desembocadura al cuerpo receptor, Bahía de Chetumal) y 1,585.08 de colectores secundarios.



En esta cuarta y última etapa, se pretende la continuación de la construcción del colector pluvial principal cuyo recorrido seguirá las vialidades de: Ignacio Manuel Altamirano, Vereda (calle sin nombre), Av. Constituyentes del 74 hasta alcanzar la zona crítica de inundación en el cruce con la Av. Erick Paolo Martínez.

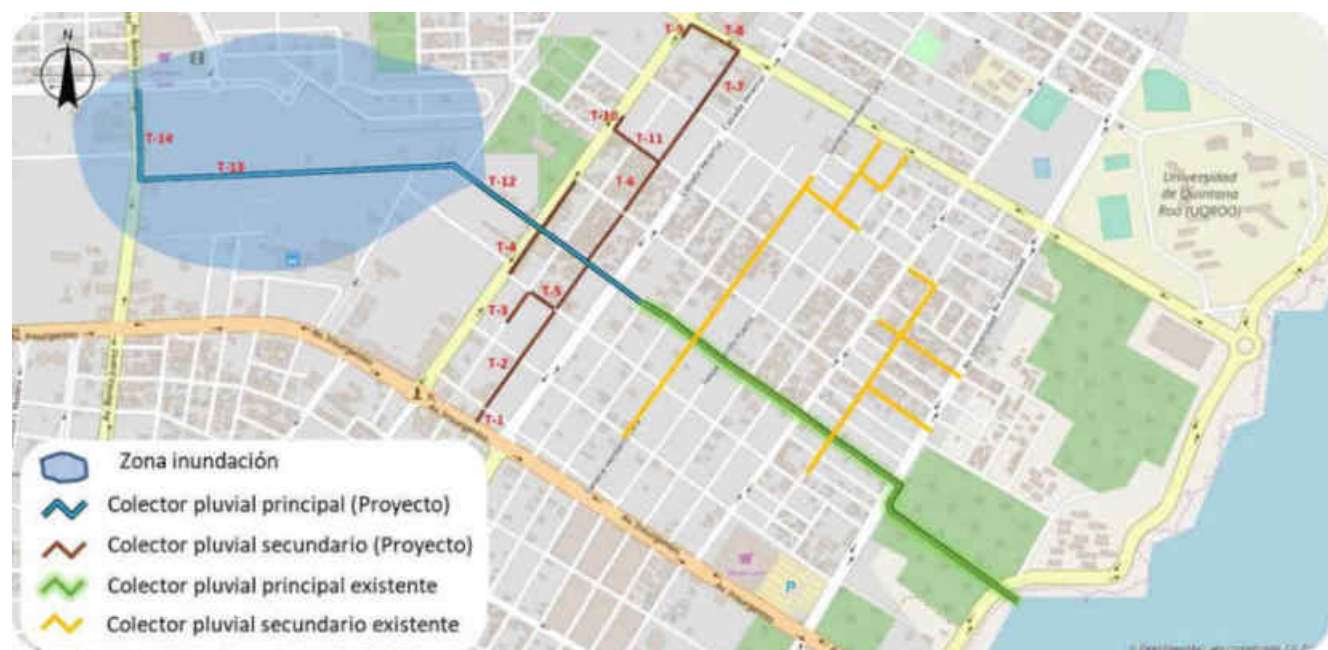
Asimismo, para alimentar al colector pluvial y contribuir al desalojo de los caudales pluviales de la cuenca 18, se construirán colectores pluviales secundarios cuyo recorrido seguirán las vialidades de: Ramón F. Iturbe, Librado E. Rivera, Clz. Del Centenario, Ignacio Comonfort e Ignacio Ramírez.

En la Figura IV. 4 se presenta la ubicación del Colector pluvial principal y colectores pluviales secundarios del proyecto, así como el colector principal y secundarios existentes (resultado de la ejecución de las etapas anteriores) con desembocadura a la Bahía de Chetumal.

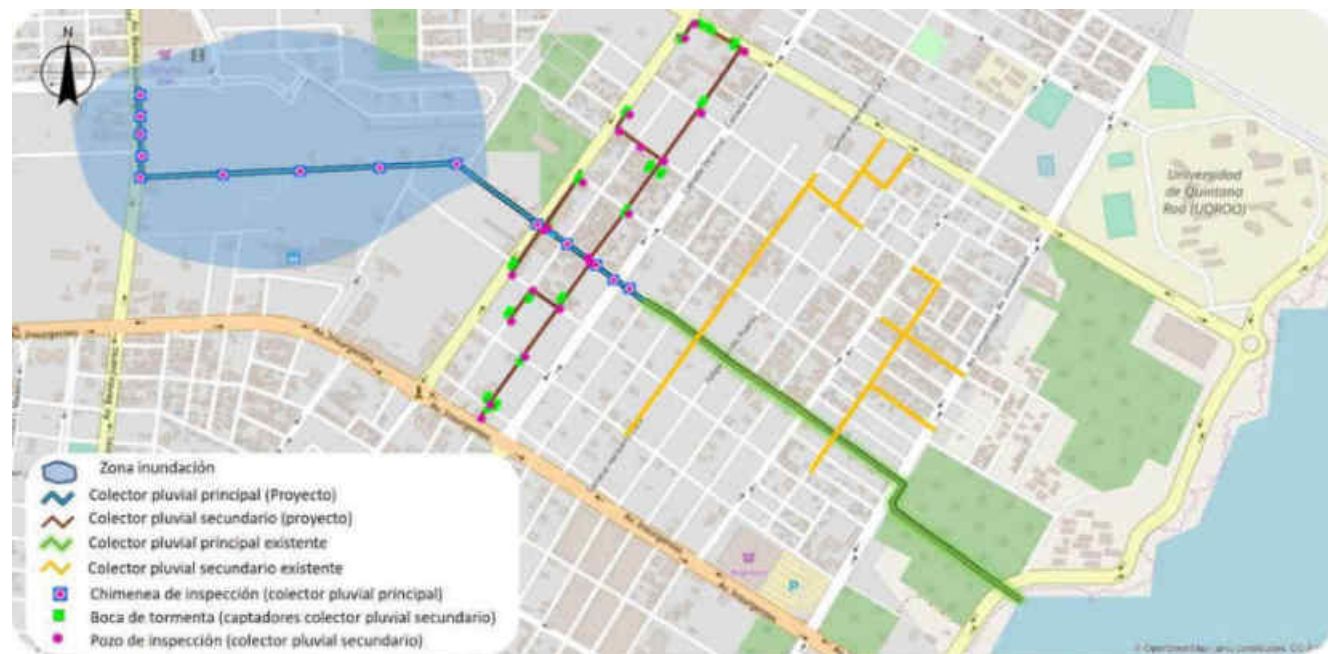
En la Figura IV. 5, se muestran la ubicación de las Bocas de tormenta, Chimeneas y Pozos de inspección en la infraestructura principal de conducción y colectores secundarios.

<sup>19</sup> Con recursos del Programa APASZU de la Conagua en los años 2013, 2014 y 2015.

**IV.3.2 Ubicación geográfica del PPI**



**Figura IV. 4** Micro localización de la zona de proyecto en la ciudad de Chetumal (colectores pluviales principal y secundarios).



**Figura IV. 5** Micro localización de la zona de proyecto en la ciudad de Chetumal (Chimenea de inspección, Bocas de tormenta y pozos de inspección).

#### IV.3.2 Ubicación geográfica del PPI

##### GEORREFERENCIACIÓN:

##### **COLECTOR PLUVIAL PRINCIPAL (proyecto)**

**T-12** C. Ignacio Manuel Altamirano / Salvador Alvarado (18.52099;-88.28417) / Belice (18.5237;-88.2881).

**T-13** Vereda (calle sin nombre) / Belice (18.52366;-88.28807) / Av. Constituyentes del 74 (18.5233;-88.2953).

**T-14** Av. Constituyentes del 74 / Vereda (calle sin nombre) (18.52330;-88.29530) / Av. Erick Paolo Martínez (18.5253;-88.2954).

##### **COLECTORES PLUVIALES SECUNDARIOS (proyecto)**

**T-1** C. Ramón F. Iturbe / AV. Insurgentes (18.51798;-88.28753) / Valentín Gómez Farías (18.51937;-88.28653)

**T-2** C. Ramón F. Iturbe / C. Valentín Gómez Farías (18.51829;-88.28732) / C. Ignacio Manuel Altamirano (18.52150;-88.28495)

**T-3** C. Librado E. Rivera / C. Librado E. Rivera (18.52017;-88.28685) / C. Ramón Corona (18.52088;-88.28631)

**T-4** CLZ. Del Centenario / C. Ramón Corona (18.52123;-88.28680) / C. Francisco Zarco (18.52334;-88.28525)

**T-5** C. Ramón Corona / C. Librado E. Rivera (18.52088;-88.28631) / C. Ramón F. Iturbe (18.52048;-88.28570)

**T-6** C. Ramón F. Iturbe / C. Ignacio Manuel Altamirano (18.52154;-88.28498) / C. Ignacio Ramírez (18.52373;-88.28333)

**T-7** C. Ramón F. Iturbe / C. Ignacio Ramírez (18.52373;-88.28333) / C. Ignacio Comonfort (18.52619;-88.28152)

**T-8** C. Ignacio Comonfort / Clz. del Centenario (18.52682;-88.28267) / C. Ramón F. Iturbe (18.52619;-88.28152)

**T-9** Clz. del Centenario / C. Ignacio Comonfort (18.52648;-88.28289) / Clz. del Centenario (18.52682;-88.28267)

**T-10** Clz. del centenario / C. Ignacio Ramírez (18.52479;-88.28417) / Clz. del Centenario (18.52447;-88.28440)

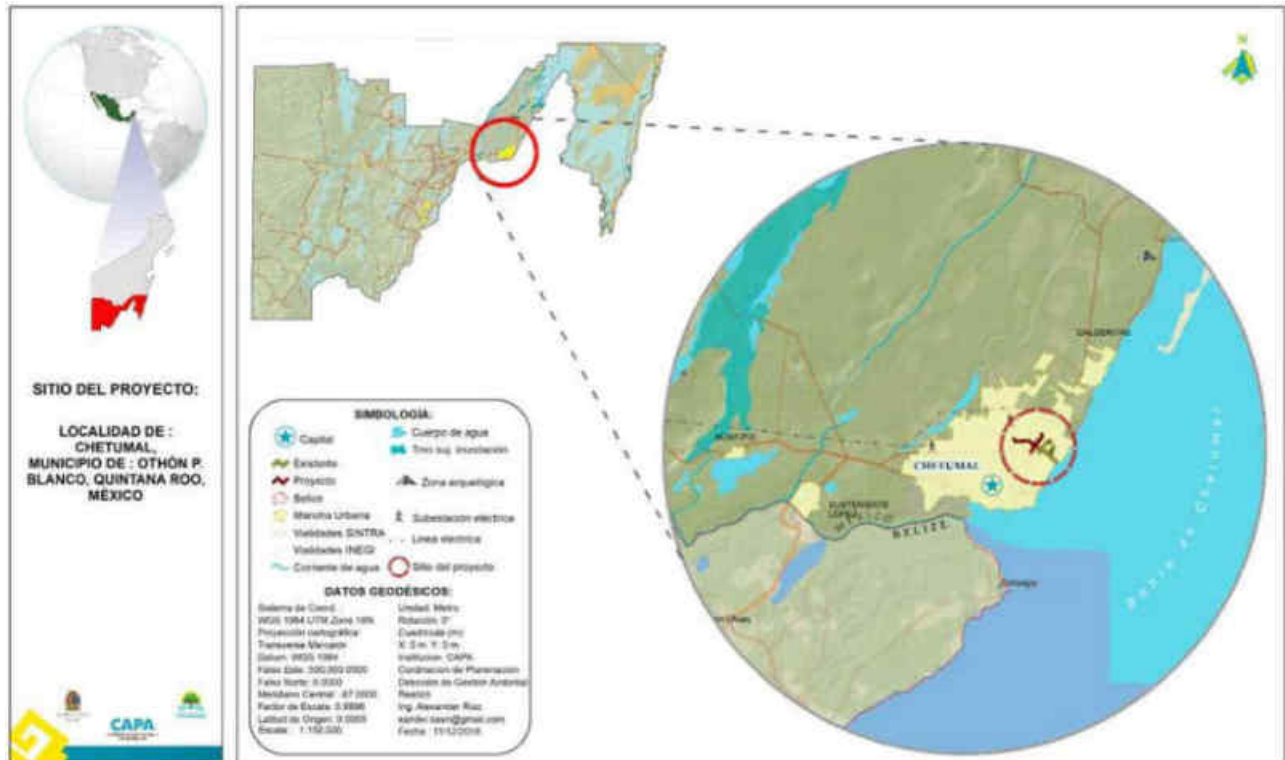
**T-11** C. Ignacio Ramírez / C. Ramón F. Iturbe (18.52373;-88.28333) / Clz. del Centenario (18.52447;-88.28440)





**IV.3.3 Entidad federativa y Municipios donde se ubicarán los activos del PPI**

El proyecto se realizará en la ciudad de Chetumal, cabecera municipal del municipio de Othón P. Blanco en el estado de Quintana Roo. (ver Figura IV. 6)



**Figura IV. 6** Macro localización de la zona de proyecto en la ciudad de Chetumal, municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo.

### IV.3.4 Zona de influencia del PPI

El proyecto comprenderá un área de influencia de 482.35 Hectáreas correspondiente a las colonias de Privada del sol, Isabel Tenorio, Adolfo López Mateos, 5 de abril, Reforma, Zazil-Ha y Avancemos Juntos, en beneficio de 8,681 habitantes distribuidos en 2,418 viviendas, así como a los 212 comercios y del colegio de Bachilleres Plantel 2 (COBACH II).



**Figura IV. 7** Zona de influencia del proyecto integral por colonias en la ciudad de Chetumal, municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo.

Para la cuarta etapa del proyecto se atenderá a un total de 2,768 habitantes distribuidos en 771 viviendas, así como a los 68 comercios y el colegio de Bachilleres Plantel 2 (COBACH II), en las colonias de Privada del sol, Isabel Tenorio y parte de la Adolfo López Mateos.

Asimismo, el colector de proyecto recibirá la aportación del sistema 4.- “soriana” con capacidad de desalojo para 900 l/s, que actualmente brinda servicio a las colonias de Solidaridad, Comité Proterritorio y Andrés Quintana Roo (Figura IV. 8).

**IV.3.4 Zona de influencia del PPI**



**Figura IV. 8** Zona de influencia total del proyecto, por colonias en la ciudad de Chetumal, municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo.

Considerando la infraestructura existente (1,173.22 M), el canal contará con un recorrido total de 2,726.35 M, con inicio en la Av. Erick Paolo Martínez esquina con Constituyentes del 74, siguiendo su recorrido sobre la Av. Ignacio M. Altamirano hasta la Av. Universidad para su desembocadura en el Boulevard Bahía, siendo la bahía de Chetumal el destino final de las aportaciones pluviales de la zona en estudio.

Por otro lado, la función de los colectores secundarios, será la de recolectar la aportación pluvial de sus respectivas colonias para así interconectarse con el colector principal, el cual conducirá dichas aportaciones hasta su disposición final en el Boulevard Bahía.



## IV.4 Calendario de actividades

**Cuadro IV. 11** Calendario de actividades del proyecto.

PARTIDA	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	IMPORTE (Incluye IVA)	MES											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Preliminares (colector principal)	M2	6,212.52	14,038,613.55	X	X	X	X	X	X	X	X				
Estructura de conducción principal (Canal de desagüe de sección rectangular de 8 M2 constituido por 2 cajones prefabricados de concreto de 2.0 X 2.0X1.75 M.)	M2	6,212.52	108,536,055.63		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chimenea de inspección prefabricado de 1.22 M de diámetro de entre 1.0 a 6.50 M de profundidad (a base de concreto y armado de varilla, incluye: brocal, escalones de polipropileno y cono)	PZA	14.00	597,020.53				X	X	X	X	X	X	X		
Preliminares (colectores secundarios)	ML	1,929.66	355,472.45				X	X	X	X	X				
Colector pluvial secundario de PVC sanitario de 8, 12 y 16 pulgadas de diámetro	ML	1,929.66	4,614,543.86					X	X	X	X	X	X		
Construcción de Boca de tormenta (captadores) (de 1.0x1.2x 3.0M a base de muro de block, incluye rejilla tipo tablero de 0.75x3.0M de acero tipo IRVING)	PZA	35.00	1,288,958.65					X	X	X	X	X	X	X	X
Pozo de inspección elaborado a base de concreto de profundidades variables entre 1.0 M hasta 3.50 M. Incluye: brocal y tapa de polietileno, escalones de polipropileno con refuerzo de acero y cono.	PZA	22.00	587,012.37				X	X	X	X	X	X	X	X	X
Reposición de carpeta asfáltica de hasta 10 cm elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo (Colector principal y secundarios)	M2	12,820.79	5,457,259.94					X	X	X	X	X	X	X	X
Construcción de Banqueta de hasta 8 Cm de espesor (de concreto F´C=150Kg/cm <sup>2</sup> y malla electro soldada)	M2	5,285.70	1,430,336.48								X	X	X	X	X



PARTIDA	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	IMPORTE (Incluye IVA)	MES												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Construcción de guarnición de sección trapezoidal de 30x15x35 Cm (base coronaxaltura de concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> ).	ML	1,553.13	521,373.94									X	X	X	X	X
Construcción de rampa de 1.20M (de concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> )	M2	48.00	13,890.30										X	X	X	X
Suministro y colocación de módulo de alumbrado público (Luminaria LED 120W, 220V, 60HZ, tipo cabeza de cobra)	PZA	10.00	210,526.75									X	X	X	X	X
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 137,651,064.45</b>													

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



## IV.5 Monto total de inversión

**Cuadro IV. 12** Distribución del monto total de inversión del Proyecto por principales Componentes, Etapas anteriores.

Componentes	Unidad de Medida	Primera etapa (2013)		Segunda etapa (2014)		Tercera etapa (2015)		Total	
		Cantidad	Monto	Cantidad	Monto	Cantidad	Monto	Cantidad	Monto
Preliminares	ML	655.22	174,812.74	414.75	198,493.35	103.25	42,483.84	<b>1,173.22</b>	<b>415,789.93</b>
Colector principal (Incluye: excavación, rellenos y Chimeneas de inspección)	ML	655.22	30,431,502.88	414.75	34,559,184.70	103.25	7,746,546.83	<b>1,173.22</b>	<b>72,737,234.41</b>
Construcción de la Desembocadura a la Bahía de Chetumal	ML	400.00	4,553.86	0	0.00	0	0.00	<b>400.00</b>	<b>4,553.86</b>
Colectores secundarios (Incluye: Bocas de tormenta, rejillas y pozos de visita)	ML	560.34	1,439,615.96	1,024.74	1,634,638.62	0	0.00	<b>1,585.08</b>	<b>3,074,254.59</b>
Reposición de pavimentos	M2	2,331.34	674,733.99	3,793.05	766,139.21	671.13	163,976.41	<b>6,795.52</b>	<b>1,604,849.60</b>
		<b>Subtotal</b>	<b>32,725,219.43</b>		<b>37,158,455.88</b>		<b>7,953,007.08</b>		<b>77,836,682.39</b>
		IVA	5,236,035.11		5,945,352.94		1,272,481.13		12,453,869.18
		<b>Total</b>	<b>37,961,254.54</b>		<b>43,103,808.82</b>		<b>9,225,488.21</b>		<b>90,290,551.57</b>



**Cuadro IV. 13** Distribución del monto total de inversión del Proyecto por principales Componentes, cuarta etapa.

COMPONENTE		MEDIDA	CANTIDAD	TOTAL (sin IVA)
1	<b>Colector principal</b>			
1.1	Preliminares (colector principal)	M2	6,212.52	<b>12,102,253.06</b>
1.2	Estructura de conducción principal (Canal de desagüe de sección rectangular de 8 M2 constituido por 2 cajones prefabricados de concreto de 2.00 X 2.00X1.75 M.)	M2	6,212.52	<b>93,565,565.20</b>
1.3	Chimenea de inspección prefabricado de 1.22 M de diámetro de 0 hasta 0.50 M de profundidad (a base de concreto y armado de varilla, incluye: brocal, escalones de polipropileno y cono)	PZA	5.00	<b>11,798.55</b>
1.4	Chimenea de inspección prefabricado de 1.22 M de diámetro de 1.01 hasta 1.50 M de profundidad (a base de concreto y armado de varilla, incluye: brocal, escalones de polipropileno y cono)	PZA	1.00	<b>41,499.67</b>
1.5	Chimenea de inspección prefabricado de 1.22 M de diámetro de 1.51 hasta 2.0 M de profundidad (a base de concreto y armado de varilla, incluye: brocal, escalones de polipropileno y cono)	PZA	1.00	<b>41,499.67</b>
1.6	Chimenea de inspección prefabricado de 1.22 M de diámetro de 2.51 hasta 3.0 M de profundidad (a base de concreto y armado de varilla, incluye: brocal, escalones de polipropileno y cono)	PZA	1.00	<b>41,499.67</b>
1.7	Chimenea de inspección prefabricado de 1.22 M de diámetro de 4.51 hasta 5.0 M de profundidad (a base de concreto y armado de varilla, incluye: brocal, escalones de polipropileno y cono)	PZA	1.00	<b>53,468.77</b>
1.8	Chimenea de inspección prefabricado de 1.22 M de diámetro de 5.01 hasta 5.50 M de profundidad (a base de concreto y armado de varilla, incluye: brocal, escalones de polipropileno y cono)	PZA	2.00	<b>106,937.54</b>
1.9	Chimenea de inspección prefabricado de 1.22 M de diámetro de 5.51 hasta 6.0 M de profundidad (a base de concreto y armado de varilla, incluye: brocal, escalones de polipropileno y cono)	PZA	1.00	<b>53,468.77</b>
1.10	Chimenea de inspección prefabricado de 1.22 M de diámetro de 6.01 hasta 6.50 M de profundidad (a base de concreto y armado de varilla, incluye: brocal, escalones de polipropileno y cono)	PZA	2.00	<b>106,937.54</b>
1.11	Suministro e instalación de Brocal y tapa (de tipo GOZNE y bisagra, sello cónico perimetral).	PZA	14.00	<b>57,562.68</b>
2	<b>Colector secundario</b>			
2.1	Preliminares (colectores secundarios)	ML	1,929.66	<b>306,441.77</b>
2.2	Colector pluvial secundario de PVC sanitario de 8 pulgadas de diámetro	ML	40.77	<b>54,034.47</b>
2.3	Colector pluvial secundario de PVC sanitario de 12 pulgadas de diámetro	ML	1,590.60	<b>3,059,684.71</b>
2.4	Colector pluvial secundario de PVC sanitario de 16 pulgadas de diámetro	ML	298.29	<b>864,335.88</b>

COMPONENTE		MEDIDA	CANTIDAD	TOTAL (sin IVA)
2.5	Construcción de Boca de tormenta (captadores) de 1.0x1.2x3.0m (de muro de block y concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> ).	PZA	35.00	718,988.90
2.6	suministro e instalación de rejilla tipo tablero (de 0.75x3.0M de acero tipo IRVING)	PZA	35.00	392,182.35
2.7	Pozo de inspección prefabricado de 1.22M de diámetro (de entre 0 hasta 1.0 M de profundidad, con brocal y tapa, escalones de polipropileno con refuerzo de acero y cono).	PZA	6.00	73,928.34
2.8	Pozo de inspección prefabricado de 1.22M de diámetro (de entre 1.01 hasta 1.5 M de profundidad, con brocal y tapa, escalones de polipropileno con refuerzo de acero y cono).	PZA	5.00	103,085.20
2.9	Pozo de inspección prefabricado de 1.22M de diámetro (de entre 1.51 hasta 2.0 M de profundidad, con brocal y tapa, escalones de polipropileno con refuerzo de acero y cono).	PZA	5.00	115,550.75
2.10	Pozo de inspección prefabricado de 1.22M de diámetro (de entre 2.01 hasta 2.50 M de profundidad, con brocal y tapa, escalones de polipropileno con refuerzo de acero y cono).	PZA	5.00	125,788.60
2.11	Pozo de inspección prefabricado de 1.22M de diámetro (de entre 3.0 hasta 3.5 M de profundidad, con brocal y tapa, escalones de polipropileno con refuerzo de acero y cono).	PZA	1.00	31,975.70
2.12	Suministro e instalación de Brocal y tapa para pozo de visita cónico (de tipo GOZNE y bisagra, sello cónico perimetral).	PZA	22.00	55,716.56
3	<b>Reposición de pavimentos</b>			
3.1	Reposición de carpeta asfáltica de hasta 10 cm elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo (Colector principal y secundarios)	M2	12,820.79	4,704,534.43
3.2	Construcción de Banqueta de hasta 8 Cm de espesor (de concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> y malla electro soldada)	M2	5,285.70	1,233,048.69
3.3	Construcción de guarnición de sección trapezoidal de 30x15x35 Cm (base x corona x altura de concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> ).	ML	1,553.13	449,460.29
3.4	Construcción de rampa de 1.20M (de concreto F'C=150Kg/cm <sup>2</sup> )	M2	48.00	11,974.40
3.5	Suministro y colocación de módulo de alumbrado público (Luminaria LED 120W, 220V, 60HZ, tipo cabeza de cobra)	PZA	10.00	181,488.58
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 118,664,710.73</b>
			<b>IVA (16%)</b>	<b>18,986,353.72</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 137,651,064.45</b>

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



**Cuadro IV. 14** Calendario de ejecución físico financiero consolidado del proyecto, cuarta etapa (Incluye IVA).

Avance	1	2	3	4	5	6
Físico (%)	3.29%	7.12%	6.58%	6.03%	9.86%	14.52%
Financiero (\$)	52,307,404.49	21,204,927.69	19,427,082.76	13,456,208.30	13,717,766.05	11,135,715.88
Avance	7	8	9	10	11	12
Físico (%)	12.05%	11.51%	9.32%	8.77%	7.67%	3.28%
Financiero (\$)	1,820,569.93	1,818,159.11	1,040,546.12	782,145.40	660,730.95	279,807.77
<b>Total físico</b>					<b>100.00%</b>	
<b>Total financiero</b>					<b>\$ 137,651,064.45</b>	

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

## IV.6 Fuentes de financiamiento

**Cuadro IV. 15** Distribución de la inversión por fuente de financiamiento, por etapa (incluye IVA).

ETAPA	AÑO	FUENTE DE RECURSOS					TOTAL
		FEDERAL	ESTATAL	MUNICIPAL	FIDEICOMISO	OTROS	
1	2013	APASZU					37,961,254.54
2	2014	APASZU					43,103,808.82
3	2015	APASZU					9,225,488.21
<b>TOTAL</b>							<b>90,290,551.57</b>
<b>VA</b>							<b>49,539,404.42</b>

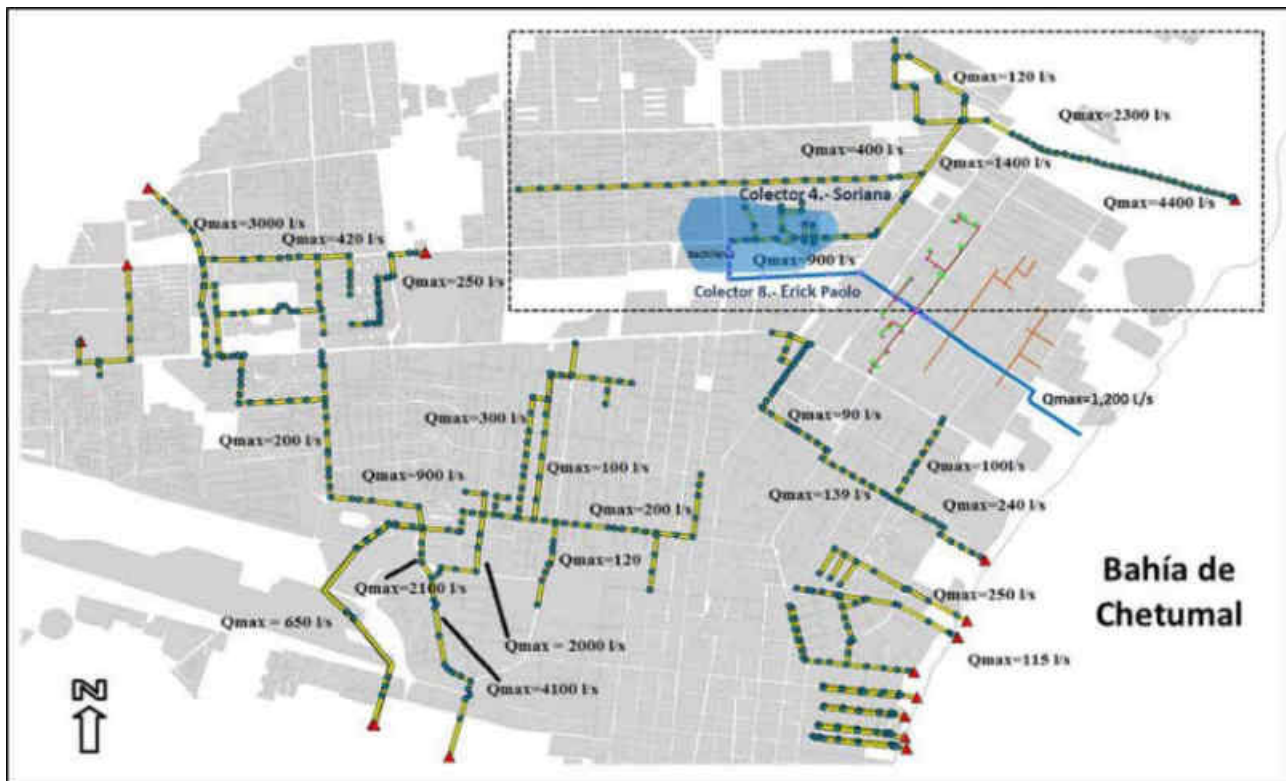
**Cuadro IV. 16** Distribución de la inversión del proyecto por fuente de financiamiento (incluye IVA).

FUENTE DE RECURSOS		PROCEDENCIA	MONTO	PORCENTAJE
1	Federales	FIFONMETRO	\$137,651,064.45	100%
2	Estatales			
3	Municipales			
4	Fideicomisos			
5	Otros			
<b>Total</b>			<b>\$137,651,064.45</b>	<b>100%</b>

## IV.7 Capacidad instalada

Una vez ejecutado el proyecto, en la ciudad se contará con 8 colectores principales, con una cobertura del 37% que cubrirá un área para 137 mil 558 habitantes, cuya característica principal es la de incrementar la capacidad de conducción del sistema en 1,200 l/s.

El nuevo colector recibirá también la aportación del colector 4.- Soriana (con capacidad máxima de 900 L/s), incrementando con ello la zona de influencia del mismo, y así lograr una capacidad de desalojo total en la zona de 2,100 l/s.



**Figura IV. 9** Capacidad instalada del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Chetumal, con proyecto.

RESULTADOS EN METAS DE INFRAESTRUCTURA		
CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
Canal de desagüe pluvial de concreto de sección rectangular de 8m2	M2	6,212.52
Chimenea de inspección de 1.22 M de diámetro con profundidades de hasta 0.5M (5), 1.5M (1), 2.0M (1), 3.0M (1), 5.0M (1), 5.5M (2), 6.0M (1) y 6.5M (2).	PZA	14.00
Colector pluvial secundario de PVC de 8, 12 y 16 pulgadas	ML	1,929.66
Boca de tormenta (captadores) de muro de block y rejilla.	PZA	35.00
Pozo de inspección de 1.2M de diámetro con profundidades de hasta 1.0M (6), 1.5M (5), 2.0M (5), 2.5M (5) y 3.5M (1).	PZA	22.00

### IV.7 Capacidad instalada

Reposición de carpeta asfáltica de hasta 10 cm	M2	12,820.79
Banqueta de concreto de hasta 8 Cm de espesor	M2	5,285.70
Guarnición de concreto de sección trapezoidal de 30x15x35 Cm	ML	1,553.13
módulo de alumbrado público (Luminaria LED 120W, 220V, 60HZ, tipo cabeza de cobra)	PZA	10.00

### 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

<b>Principales resultados</b>	<p>1. Estudio “Programa para el manejo del agua pluvial de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo” elaborado en el marco del convenio de colaboración CAPA – IMTA (CLAVE INTERNA IMTA: HC1235.3).</p> <p>El resultado fue: Construcción del modelo de simulación de la red de drenaje pluvial incluido sus drenes, cárcamos de bombeo y demás infraestructura que contribuya al desalojo de las aguas pluviales. Así como la modelación de la red de drenaje pluvial para diferentes periodos de retorno de lluvia (5, 10, 20, 50 y 100 años). Elaboración de mapas de riesgo generados a partir del modelo de simulación.</p> <p>2. “Estudio Geohidrológico en el Acuífero de Chetumal, Quintana Roo”, elaborado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, en 2015.</p> <p>En él se realizó un diagnostico general para conocer la problemática de las inundaciones y disminuir los riesgos en la ciudad de Chetumal, Othón P. Blanco, Quintana Roo, México como una parte integral del plan de desarrollo urbano de la ciudad con cooperación de la CONAGUA, Gobierno del Estado y Municipio. La elaboración de mapas de vulnerabilidad y de peligro por inundación bajo un criterio establecido, considerando a la población y la infraestructura a partir de un modelo de simulación.</p>
<b>Porcentaje de avance</b>	<p>1. 100%</p> <p>2. 100%</p>
<b>Fecha de conclusión</b>	<p>1. Mayo 2013</p> <p>2. Noviembre 2015</p>

Estudios legales	
<b>Principales resultados</b>	<p>Respecto a la vía pública esta 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.</p> <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. En el caso específico del proyecto objeto de la presente nota técnica, el municipio es el encargado de la administración del tramo de red vial sobre el cual se realizará el proyecto, siendo el documento que lo acredita la CPEUM.</p> <p><i>Se cuenta con la autorización de licencia de construcción para los trabajos del proyecto, documento adjunto.</i></p>
<b>Porcentaje de avance</b>	100%
<b>Fecha de conclusión</b>	Junio 2018

Estudios ambientales	
<b>Principales resultados</b>	<p>Se cuenta con la expedición del acta de exención de la presentación de los estudios en materia de impacto ambiental únicamente y exclusivamente para la realización del proyecto "Construcción del colector pluvial de la Av. Erick Paolo Martínez entre Constituyentes y boulevard bahía de la Ciudad de Chetumal". Numero de acta INIRAQROO/DG/DIA/152/2014, del 12 de junio 2014.</p> <p>(Se cuenta con el documento de Resolutivo emitido por el Instituto de Impacto y riesgo ambiental INIRAQROO/DG/DIA/152/2014- emitido el 12 de junio de 2014, en el que se da factibilidad al proyecto pluvial).</p>
<b>Porcentaje de avance</b>	100%
<b>Fecha de conclusión</b>	Junio 2014



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

Para el desalojo de las aguas pluviales, en la ciudad se dispone de un 35% en infraestructura de colectores pluviales y que cubren una área para 130 mil habitantes, consistente en un sistema de colectores pluviales compuesto de 7 sistemas de colectores principales (1.-Flamboyanes, 2.-Insurgentes, 3.-Faisán, 4.-Soriana, 5.-Cinco de Abril, 6.-Esteban B. Calderón y 7.-Centro) que trabajan mediante bocas de tormenta que interceptan el agua de lluvia que escurre por las calles, y que es conducido por medio de tuberías (colectores) hasta su descarga, que en el caso particular de la ciudad, la Bahía y cuerpos lagunares. Asimismo, se cuenta con aproximadamente 2,000 pozos de absorción fabricados, distribuidos en toda la zona urbana de la ciudad, utilizados para infiltrar el agua de lluvia con profundidades que van desde los 5 m hasta los 35 m.

La zona de proyecto, el cruce de las vialidades Av. Erick Paolo esquina con la Av. Constituyentes del 74, presenta niveles de terreno de 2.9 M por lo que actualmente es considerado como uno de los puntos críticos de inundación en la ciudad; Si bien en la zona se cuenta con infraestructura para el desalojo del agua pluvial, el colector 4.-Soriana que desemboca en la Bahía de Chetumal; este colector tiene una longitud aproximada de 3,581 metros lineales (ML), de los cuales 2,200 M lo conforman el Dren Soriana (con una capacidad máxima de conducción de 900 l/s) y 1,381 ML el canal Machuxac, este último a cielo abierto (con una capacidad máxima de conducción para 4,400 l/s).

### INFRAESTRUCTURA CON PROYECTO

Una vez ejecutado el proyecto, en la ciudad se contará con 8 sistemas de colectores principales, con una cobertura del 37% que cubrirá un área para 137 mil 558 habitantes, cuya característica principal es la de incrementar la capacidad de conducción del sistema en 1,200 l/s.

## IV.10 Análisis de la Oferta con Proyecto

El nuevo sistema colector contará con un recorrido total de 2,726.35 M tendrá inicio en el cruce de las vialidades Erick Paolo Martínez y Constituyentes del 74 y tendrá desembocadura en la Bahía de Chetumal, tendrá una capacidad máxima de 1,200 L/s y además recibirá la aportación del sistema colector existentes 4.- Soriana (con capacidad máxima de 900 L/s), para así incrementar la zona de influencia del mismo, y una capacidad de desalojo total de 2,100 l/s en la Cuenca 9 de la ciudad.

Asimismo, contará con un sistema de 3,514.74 M de colectores pluviales secundarios de PVC de 8, 12 y 16 pulgadas de diámetro, que permitan el desalojo de los caudales pluviales excedentes de las cuencas 18 y 12 de la ciudad.

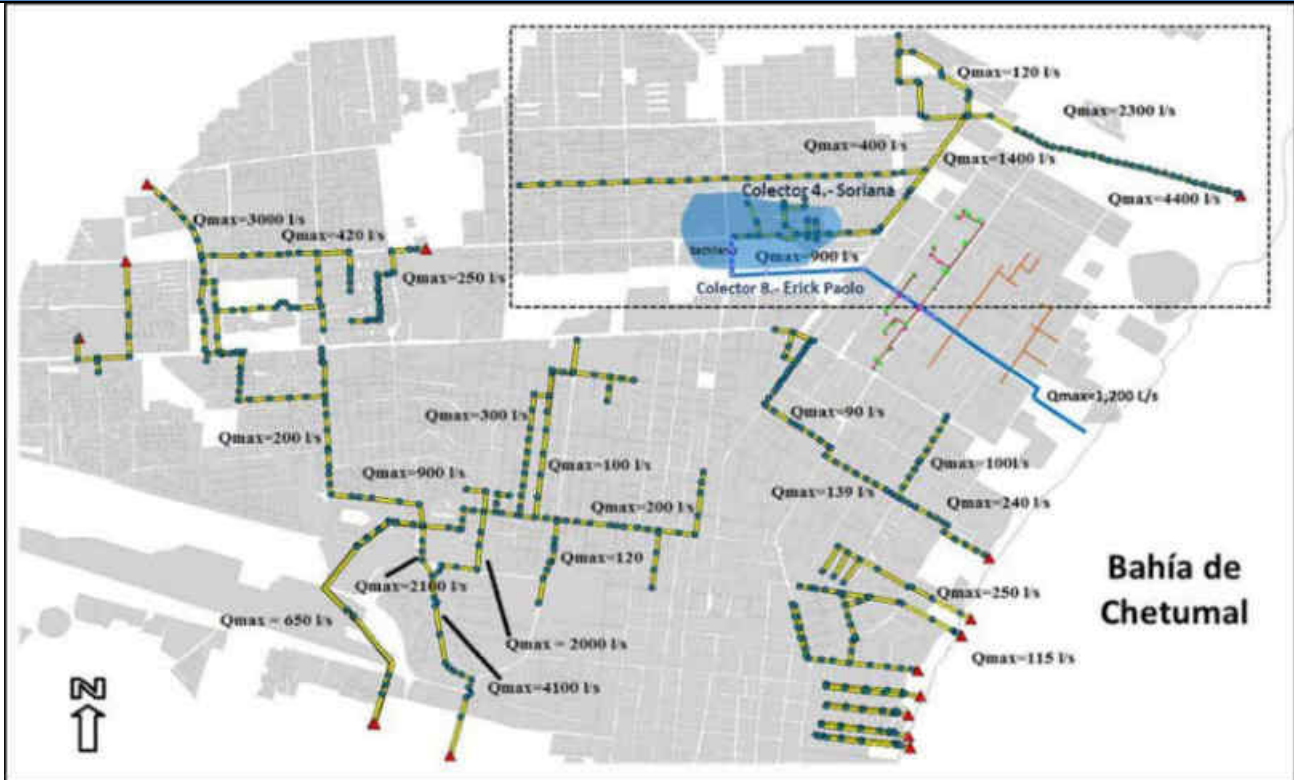
**Cuadro IV. 17** Vialidades, infraestructura sistema colector pluvial, con proyecto.

Componente	Material	Unidad de Medida	Cantidad	Vialidades
Colector pluvial principal	de sección rectangular de concreto de 8 M2 constituido.	ML	2726.35	Av. Constituyentes del 74, Vereda (calle sin nombre), Av. Ignacio M. Altamirano, Av. Universidad y Desembocadura a la Bahía de Chetumal.
Colector pluvial Secundario	PVC de 8, 12 y 18 pulgadas de diámetro	ML	3,514.74	Av. José M. Pino Suárez, C. Francisco Zarco, Ignacio Ramírez, Jesús Urueta, C. Francisco J. Mújica, C. Heriberto Jara, C. Guadalupe Victoria, C. Felipe C. Puerto, Ramón F. Iturbe, Librado E. Rivera, Clz. Del Centenario, Ignacio Comonfort e Ignacio Ramírez.

Fuente: Coordinación de Construcción de la CAPA.



## IV.10 Análisis de la Oferta con Proyecto



**Figura IV. 10** Capacidad instalada del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Chetumal, con proyecto.

La zona de influencia total del nuevo sistema colector comprenderá aproximadamente 482.35 Hectáreas correspondiente a las colonias de Privada del sol, Isabel Tenorio, Adolfo López Mateos, 5 de abril, Reforma, Zazil-Ha y Avancemos Juntos, en beneficio de 8,681 habitantes distribuidos en 2,418 viviendas, así como a los 212 comercios y del colegio de Bachilleres Plantel 2 (COBACH II).

### IV.10 Análisis de la Oferta con Proyecto



**Figura IV. 11** Zona de influencia del colector 8.- Erick Paolo (Proyecto) por colonias en la ciudad de Chetumal.

### IV.11 Análisis de la Demanda con Proyecto

La demanda en la zona en estudio, en cuanto al número total de lotes, aunque con la ejecución del proyecto, el porcentaje de afectación se verá reducido en su totalidad para tormentas de diseño menores a los 10 años y se minimizará para tormentas con periodo de diseño superiores

**Cuadro IV. 18** Distribución de Lotes afectados por las inundaciones, con proyecto.

Tipo de Lote	Total	% Afectados		
		Tr=5	Tr=10	Tr=20
Viviendas	2,418	0%	0%	35%
Comercios	212	0%	0%	25%

Fuente: Trabajo de campo.

A partir de lo anterior, a continuación se presenta la proyección de lotes por cada determinado periodo de ejecución, en la tabla se observa que con el proyecto, el sistema será capaz de mitigar los daños causados a los lotes, al 100% para casos de tormentas con periodos de retorno menores a los 10 años, y una reducción significativa de los daños causados por una tormenta de 20 años de periodo.



## IV.11 Análisis de la Demanda con Proyecto

**Cuadro IV. 19** Proyección de Lotes afectados por periodo de retorno.

periodo	Año	Viviendas Total	Total afectadas			Comercios Total	Total afectados		
			Tr=5	Tr=10	Tr=20		Tr=5	Tr=10	Tr=20
0	2020	2,418	0	0	2,297	212	0	0	180
1	2021	2,464	0	0	2,341	216	0	0	184
2	2022	2,511	0	0	2,385	220	0	0	187
3	2023	2,558	0	0	2,430	224	0	0	190
4	2024	2,606	0	0	2,476	228	0	0	194
5	2025	2,655	0	0	2,522	232	0	0	197
6	2026	2,705	0	0	2,570	236	0	0	201
7	2027	2,756	0	0	2,618	240	0	0	204
8	2028	2,808	0	0	2,668	245	0	0	208
9	2029	2,861	0	0	2,718	250	0	0	213
10	2030	2,915	0	0	2,769	255	0	0	217
11	2031	2,970	0	0	2,822	260	0	0	221
12	2032	3,026	0	0	2,875	265	0	0	225
13	2033	3,083	0	0	2,929	270	0	0	230
14	2034	3,141	0	0	2,984	275	0	0	234
15	2035	3,200	0	0	3,040	280	0	0	238
16	2036	3,260	0	0	3,097	285	0	0	242
17	2037	3,322	0	0	3,156	290	0	0	247
18	2038	3,385	0	0	3,216	295	0	0	251
19	2039	3,449	0	0	3,277	301	0	0	256
20	2040	3,514	0	0	3,338	307	0	0	261
21	2041	3,514	0	0	3,338	307	0	0	261
22	2042	3,514	0	0	3,338	307	0	0	261
23	2043	3,514	0	0	3,338	307	0	0	261
24	2044	3,514	0	0	3,338	307	0	0	261
25	2045	3,514	0	0	3,338	307	0	0	261
26	2046	3,514	0	0	3,338	307	0	0	261
27	2047	3,514	0	0	3,338	307	0	0	261
28	2048	3,514	0	0	3,338	307	0	0	261
29	2049	3,514	0	0	3,338	307	0	0	261
30	2050	3,514	0	0	3,338	307	0	0	261

Fuente: Elaboración propia.

En la zona, el cruzamiento de las vialidades Av. Erick Paolo y Constituyentes del 74, es el punto mas crítico de inundación, lo que afecta de manera significativa tanto a los automovilistas como a los trausentes que utilizan dichas vialidades para trasladarse de la zona "Norte" de la ciudad a la zona "Sur", en donde se encuentran las instituciones de gobierno de los tres niveles, así como escuelas y comercios.



### IV.11 Análisis de la Demanda con Proyecto

La afluencia vehicular en la zona, se determinó por medio de estudios de campo para conteos en las horas pico, cuyos resultados se muestran en el cuadro siguiente:

**Cuadro IV. 20** Conteo vehicular cruzamiento Av. Erick Paolo con Constituyentes del 74.

Vialidad	Punto	Dirección	Horario		Promedio veh/min	Total
			6:45 a 7:15	8:45 a 9:15		
Av. Constituyentes	1	Sur a Norte	342	300	11	642
Av. Erick Paolo	2	Este a Oeste	269	237	8	506
Av. Constituyentes	3	Norte a Sur	641	631	21	1,272
Av. Erick Paolo	4	Oeste a Este	351	180	8	531
<b>TOTAL</b>			<b>1,603</b>	<b>1,348</b>	<b>49</b>	<b>2,951</b>

Fuente: Trabajo de campo.

### IV.12 Interacción Oferta-Demanda con Proyecto

Con la construcción de la infraestructura propuesta, la capacidad de desalojo del sistema Soriana se incrementará en 1,200 l/s la capacidad de conducción, al pasar de 900 l/s a 2,100 l/s, por lo que se espera reducir los costos y molestias identificados con anterioridad, en el caso de tormentas con periodos de retorno de 10 años o menos, por lo que se considera que la población que vive y transita en la zona de influencia del proyecto, ya no incurrirán en los costos por:

- a) Costos por inundación en viviendas afectadas
- b) Costos por inundación en comercios afectados
- c) Costos por enfermedades atribuibles a las inundaciones
- d) Disminución de ingresos por ventas
- e) Costos por desalojo
- f) Costos por preparativos
- g) Costo por ausentismo
- h) Afectación de la recolección y tratamiento de las aguas residuales
- i) Gastos de emergencia y limpieza
- j) Aumento de Costos Generalizados de Viaje

En el Cuadro IV. 21 se puede apreciar, en forma resumida, la proyección de los costos anuales esperados para los Lotes (incluye: costos de Viviendas, Comercios, enfermedades, desalojo, preparativos y ausentismo), considerando las tormentas con periodos de retorno de 5, 10 y 20 años, determinado a partir de la relación costo-probabilidad de ocurrencia.

En el caso de los costos por lote, se tendrá una reducción del 100% de los costos en comparación con la situación sin proyecto, para tormentas con periodos de retorno menores a 10 años, mientras que, para tormentas con periodos de retorno mayores a los 10 años, en este caso de 20 años, la reducción sería significativa pero no total (se estima que los costos atribuibles a tormentas con periodos de

## IV.12 Interacción Oferta-Demanda con Proyecto

retorno de 20 años se reduzcan en aproximadamente 63%).

**Cuadro IV. 21** Proyección del costo total anual esperado por Lotes, por periodo de retorno, con proyecto.

Periodo	Año	Daños por Periodo de retorno			Daños por probabilidad de ocurrencia			Flujo Neto
		5 años	10 años	20 años	5 años (1/5)	10 años (1/10)	20 años (1/20)	
0	2020							
1	2021	0	0	22,069,326	0	0	1,103,466	1,103,466
2	2022	0	0	22,503,009	0	0	1,125,150	1,125,150
3	2023	0	0	22,912,593	0	0	1,145,630	1,145,630
4	2024	0	0	23,346,276	0	0	1,167,314	1,167,314
5	2025	0	0	23,779,960	0	0	1,188,998	1,188,998
6	2026	0	0	24,237,742	0	0	1,211,887	1,211,887
7	2027	0	0	24,695,525	0	0	1,234,776	1,234,776
8	2028	0	0	25,153,307	0	0	1,257,665	1,257,665
9	2029	0	0	25,635,083	0	0	1,281,754	1,281,754
10	2030	0	0	26,116,965	0	0	1,305,848	1,305,848
11	2031	0	0	26,622,947	0	0	1,331,147	1,331,147
12	2032	0	0	27,104,829	0	0	1,355,241	1,355,241
13	2033	0	0	27,634,803	0	0	1,381,740	1,381,740
14	2034	0	0	28,140,785	0	0	1,407,039	1,407,039
15	2035	0	0	28,670,866	0	0	1,433,543	1,433,543
16	2036	0	0	29,200,947	0	0	1,460,047	1,460,047
17	2037	0	0	29,779,120	0	0	1,488,956	1,488,956
18	2038	0	0	30,333,300	0	0	1,516,665	1,516,665
19	2039	0	0	30,887,481	0	0	1,544,374	1,544,374
20	2040	0	0	31,489,753	0	0	1,574,488	1,574,488
21	2041	0	0	31,489,753	0	0	1,574,488	1,574,488
22	2042	0	0	31,489,753	0	0	1,574,488	1,574,488
23	2043	0	0	31,489,753	0	0	1,574,488	1,574,488
24	2044	0	0	31,489,753	0	0	1,574,488	1,574,488
25	2045	0	0	31,489,753	0	0	1,574,488	1,574,488
26	2046	0	0	31,489,753	0	0	1,574,488	1,574,488
27	2047	0	0	31,489,753	0	0	1,574,488	1,574,488
28	2048	0	0	31,489,753	0	0	1,574,488	1,574,488
29	2049	0	0	31,489,753	0	0	1,574,488	1,574,488
30	2050	0	0	31,489,753	0	0	1,574,488	1,574,488
<b>Valor Actual</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>242,056,888</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12,102,844</b>	<b>12,102,844</b>

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente cuadro se aprecian los costos anuales esperados por concepto de Tránsito (Operación Vehicular y tiempo), considerando que, para tormentas con periodo de retorno menores a 10 años, los automovilistas y transeúntes no ven afectada su velocidad y tiempo en su movilidad, por lo que los



## IV.12 Interacción Oferta-Demanda con Proyecto

costos se reducen en aproximadamente un 3.25% (periodo de retorno de 5 años, lluvias de carácter ligero), 13.62% para un periodo de retorno de 10 años y en un 33.5% para un periodo de retorno de 20 años.

**Cuadro IV. 22** Proyección del costo total anual por Tránsito, por periodo de retorno, con proyecto.

Periodo	Año	Costos por Periodo de retorno			Flujo Neto
		5 años	10 años	20 años	
0	2020				
1	2021	208,938,978	208,938,978	225,162,408	643,040,363
2	2022	211,801,442	211,801,442	228,247,133	651,850,016
3	2023	214,703,122	214,703,122	231,374,118	660,780,361
4	2024	217,644,554	217,644,554	234,543,944	669,833,052
5	2025	220,626,285	220,626,285	237,757,196	679,009,765
6	2026	223,648,865	223,648,865	241,014,469	688,312,199
7	2027	226,712,854	226,712,854	244,316,368	697,742,076
8	2028	229,818,820	229,818,820	247,663,502	707,301,143
9	2029	232,967,338	232,967,338	251,056,492	716,991,168
10	2030	236,158,991	236,158,991	254,495,966	726,813,947
11	2031	239,394,369	239,394,369	257,982,560	736,771,298
12	2032	242,674,072	242,674,072	261,516,922	746,865,065
13	2033	245,998,707	245,998,707	265,099,703	757,097,117
14	2034	249,368,889	249,368,889	268,731,569	767,469,347
15	2035	252,785,243	252,785,243	272,413,192	777,983,677
16	2036	256,248,400	256,248,400	276,145,253	788,642,053
17	2037	259,759,004	259,759,004	279,928,442	799,446,450
18	2038	263,317,702	263,317,702	283,763,462	810,398,866
19	2039	266,925,154	266,925,154	287,651,022	821,501,330
20	2040	270,582,029	270,582,029	291,591,841	832,755,899
21	2041	274,289,003	274,289,003	295,586,649	844,164,654
22	2042	278,046,762	278,046,762	299,636,186	855,729,710
23	2043	281,856,003	281,856,003	303,741,202	867,453,207
24	2044	285,717,430	285,717,430	307,902,456	879,337,316
25	2045	289,631,759	289,631,759	312,120,720	891,384,237
26	2046	293,599,714	293,599,714	316,396,774	903,596,201
27	2047	297,622,030	297,622,030	320,731,409	915,975,469
28	2048	301,699,452	301,699,452	325,125,430	928,524,333
29	2049	305,832,734	305,832,734	329,579,648	941,245,117
30	2050	310,022,643	310,022,643	334,094,889	954,140,175
<b>Valor Actual</b>		<b>2,212,382,636</b>	<b>2,212,382,636</b>	<b>2,384,166,928</b>	<b>6,808,932,200</b>

Fuente: Elaboración propia.

## IV.12 Interacción Oferta-Demanda con Proyecto

**Cuadro IV. 23** Proyección de costos por daños en Tránsito, por periodo de retorno por su probabilidad de ocurrencia, con proyecto.

Periodo	Año	Daños por probabilidad de ocurrencia			Flujo Neto
		5 años (1/5)	10 años (1/10)	20 años (1/20)	
0	2020				
1	2021	41,787,796	20,893,898	11,258,120	73,939,814
2	2022	42,360,288	21,180,144	11,412,357	74,952,789
3	2023	42,940,624	21,470,312	11,568,706	75,979,642
4	2024	43,528,911	21,764,455	11,727,197	77,020,563
5	2025	44,125,257	22,062,628	11,887,860	78,075,745
6	2026	44,729,773	22,364,886	12,050,723	79,145,383
7	2027	45,342,571	22,671,285	12,215,818	80,229,675
8	2028	45,963,764	22,981,882	12,383,175	81,328,821
9	2029	46,593,468	23,296,734	12,552,825	82,443,026
10	2030	47,231,798	23,615,899	12,724,798	83,572,496
11	2031	47,878,874	23,939,437	12,899,128	84,717,439
12	2032	48,534,814	24,267,407	13,075,846	85,878,068
13	2033	49,199,741	24,599,871	13,254,985	87,054,597
14	2034	49,873,778	24,936,889	13,436,578	88,247,245
15	2035	50,557,049	25,278,524	13,620,660	89,456,232
16	2036	51,249,680	25,624,840	13,807,263	90,681,783
17	2037	51,951,801	25,975,900	13,996,422	91,924,123
18	2038	52,663,540	26,331,770	14,188,173	93,183,484
19	2039	53,385,031	26,692,515	14,382,551	94,460,097
20	2040	54,116,406	27,058,203	14,579,592	95,754,201
21	2041	54,857,801	27,428,900	14,779,332	97,066,033
22	2042	55,609,352	27,804,676	14,981,809	98,395,838
23	2043	56,371,201	28,185,600	15,187,060	99,743,861
24	2044	57,143,486	28,571,743	15,395,123	101,110,352
25	2045	57,926,352	28,963,176	15,606,036	102,495,564
26	2046	58,719,943	29,359,971	15,819,839	103,899,753
27	2047	59,524,406	29,762,203	16,036,570	105,323,179
28	2048	60,339,890	30,169,945	16,256,271	106,766,107
29	2049	61,166,547	30,583,273	16,478,982	108,228,803
30	2050	62,004,529	31,002,264	16,704,744	109,711,537
<b>Valor Actual</b>		<b>442,476,527</b>	<b>221,238,264</b>	<b>119,208,346</b>	<b>782,923,137</b>

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente cuadro se aprecian los costos anuales esperados por concepto de Otros costos por emergencias (aguas residuales, infraestructura), considerando que, para tormentas con periodo de retorno menores a 10 años, los costos se reducen al 100% (periodo de retorno de 5 años, lluvias de carácter ligero), 36.68% para un periodo de retorno de 10 años y en un 63.32% para un periodo de retorno de 20 años.

## IV.12 Interacción Oferta-Demanda con Proyecto

**Cuadro IV. 24** Proyección del costo total anual esperado por Otros costos (aguas residuales, emergencia, infraestructura), por periodo de retorno.

Perio do	Año	Periodo de retorno			Daños por probabilidad de ocurrencia			Flujo Neto
		5 años	10 años	20 años	5 años (1/5)	10 años (1/10)	20 años (1/20)	
0	2020							
1	2021	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
2	2022	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
3	2023	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
4	2024	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
5	2025	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
6	2026	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
7	2027	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
8	2028	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
9	2029	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
10	2030	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
11	2031	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
12	2032	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
13	2033	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
14	2034	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
15	2035	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
16	2036	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
17	2037	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
18	2038	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
19	2039	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
20	2040	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
21	2041	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
22	2042	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
23	2043	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
24	2044	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
25	2045	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
26	2046	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
27	2047	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
28	2048	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
29	2049	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
30	2050	0	164,402	6,580,595	0	16,440	329,030	345,470
<b>Valor Actual</b>		<b>0</b>	<b>1,549,803</b>	<b>62,034,707</b>	<b>0</b>	<b>154,980</b>	<b>3,101,735</b>	<b>3,256,716</b>

Fuente: Elaboración propia.



## **IV.12 Interacción Oferta-Demanda con Proyecto**

### **IMPACTO DEL PROYECTO EN LA ZONA METROPOLITANA**

Orientado a promover una planeación ordenada de la infraestructura para el desalojo de las aguas pluviales, de tal forma que permita el impulso de la sustentabilidad y consolidación urbana de la zona metropolitana, el objetivo principal del proyecto es ampliar la cobertura de drenaje pluvial en la ciudad de Chetumal, enfocándose a la cuenca 9 ubicada en la zona de influencia del sistema colector pluvial 4.-“Soriana”, con la finalidad de mitigar los efectos de las inundaciones que se presentan en dicha zona (daños materiales a viviendas y problemas de salud pública), mediante la ampliación de la capacidad de desalojo del sistema en 1,200 l/s, al pasar de 900 l/s de capacidad actual a 2,100 l/s una vez ejecutado el proyecto.



## V Evaluación del PPI

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

El principal costo atribuible al proyecto es la inversión inicial y costos anuales por mantenimiento de la infraestructura propuesta, que consisten principalmente en la limpieza y desazolve rutinarios de colectores y alcantarillas.

#### METODOLOGÍA

Se consideró un horizonte de evaluación de 31 años (1 año de construcción y 30 de vida útil). Los costos privados se corrigieron a fin de eliminar las distorsiones ocasionadas por impuestos y subsidios. Se consideró que los costos de operación y mantenimiento se mantienen a lo largo del horizonte de evaluación.

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.

#### SUPUESTOS

Los costos se definieron a partir del análisis de precios elaborado por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Gobierno del Estado de Quintana Roo.

Para que pueda entrar en funcionamiento el proyecto es necesaria la conexión de la infraestructura a instalar con la existente de tal forma que el agua pluvial acumulada en la zona crítica sea desalojada de manera correcta hacia el Boulevard Bahía de la Ciudad, por lo cual los beneficios se consideran hasta el año 1.

La ejecución del proyecto ha sido multianual, con tres etapas funcionales ya realizadas con recursos del programa APASZU de la CONAGUA (2013, 2014 y 2015), cuya infraestructura resultante se encuentra en operación, por lo que se identificaron los siguientes costos atribuibles al proyecto:

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

Costos directos			
Identificación	Cuantificación	Valoración a valor presente	Periodicidad
Inversión Etapas anteriores	Inversión actualizada	42,706,383.00	Años -7 al -1
Inversión inicial	Inversión	118,664,710.00	Año 0
Costos de Operación y Mantenimiento Etapas anteriores	Operación del sistema + Mantenimiento Preventivo y/o correctivo	447,789.00	Años -7 al -1



Costos directos			
Identificación	Cuantificación	Valoración a valor presente	Periodicidad
Costos de Operación y Mantenimiento	Operación del sistema + Mantenimiento Preventivo y/o correctivo	1,205,404.57	1 al 30

Fuente: Elaboración propia.

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

Periodo	Año	Costos			Valor Actual de los Costos (VACS)
		Inversión	Operación y mantenimiento	Total	
0	2020	-161,371,093.00	-553,941.00	-161,925,034.00	-161,925,034.00
1	2021	0	-107,214.00	-107,214.00	-97,467.27
2	2022	0	-108,286.00	-108,286.00	-89,492.56
3	2023	0	-109,369.00	-109,369.00	-82,170.55
4	2024	0	-110,463.00	-110,463.00	-75,447.72
5	2025	0	-111,568.00	-111,568.00	-69,274.95
6	2026	0	-112,684.00	-112,684.00	-63,607.18
7	2027	0	-113,811.00	-113,811.00	-58,403.04
8	2028	0	-114,949.00	-114,949.00	-53,624.56
9	2029	0	-116,098.00	-116,098.00	-49,236.89
10	2030	0	-117,259.00	-117,259.00	-45,208.42
11	2031	0	-118,432.00	-118,432.00	-41,509.69
12	2032	0	-119,616.00	-119,616.00	-38,113.34
13	2033	0	-120,812.00	-120,812.00	-34,994.93
14	2034	0	-122,020.00	-122,020.00	-32,131.68
15	2035	0	-123,240.00	-123,240.00	-29,502.68
16	2036	0	-124,472.00	-124,472.00	-27,088.73
17	2037	0	-125,717.00	-125,717.00	-24,872.44
18	2038	0	-126,974.00	-126,974.00	-22,837.39
19	2039	0	-128,244.00	-128,244.00	-20,968.92
20	2040	0	-129,526.00	-129,526.00	-19,253.21
21	2041	0	-130,821.00	-130,821.00	-17,677.92
22	2042	0	-132,129.00	-132,129.00	-16,231.52
23	2043	0	-133,450.00	-133,450.00	-14,903.45
24	2044	0	-134,785.00	-134,785.00	-13,684.13
25	2045	0	-136,133.00	-136,133.00	-12,564.53
26	2046	0	-137,494.00	-137,494.00	-11,536.50
27	2047	0	-138,869.00	-138,869.00	-10,592.61

Periodo	Año	Costos			Valor Actual de los Costos (VACS)
		Inversión	Operación y mantenimiento	Total	
28	2048	0	-140,258.00	-140,258.00	-9,725.96
29	2049	0	-141,661.00	-141,661.00	-8,930.23
30	2050	0	-143,078.00	-143,078.00	-8,199.59
<b>TOTAL</b>		<b>-161,371,093.00</b>	<b>-4,283,373.00</b>	<b>-165,654,466.00</b>	<b>-163,024,286.57</b>
<b>Valor Actual</b>		<b>-161,371,093.00</b>	<b>-1,653,193.57</b>	<b>-163,024,286.57</b>	

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
Molestias durante el proceso constructivo	Debido a la ubicación del terreno de proyecto, se generarán afectaciones por polvo y ruido a quienes habitan, trabajan o circulan por los alrededores.		Año 0
Costos generalizados de Viaje en las vialidades cerradas por la ejecución del proyecto (Boulevard Bahía, Av. Universidad, Av. Calzada Veracruz y demás calles por donde atraviese el Canal en estudio.)	Durante el proceso constructivo del canal se deberán cerrar las vialidades por donde pasara este, ocasionando mayores costos a los vehículos que transitan por esta vía.		Año 0

Fuente: Elaboración propia.



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

### METODOLOGÍA

Para la identificación y valoración de los beneficios del proyecto, se utiliza la metodología de “*Daño evitado esperado*”, el cual método permite determinar el valor esperado de cada uno de los costos evitados, mediante la construcción de una curva probabilidad de ocurrencia-costos, por lo que los beneficios sociales atribuibles al proyecto corresponden a los costos que se evitan con la puesta en marcha del proyecto, si bien el proyecto fue diseñado para dar protección a la zona de proyecto ante precipitaciones con periodo de retorno de 10 años o menos, esta no brinda la protección suficiente para precipitaciones con periodos de retorno superiores, por lo que es necesario ponderar el costo social de inundación de cada tormenta (en el proyecto  $Tr=5$ ,  $Tr=10$  y  $Tr=20$ ) por su probabilidad de ocurrencia, la suma de todos los costos evitados ponderados por periodo de retorno, representará el Beneficio Anual atribuible al Proyecto (ver Anexo *Beneficios* de la memoria de cálculo).

Los beneficios asociados al proyecto se clasifican en los siguientes:

- a) Menor daño en viviendas.  
Este beneficio se presenta en viviendas, comercios e industrias, y organismos públicos. El beneficio en viviendas corresponde a menores pérdidas o deterioros que sufren las personas que viven en el área afectada, tanto en edificios como en mobiliario y utensilios en su interior.
- b) Menor daño en comercios  
Estos beneficios corresponden a menor pérdida o deterioro de equipos, instalaciones, insumos y productos terminados o en proceso; o por evitarse una menor venta o producción.
- c) Menor costo por enfermedad  
A las inundaciones se asocia un incremento en diversas enfermedades de las personas cuyas viviendas fueron afectadas, lo que produce mayores costos en consultas y tratamientos, tanto a las personas como a los servicios médicos a los que éstas acuden, además de las molestias y sufrimiento de las familias afectadas. El proyecto permite un ahorro al reducir la incidencia de estas enfermedades.
- d) Menores molestias a las personas por desalojo y preparativos  
Quienes viven en áreas afectadas por las inundaciones sufren molestias al modificar temporalmente sus actividades, por mojarse zapatos y ropa al cruzar las calles, por desalojar sus viviendas, entre otras. El proyecto reduce estas molestias, al prevenir o reducir las inundaciones.
- e) Menor ausentismo laboral  
La población puede tener problemas para desplazarse a sus lugares de trabajo, afectando las actividades desempeñadas, traducándose en una pérdida de producción. La ejecución del proyecto permite reducir los efectos de las inundaciones y, por lo tanto, produce un beneficio

## METODOLOGÍA

- asociado a este rubro.
- f) **Disminución de Costos Generalizados de Viaje (CGV)**  
La inundación produce un impacto negativo sobre el tránsito vehicular. Los usuarios de vías anegadas circulan a menor velocidad o modifican su ruta de viaje, incrementando el tráfico y reduciendo la velocidad en vías no inundadas. Esto representa mayores CGV, al incrementar el tiempo de viaje y el costo de operación de los vehículos. El proyecto, al reducir la inundación, permite un ahorro en estos conceptos.
- g) **Menores gastos de emergencia y limpieza**  
Las autoridades prestan ayuda a los afectados por las inundaciones, mediante la entrega de diversos artículos y la operación de albergues, realizando trabajos de emergencia para aliviar la situación, limpiando la basura y sedimentos arrastrados por las lluvias. El proyecto permite un ahorro en estos gastos al reducir el impacto de las inundaciones.
- h) **Disminución de afectación en infraestructura pública**  
Los beneficios en organismos públicos se refieren a menores daños materiales en edificios y equipamientos de instituciones públicas en el área afectada, al mismo tiempo que se reduce el tiempo de afectación de sus actividades normales, disminuyendo las molestias para los usuarios.

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

La ejecución del proyecto ha sido multianual, con tres etapas funcionales ya realizadas con recursos del programa APASZU de la CONAGUA (2013, 2014 y 2015), cuya infraestructura resultante se encuentra en operación, por lo que se identificaron los siguientes beneficios atribuibles al proyecto, estos se obtuvieron comparando las situaciones sin proyecto y con proyecto.

**Cuadro V. 5** Beneficios directos (no incluye IVA).

Identificación	Cuantificación	Valoración	Periodicidad
Beneficios anteriores Etapas	Valor presente de los beneficios generados de la ejecución de las etapas anteriores en la zona de influencia.	\$50,777,152.46	Anual (-7 al -1)
Menor daño en viviendas	La población incurre en costos por limpieza, reparación y sustitución de pertenencias dañadas, principalmente en muebles, electrodomésticos.	39,884,637.00	Anual
Menor daño en comercios	Los beneficios a los comercios localizados en la zona afectada son por evitar la disminución de ingresos (atribuibles a inundación), por ahorro en costos de reparación y sustitución de muebles y equipo de trabajo, así como por liberación de tiempo dedicado a preparativos.	2,430,476.00	Anual

Identificación	Cuantificación	Valoración	Periodicidad
Disminución de costos por enfermedades	En las viviendas afectadas se presentan enfermedades diversas (gripe, fiebre, infecciones), por las que se incurre en costos por pago de consultas y compra de medicamentos.	11,862,950.05	Anual
Evitar costos por desalojo	Se refiere a costos adicionales promedio en que actualmente incurren quienes evacúan sus viviendas a causa de las inundaciones.	599,114.55	Anual
Ventas de los comercios	Se considera que los comercios afectados no disminuyen sus ventas una vez ejecutado el proyecto.	10,749,978.90	Anual
Evitar costos por preparativos	Para cuantificar la liberación de tiempo se empleó el concepto de valor del tiempo de las personas, según el cual las horas que ya no se dedican a preparativos puede emplearse en alguna actividad productiva.	404,324.79	Anual
Menor ausentismo	Debido al riesgo la población esta no asiste a sus centros laborales, o en su defecto a reparar los daños que sufrieron sus viviendas.	2,192,442.00	Anual
Disminución de CGV	Las inundaciones impactan negativamente el tránsito vehicular. Quienes transitan por vías inundadas se verán afectados, ya sea por circular a una velocidad inferior a la deseada, o por modificar su ruta. En ambos casos se observa un incremento en los CGV: los que usan rutas alternativas aumentan su consumo de combustible y su tiempo de viaje, mientras que los que permanecen en las vías afectadas enfrentan un mayor tiempo de traslado al reducirse su velocidad de circulación	108,027,089.00	Anual
Menores gastos emergencia y limpieza	Este beneficio se refiere al ahorro por los costos en que actualmente incurre el gobierno estatal o municipal por labores mantenimiento y limpieza de las redes durante la temporada de lluvias	9,856,582.93	Anual
Disminución de afectación en infraestructura pública	La infraestructura vial sufre daños, lo que repercute en mayores costos de mantenimiento por bacheo y reposición de asfalto.	3,112,334.18	Anual

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro V. 6** Flujo anual de Beneficios del Proyecto (no incluye IVA).

Periodo	Año	Total beneficios	Valor actual de los beneficios (VABS)
0	2020	66,824,462.00	66,824,462.00
1	2021	16,280,898.00	14,800,816.36
2	2022	16,516,127.00	13,649,691.74
3	2023	16,754,327.00	12,587,773.85
4	2024	16,997,570.00	11,609,569.02
5	2025	17,242,854.00	10,706,455.72
6	2026	17,493,493.00	9,874,620.74
7	2027	17,745,967.00	9,106,487.03
8	2028	18,006,521.00	8,400,174.94
9	2029	18,272,200.00	7,749,196.50
10	2030	18,538,620.00	7,147,440.54
11	2031	18,810,788.00	6,593,066.44
12	2032	19,088,209.00	6,082,091.64
13	2033	19,367,893.00	5,610,188.71
14	2034	19,652,849.00	5,175,209.38
15	2035	19,941,051.00	4,773,729.07
16	2036	20,233,960.00	4,403,499.23
17	2037	20,533,388.00	4,062,421.35
18	2038	20,838,795.00	3,748,040.45
19	2039	21,149,660.00	3,458,138.41
20	2040	21,461,762.00	3,190,154.17
21	2041	21,627,341.00	2,922,514.94
22	2042	21,795,189.00	2,677,451.21
23	2043	21,965,337.00	2,453,048.37
24	2044	22,137,815.00	2,247,554.91
25	2045	22,312,657.00	2,059,368.95
26	2046	22,489,893.00	1,887,024.66
27	2047	22,669,558.00	1,729,181.39
28	2048	22,851,684.00	1,584,612.31
29	2049	23,036,306.00	1,452,195.11
30	2050	23,223,457.00	1,330,902.72
<b>TOTAL</b>		<b>665,860,631.00</b>	<b>239,897,081.86</b>
<b>Valor Actual</b>		<b>239,897,081.86</b>	

Fuente: Elaboración propia.



**Cuadro V. 7** Beneficios indirectos (no incluye IVA).

Beneficios indirectos			
Identificación	Cuantificación	Valoración	Periodicidad
No aplica			

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro V. 8** Externalidades positivas (no incluye IVA).

Externalidades positivas			
Identificación	Cuantificación	Valoración	Periodicidad
Beneficios por mejora en imagen urbana			
No se verán afectados los servicios públicos			

Fuente: Elaboración propia.



### V.3 Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Una vez cuantificados y valorados los costos y beneficios, se procedió a calcular la rentabilidad social del proyecto, considerando una tasa social del 10%, para lo cual se armó el flujo de efectivo del proyecto. A continuación se muestra el resumen de los indicadores de rentabilidad social del mismo

**Cuadro V. 9** Indicadores de rentabilidad del Proyecto (no incluye IVA).

Indicadores de Rentabilidad		
Indicador	Valor	Interpretación
Valor Presente Neto (VPN)	76.87 MDP	El VPN es mayor a 0 por lo que se considera al proyecto como <b>socialmente rentable</b> , ya que los beneficios superan a los costos.
Tasa interna de retorno (TIR)	18.28%	La TIR es mayor a la tasa social de descuento oficial, del 10%, por lo que su rentabilidad supera el costo de oportunidad
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	10.02%	La TRI supera a la tasa social de descuento oficial del 10%, al primer año de operación.

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro V. 10** Flujo anual neto del Proyecto (no incluye IVA).

Periodo	Año	VAINVS	VACS	VABS	VANS
		Valor actual de las Inversiones	Valor actual de los Costos	Valor actual de los Beneficios	
0	2020	-161,371,093.00	-553,941.00	66,824,462.00	-95,100,572.00
1	2021	0.00	-97,467.27	14,800,816.36	14,703,349.09
2	2022	0.00	-89,492.56	13,649,691.74	13,560,199.17
3	2023	0.00	-82,170.55	12,587,773.85	12,505,603.31
4	2024	0.00	-75,447.72	11,609,569.02	11,534,121.30
5	2025	0.00	-69,274.95	10,706,455.72	10,637,180.77
6	2026	0.00	-63,607.18	9,874,620.74	9,811,013.56
7	2027	0.00	-58,403.04	9,106,487.03	9,048,083.99
8	2028	0.00	-53,624.56	8,400,174.94	8,346,550.38
9	2029	0.00	-49,236.89	7,749,196.50	7,699,959.62
10	2030	0.00	-45,208.42	7,147,440.54	7,102,232.12
11	2031	0.00	-41,509.69	6,593,066.44	6,551,556.74
12	2032	0.00	-38,113.34	6,082,091.64	6,043,978.30
13	2033	0.00	-34,994.93	5,610,188.71	5,575,193.78
14	2034	0.00	-32,131.68	5,175,209.38	5,143,077.70



Periodo	Año	VAINVS	VACS	VABS	VANS
		Valor actual de las Inversiones	Valor actual de los Costos	Valor actual de los Beneficios	
15	2035	0.00	-29,502.68	4,773,729.07	4,744,226.39
16	2036	0.00	-27,088.73	4,403,499.23	4,376,410.49
17	2037	0.00	-24,872.44	4,062,421.35	4,037,548.91
18	2038	0.00	-22,837.39	3,748,040.45	3,725,203.06
19	2039	0.00	-20,968.92	3,458,138.41	3,437,169.49
20	2040	0.00	-19,253.21	3,190,154.17	3,170,900.95
21	2041	0.00	-17,677.92	2,922,514.94	2,904,837.02
22	2042	0.00	-16,231.52	2,677,451.21	2,661,219.70
23	2043	0.00	-14,903.45	2,453,048.37	2,438,144.92
24	2044	0.00	-13,684.13	2,247,554.91	2,233,870.78
25	2045	0.00	-12,564.53	2,059,368.95	2,046,804.42
26	2046	0.00	-11,536.50	1,887,024.66	1,875,488.16
27	2047	0.00	-10,592.61	1,729,181.39	1,718,588.79
28	2048	0.00	-9,725.96	1,584,612.31	1,574,886.35
29	2049	0.00	-8,930.23	1,452,195.11	1,443,264.88
30	2050	0.00	-8,199.59	1,330,902.72	1,322,703.13
<b>TOTAL</b>		<b>-161,371,093.00</b>	<b>-1,653,193.57</b>	<b>239,897,081.86</b>	<b>76,872,795.28</b>

Fuente: Elaboración propia.

## V.4 Análisis de sensibilidad

**Cuadro V. 11** Resumen del análisis de sensibilidad de las principales variables del Proyecto.

Variable	Variación respecto a su valor original	Impacto sobre el Indicador de Rentabilidad
Beneficios	- 40.65%	Con una <u>reducción</u> de los beneficios en un porcentaje superior a 40.65% el proyecto no sería rentable.
Inversión	+ 64.78%	Con un <u>incremento</u> de la inversión en un porcentaje superior al 64.78% el proyecto no sería rentable.
Costos	+ 6,377.34 %	Con un <u>incremento</u> de los costos en un porcentaje superior a 6,377.34 % el proyecto no sería rentable.

### Análisis de sensibilidad 1. Variable Beneficios

#### Análisis de sensibilidad 1. Variable Beneficios

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

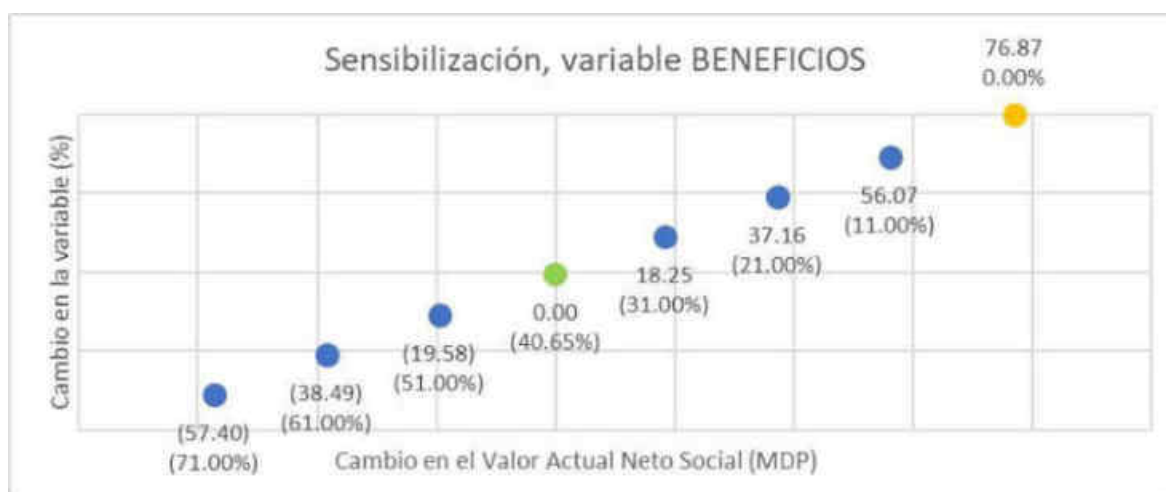
Los flujos para el total del horizonte de evaluación para los análisis de sensibilidad realizados pueden encontrarse en los anexos. Se realizó un análisis consistente en disminuir e incrementar dicho monto en los porcentajes que se presentan en la primera columna del siguiente cuadro.

Las cifras presentadas en la cuarta fila corresponden al escenario en que la reducción de los beneficios es tal que el VAN es igual a cero. Con una tasa de **40.65%**, por lo que puede concluirse que con una disminución de los beneficios en una cifra mayor a dicho porcentaje el proyecto no sería rentable.

**Cuadro V. 12** Análisis de sensibilidad de la variable BENEFICIOS.

Cambio	VABS	VAInv	VACtos	VANS	TIRS	TRI
<b>(11.00%)</b>	219.09	161.37	1.65	56.07	16.02%	8.91%
<b>(21.00%)</b>	200.18	161.37	1.65	37.16	13.99%	7.90%
<b>(31.00%)</b>	181.27	161.37	1.65	18.25	11.97%	6.90%
<b>(40.65%)</b>	163.02	161.37	1.65	0.00	10.00%	5.92%
<b>(51.00%)</b>	143.45	161.37	1.65	(19.58)	7.82%	4.88%
<b>(61.00%)</b>	124.53	161.37	1.65	(38.49)	5.58%	3.87%
<b>(71.00%)</b>	105.62	161.37	1.65	(57.40)	3.10%	2.86%

Fuente: Elaboración propia



**Figura V. 1** Análisis de sensibilidad de los Beneficios del Proyecto.



#### 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 **cuarta fila** corresponden al escenario en que el incremento de la inversión es tal que el VAN es igual a cero. Con una tasa de **64.78%**, por lo que puede concluirse que con un incremento de la inversión en una cifra mayor a dicho porcentaje el proyecto no sería rentable.

**Cuadro V. 13** Análisis de sensibilidad de la variable INVERSIÓN.

Cambio	VABS	VAInv	VACtos	VANS	TIRS	TRI
17.00%	239.90	181.54	1.65	56.70	15.15%	8.91%
33.00%	239.90	200.53	1.65	37.71	13.00%	8.07%
49.00%	239.90	219.52	1.65	18.73	11.33%	7.37%
64.78%	239.90	238.24	1.65	0.00	10.00%	6.79%
81.00%	239.90	257.49	1.65	(19.25)	8.86%	6.28%
97.00%	239.90	276.48	1.65	(38.23)	7.91%	5.85%
113.00%	239.90	295.46	1.65	(57.22)	7.09%	5.47%

Fuente: Elaboración propia



**Figura V. 2** 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 **cuarta fila** corresponden al escenario en que el incremento de los costos es tal que el VAN es igual a cero. Con una tasa de **6,377.34%**, por lo que puede concluirse que con un incremento de los costos en una cifra mayor a dicho porcentaje el proyecto no sería rentable.

**Cuadro V. 14** Análisis de sensibilidad de la variable COSTOS.

Cambio	VABS	VAInv	VACtos	VANS	TIRS	TRI
<b>1595.00%</b>	239.90	161.37	20.88	57.65	16.17%	8.96%
<b>3189.00%</b>	239.90	161.37	40.09	38.43	14.10%	7.90%
<b>4783.00%</b>	239.90	161.37	59.31	19.22	12.05%	6.84%
<b>6377.34%</b>	239.90	161.37	78.53	0.00	10.00%	5.79%
<b>7971.00%</b>	239.90	161.37	97.74	(19.21)	7.91%	4.73%
<b>9565.00%</b>	239.90	161.37	116.95	(38.42)	5.72%	3.67%
<b>11159.00%</b>	239.90	161.37	136.16	(57.64)	3.34%	2.61%

Fuente: Elaboración propia



**Figura V. 3** 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 volúmenes de precipitación realmente presentados, cambios en el crecimiento de la población, cambios en la urbanización y la sobrevaloración de los costos de emergencia por parte de las autoridades; así como por variaciones en los costos de mantenimiento a causa de un cambio en precios de insumos y actividades no consideradas.

**Cuadro V. 15** 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
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

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

**Cuadro V. 16** Análisis de riesgos asociados al proyecto, durante la operación.

Descripción	Factibilidad de ocurrencia	Análisis de posible impacto	Acciones para su mitigación
Azolve de alcantarillas	Alta	Se afectaría la atención prestada a los usuarios de la infraestructura	Programa de concientización a la población para no arrojar basura en las calles.

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

## VI Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones

A partir de la metodología establecida para evaluar a los proyectos de protección a centros de población contra inundaciones (PCP), se ha analizado la conveniencia social de llevar a cabo el proyecto “*Construcción del Drenaje Pluvial de Chetumal: con inicio en la intersección de la Av. Erick Paolo Martínez con la Av. Constituyentes y desembocadura en el Boulevard Bahía*”, y se obtuvieron los siguientes indicadores de rentabilidad social:

**Cuadro VI. 1** Indicadores de rentabilidad del Proyecto.

Indicador	Monto
Valor Actual de los Costos Sociales (VACS)	(163,024,286.57)
Valor Actual de los Beneficios Sociales (VABS)	239,897,081.86
Valor Actual Neto Social (VANS)	\$ 76,872,795.29
TIRS	18.28%

Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos resultados, se concluye que el proyecto presenta un beneficio social de **76.87 millones de pesos**, una vez descontados los costos sociales inherentes a su ejecución y operación. La Tasa Interna de Retorno Social (TIR) calculada es de **18.28%**, superior a la tasa social de descuento promedio propuesta por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), del 10.0%, lo cual implica que la rentabilidad social esperada del proyecto es mayor al costo de oportunidad.

Este resultado es producto del cálculo de los costos inherentes a las inundaciones que se evitarán al tener la capacidad de recolección y conducción necesaria para precipitaciones pluviales de tormentas, con periodos de retorno de 10 años o menos. En este sentido, al evitar las inundaciones, se tienen beneficios por costos evitados en limpieza, daños a hogares, vialidades, infraestructura urbana; así como los relacionados a los impactos en salud por el inadecuado desalojo del agua pluvial.

La Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) calculada para el proyecto resulta superior a la tasa social de descuento promedio propuesta por la SHCP, del 10.0%, al primer año de operación (**10.02%**) del proyecto.

Del análisis de sensibilidad del monto de *inversión* del proyecto se concluye que, con un incremento menor al 64.78%, el proyecto aún sería rentable. Del análisis de sensibilidad de *los costos de operación y mantenimiento* del proyecto integral se concluye que, con un incremento menor al 6377.34%, el proyecto aún sería rentable. Del análisis de sensibilidad de los *beneficios* del proyecto integral se concluye que, con una reducción menor al 40.65%, el proyecto aún sería rentable.

#### Recomendaciones

Considerando los resultados obtenidos, y que el proyecto es factible desde un punto de vista técnico, legal y ambiental, ya que se cuenta con las factibilidades y la validación de la CONAGUA, se recomienda la ejecución de las acciones propuestas, ya que estas presentan indicadores de rentabilidad positivos (VPN), una rentabilidad social superior al costo de oportunidad (TIR) y un momento de inversión que corresponde con el momento óptimo de inversión (TRI).

La puesta en operación de las acciones del proyecto presentan resultados positivos para el cálculo de los indicadores de rentabilidad, además de que se logrará reducir los riesgos asociados a fenómenos de alta precipitación pluvial para tormentas con periodos de retorno de 10 años o menos, como son daños materiales a viviendas, comercios, infraestructura y equipamiento urbano, vehículos, así como problemas de salud pública y costos por la implementación de operativos de asistencia social, entre otros.



## 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 adjuntan las hojas de validación técnica de la 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 resolutive del aviso de no requerimiento de autorización en materia de impacto ambiental emitido por la SEMA.
Anexo E	Estudios de Mercado	No aplica
Anexo F	Estudios Específicos	Se adjunta el informe del estudio Geohidrológico en el acuífero de la ciudad de Chetumal, elaborado por el IMTA en 2015.
Anexo G	Memoria de cálculo con los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad del PPI	
Anexo H	Análisis de Sensibilidad	





## VIII Bibliografía

### Información general

*Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024*; Presidencia de la República, México, 2019

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019)

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

<http://www.quintanaroo.gob.mx/ped-2016-2022>

Plan Municipal del desarrollo del municipio de Othón P. Blanco del estado de Quintana Roo (2016-2018)

<http://www.opb.gob.mx/portal/wp-content/uploads/2016/07/Plan-Municipal-de-Desarrollo-2016-2018.pdf>

Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal-Calderitas-Subteniente López-Huay-Pix y Xul-Ha, Municipio de Othón P. Blanco del estado de Quintana Roo, publicado en el Periódico oficial el 27 de marzo de 2018.

<http://po.segob.qroo.gob.mx/sitio/Publicacion.php?Fecha=2018-03-27&Tipo=3&Numero=41>

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

[http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta\\_resultados/iter2010.aspx](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](http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx)


Guía general para la presentación de estudios de evaluación socioeconómica de programas y proyectos de inversión: Análisis Costo-Beneficio, Actualización 2015

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



## IX Responsables de la información

<b>Ramo:</b>	23
<b>Entidad:</b>	Quintana Roo
<b>Área Responsable:</b>	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: <a href="mailto:roquemarzuca@capa.gob.mx">roquemarzuca@capa.gob.mx</a>

Versión
4.0

Fecha
05 de diciembre de 2019