



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ECONOMIA

**"EVALUACION SOCIOECONOMICA DE PROYECTOS
DE INVERSION: SISTEMA HIDROSANITARIO
INTEGRAL EN CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE"**

**TESIS QUE SUSTENTA PARA OBTENER EL
GRADO DE LICENCIADO EN ECONOMIA**

LOURDES SOCORRO ZAMORA BARRIENTOS

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**EVALUACION SOCIOECONOMICA DE PROYECTOS DE INVERSION
SISTEMA INTEGRAL HIDROSANITARIO EN CIUDAD DEL CARMEN,
CAMPECHE**

INDICE

INTRODUCCION	1 - IV
PRIMERA PARTE	1-38
LA ECONOMIA DEL BIENESTAR Y LA FORMULACION DE PROYECTOS DE INVERSION	
CAPITULO I ECONOMIA DEL BIENESTAR	
A. CONCEPTO DE BIENESTAR SOCIAL	1
B. MEDICION DEL BIENESTAR: JUICIOS DE VALOR	7
C. ECONOMIAS Y DESECONOMIAS: EXTERNALIDADES	9
CAPITULO II PRODUCCION DE BENES Y SERVICIOS PUBLICOS	
A. FINANCIAMIENTO DE SERVICIOS URBANOS PUBLICOS	13
B. COSTOS Y PRECIOS DE BIENES PUBLICOS: TARIFAS	14
CAPITULO III EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSION DE BIENES PUBLICOS	
A. EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSION	18
B. EVALUACION PRIVADA VS. EVALUACION SOCIAL	23
C. EVALUACION SOCIOECONOMICA PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	32
SEGUNDA PARTE	39-197
EVALUACION SOCIAL DEL SISTEMA INTEGRAL HIDROSANITARIO EN CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE	
CAPITULO I ORIGEN DEL PROBLEMA Y OBJETIVO DEL ESTUDIO	
A. OBJETIVO DEL ESTUDIO	39
B. ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	43
C. SITUACION URBANA Y AMBIENTAL	50
D. CARACTERISTICAS HIDROLOGIAS Y EDAFOLOGICAS DE LA ISLA CARMEN	55

CAPITULO II ESTUDIO DE MERCADO Y MARCO JURIDICO	
A. ESTUDIO DE MERCADO	59
a) OFERTA DE AGUA POTABLE	61
b) CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE	61
B. MARCO JURIDICO	70
CAPITULO III ESTUDIO TECNICO	
A. CARACTERISTICAS TECNICAS DE UN EFICIENTE SISTEMA HIDROSANITARIO URBANO	76
a) SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	77
b) SISTEMA DE DESALOJO DE AGUA RESIDUAL	81
c) TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE AGUA RESIDUAL	87
d) ORGANISMO OPERADOR	89
B. CARACTERISTICAS TECNICAS PARA LA CONSTRUCCION DEL SISTEMA EN CIUDAD DEL CARMEN	
a) SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	91
1. PROYECTO: INCREMENTO EN EL GASTO SUMINISTRADO	98
2. PROYECTO: REPARACION DE FUGAS	101
3. NUEVO ACUEDUCTO CHICBUL II	108
a) SISTEMA DE DESALOJO DE AGUA RESIDUAL	
1. PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO	109
2. PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	111
CAPITULO IV METODOLOGIA PARA EL ANALISIS Y EVALUACION DEL SISTEMA HIDROSANITARIO URBANO	
A. FUNDAMENTO METODOLOGICO	120
B. CARACTERISTICAS TECNICAS PARA LA CONSTRUCCION DEL SISTEMA EN CIUDAD DEL CARMEN	
a) SITUACION BASE OPTIMIZADA	
1. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	121
b) SITUACION CON PROYECTO	129
1. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	130
2. SISTEMA DE SANEAMIENTO: RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO	136
CAPITULO V EVALUACION SOCIAL DEL SISTEMA HIDROSANITARIO URBANO	
A. SITUACION BASE OPTIMIZADA	
a) SITUACION ACTUAL	145
b) SITUACION OPTIMIZADA	
1. PROYECTO: REPARACION DE FUGAS	147
2. PROYECTO: INCREMENTO EN EL GASTO SUMINISTRADO	154
c) EVALUACION SOCIAL DE LA SITUACION BASE OPTIMIZADA	160

B. SITUACION CON PROYECTO: NUEVO ACUEDUCTO Y SANEAMIENTO

1. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

a) SITUACION ACTUAL

161

b) SITUACION CON PROYECTO: NUEVO ACUEDUCTO

163

2. SISTEMA DE SANEAMIENTO

a) SITUACION ACTUAL

177

b) SITUACION CON PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANATA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

179

CONCLUSIONES

198

ANEXO ESTADISTICO

205

GLOSARIO

226

ABREVIATURAS

237

BIBLIOGRAFIA

239

INTRODUCCION

INTRODUCCION

En el sentido económico, una inversión es considerada como una posibilidad de obtener utilidad, bajo la visión de que ésta será la recompensa de postergar el desembolso en consumo ahora, teniendo como meta que sea lo más ventajosa del mercado; la inversión es pues, una variable indispensable para el desarrollo económico de las entidades de una sociedad, o por lo menos debiera serlo.

La inversión que los agentes económicos experimentan por sobrevivir, tiene muchas variantes, dinero, tiempo, recursos físicos, y dependiendo de su condición, la sociedad los valora en diferentes formas, siendo la más apropiada la unidad monetaria. Es por ello que dependiendo del agente económico (gobierno, empresas ó familias) la valoración de la rentabilidad de una misma inversión, será diferente dependiendo de la utilidad que les genere; como sucede en la inversión para infraestructura de bienes públicos.

Las inversiones para construir infraestructura para localidades (bienes públicos) es tema para participación de muchas áreas, ya que dependiendo de la obra se requiere de especialistas técnicos para su diseño, pero en cuanto a la planeación, el punto de vista económico es indispensable para que se haga una eficiente erogación de recursos, para generar un beneficio real para quien va dirigido. Este es el caso que se aborda en esta tesis, al evaluar un proyecto hidrosanitario, ya que un servicio de abastecimiento de agua potable y de desalojo de agua residual representa sino el mas importante, sí un servicio básico para tener una calidad de vida aceptable, razón por la cual, su planeación debe ser detallada y organizada de tal manera que capte las demandas requeridas de la población y las condiciones técnicas mínimas para su construcción, para que así cumpla con el cometido para el cual fue diseñado: dar beneficio directo a la mayor cantidad de población.

Es por ello necesario contemplar que, cuando una población se establece, provoca la demanda de bienes y servicios para cubrir sus principales necesidades, por lo que es necesario planear el crecimiento urbano lo mas preciso posible. En México, durante las últimas décadas, el crecimiento de la población ha crecido a un ritmo demasiado acelerado, en especial en algunas zonas consideradas como polos de desarrollo, situación que ha propiciado que la demanda de bienes y servicios no pueda ser satisfecha en forma adecuada, sobre todo por la falta de recursos económicos de parte del sector público que es el que proporciona estos servicios.

Una limitación de los recursos naturales es que no son renovables, razón por la cual se debe cuidar, dándoles un uso racional ya que todavía existe quienes piensan que nunca se podrán acabar. El uso racional de estos va a permitir que estos sean

utilizados durante mas tiempo y por un número mayor de personas; preservando así el equilibrio ecológico y de esta forma el desarrollo económico no propiciará la destrucción de los recursos naturales. Los avances tecnológicos deben estar orientados a preservar el equilibrio ecológico para que al mismo tiempo se logre una sustentación (respaldo futuro) del desarrollo.

Ciudad del Carmen se transformó de ser una pequeña población cuya principal actividad era la pesca a ser al centro de operación de Petróleos Mexicanos ya que se localiza en la zona más importante de extracción de crudo en México que es la Sonda de Campeche situada exactamente frente a la isla en altamar.

Es así como el crecimiento más alto de población registrada en México de 1977 a 1990 fue exactamente en esta población, con la consecuente demanda de servicios, situación para la que no estaba preparada, sin embargo tuvo que enfrentar y proporcionar todos los servicios necesarios a una población con niveles de ingreso medio y alto en una buena proporción.

En la actualidad aún existen deficiencias en algunos servicios proporcionados, como es el caso concreto del sistema hidrosanitario, del cual el 98% de la población no cuenta con drenaje sanitario y cada día es mayor el déficit de agua potable, para el 95% de la población conectada al sistema de abastecimiento.

Este proyecto presenta un análisis amplio de la situación actual de abastecimiento de agua potable y drenaje de Ciudad del Carmen, además de toda la estructura necesaria para satisfacer estas demandas en la actualidad y a mediano plazo, situación de gran importancia por el solo hecho de brindarle beneficios a la comunidad, además de que en forma independiente esta localidad tiene una influencia socioeconómica nacional, ya que es un centro de operaciones de Petróleos Mexicanos (PEMEX), frente a la zona mas importante en cuanto a yacimientos petroleros del país que es la Sonda de Campeche; además de encontrarse como limite de la Laguna de Términos, considerada área natural protegida, de interés no solo nacional, también internacional por las condiciones ecológicas tan especiales que presenta a través de sus ecosistemas.

Esta fue en forma directa la causa de un crecimiento demasiado rápido de la población, y por consiguiente la demanda de casas habitación con todos los servicios necesarios para los trabajadores de PEMEX y sus familias y que contaban con un nivel de ingreso que les permitió asegurar tales servicios. Esto provocó una diferenciación en los servicios, unas pocas viviendas cuentan con el servicio completo de agua potable y alcantarillado sanitario, por supuesto que es la colonia residencial de PEMEX. Otra parte de la población tiene acceso a la red de agua potable y solo unos pocos no cuentan con este servicio. Dentro del grupo que cuenta con conexión al servicio de abastecimiento de agua potable, pero sin alcantarillado, existe una gama muy amplia de condiciones que van desde contar con la presión en la red y cantidad suficiente de agua potable hasta zonas donde la presión es tan baja que solo se recibe agua algunas horas durante la noche.

De estas condiciones en el sistema hidrosanitario en Ciudad del Carmen, han surgido muy diversas propuestas para resolver la problemática, como lo es la del Sistema Municipal de Agua Potable (SMAP) y una empresa consultora Grupo Empresarial México (GEMSA).

En esta tesis se hace un análisis completo de la situación actual de dicho sistema así como una propuesta para el mejoramiento de la red de agua potable y la construcción del alcantarillado sanitario; donde están incluidas desde las bases que dan el marco teórico así como la evaluación social de cada proyecto que compone el sistema.

La meta fundamental de la tesis, es la propuesta de una metodología basada en un análisis de la situación actual del sistema hidrosanitario de Ciudad del Carmen, para evaluar los proyectos de este servicio público desde el enfoque socioeconómico.

Al conocer las condiciones actuales se propone como principio mejorar el sistema actual de abastecimiento de agua potable, con lo que se lograría incrementar la oferta sin aumentar los niveles de extracción ni los montos de inversión. La segunda acción es la construcción del sistema de alcantarillado, el cual comprende prácticamente toda la isla, ya que solo las colonias Pemex I y Pemex II cuenta con este servicio y la tercera parte corresponde a la construcción de un nuevo acueducto paralelo al existente, de acuerdo a la demanda futura de agua potable. Una última aportación de este trabajo es la formulación de una evaluación social para los proyectos relacionados con un sistema de hidrosanitario para una localidad que cuenta con abastecimiento de agua potable y carece de sistema de desalajo de agua negra.

La tesis esta estructurada en dos partes, la primera consta de tres capítulos en los cuales se presenta el marco teórico donde esta sustentada la propuesta de este proyecto; en el primer capítulo de esta, se describe ampliamente la teoría de la *economía del bienestar*, continuando con la *política económica* de asignación de recursos del sector público, y la *valuación social de los bienes públicos*, para terminar con su forma de *producción y financiamiento*.

La segunda parte la componen cinco capítulos, donde se concreta la formulación, análisis y evaluación social del sistema hidrosanitario integral de Ciudad del Carmen, Campeche. En el capítulo I se plantea la situación urbana y ambiental de la Isla Carmen, así como la problemática de la ciudad a causa de un deficiente sistema hidrosanitario y las características fisiográficas del área de proyecto; también se encuentra el planteamiento del objetivo que persigue esta tesis.

El capítulo II contiene el estudio de mercado actual de agua potable y el marco jurídico en materia de agua, de índole ambiental, ecológico, de salud, de construcción y operación del sistema hidrosanitario. El estudio de mercado, contiene un análisis extenso sobre el crecimiento de la demanda en cuanto a población, apartado determinante para lograr la eficiencia de planeación del servicio de abastecimiento de agua potable, y por supuesto del sistema de desalajo.

En el capítulo III se presentan detalladamente los componentes técnicos necesarios de un sistema integral hidrosanitario, se analizan las condiciones actuales del sistema de abastecimiento de agua potable y por último las acciones y obras que concretarán el mejoramiento del sistema de abastecimiento y del sistema de saneamiento (alcantarillado sanitario y planta de tratamiento), que dan origen a los proyectos que se evalúan en siguientes apartados.

El capítulo IV es el apartado que concentra el desarrollo de la metodología de análisis de los proyectos del sistema hidrosanitario. El análisis consiste en una sistematización de información sobre las necesidades de la población comparadas con las condiciones técnicamente factibles para cubrir las, las opciones manifiestas del diagnóstico dan origen al soporte sobre el cual descansa la evaluación social.

La relevancia de esta metodología deja claro que la evaluación no solo debe considerar la viabilidad técnico-económica de un proyecto, sino considerar un proyecto pensando en los beneficios sociales que genera, ya que la concreción de este se manifiesta directamente en la calidad de vida familiar, y trascienden a nivel ecológico y hasta político.

En el capítulo V y último se aplican los criterios de evaluación del capítulo precedente, valuando bajo el criterio de excedente del consumidor los efectos de los proyectos necesarios en el mejoramiento del sistema hidrosanitario de Ciudad del Carmen, la evaluación consta en primer término la valuación de los beneficios sociales y costos que cada proyecto implica, para lo cual se analizan separadamente los componentes del sistema hidrosanitario, por un lado el sistema de abastecimiento y por otro el sistema de saneamiento que consta a su vez del alcantarillado sanitario y de una planta de tratamiento de agua residual del municipio; y dentro de cada componente se analizan los proyectos que pueden ser construidos en forma conjunta o separada. Es importante mencionar que el término agua residual refiere agua de origen doméstico, industrial y comercial, mientras que el término agua negra es de origen doméstico que incluye agua gris (jabonosa) y agua con excretas.

Para los proyectos de cada componente se han considerado las condiciones de la situación actual (sin proyecto), comparada con la situación futura en caso de concretar el proyecto (situación con proyecto o en su caso situación optimizada) a través de la valuación de los efectos tanto en costos como en beneficios sociales. La situación optimizada implica el mejoramiento de la situación actual de un componente del sistema antes de llevar a cabo inversiones mayores para sustituirlo.

Por último se presentan las conclusiones obtenidas en esta tesis, así como las limitaciones encontradas para su desarrollo. Al final se presentan los anexos estadísticos para cada capítulo, las abreviaturas, un glosario de términos técnicos y la bibliografía utilizada por especialidad e institución pública.

PRIMERA PARTE

**LA ECONOMIA DEL BIENESTAR Y LA EVALUACION DE
PROYECTOS DE BIENES PUBLICOS**

CAPITULO I

ECONOMIA DEL BIENESTAR SOCIAL

EVALUACION SOCIOECONOMICA DE PROYECTOS DE INVERSION SISTEMA INTEGRAL HIDROSANITARIO EN CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE

PRIMERA PARTE

LA ECONOMIA DEL BIENESTAR Y LA EVALUACION DE PROYECTOS DE BIENES PUBLICOS

CAPITULO I ECONOMIA DEL BIENESTAR SOCIAL

A. CONCEPTO DE BIENESTAR

La Economía del Bienestar, se ocupa de las condiciones que determinan el bienestar económico total de la comunidad¹. Considerando a la suma de los bienestar individuales como el bienestar de la comunidad, y a los bienes económicos como los que satisfacen las necesidades del ser humano que son producidos por recursos que en muchos casos son escasos, pero siempre se trata de obtener el máximo de producción, y/o de beneficiar a la sociedad, esto no siempre sucede fuera de la teoría, este hecho es conocido como fracaso ó fallas del mercado, de las cuales se mencionan las más comunes:

- a) Los tipos de competencia en un mercado como monopolio y oligopolio.
- b) Las Externalidades, como son las actividades de algunos sectores económicos o de personas, que afectan directa o indirectamente el bienestar de otros.
- c) En la mayoría de los casos los bienes públicos son una falla del mercado, porque generalmente su producción no es rentable, y por ello la empresa operadora (pública o privada) no es autofinanciable. La razón es porque después de producir a un determinado nivel, el costo marginal de producir un bien más es igual a cero, y con ello se incrementa la probabilidad de que se produzca el efecto del viajero gratuito, ya que sería casi imposible o altamente costoso excluir a ese consumidor.

Ahora se señalan algunos conceptos de la Economía del Bienestar; en principio estudia las condiciones en las cuales la solución de un modelo de equilibrio general para una determinada economía, puede ser la óptima; esto requiere, entre otras situaciones,

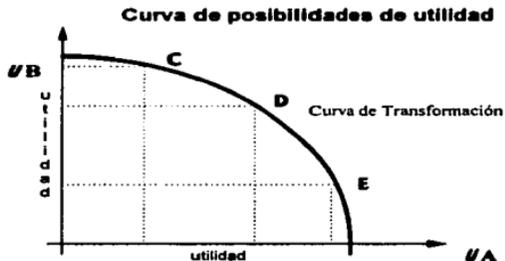
¹ LANGE, Oscar "Los fundamentos de la economía del bienestar" en Ensayos sobre Economía del Bienestar Tomo IX, colección El trimestre Económico, Ed. FCE México 1979 p.p. 39-54.

de una asignación óptima de los factores entre los bienes, y de una asignación óptima de dichos bienes, es decir la distribución del ingreso ó utilidad medida a través de unidades monetarias entre los usuarios.

El concepto relevante que se maneja es el de **equilibrio general**, que es la representación del comportamiento de los factores de producción, y de los consumidores como unidades individuales decisivas y de todos los mercados individuales (bienes) en forma simultánea, en un "Óptimo de Pareto".

Se dice que *"una asignación de factores de la producción es el Óptimo de Pareto si la producción no se puede reorganizar para aumentar la producción de una o más mercancías sin disminuir la producción de alguna otra; de igual forma puede decirse que una asignación de mercancías es el Óptimo de Pareto si la distribución no se puede reorganizar para aumentar la utilidad de uno o de más individuos, sin disminuir la utilidad de algún otro individuo"*. La representación de esta última condición se logra a través de suponer una economía de dos individuos (A y B) representada con la curva de contrato de consumo ó de posibilidades de utilidad, que es el lugar geométrico de la distribución óptima de Pareto de los bienes entre dichos individuos (gráfica nº1).

gráfica nº1



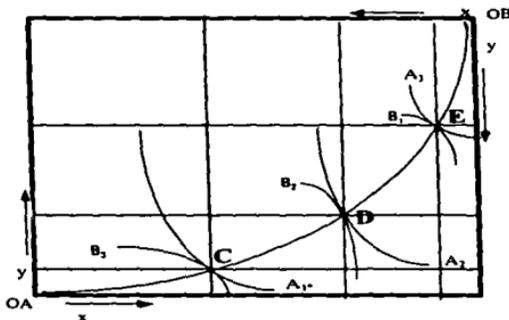
FUENTE: SALVATORE, Dominick. "Microeconomía" Cap. 14 p. 400

La curva de posibilidades de utilidad representa las combinaciones de utilidad que reciben dos individuos A y B, en un mercado que esta en equilibrio general de intercambio; este refiere el punto sobre la curva de contrato de consumo en el que la tasa marginal de sustitución de los bienes x , y (TMS_{xy}) para A y B es igual a la tasa marginal de transformación (TMT_{xy}) y representa el óptimo de Pareto en la producción y en el consumo sobre la curva de las posibilidades de utilidad. A continuación se explica el origen de dicha curva, a partir de sus dos componentes: el equilibrio general de intercambio en consumo y el equilibrio general de intercambio en producción (gráfica nº2).

El **equilibrio general de intercambio en consumo** es la representación de dos individuos A y B, en un mercado con dos bienes, el equilibrio general de intercambio se alcanza cuando la tasa marginal de sustitución (TMS) en el consumo de ese bien es igual para los dos individuos. Para lograr esta representación se definen las unidades útiles para cada individuo simultáneamente en un diagrama llamado caja de Edgeworth.

gráfica n°2

Equilibrio General de Intercambio en Consumo caja de Edgeworth



FUENTE: SALVATORE, Dominick. "Microeconomía" Cap. 14 p. 397

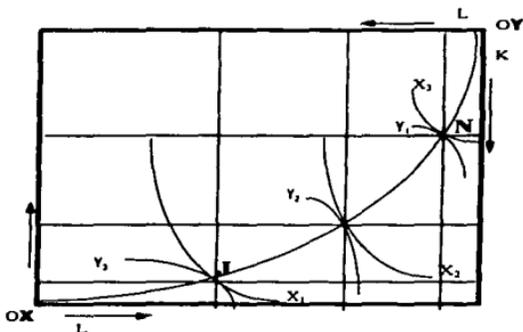
La caja de Edgeworth, refiere una economía sencilla de dos individuos, dos bienes y ninguna producción; los puntos sobre el diagrama representan una distribución particular entre las personas A y B de los bienes X y Y disponibles en la economía. Las curvas de indiferencia del individuo A son convexas respecto al origen y las del individuo B son cóncavas. El intercambio mutuamente ventajoso se da en el punto D en la gráfica n°2, cuando una de las curvas de indiferencia de A es tangente a una de las curvas de indiferencia de B. En este punto D, la TMS_{xy} para A es igual a la TMS_{xy} para B. Los puntos de tangencia C, D, E representan una curva denominada "curva de contrato de consumo", sin embargo todos los puntos de esta curva tienen la característica de ser ventajosos, dichos puntos se encuentran representados en la curva de gran utilidad (gráfica n°1).

El **equilibrio general de intercambio en producción** es similar a las bases del equilibrio general de transformación, representadas también en la caja de Edgeworth; en este caso X y Y, son dos mercancías, producidas a través de dos factores, L y K. El óptimo o equilibrio de la producción se alcanza cuando, la tasa marginal de sustitución

técnica entre los factores trabajo y capital ($TMST_{LK}$) en la producción del bien X es igual a la $TMST_{LK}$ en la producción de Y. La gráfica nº3 puede explicar este concepto, las curvas X_n , son las isocuantas para producir el bien X igual con las curvas Y_n . En los puntos J,M,N una isocuanta de X es tangente a una de Y, por lo tanto sus pendientes son iguales: $TMST_{ik} X = TMST_{ik} Y$, estos puntos al unirlos forman una curva que va del origen de X al origen de Y, llamada "curva de contrato de producción", donde se puede transferir cantidades de L y K disponibles para X y Y, y así aumentar su producción. Al encontrarse en la curva de contrato no puede tenerse ganancias adicionales netas en la producción y la economía esta en equilibrio general de producción.

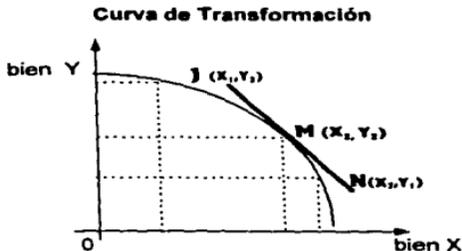
gráfica nº3

Equilibrio General de Intercambio en Producción
caja de Edgeworth



FUENTE: SALVATORE, Dominick. "Microeconomía" Cap. 14 p. 398

El siguiente paso es graficar la curva de transformación del producto, que muestra las diversas combinaciones de X y Y que pueden ser óptimas para esa economía al utilizar por completo todos sus factores fijos (L,K) con la mejor tecnología.

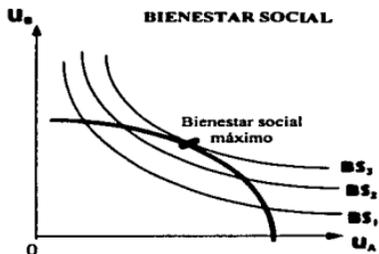


FUENTE: SALVATORE, Dominick. "Microeconomía" Cap. 14 p 399

Todo punto de la curva de transformación corresponde a un punto de equilibrio general de la producción. La pendiente de la curva de transformación en un punto determinado, como el M, representa la tasa marginal de transformación de X por Y (TMT_{xy}) para ese punto. Significa la cantidad en que se necesita reducir esta economía la producción de Y con el fin de liberar suficientes factores: trabajo y capital (L, K) para producir exactamente una unidad más de X.

El equilibrio general de la producción e intercambio, se logra cuando $TMT_{xy} = (TMS_{xy})_A = (TMS_{xy})_B$. Para determinar punto donde se logra el óptimo de Pareto, sobre la mencionada curva de posibilidades de gran utilidad (gráfica nº1) se precisa aceptar el concepto de la comparación interpersonal de la utilidad.

El punto de **máximo bienestar social**, será entonces, el punto donde la curva de posibilidades de la gran utilidad es tangente a una curva de bienestar social, para lo cual se necesita construir la función de bienestar social, que representará las diversas combinaciones de U_A Y U_B que le dan a la sociedad el mismo nivel de satisfacción o bienestar (gráfica nº5).



El primer paso es representar las curvas de bienestar social BS, en un mapa de indiferencia, para después sobreponer la curva de posibilidad de la gran utilidad (gráfica n°1). En el punto de tangencia de ambas se encuentra el punto de máximo bienestar social, que para este caso será el punto D de las gráficas 1 y 2.

FUENTE: SALVATORE, Dominick. "Microeconomía" Cap. 14 p 403

El Bien Social o Bien Público

Es aquel bien que proporciona beneficios no excluibles y no rivales para todas las personas en una determinada sociedad. Que no sean excluibles, significa que es técnicamente imposible o en extremo costoso excluir a cualquier persona de los beneficios del bien o servicio; no rivales, significa que, no existe disconformidad entre los consumidores, porque el disfrute del bien, por parte de una persona no reduce su disponibilidad para otros.

Siendo la principal característica de un bien social o bien público su indivisibilidad, la de un bien privado será ser individual o sea divisible, esta condición es la que no permite valorar en forma fácil lo que representa para cada individuo un bien público, tal característica también representa una limitación en cuanto a los programas de inversión en los servicios públicos; por lo tanto los juicios de valor que permitan tener mejores instrumentos de decisión serán los que se den a través de una valoración monetaria, en función de lo que cada usuario estaría dispuesto a pagar de acuerdo a sus necesidades de cualquier bien o servicio. La decisión de cuál debería ser la magnitud o cantidad de un bien o servicio público que se debe proporcionar ó que necesita una localidad, recae en su comunidad.

B. MEDICION DEL BIENESTAR: Juicios de Valor

Los juicios de valor, son las condiciones en que se valora la utilidad o satisfacción que proporciona un bien o servicio público o privado; para el caso de los servicios públicos este aspecto contendrá la base para conducir a la práctica la teoría de la evaluación de proyectos así como para programar su efectiva construcción y operación. En la sociedad actual, esta valoración surge de dos ideas:

- Los individuos consideran que obteniendo una mayor cantidad de bienes y servicios, necesariamente esto les implica tener bienestar.
- Un mayor bienestar surge de un incremento de la riqueza, sinónimo de incremento en oportunidades.

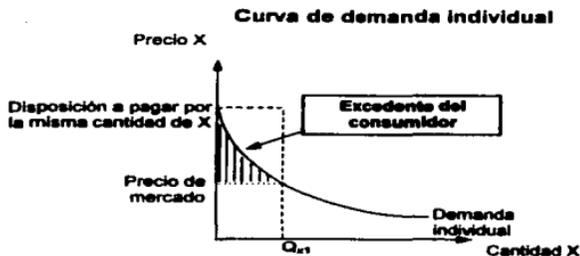
La Medición Cuantitativa de los Bienes Sociales

La medición cuantitativa de los bienes considerados como sociales, es muy compleja, ya que la satisfacción que proporcionan no se pueden medir en cantidad de volumen, tiempo o peso. Además estos bienes están conformados por un conjunto de bienes particulares que pueden tomar diferentes facetas y cada una de estas tiene varios enfoques.

Un enfoque consiste en tratar por separado a cada una de estas facetas, para medir su satisfacción, con ello se podría asignar medidas cuantitativas razonablemente congruentes entre su uso y su utilidad. Esta solución sería similar a la que se aplica para la medición de las cantidades de bienes privados a producir. Otro enfoque consiste en medir la cantidad de los bienes sociales simplemente en términos de su costo monetario. Esto está basado en el principio de que toda decisión de cambiar la cantidad de un bien social, se puede separarse en dos partes:

- En cuanto a las prioridades relativas de varios servicios particulares.
- En cuanto al incremento ó disminución global de la cantidad.

El gusto de cada uno de las personas y la utilidad que un bien les proporciona, se puede expresar por medio de una curva que indique la disposición a pagar para tener cantidades adicionales sucesivas de dicho bien, y se puede representar en un plano mediante una curva de demanda individual (gráfica nº6).



FUENTE: FONTAINE, Ernesto, "Evaluación Social de Proyectos" Ed Pontificia Universidad Católica de Chile, 10ª ed. Santiago de Chile, octubre 1994, p.160.

Este enfoque es el que da origen al concepto que determina un juicio para valorar la magnitud de los servicios y bienes públicos a producir, este es el excedente del consumidor.

El excedente del consumidor significa la diferencia entre la cantidad que se paga por un bien y la cantidad máxima que el consumidor estaría dispuesto a pagar ante la expectativa de prescindir del él. En la gráfica anterior esta representado como área sombreada. Esta es la cantidad en unidades monetarias o el valor de otros productos que el consumidor estaría dispuesto a sacrificar para comprar dicho producto, siendo entonces el valor del producto para el consumidor.

Ya que es casi infinita la cantidad de excedente del consumidor que se puede obtener de muchos productos es irrelevante centrarse en su determinación, pero para efectos de esta tesis, se requirió conocer su importancia y centrarse en sus cambios.

C. ECONOMIAS Y DESECONOMIAS EXTERNAS: Externalidades

Al hablar de las causas de la imposibilidad de lograr un mercado competitivo para conducir a la asignación eficiente de los recursos, necesariamente se debe abordar el estudio de las externalidades. Una externalidad es un efecto indirecto positivo o negativo sobre los rendimientos de la producción, que proviene de otro sector, empresa o industria; que crea distorsiones en cuanto a la distribución de beneficios y crea costos no imputables a la empresa o sector afectado, al caso de una externalidad negativa, se le llama fracaso ó falla del mercado.

En el estudio de la economía del bienestar, se maneja la relación de los rendimientos crecientes debido a economías internas y externas entre sectores o industrias. Tal relación directa es un factor determinante en cuanto a la asignación de recursos tanto privados como públicos, aún en el sistema económico de competencia perfecta, estos como consecuencia de los efectos de las leyes de los rendimientos a escala, que se refieren al análisis a largo plazo de la producción, y que en este caso serán aplicadas a la relación directa entre la inversión para proyectos públicos con respecto al sector social y la relación indirecta con sectores productivos relacionados.

La interdependencia de los sectores económicos fuera de un mercado o sector, que conocidos actualmente como economías externas y deseconomías externas³ o externalidades, es la responsables de las relaciones de afectación entre los costos y beneficios sociales con los privados.

Es por esto que para que el gasto público fuera eficiente, se necesitaría que la inversión en un sector (A) sólo lo beneficiara en forma exclusiva, es decir, que su producción fuera una actividad sin implicaciones negativas para otro sector (B) con el objeto de no crearle una deseconomía o economía de rendimientos decrecientes. En caso de que esto suceda, el sector A, debería absorber las implicaciones o daños a través de la erogación privada y evitando así un costo social; esta situación es la que Samuelson³ ofrece como solución a lo que llama *fracaso del mercado o interdependencia fuera del mercado*.

³ SAMUELSON, Paul A. "La Teoría Pura del Gasto Público" en Ensayos sobre Economía del Bienestar Tomo IX, colección El trimestre Económico, pp.227-233 Edit FCE México

Las externalidades pueden ser clasificadas en cuatro grupos de acuerdo a su origen:

Demanda	Oferta
1. Externalidad positiva en el consumo vacunas, educación, nutrición	3. Externalidad positiva de producción embalse, control de plagas, abastecimiento de agua potable.
2. Externalidad negativa en el consumo alcohol, congestión vehicular	4. Externalidad negativa de producción contaminación en cualquier término

Ya que en esta tesis se pretende abordar una nueva metodología para evaluar proyectos de inversión, con base a un estudio de la teoría del bienestar, a continuación se mencionan las características de las externalidades que pueden ser derivadas a razón de la ejecución de un proyecto. El proyecto (nuestro) puede generar un costo directo sobre la sociedad de dos diferentes modos:

1. Costo medido a través del daño causado

La medición del costo a través del daño causado se aplica sobre la productividad a través de cuatro modalidades:

- Disminución de la producción (bajos rendimientos) afectando los beneficios.
- Disminución o cambio en la calidad del producto afectando los beneficios.
- Aumento de los costos de producción afectando los costos.
- A través de definir los beneficios netos comparados entre la situación sin proyecto contra la situación con proyecto afectando los costos.

Para estimar la externalidad existen dos metodologías:

-**Método del Presupuesto.** Consiste en observar las cantidades de productos existían, calcular los precios promedios y costos promedios, y compararlos a lo largo del tiempo, así como la expresión a través del flujo de beneficios netos anuales traídos a valor presente.

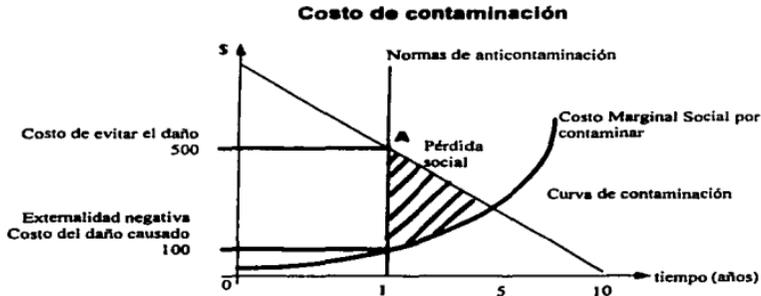
-**Método del Valor incremental.** Se aplica al valor del factor tierra, consiste en expresar su precio, a través de resumir los beneficios esperados al mejor uso posible. Luego entonces si hay mala calidad del suelo, con un historial de esos flujos anuales actualizados, se puede expresar la disminución de la productividad.

2. Costo medido a través de evitar el daño

El segundo caso es el costo de evitar el daño y se calcula a través del costo de comprar un equipo o tecnología que descontamine o que evite que contamine. El costo de descontaminar hace que se internalice en el proyecto, normalmente el costo causado es diferente del costo de evitarlo.

Los métodos anteriores aplican un criterio diferente en cuanto a la medición de su valor, esto es el método 1) costo medido a través del daño causado, representa el valor de inversión (*stock*) y el 2) costo medido a través de evitar el daño se expresa a través de un costo de operación (*flujo*) es por esto que debe uniformarse la expresión de valor para que puedan ser comparables; y encontrar la mejor alternativa, bajo el criterio de que no se puede aplicar a un costo un valor superior al menor costo de evitarlo. A continuación se presenta una gráfica que indica a grosso modo los costos marginales por contaminación y los costos por descontaminar, medido a partir de una restricción que son las normas oficiales de anticontaminación. En la gráfica se ejemplifica un costo marginal por contaminar de 100 unidades monetarias, obtenidas de la baja producción de un sector alternativo (externalidad negativa sobre la producción), y el costo de evitarlo es de 500.

gráfica n° 7



FUENTE: Elaboración propia, apuntes Diplomado de Evaluación Social 1995

La curva del costo marginal por contaminar implica un costo social, que crea un efecto negativo sobre otros sectores restándoles productividad (externalidad negativa). A medida que pasa el tiempo y por consiguiente la contaminación avanza, el costo marginal social se incrementa, hasta el punto que un recurso natural puede ser destruido. Ya que como se puede observar al rebasar los límites de las normas oficiales,

el costo marginal se eleva en altas proporciones y se corre el riesgo de crear una contaminación irreversible.

Si el efecto contaminante se encuentra no muy alejado de los límites de las normas oficiales, es decir que puede ser reversible, se deben evaluar los costos para su descontaminación través de dos los métodos descritos con anterioridad, y decidir por la opción más efectiva con el criterio de no aplicar a un costo en este caso, costo marginal por contaminar, un valor superior al menor costo de evitarlo.

El punto A representa el punto óptimo de contaminación, donde los costos marginales sociales por contaminación son iguales al costo marginal privado por descontaminar es decir, el costo marginal social debido a la contaminación no debe rebasar los costos privados que una empresa o entidad debe erogar para llegar a cumplir con las normas de anticontaminación; porque como es de suponerse este es el punto donde un recurso natural es posible rescatarlo, para que el daño al medio ambiente no sea irreversible.

PRIMERA PARTE
LA ECONOMIA DEL BIENESTAR Y LA EVALUACION DE
PROYECTOS DE BIENES PUBLICOS

CAPITULO II
PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS PUBLICOS

CAPITULO II PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS PUBLICOS

A. FINANCIAMIENTO DE SERVICIOS URBANOS PUBLICOS

Los servicios municipales se pueden financiar por diferentes formas; dentro de las cuales están:

- a) Los impuestos de cuota fija
- b) Los impuestos de específicos

El financiamiento, para ser eficiente, deberá conformarse a través de la determinación del *"excedente del consumidor"* en forma individual, esa aportación representaría la disposición a pagar de los consumidores, antes de prescindir del servicio. Si el costo de la construcción del servicio público resulta menor que la suma de los excedentes individuales de los consumidores, es entonces aceptada la construcción, esta es la forma teórica para conocer la factibilidad de los proyectos públicos.

En la práctica lo común es, que el Estado financie con recursos provenientes de la tributación general, mismos que deberán ser recuperados con el cobro de tarifas, las cuales al ser incorporadas nuevamente como ingresos del Gobierno, podrían ser recursos canalizados a una nueva inversión pública, esto representa otro beneficio social. La condición esencial, es que las tarifas deberán ser eficientes y adecuadas a cada tipo de servicio público, con sus propias características, para lograr una captación real y al mismo tiempo significativa.

Existen teóricamente cinco Métodos de Financiamiento de Servicios Públicos que son:

- a) Los fondos del Gobierno, que se logran a través de un incremento en la tributación nacional.
 - con un incremento al impuesto sobre el ingreso
 - con impuestos indirectos sobre el consumo
- b) Con incrementar el impuesto sobre la propiedad
- c) Mediante fondos del gobierno estatal o municipal
- d) A través del cobro de las tarifas donde el precio del servicio sea igual al costo medio; esta recaudación se logra mediante un cobro a los consumidores, donde el precio se conforma del costo medio, más el incremento de un impuesto fijo al consumo del servicio, mismo que es recaudado en forma directa por la empresa operadora.
- e) Con recaudación obtenida de tarifas por discriminación de precios; este cobro consiste en igualar el precio con el costo marginal e incrementar un impuesto al consumo a tasas diferentes para clases diferentes de consumidores.

De lo anterior se puede afirmar que el mejor impuesto, que se mencionó es el que funciona como una cuota variable y se encuentra en los incisos d) y e), donde el contribuyente no paga más que el excedente de consumidor de tal servicio público.

B. COSTOS Y PRECIOS DE BIENES PUBLICOS: Tarifas

La complicación más importante de la fijación de precios de los servicios públicos, surge del hecho de que los costos no dependen solamente del nivel de producción, sino también del número de consumidores, del momento en que es requerido y del lugar de entrega.

El criterio para determinar las tarifas es a través del costo, si este equivale al costo marginal, este monto tal vez pudiera cubrirle a la empresa el autofinanciamiento de inversiones para mejorar la eficiencia; pero si esto no se logra entonces se puede recurrir a utilizar un cargo fijo el cual permitiría ese autofinanciamiento.

En los servicios públicos que tienen una producción monopólica, existe el problema de que si las tarifas son fijadas a un nivel de costo marginal, no se logre un óptimo de eficiencia económica; ya que al no operar las fuerzas de competencia del mercado, la empresa tiende a ser ineficiente. Los principios de eficiencia económica son, la igualdad de precio por unidad adicional de agua para cada usuario con el cobro de acuerdo al costo en recursos para la economía o el Estado al proveer unidades adicionales de agua.

El precio de un servicio público es también un mecanismo de control de la cantidad demandada al existir una limitación de oferta. Además de que para incrementar la eficiencia no es suficiente con determinar un precio que incluye el costo marginal y un impuesto fijo, es necesario determinar los costos evitables que puedan repercutir en el precio.

Determinación de tarifas

Las tarifas, para un servicio que opera en forma monopólica, están constituidas por dos partes, una parte es, un costo fijo periódico (mensual y/o anual) por derecho al consumo, y la segunda parte sería el costo marginal por cada unidad consumida.

La determinación de la cuota fija es significativa para lograr un servicio eficiente, ya que de ella depende el éxito de la tarifa como sistema de autofinanciamiento del servicio. La constitución ideal del cargo fijo sería que cada consumidor pagase sólo su excedente de consumidor, que difiere de cada individuo; y que las instalaciones se construyeran si el monto total supera a su costo.

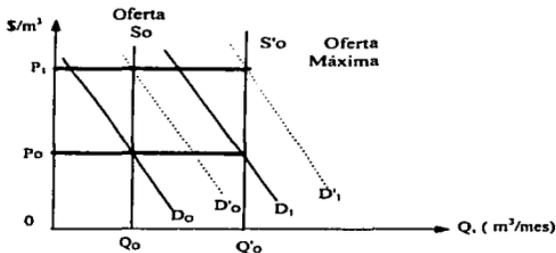
Sin embargo, la elaboración de este costo consiste, comúnmente, en basar el cobro, en el valor prorrateable de las instalaciones y con ello no se asegura que la inversión no se excederá del nivel ideal pero si que el exceso no llegará a superar el excedente de los consumidores.

Las ventajas son que este método preserva la autonomía financiera del servicio público y asegura que los beneficiarios paguen el costo de las instalaciones; así como darles la oportunidad de retirarse del servicio si el cargo fijo aumenta.

Las desventajas son que, este método sólo es aplicable a servicios donde, las instalaciones son fijas y permiten identificar a todos los usuarios; que una parte de los costos dependen del número de consumidores y no, de la cantidad producida; y por último que, cualquiera que sea la base utilizada para formular este impuesto, implica un cargo sobre alguna forma de gasto, y por lo tanto una desviación de los recursos. Un ejemplo es que el *impuesto sobre el ingreso* produce 4 efectos considerados como mala distribución de los recursos: a) del trabajo remunerado al no remunerado b) del trabajo al ocio c) de la inversión con riesgos a la segura d) del mejoramiento de la eficiencia a la evasión de impuestos.

gráfica n° 8

Determinación de Tarifas para agua potable con restricción de Oferta



FUENTE: Elaboración propia

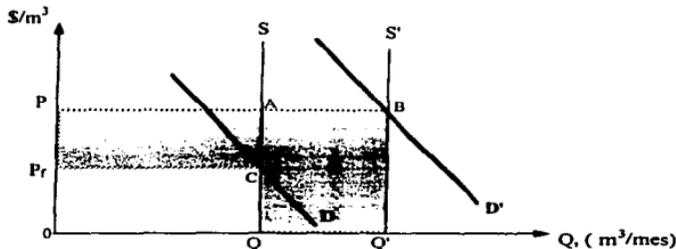
La gráfica anterior representa el comportamiento de una tarifa que se establece con base en un esquema de oferta y demanda, donde S_0 significa la oferta máxima de agua en una comunidad, D_0 y D_1 son dos clases de demanda la primera corresponde a la cantidad demandada al precio actual, donde Q_0 es menor a la capacidad total del sistema, con un incremento en la demanda a D'_0 no pasa nada ya que pueden ofrecerse cantidades adicionales con la capacidad existente. Y para restringir el consumo se puede establecer una tarifa mayor (P_1) para no ofertar a máxima capacidad.

En tanto en D_1 que es donde se demanda toda la capacidad al precio vigente, cuando se pasa de D_1 a D'_1 sólo se podrá satisfacer esta demanda si el precio sube lo suficiente para mantener la cantidad demandada a la cantidad existente, en caso contrario, se determinará el servicio mediante cortes en el suministro ó disminuyendo la presión, a mediano plazo después de una evaluación social del proyecto se podrá determinar el momento óptimo de inversión para ampliar el sistema. El precio P_0 .

corresponde al costo marginal de corto plazo, mientras que el precio P_1 es P_0 más cuota fija, para mantener la igualdad entre oferta y demanda.

gráfica n° 9

Determinación de Tarifas para agua potable sin restricción de Oferta



Donde Q = capacidad inicial del sistema m^3/seg , volumen conducido en horas pico
 Q' = capacidad del sistema incluido el incremento m^3/seg , volumen total consumido con el aumento de demanda

P = precio a cobrar por oferta adicional $m^3/agua$ potable ($\$/m^3$) incluye P_f

P_f = precio de ofertar Q igual al costo variable por m^3 facturado ($\$/m^3$)

FUENTE: Elaboración propia

Cuando la demanda de D aumenta a D' y existe la capacidad para aumentar la oferta de S a S' y el precio se incrementará a la tarifa P , dicho cobro incluye el costo de capacidad más el costo de operación o variable (P_f), por lo que se obtiene un ingreso adicional por el cobro del incremento en consumo de Q a Q' representado por $QABQ'$ dicho ingreso que será para la empresa operadora, es el exceso del precio sobre el costo variable de proveer el incremento de oferta y el cuadro $PACP_f$ representa el ingreso adicional por incremento en el precio de la cantidad que ya se consumía con Q .

Tarifas Locales

Las tarifas locales es un tipo similar de tarifas de dos partes (costo marginal y cargo o impuesto fijo) como las mencionadas anteriormente, con la diferencia que implica una pérdida de autonomía financiera por parte de la empresa de operación.

La tarifa equivale a un precio equivalente al costo marginal, mas un impuesto fijo para todos los tipos de consumidores.

La característica esencial es que el consumidor, pierde su derecho a retirarse del servicio, cuando el cargo fijo supere su excedente de consumidor, esta característica se convierte en un ventaja, cuando el retiro de un consumidor, implica costos inevitables para otras personas como en el caso de eliminación de desechos en los municipios, situación donde es imposible identificar a los consumidores.

Tarifas por Discriminación de Precios

El cobro que se hará a los consumidores, en este caso se aplicará a tasas diferentes según una clasificación previa de los consumidores. Este implica que el impuesto o cargo necesario para financiar la pérdida derivada de la igualdad del precio al costo marginal, se establece sobre clases diferentes de consumidores, pero a tasas diferentes.

Al lograr la discriminación, se puede entonces encontrar tasas diferenciales, que incrementen la producción y la inversión, a un nivel mayor al que se alcanza con un precio único, sin llegar a exceder el nivel ideal de inversión y producción.

Este método presenta la siguiente composición, el cobro es un precio igualado al costo marginal, combinado con un impuesto indirecto a tasas diferenciales sobre el consumo del servicio público.

PRIMERA PARTE

**LA ECONOMIA DEL BIENESTAR Y LA EVALUACION DE
PROYECTOS DE BIENES PUBLICOS**

CAPITULO III

**EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSION
DE BIENES PUBLICOS**

CAPITULO III EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSION EN BIENES PUBLICOS

Cualquier plan de acción que implica el uso de recursos de cuyo empleo se espera obtener resultados en el futuro, se considera un proyecto. Al cual se le debe medir su efectividad, a través de considerar la utilización de recursos productivos (costos) y una obtención de satisfacción o incremento en la calidad de vida en el futuro (beneficios). Es por esta razón que evaluar posibilidades de inversión requiere de una metodología.

La evaluación de proyectos es un mecanismo para la toma de decisiones, y ya que un proyecto se concibe como la fuente de costos y beneficios que ocurren en distintos períodos, la evaluación consiste en uniformar los montos, para verificar su viabilidad y decidir sobre la conveniencia de ejecutar o no el proyecto.

La evaluación de proyectos, es necesaria para hacer una óptima asignación de recursos, es indispensable cuando se presentan diversas opciones para la solución de un mismo problema, es imprescindible para un cumplir con un objetivo definido como lo es la producción de un bien o servicio, para colaborar al bienestar de la sociedad y es determinante cuando dicha sociedad subsiste con ineficientes servicios o carece de ellos.

A. EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSION

Una de las funciones más importantes en el área de las finanzas es el análisis de los proyectos de inversión, a fin de obtener la mejor alternativa de los recursos financieros de que dispone un país, empresa o inversionista determinado.

Existe una amplia gama de alternativas de inversión potencialmente atractivas, para las cuales los recursos susceptibles de invertir son escasos. De esta manera, esas oportunidades de inversión frente a esos recursos limitados imponen la necesidad de establecer criterios de evaluación, que sean útiles para seleccionar la mejor opción entre las alternativas que sean contempladas.

Puesto que el crecimiento de las empresas en general y del país en términos económicos depende del desarrollo constante de nuevos proyectos de inversión, una de las principales preocupaciones de toda administración debe ser la creación de estructuras y procedimientos bien integrados y adaptables a las necesidades propias para planear, desarrollar y administrar programas de identificación y evaluación de nuevos proyectos de inversión.

Es evidente que el punto de partida debe ser el de fomentar y obtener el flujo de ideas acerca de las posibles alternativas de inversión, para lo cual se requiere precisar el

objetivo de los planes de desarrollo o en su caso el objetivo de la empresa tanto a corto como largo plazo.

La sección de alternativas constituye una de las responsabilidades más importantes tanto para los inversionistas privados como para los ejecutivos encargados de destinar recursos para obras públicas.

A nivel de empresa, la importancia de los proyectos de inversión es tal, que el éxito de las operaciones normales se apoya principalmente en las utilidades que genere cada proyecto, es decir que los resultados financieros que presente una empresa dependen de su habilidad para escoger la alternativa óptima.

A nivel nacional, la productividad del país se ve influenciada por las decisiones que se toman en cada empresa, ya sea de carácter pública o privada. En la medida en que los análisis de alternativas se hacen más sofisticados, la distribución de los recursos escasos tiende a optimarse. Esto significa que en la competencia por obtener recursos cualquiera que sea su origen, se seleccionan aquellas alternativas que ofrezcan la rentabilidad más alta, siendo ésta de tipo social y privada.

Ya que el objetivo principal en una empresa varía desde el propósito para su creación de la misma, siendo esta, sólo para generación de utilidades del inversionista privado o, para el desarrollo y el bienestar de la sociedad, sin tener como único objetivo la generación de ganancias monetarias.

El objetivo común para la inversión privada es la optimización de las utilidades sobre la inversión, el problema que se encuentra con los proyectos de inversión es que, precisamente, vamos a destinar recursos ahora y la recuperación va a ocurrir después de un plazo largo. Es por ello que una buena evaluación de un proyecto no es más que la perspectiva de lo que va a ocurrir una vez hecha la inversión, es decir de sus efectos a través del tiempo, en sentido de beneficios y costos privados y sociales.

Debido a la importancia que tiene el hacer una buena estimación de los beneficios y costos del proyecto será necesario cerciorarse de que los datos fueron determinados en la mejor forma posible, es decir de fuentes confiables.

Métodos de Evaluación Financiera para Proyectos de Inversión

Los criterios que permiten seleccionar la alternativa óptima y rechazar las que no satisfacen los objetivos de rendimiento esperado por la empresa son generalmente:

- La inversión inicial requerida
- La vida operativa eficiente estimada del proyecto
- El valor de salvamento de las inversiones
- Los flujos de fondos estimados para cada período
- El rendimiento mínimo aceptable por la empresa o inversionista

Cabe señalar que por sí sola, la rentabilidad obtenida de una evaluación no es ni el único ni el mejor criterio para aceptar o rechazar una propuesta de inversión, ya que existen otros diferentes métodos matemáticos que permiten reducir la incertidumbre y el riesgo, que existe en la economía en su conjunto, a continuación se aborda con mayor detalle.

Clasificación de los Métodos de Evaluación

Existe una amplia gama de métodos para facilitar la toma de decisión para la ejecución de un proyecto, y se pueden definir en :

EVALUACION SIMPLE	EVALUACION COMPLEJA
<ul style="list-style-type: none"> Ignoran el Valor del dinero en el tiempo. La base de información deriva de estados financieros como: Balance General y el Estado de Resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> Consideran el Valor del dinero en el tiempo. La base de información deriva de los Flujos de Efectivo
Métodos 1. Tasa Promedio de Rentabilidad TPR 2. Rentabilidad sobre la Inversión Total RSI 3. Rentabilidad sobre el Activo Fijo RAF 4. Relación Ventas sobre Utilidad RVU 5. Período de Recuperación de la Inversión PRI	Métodos 1. Período de Recuperación de la Inversión a Valor Presente PRIV 2. Valor Actual Neto VAN 3. Tasa Interna de Rendimiento TIR

1. EVALUACION SIMPLE

a) Tasa Promedio de Rentabilidad TPR

Es un método basado en procedimientos contables y se puede definir como la relación que existe entre el promedio anual de utilidades netas a lo largo del horizonte del proyecto y la inversión promedio.

$$TPR = \text{UTILIDAD NETA PROMEDIO} / \text{INVERSION PROMEDIO}$$

b) **Rentabilidad sobre la Inversión Total RSI**

Es un método de eficiencia, que se expresa como el cociente en porcentaje de la utilidad neta de un ejercicio entre la inversión total (total de activos).

$$RSI = \text{UTILIDAD NETA DEL EJERCICIO} / \text{INVERSIÓN TOTAL}$$

c) **Rentabilidad sobre el Activo Fijo RAF**

$$RAF = \text{UTILIDAD NETA DEL EJERCICIO} / \text{ACTIVO FIJO}$$

d) **Relación Ventas sobre Utilidad en un período RVU**

$$RVU = \text{UTILIDAD NETA} / \text{VENTAS NETAS}$$

VENTAJAS	DESVENTAJAS
a) Fácil aplicación ya que utiliza información contable	a) No considera la modificación del valor del dinero en el tiempo.
b) El resultado obtenido se compara con la tasa de rentabilidad mínima esperada (tremas) definida para comparación.	b) No considera los Ingresos netos que produce la inversión sino la utilidad contable.
	c) Considera que los ingresos generados por el proyecto tienen el mismo peso o sea que resulta lo mismo que los ingresos mayores se generen el principio o final de la vida operativa.

e) **Período de Recuperación de la Inversión**

Es el tiempo necesario para que los beneficios netos del proyecto repongan el capital invertido, definiendo así en cuánto tiempo una inversión genera recursos suficientes para igualar el monto de dicha inversión.

$$PRI = N - 1 + [(FA)_{n-1} / (FN)_N]$$

Donde:

N = Año en que el flujo acumulado es de signo positivo

(FA)_{n-1} = Flujo de efectivo acumulado en el año previo a **N**

(FN)_N = Flujo neto de efectivo en el año **N**

La resultante es un período de tiempo.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Los resultados obtenidos son de interpretación fácil.	1. No considera la modificación del valor del dinero en el tiempo.
2. Indica un criterio adicional para seleccionar entre varias alternativas que presentan iguales perspectivas de rentabilidad y riesgo.	2. Cuando el tiempo de recuperación deseado es corto, se rechazan proyectos que podrían considerarse aceptables en otras condiciones.
	No considera la magnitud de los flujos de efectivo que ocurren después de la reposición.

2. EVALUACION COMPLEJA

Estos instrumentos para evaluación, permiten analizar y comparar los ingresos y egresos que tendrán lugar en diferentes periodos de tiempo, bajo una misma base de tiempo; esto indica la necesidad de actualizar o descontar por medio de un factor de actualización, todas las cantidades para determinar su valor en el periodo actual.

Ya que el dinero no tiene el mismo valor de compra a través del tiempo, por un fenómeno económico bien conocido llamado inflación, y por que la posibilidad que tiene ese dinero al ser invertido. Todos los mecanismos de la evaluación compleja implican necesariamente la valoración del dinero en el tiempo, a través del factor de actualización: $F.A. = 1/(1+i)^n$

a) Periodo de Recuperación de la Inversión a Valor Presente **PRIV**

Este método es análogo al Periodo de Recuperación de la Inversión, pero a diferencia de ésta se calcula a partir del flujo neto de efectivo actualizado a valor presente; esto se logra a partir de aplicar la fórmula financiera conocida como factor de actualización. La resultante es un periodo de tiempo.

$$\text{Factor de Actualización} \quad FA = 1/(1+i)^n$$

$$PRI = N-1 + [(FAP)_{n-1} / (FP)_N]$$

Donde:

- N = Año en que el flujo acumulado es de signo positivo
- (FAP)_{n-1} = Flujo de efectivo acumulado actualizado a valor presente en el año previo a N
- (FP)_N = Flujo neto de efectivo actualizado a valor presente en el año N

b) Valor Actual Neto **VAN**

La rentabilidad de una inversión se expresa cuando el valor actual del flujo de los beneficios netos es positivo, descontando estos flujos a la tasa de interés pertinente para el inversionista; esta es el criterio más importante de decisión para invertir en un proyecto.

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{(B_i - C_i)}{(1+r)^i}$$

- donde: I_0 representa la inversión en el año cero
- B representa los beneficios sociales durante i años
- C representa los costos durante i años
- r representa la tasa de descuento

c) Tasa interna de rendimiento TIR

Es el método de encontrar la tasa con la que se descuenten los flujos ó beneficios netos de efectivo, de tal manera que su valor sea igual a la inversión. Esta significa el rendimiento actual de la inversión, ya que contempla que el dinero a través del tiempo tiene un costo. Esta tasa debe ser comparada con el costo de capital de la empresa o con la tasa mínima esperada.

$$TIR = \sum_{i=1}^n \frac{(B_i - C_i)}{(1+r)^i} - I_0 = 0$$

Un método sencillo para su cálculo es, por medio de ensayo, ya que se puede utilizar para considerar las tasas variables del mercado; a través de la siguiente fórmula:

$$T.I.R. = r_1 + (r_2 - r_1) \frac{VPN_1}{|VPN_1, VPN_2|}$$

Será conveniente realizar la inversión cuando la tasa de interés resultante (donde los beneficios son igual acero) sea menor que la tasa de rentabilidad mínima esperada.

B. EVALUACION PRIVADA vs. EVALUACION SOCIAL

El análisis de la evaluación de proyectos según su enfoque, tienen la siguiente composición:

<i>EVALUACION PRIVADA</i>	<i>EVALUACION SOCIOECONOMICA</i>
Realiza una evaluación financiera	Realiza la identificación, cuantificación y valoración de beneficios netos (beneficios menos costos) para la sociedad.

Existen numerosos servicios que una comunidad requiere, considerados como básicos, por que cubren necesidades elementales de un ser humano; y es por tal necesidad que deben proveerse sin demora. Una evaluación de proyectos que optimase la asignación de recursos ayudando a que se cubran dichas necesidades, genera un mayor bienestar social.

La evaluación privada de proyectos solamente proporciona datos para que los recursos que generará el capital invertido sean los más altos en relación al mercado de valores, sin tomar en cuenta si la decisión afecta a otros o mejora las condiciones del país como sociedad.

La evaluación social, determina en cuánto se modifica la posibilidad de cantidad y calidad de bienes y servicios en el país como consecuencia de la ejecución de un proyecto, repercutiendo en el bienestar de su sociedad; ya que a través de su resultado se decidirá entre construir una autopista, un centro comercial, o la red de agua potable en una isla, o incrementar gastos para educación básica, etcétera.

Es importante mencionar que la evaluación social o socioeconómica de proyectos no sólo debe ser aplicada para bienes y servicios públicos, sino que debería ser aplicada rigurosamente en proyectos privados, es decir los que proponen la producción de bienes y servicios privados con recursos también privados.

Evaluación Privada

La evaluación privada de proyectos supone que el incremento de ganancia es el único interés del inversionista, y por lo tanto en este tipo de evaluación, se proyectan y comparan los flujos netos del proyecto actualizados con una tasa de interés generada del mercado de valores como costo capital, llamada tasa de rentabilidad mínima esperada. Esta tasa como costo de capital implica, un costo de oportunidad del capital a invertir, de tal manera que al concluir la evaluación y determinar su rentabilidad, ésta tasa representa el punto de comparación y decisión de conveniencia de ejecución del proyecto para el inversionista. La decisión de invertir consecuencia de dos criterios en primer lugar, que la tasa de rentabilidad resultado de los flujos del proyecto, sea mayor al costo de capital y por otro lado que los beneficios netos sean positivos.

Evaluación social o socioeconómica

La evaluación social de proyectos, se realiza comparando los flujos netos del proyecto -y costos- con la sociedad; es decir los efectos directos e indirectos sobre el bienestar de la sociedad. Este tipo de evaluación considera solamente el efecto que el proyecto tiene sobre el monto y la distribución del ingreso nacional a lo largo del tiempo. Ya que el bienestar social depende un mundo de variables para reconocerse como tal e incrementarse; como expresa Fontaine⁴ *"Es claro que el bienestar social de una comunidad dependerá de la cantidad de bienes y servicios disponibles (producto e ingreso nacional) de la cantidad relativa de bienes y servicios recibidos por cada uno de los miembros que la componen (distribución personal de ese ingreso nacional); de las libertades políticas, del respeto al derecho de propiedad, a las instituciones y al ejercicio de otros derechos humanos; de la movilidad social; del poderío militar de los países limítrofes; de las alianzas, avenencias y desavenencias con otros países, de la composición y monto de inversión extranjera y de otros factores que pudieran enumerarse"*.

El proceso de evaluar socioeconómicamente implica identificar, medir y valorar los costos y beneficios pertinentes de distintas y múltiples alternativas de proyectos para lograr un objetivo propuesto a un determinado tiempo. En cuanto a la evaluación de dichos beneficios netos que provoca el proyecto, se miden por el aumento que provocan en el ingreso nacional (comunidad) y los costos netos por el ingreso nacional alternativo o costo de oportunidad. Por lo tanto la rentabilidad de un proyecto se determina en la medida que el ingreso nacional generado sea mayor que en aquella alternativa.

En cuanto a los instrumentos matemáticos que se utilizan en este tipo de evaluación, se puede decir que son los mismos que en la evaluación privada con la diferencia que no tendrán el valor del mercado sino su valor social. Los instrumentos

⁴ FONTAINE, Ernesto "Evaluación Social de Proyectos" Ed Pontificia Universidad Católica de Chile, 10^o ed. Santiago de Chile, octubre 1994, Capítulo V p 272

son: valor actual neto (VAN), periodo de recuperación de la inversión (PRI) y tamaño óptimo de construcción, tasa interna de rendimiento (TIR), entre otros. Los componentes en que dichas evaluaciones difieren son los precios sociales o precios sombra y la tasa social de descuento.

La evaluación social utiliza los precios sociales y la tasa social de descuento por que en una economía existen múltiples distorsiones, que hacen que los recursos que se invierten en un proyecto evite generar bienestar a otras comunidades, tal es el caso de los subsidios, que representan desviación de recursos ya que la producción de una empresa que no es autofinanciable genera altos costos a la sociedad, como el costo de oportunidad de ese subsidio, otro caso es la empresa contaminante, y cuyos residuos deben ser descargados por una empresa estatal; ya que el costo de eliminación es absorbido con dinero de contribuyentes de la localidad.

Dicha contaminación crea dos costos para la sociedad, uno es el costo por eliminación como costo de oportunidad, y otro el costos de la externalidad negativa para los sectores productivos de la localidad, expresados en disminución de calidad o cantidad de producción, y costos por afectación a la salud, éstos últimos pueden ser privados para el caso que la familia no cuenta con seguro médico laboral (ISSSTE, IMSS, etc.) y social en caso de hacer uso de él.

Las fuentes de distorsiones que provocan las discrepancias entre los valores privados y sociales para los insumos y productos de los proyectos son tres:

1. Los mercados imperfectos: monopolio y monopsonio
2. Impuestos y subsidios discriminatorios implantados por el Gobierno
3. Las externalidades o efectos externos de la producción y el consumo

Precios sociales

En la evaluación social los beneficios y costos de un proyecto se calculan corrigiendo los precios de mercado mediante los precios sociales, de la producción y de los insumos; dentro de los primeros se encuentran como básicos el de mano de obra, capital y divisas. Es importante también que los precios se expresen en moneda nacional.

Tal corrección a los precios de mercado significa otorgarles el valor que tendrían en una economía en ausencia de distorsiones, es decir con pleno empleo y en el mercado interno, valorada a través de su costo de oportunidad.

Existen dos métodos para llegar a conocer un precio social, el primero consiste en eliminar las distorsiones manejadas como variables relevantes agregadas de la economía, resultando datos muy generales. El segundo método se calcula a partir de un precio privado de un bien determinado, corrigiendo la dualidad de su valor a través de su costo de oportunidad, este método proporciona datos para bienes y servicios específicos.

A continuación se exponen los ajustes que se le deben hacer a los precios de mercado de un proyecto de inversión, estos se presentan como adiciones y deducciones respecto al flujo de caja:

- a) **Ajustes por Impuestos y Subsidios**, con estos ajustes se obtiene el flujo económico neto (FEN) a precios de mercado, y la evaluación de TIR y VAN se interpretan como rendimiento del proyecto para la economía, para calcular el VAN se usa la tasa social de descuento.
- Se adicionan los impuestos sobre venta de productos y se restan los subsidios recibidos por el mismo concepto.
 - Se adicionan los impuestos y se restan los subsidios incorporados en el precio de los insumos o su incremento si aquellos resultan en un cambio para otras firmas. No se adicionan las cargas sociales puesto que al ser obligatorias serían pagadas por empleadores alternativos.
 - Se adicionan los impuestos sobre patrimonio (territorial, sobre activos)
 - Se adicionan los impuestos sobre utilidades.
- b) **Ajustes por Precios Sociales**, se adiciona con el signo respectivo la diferencia que hubiere entre el precio de los insumos, netos de impuestos y subsidios, y el costo marginal social de dichos insumos, y deben incluirse los insumos obtenidos gratuitamente por su costo de oportunidad.

Con estos ajustes se obtiene el flujo de beneficios sociales netos directos, valorizados a precios sociales; y los índices de rentabilidad TIR y VAN (con tasa social de descuento) son el rendimiento de los recursos nacionales en beneficio del país.

- Si el incremento en la demanda de algún insumo provoca un aumento considerable en su precio en la evaluación social puede tomarse un promedio del precio 'sin proyecto' y 'con proyecto', por lo tanto debe adicionarse una suma igual a la mitad del incremento del precio por la cantidad de ese insumo utilizado en el proyecto.
- Y por el contrario, si el incremento en la oferta del producto causa una considerable disminución en su precio, el valor de la producción puede aproximarse con un promedio igual que en el caso anterior, y se adiciona una suma igual a la mitad del decremento del precio por la cantidad producida.
- Se adiciona un porcentaje de los ingresos en divisas igual al porcentaje en que el precio social de la divisa exceda a la tasa de cambio utilizada en los cálculos financieros; se deduce el mismo porcentaje del importe de gastos de inversión, de operación y financieros realizados en divisas. Cuando hay financiamiento externo conviene especificar la inversión como erogación total de divisas, ingresos como desembolso de préstamos externos y egresos como servicio de deuda.
- Se adiciona la proporción de los gastos en mano de obra no calificada desde la inversión hasta la operación, que resulta de la ecuación:

$$1 - \left\{ \frac{SSP_n}{SPP_n} \right\}$$

donde:
 SSP = salario social y promedio
 SPP = salario pagado promedio
 n = mano de obra no calificada

Y se deduce la proporción de los gastos en mano de obra calificada resultante de la siguiente ecuación:

$$\left\{ \frac{SSP_c}{SPP_c} \right\} - 1$$

donde:

SSP = salario social y promedio

SPP = salario pagado promedio

c = mano de obra calificada

Antes de realizar este ajuste debe constatare que el mercado de mano de obra calificada específica para el proyecto es imperfecta, y por lo tanto no es adecuadamente valorada.

c) **Ajustes por Beneficios Indirectos**, se analiza la situación que tendrá el sector económico y social mas cercano al introducirse el proyecto, el análisis se hace para productores y usuarios de los insumos requeridos en el proyecto, así como de la producción bienes complementarios o sustitutos. Para el efecto en producción se determina si sus precios de venta difieren de su costo marginal social (se consideran como transferencia y no como costo a los impuestos y subsidios y por lo tanto forman parte de esa diferencia). Se adiciona con su signo el valor resultante de multiplicar la diferencia encontrada por la cantidad que variará la producción, debe tomarse en cuenta la diferencia por impuestos, como ya se mencionó para evitar doble cuenta. Es preferible hacer el cálculo por separado del proyecto ya que estos ajustes requieren de investigaciones adicionales.

d) **Ajustes por externalidades**, este ajuste se basa principalmente en efectos que pueden ser positivos o negativos, que un proyecto causa sobre el ambiente, ya sea en sentido estético ó biótico, sin embargo también pueden ser considerados los efectos sobre la calidad de vida de la población. Los efectos detectados pueden ser valorizados a precios de mercado y ajustarse con los métodos anteriores, siempre y cuando sea posible su cuantificación monetaria.

También deben ser considerados los aspectos jurídicos y normativos para cada proyecto y sus implicaciones políticas y culturales.

Tasa social de descuento

Es la tasa de interés que en una economía sin distorsiones, con pleno empleo y cerrada al mercado financiero internacional domina en el mercado de valores y representa al mismo tiempo el producto marginal del capital invertido en el país y la tasa marginal de preferencia en el tiempo de quienes ahorren, siendo entonces igual la tasa social de descuento a la de mercado.

En *bienes exportables*, el precio social correspondiente es el precio FOB⁵ multiplicado por el precio social de la divisa, sin tomar en cuenta los posibles impuestos o subsidios a la exportación.

⁵ Free on board (libre a bordo)

Cuando se trata de bienes importables, la norma es considerar como precio social de la producción, el precio CIF^a multiplicado por el precio social de la divisa; esto solo para casos en que el proyecto sustituye importaciones y/o producción interna, sin considerar impuestos o subsidios. Si además de sustituir importaciones y producciones internas, el consumo total aumenta como resultado del proyecto, entonces el mayor consumo deberá valorarse.

Costos socioeconómicos

Los costos son el resultado de proveerse y por lo tanto retirar del resto de la economía insumos netos de bienes y servicios. El valor de cada insumo equivale al beneficio máximo que se habría obtenido si se le hubiera dado el mejor de los otros usos posibles.

Si la oferta del insumo es fija, se evaluará el costo en el margen de la demanda, es decir, por la disposición de los consumidores a pagar por el insumo. Si el uso trae un aumento compensatorio en la oferta total, se mide el costo en el margen de la oferta, es decir, por el valor de los bienes y servicios necesarios para producir el insumo.

Cuando se retira cantidades pequeñas del insumo en relación con la oferta total, no se necesita preocuparse por márgenes de demanda u oferta; el costo es simplemente el precio del mercado multiplicado por la cantidad utilizada.

Sin embargo, las distorsiones de los mercados en relación con la producción o la adquisición del insumo hacen que este precio de mercado ya no refleje el beneficio máximo que se habría obtenido de otro uso, incluso para la adquisición de pequeñas cantidades.

A continuación se presentan las consideraciones para el cálculo de costo de tres categorías de insumos en cuanto a su valor de mercado y su valor social; estos son: tierra, mano de obra e insumos materiales.

Tierra

La tierra es un recurso de oferta fija. El costo de la tierra para la economía es el valor capitalizado de los beneficios si se le destina al mejor de los demás usos posibles.

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{\{Y_i - C_i\}}{(1+r)^n}$$

Donde V = valor de la tierra

Y_i = ingreso bruto en el i-ésimo período

C_i = costos de los insumos (incluida la ganancia "normal" en el i-ésimo período)

r = tasa de actualización del mercado por período

n = número de períodos considerados.

^a Cost, insurance and freight (costo, seguro y flete)

Suponiendo una corriente de ingresos perpetua constante y se redefine el ingreso expresado como deducción de los costos (Y^*) la ecuación que antecede se simplifica a : $V=Y^*/r^*$

Para que el valor económico y el valor de mercado sean iguales se debe suponer:

1. que los precios de mercado de la producción y los insumos de la tierra dan una indicación verdadera de su valor de escasez
2. que no hay impuesto sobre la propiedad
3. que la tasa a que los inversionistas actualizan sus ganancias futuras es igual que la tasa de actualización social
4. que la tierra se compra y se vende sin restricciones y no hay especulación.

Ejemplo, si existe un impuesto sobre la propiedad, el valor de mercado de la tierra subestimaré su valor económico. El impuesto es un costo para los propietarios, que éstos deducen de su ingreso bruto. Sin embargo, para la economía en su totalidad, el impuesto es simplemente una transferencia del sector privado al sector público y no afecta al valor económico capitalizado de la tierra.

De manera similar, el valor económico de la tierra excederé su valor de mercado, suponiendo, por supuesto, que se miden adecuadamente el ingreso y los costos. El valor de mercado de la tierra puede también sobrestimar su valor económico, como cuando se compran tierras con fines especulativos.

Los mercados de tierra imperfectos son suficientemente comunes para que raramente se pueda utilizar el precio de mercado como una buena aproximación de su valor económico. Un método más seguro es determinar la corriente de recursos generada por la propiedad para asignarle un valor económico apropiado. El beneficio anual neto de la tierra se capitaliza a la tasa de actualización social y se convierte en un costo para los proyectos.

Mano de obra

La oferta total de mano de obra es fija y la oferta de mano de obra calificada puede incrementarse a corto plazo mediante programas de capacitación para trabajadores no calificados.

Cuando el proyecto requiere una gran cantidad de mano de obra en relación con la oferta local, es probable que aumente los niveles de sueldos, y las actividades poco remuneradas no podrán competir para obtener la mano de obra de precio más elevado. El costo de la mano de obra sería el que estos empleadores estuvieran dispuestos a pagar por el insumo en lugar de prescindir de él.

Cuando la oferta de mano de obra calificada aumenta en respuesta a una escasez causada por el proyecto, el costo de la mano de obra es el valor de los insumos necesarios para capacitar más trabajadores, más los beneficios netos a que se renuncia al reducir la disponibilidad de mano de obra menos calificada en otros sitios.

En una situación competitiva, con pequeñas cantidades de mano de obra afectadas, el nivel de sueldos del mercado para la categoría de calificación desplazada en última instancia por el proyecto es una buena aproximación de los beneficios máximos sacrificados.

Cuando hay desempleo o subempleo considerable, los beneficios máximos a que se renuncia serán inferiores a los sueldos del mercado. En realidad, el costo de oportunidad de la mano de obra es cero cuando el proyecto emplea a trabajadores que de otra manera estarían desempleados y no hay costos de traslado.

Insumos materiales

El costo económico correcto de un insumo material depende de si su uso reduce las cantidades disponibles para otros compradores nacionales o hay un incremento compensatorio en su oferta. Si la oferta total (de origen nacional o extranjero) es fija, el precio correspondiente del insumo es lo que los compradores locales están dispuestos a pagar por él.

Si no hay racionamiento ni control del mercado por parte de los abastecedores o los compradores del insumo, la mejor medida de los beneficios máximos a que se renuncia es el precio interno del insumo.

Cuando no se satisfacen estas condiciones, el precio interno subestima el costo y deben utilizarse otros medios para identificar lo que los compradores están dispuestos a pagar por el insumo. Una forma sería calcular la ganancia neta (diferencial) obtenida por los principales compradores del insumo y utilizar esto como aproximación de su disposición a pagar.

Cuando hay un aumento en la oferta del insumo, el costo económico pertinente dependerá de su origen. Si la cantidad adicional del insumo se obtiene en el país, el costo correcto es el valor de otros recursos utilizados para producir la cantidad adicional del insumo. Si la cantidad adicional se importa y no hay restricciones en la cantidad, los beneficios máximos a que se renuncia equivalen al valor de los bienes y servicios que hubiera tenido a su disposición la economía si no se hubiera importado el insumo adicional.

La importancia de la metodología de evaluación, radica en analizar la magnitud de los efectos producidos por la sociedad por ejecutar o no un proyecto. Para el caso de los proyectos que proporcionarán un servicio público, la evaluación socioeconómica representa la forma más eficiente de optimar los recursos. La característica esencial de la metodología de evaluación social implica administrar recursos, evitando gastos innecesarios. El primer paso después de dar un buen diagnóstico, es evitar evaluar proyectos conjuntos, sin analizar la posibilidad de no hacerlos y pasar por alto la mejora de la calidad del servicio actual. Por lo que, para hacer eficiente en lo posible la calidad el servicio público actual (cualquiera que este sea), se requiere de acciones como :

- Incorporación de los proyectos que la comunidad o entidad a cargo del servicio ha decidido ejecutar y cuya ejecución esté programada y justificada.

- Ejecutar inversiones marginales menores que permitan un adecuado mantenimiento y operación del servicio existente.
- Aplicación de medidas administrativas factibles que mejoren el servicio.
- Aplicar medidas de racionamiento a través de tarifas eficientes.

El resultado de esa mejora de las condiciones del sistema actual, es la denominada "situación base optimizada" cuyo objetivo es "no sobrestimar los beneficios del proyecto que se pretende llevar a cabo". El paso siguiente es evaluar los efectos netos de la situación sin proyecto vs. la situación con proyecto.

Los principios básicos para evaluar un proyecto desde el punto de vista social son :

1. Realizar un buen diagnóstico.
2. Definir todas las alternativas del proyecto.
3. Definir la situación base optimizada (sin proyecto). Para no asignarle beneficios y costos no atribuibles al 'gran proyecto'.
4. Comparar la situación con proyecto vs. sin proyecto.
5. Identificar las acciones (subproyectos) independientes o separables de un mismo proyecto, estas implican inversiones marginales.
6. Utilizar como indicador económico el valor actual neto social y no la tasa interna de retorno social.
7. Considerar que en algunos proyectos, en mayor medida en inversión pública, interesa el momento óptimo de ejecución antes que, el valor actual neto sea mayor que cero.
8. No debe mirarse solo beneficios o solo costos, debe calcularse beneficio neto; evitar el criterio de costo de efectividad.
9. Los costos del proyecto deben valorarse a su costo de oportunidad o costo económico.
10. Considerar que el valor atribuible a un beneficio, no puede ser mayor que el menor costo de obtener el beneficio por medios alternativos.
11. Considerar que el valor atribuible a un costo no puede ser mayor que el menor costo de evitarlo.

C. EVALUACION SOCIOECONOMICA PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Un sistema urbano de abastecimiento de agua potable, tiene 3 componentes principales:

1. Obras de Toma, cuyo propósito es embalsar o extraer recursos de agua superficial o subterránea.
2. Instalaciones de transmisión y de tratamiento, que incluyen las instalaciones de bombeo, canales, túneles y tuberías de distribución.
3. Instalaciones locales de distribución, incluyen el bombeo y el almacenamiento local, tuberías, válvulas, bocas de agua, conexiones domiciliarias y los medidores.

Del total del capital invertido en este sistema corresponde aproximadamente a cada componente el 30%, el 20% y el 50% respectivamente.

Generalmente, si se dejan de lado la geografía local y las relaciones espaciales entre los usuarios y los recursos de agua de la comunidad, el factor más importante en el diseño de cada componente del sistema es el constituido por los hábitos del uso de agua. La magnitud de las obras de toma de agua, por ejemplo, depende de la demanda anual media de agua, en tanto que la demanda diaria máxima influye en el diseño de las instalaciones de transmisión y tratamiento.

Las necesidades locales de distribución y el almacenamiento son función de la demanda horaria máxima de agua, o la demanda diaria media más el caudal para incendios.

Al planificar los sistemas de abastecimiento de agua potable, se piensa en las necesidades o requerimientos de agua de las comunidades en términos de tantos litros per cápita por día (dotación) y se justifica un incremento en la capacidad del sistema mediante la diferencia entre la producción y las necesidades de agua.

El problema con este método de planificación es que el uso de agua si depende de las condiciones ambientales y climáticas de la zona geográfica, por lo que su elasticidad precio en cada región es diferente; y es independiente de su costo para el consumidor, por otro lado el déficit percibido de agua debe evitarse a toda costa.

Esta regla de asignación es contraria a las de reglas de asignación de la economía, que se basan en el concepto de la escasez. Las necesidades de una comunidad son mayores que los recursos disponibles para satisfacerlas. Es por ello lógico asignar recursos de manera que maximice la satisfacción de la comunidad. Para vender un servicio de un recurso como el agua, no debe medirse la satisfacción obtenida (litros por día) por referencia a una cuota fija o a una necesidad hipotética, sino por su valor de uso agregado, es decir, por lo que los consumidores están dispuestos a pagar por el servicio y el recurso agua en lugar de prescindir de él - excedente de consumidor -

Beneficios y Costos Socioeconómicos

Los beneficios socioeconómicos se pueden medir en tres modalidades de acuerdo a la forma en que el recurso es proporcionado por el oferente, siendo estos, beneficio por valor de uso, beneficio por redistribución y beneficio por incremento en el suministro de agua.

Los beneficios socioeconómicos que produce un sistema de abastecimiento de agua proporciona a los hogares y a las industrias un producto que tiene "valor de uso". Un punto inicial correcto para la medición de los beneficios cuando un proyecto incrementa la capacidad existente consiste en determinar lo que los compradores están dispuestos a pagar por el agua adicional en lugar de prescindir de ella, esta disposición conforma el valor de uso agregado, llamado también excedente de consumidor.

Si el proyecto sustituye a otras fuentes de abastecimiento de agua, el beneficio económico es el valor de los recursos ahorrados mediante la sustitución.

La finalidad es medir los beneficios económicos surgidos por la redistribución de una cantidad de agua existente y un aumento en el volumen agregado de agua. En la mayoría de los casos, sólo es pertinente la última situación. Sin embargo, el análisis de los beneficios derivados de una redistribución de agua proporciona una introducción útil para los conceptos cruciales para la medición de los beneficios cuando hay un incremento en la oferta de agua.

Para ejemplificar la medición de los beneficios derivados de la redistribución del agua se supone que se tiene una cantidad de agua que se proporciona cada período sin costo (río). Para lograr la satisfacción máxima, el agua debería asignarse de modo que todos los consumidores obtuvieran un valor de uso igual de la unidad marginal consumida. El valor de uso de cualquier unidad de agua es la cantidad máxima que el consumidor esta dispuesto a pagar por esa unidad, es decir por su excedente de consumidor.

El valor de uso marginal es el valor de uso de la última unidad consumida. Para cualquier consumidor dado, se supone que el valor de uso marginal disminuye a medida que se consume más agua por período.

Aunque el valor de uso marginal no es directamente observable, será igual al precio si la cantidad total gastada en el artículo por un consumidor es pequeña en comparación con el presupuesto total del consumidor.

Las curvas de demanda muestran que a medida que el consumo de agua por período de cada persona aumenta, disminuye la cantidad que ella está dispuesta a pagar por otro aumento en el consumo. *El valor de uso de la unidad marginal de agua disminuye a medida a medida que aumenta su consumo por período.*

El hecho de representar el consumo de agua como función del precio no significa que no haya otros factores que influyen en el consumo. Lo que sucede es que éstos afectan la posición de la curva de demanda de modo que un cambio en uno o más de estos parámetros modificará la curva. Ejemplo: Un consumidor que tiene conexión al alcantarillado consumirá mayor cantidad de agua, en condiciones de igualdad que un consumidor que usa sistema particular de eliminación de aguas servidas.

Beneficios resultantes del incremento del suministro de agua

El beneficio económico del incremento del suministro de agua es la cantidad que los consumidores están dispuestos a pagar por el agua adicional en lugar de prescindir de ella, excedente de consumidor. Su determinación es similar a la que se usa para calcular los beneficios de la redistribución de una cantidad de agua.

Si no se tiene en cuenta la distribución de los beneficios entre los consumidores, se puede utilizar una función de demanda del mercado o agregada para medir la disposición a pagar.

Medición

Se puede medir entonces el beneficio económico de incrementar el abastecimiento de agua por el aumento en el área por debajo de la curva de demanda del mercado, esta será la suma de las curvas de demanda particulares A+B; o por el incremento en el área por debajo de la curva de demanda de cada persona.

Las 2 medidas son iguales mientras no se tenga en cuenta qué consumidor obtiene el agua adicional. Esto significa que en términos de bienestar agregado de la comunidad, el equivalente en dinero del aumento en una unidad de la satisfacción de A es igual al equivalente en dinero del aumento en una unidad de la satisfacción de B.

Efecto del precio en los beneficios

La conexión entre los beneficios económicos derivados del consumo del agua y el precio cobrado a los consumidores es directa: el precio, en conjunción con la curva de demanda de la persona, determina el nivel de consumo, a partir del cual se calcula el valor de uso agregado o disposición a pagar.

Si la asignación no era óptima en términos de su demanda de agua, se permite intercambiar esos derechos por dinero hasta que el valor de uso marginal se hizo igual para todos los consumidores. Sin embargo, el método habitual de asignar agua a los usuarios consiste en cobrar un precio por cada unidad de agua consumida. Cada persona comprará así agua hasta el punto en que el valor de uso de la última unidad de agua consumida (es decir, el valor de uso marginal del agua) sea igual al precio de mercado.

Si se cobra una cantidad igual al valor de uso marginal de agua, no habrá cambio en los beneficios de consumo agregados ni en la distribución del agua entre A y B. El área por debajo de la curva de demanda y por encima de la línea de precio para las personas A y B es la diferencia entre lo que cada consumidor paga para consumir agua y lo que estaría dispuesta a pagar es su superávit o excedente de consumidor.

Tanto A como B reducen su consumo porque el valor de uso de la última unidad de agua consumida vale menos que el precio que deben pagar para consumirla.

Reducen por eso su consumo hasta que el valor de la última unidad de agua correspondiente a cada persona es igual al precio. Como consecuencia del aumento en el precio y del menor consumo de agua, el superávit total de los consumidores disminuye en el área sombreada por debajo de la curva de demanda del mercado (que es igual a las áreas sombreadas por debajo de las curvas de demanda individuales).

El aumento en los precios incrementa los ingresos totales por venta de agua. Sin embargo, los beneficios económicos disminuyen porque se reduce la disposición a pagar, y por lo tanto el excedente de consumidor; conforme se mide por el área por debajo de la curva de demanda del mercado. La reducción en los beneficios económicos totales es igual al área por debajo de la curva de demanda del mercado y es la suma de las áreas por debajo de las curvas de demanda individuales.

Tarifas para abastecimiento de agua potable

Como ya se ha descrito existen diferentes criterios y sistemas para fijar las tarifas de los pagos de servicios públicos. Ahora se describirá un método de fijación de tarifas, con base en un esquema de oferta y demanda de agua potable, donde la demanda es estacional, lo que implica una etapa de bajo consumo y un período de alto consumo, mientras que la oferta es limitada, considerando además el nivel de utilización de las instalaciones.

De modo que, si aumenta la demanda cuando ya se está en el nivel de máxima producción con la infraestructura existente, el servicio se deteriora ya que es imposible satisfacer la cantidad demandada a los precios de actuales.

Cuando la demanda se incrementa y supera a la oferta, es necesario elevar el precio para que disminuya la cantidad demandada ajustando de esta forma la capacidad existente, la otra alternativa es, aumentar la capacidad existente. En el caso del agua, el incremento en la oferta también debe aumentar el precio para contar con recursos para financiar las obras.

La base para determinar las tarifas de agua potable son las siguientes:

- a) La estacionalidad en el consumo. Entendida como las variaciones significativas en la cantidad de consumo de agua, en un lapso de un año donde se presentan diferencias climáticas.
- b) La tarifa deberá ser más alta para los consumidores que cuentan con el servicio de desalojo de agua servida, es decir conectados a la red de alcantarillado, que para aquellos que no lo tienen. Para este sector de la población se deberá, cobrar una cuota fija para financiar el déficit del monto de inversión para construir y/o conectarlos a la red de alcantarillado.
- c) La tarifa se estructurará de acuerdo a los niveles familiares de ingreso, y después en razón de las cantidades adicionales de agua potable consumidas adicionales al nivel de dotación medio específico para dicha zona. De tal modo

que las tasa diferenciales se aplicarán tanto al costo marginal como al cargo fijo.

- d) La tarifa debe cubrir los costos variables del suministro de agua, es decir, el costo marginal de corto plazo y esta debe ser la mínima tarifa por cobrar cuando el sistema opere a menos que plena capacidad.
- e) La tarifa debe ser un instrumento de racionalización de oferta de agua potable cuando se opera a la máxima capacidad.
- f) La empresa debe ser autofinanciable, por lo cual cualquier déficit debe cubrirse mediante el cobro de un cargo fijo.
- g) La tarifa de acuerdo al costo marginal puede incluir algunos elementos distributivos con el propósito de favorecer a usuarios con poca variación estacional o de bajos ingresos.

Este esquema de precios permitirá cubrir los costos de operación durante todo el año; si el precio en época de bajo consumo supera los costos de operación, generará una renta que puede servir para decidir cuándo ampliar la capacidad del sistema y contribuye a la financiación de nuevas inversiones.

Si la renta no alcanza para financiar las inversiones, se necesita cobrar un cargo fijo por conexión considerando que las inversiones sean específicas para ciertos usuarios o generales.

De todas las alternativas, la más simple es la que para un determinado consumo base (dotación) se aplique una misma tarifa baja durante todo el año.

Estacionalidad en el Consumo de agua potable

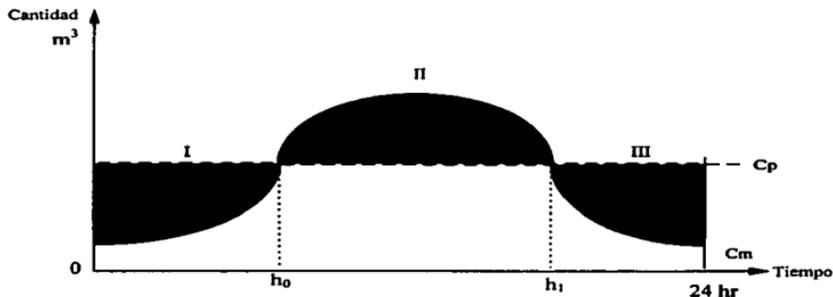
En los períodos de máxima demanda, por medio del incremento en el precio a través de incrementar el costo marginal, es posible desincentivar el consumo, y por lo tanto la cantidad demandada, con un sistema de cobro diferenciado entre períodos de alta y baja demanda.

Se logrará el objetivo en la medida que se favorezca la posibilidad de trasladar parte del consumo del período de consumo alto hacia el de consumo bajo. En este período el precio o la tarifa será lo suficientemente baja como para convencer al consumidor de disminuir su consumo, este debe ser lo más cercano al costo de operación y nunca menor; en el otro caso el precio debe ser lo suficientemente alto como para que el consumo deseado no supere la capacidad máxima de abastecimiento, el precio más alto deberá ser la suma de los costos de operación más el costo marginal de capacidad.

Si el sistema tuviera la capacidad de diferenciar el consumo de acuerdo a la hora del día, a través de tanques generales de almacenamiento, se podría cobrar más en las horas de mayor consumo con lo que se podría desplazar este consumo hacia las horas de excesos de capacidad como son las horas de la madrugada. Este criterio se considera justo ya que, paga más quien exige más del sistema al consumir en horas de máxima demanda, siempre y cuando no existan tanques de almacenamiento particulares. Si el sistema tiene capacidad de almacenamiento esto va a permitir una cierta regulación durante los periodos de máxima demanda.

gráfica n° 10

Estacionalidad en el consumo de agua potable



Donde:

C_m = consumo de agua en unidades, dotación de la localidad, $m^3/seg/día$
 volumen de consumo de agua al día

C_p = capacidad de captación m^3/seg por día

Áreas I y III, indican excedentes de agua que es posible almacenar

Área II indica el consumo que debe satisfacerse a partir del stock de agua (tandeo) almacenado de donde $I + III < II$.

FUENTE: Lic. Roberto Cortegoso, Apuntes de clase "Preparación de Proyectos de Agua Potable" Maestría en Evaluación Social de Proyectos, Argentina 1992

Incorporación de nuevos usuarios

Este modelo se refiere a los usuarios conectados a la red de agua potable y alcantarillado que están compitiendo entre sí por el servicio; la posible incorporación de nuevos usuarios va a aumentar la competencia por el agua, si no se aumenta la capacidad de captación, tratamiento y conducción general el precio va a tender a aumentar y más si se utilizaba a plena capacidad. Por lo que, para la incorporación de los nuevos usuarios se requieren de inversiones que pueden ser las siguientes de tipo general, que aumenta la disponibilidad de agua en todo el sistema, por lo que benefician a nuevos y existentes usuarios y se puede lograr por mayor captación, tratamiento o eficiencia en la distribución, de acuerdo a lo anterior todos deben contribuir para cubrir esta inversión; y de tipo específico, que representan las necesarias para conectar al nuevo usuario a la red. Estas inversiones sólo pueden ser aprovechadas por nuevos usuarios y su mera existencia no influye en el servicio que reciben los usuarios existentes; los nuevos usuarios son los únicos beneficiarios por lo tanto sólo ellos deben contribuir a esta inversión.

SEGUNDA PARTE
EVALUACION SOCIAL DEL SISTEMA INTEGRAL
HIDROSANITARIO EN CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE

CAPITULO I
ORIGEN DEL PROBLEMA Y OBJETIVO DEL ESTUDIO

EVALUACION SOCIOECONOMICA DE PROYECTOS DE INVERSION SISTEMA INTEGRAL HIDROSANITARIO EN CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE

SEGUNDA PARTE

EVALUACION SOCIAL DEL SISTEMA INTEGRALHIDROSANITARIO EN CIUDAD DEL CARMEN

CAPITULO I ORIGEN DEL PROBLEMA Y OBJETIVO DEL ESTUDIO

El agua no es solo un componente del medio ambiente, es el elemento esencial en el cual se completan los procesos vitales y representa en el sentido económico, una materia prima irremplazable para algunos procesos productivos, así como un componente necesario para la operación de una entidad, es por ello considerada como una mercancía, ya sea de consumo final o de consumo intermedio, estableciendo así su consumo como un hecho insustituible. Otra característica es su de capacidad de dilución y conducción de desechos tanto domésticos como industriales, representando el vehículo de eliminación más idóneo, aunque no siempre el más económico, a través del cual son dispuestos estos desechos.

Como bien de consumo final, para los habitantes de las ciudades el agua potable, esta condicionada al desarrollo de la infraestructura para su abastecimiento y desalojo, tales servicios se proporcionan a través de un sistema hidrosanitario que requiere de una infraestructura *diseñada* de forma integrada. Es indiscutible entonces, que un sistema hidrosanitario para una ciudad constituye uno de los servicios públicos básicos e imprescindible para el sano y adecuado desarrollo de la población.

En el caso de Ciudad del Carmen las deficiencias tanto del suministro de agua potable, por no realizarse una equitativa distribución, y en forma más drástica la carencia de la red de alcantarillado sanitario en un 98% de las viviendas así como de un sistema municipal de tratamiento de aguas residuales, han provocado incrementos en la contaminación en toda la zona incluyendo la Laguna de Términos, y con ello lo que se llamará Externalidad negativa para la economía del lugar; ya que una buena parte de ésta descansa en la actividad pesquera.

A. OBJETIVO DEL ESTUDIO

Del Sistema Municipal de Agua Potable (SMAP) surge la idea de hacer eficiente el servicio público hidrosanitario de la ciudad, en su documento "Propuesta para el Mejoramiento del Sistema de Agua Potable de Ciudad del Carmen, Campeche" 1995, quien contempla y propone las siguientes inversiones globales:

<i>Obra</i>	<i>Monto de inversión (millones \$)</i>
Agua Potable	259
Mejoramiento del acueducto existente	29
Nuevo acueducto Chicbul II	230
Saneamiento	155
Alcantarillado sanitario	50
Alcantarillado pluvial	40
Planta tratadora de agua residual	50
Consolidación del organismo operador	15
Total	414

A causa de esta propuesta, surge esta tesis como alternativa de solución para la problemática de la ciudad, cuyo principal objetivo es aplicar la evaluación socioeconómica a tales proyectos, y proponer otro enfoque para medir la viabilidad de un proyecto de servicio público, ya que generalmente, estos al ser propuestos y llevados a cabo se consideran inversiones no rentables.

De acuerdo a lo anterior, el objetivo fundamental de este trabajo es aplicar la metodología que permita evaluar los costos y beneficios socioeconómicos de llevar a cabo los proyectos para el del sistema hidrosanitario, y comparar los resultados con la propuesta del organismo operador.

A continuación se presenta en un esquema la propuesta de esta tesis, en cuanto al desarrollo del análisis de los proyectos, donde se incluye el enfoque de la llamada "situación base optimizada", que constituye la primera diferencia en cuanto a una evaluación financiera. La base en que se fundamenta esta metodología se encuentra en la primera parte, y su desarrollo en el capítulo IV.

En el cuadro siguiente se puede analizar con detenimiento las etapas del sistema integral, los tipos de proyectos requeridos así como sus obras necesarias.

Esquema General de Desarrollo de Evaluación

etapas del sistema sancionatorio	Mejoramiento y Rehabilitación	
	<ul style="list-style-type: none"> • Reparación de Fugas en tomas domiciliarias. • Rehabilitación del Sistema de Conducción de la Red Municipal de Agua Potable : Pozos, Estaciones de Rebombeo y Acueducto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevo Acueducto para el Abastecimiento de Agua Potable de la Red Municipal.
		Sistema Municipal de Alcantarillado Sanitario.
		Planta de Tratamiento de Agua Residual.

FUENTE : Elaboración Propia

Rehabilitación y Mejoramiento del Sistema Actual

En la Red Municipal de Abastecimiento de Agua Potable se propone:

1. La reparación de fugas en tomas domiciliarias
2. La rehabilitación del sistema de conducción en pozos, estaciones de rebombeo y acueducto actual.

Esta evaluación considera prioritario el estudio de los proyectos que permiten obtener La Situación Actual Optimizada, lo que implica que, antes de llevar a cabo un nuevo proyecto se analice la posibilidad de mejorar las obras que constituyen el sistema actual ; con el objeto de evitar la derrama innecesaria de recursos; a través de generar instrumentos para la toma de decisiones como lo son las etapas y el momento óptimo de construcción de las obras necesarias así como su prioridad.

El siguiente paso es, evaluar los proyectos nuevos que se requieren a futuro, y compararlos con la situación actual optimizada. En este caso los nuevos proyectos son los de Ampliación, y constituyen lo que en adelante de denomina Situación con Proyecto :

Ampliación del Sistema

1. Construcción de un Nuevo Acueducto para el Abastecimiento de Agua Potable
2. Construcción del Sistema Municipal de Desalojo de Agua Residual :pluvial y sanitario
3. Construcción de una Planta Municipal de Tratamiento de Agua Residual.

El tipo de proyecto "Rehabilitación y Mejoramiento", beneficiará a todos los usuarios que se encuentren conectados a la red de agua potable, al incrementar la cantidad que llegue a cada toma domiciliaria, a través de 2 acciones, una es la reparación de fugas en tomas domiciliarias incrementando la dotación en 33 lps. y la segunda acción, que incluye la rehabilitación del sistema de conducción: pozos, estaciones de rebombeo y acueducto actual, logrará incrementar el gasto en 100 lps.

Al mismo tiempo, esta evaluación servirá para tener los elementos de análisis para evaluar los proyectos de ampliación, que como ya se mencionaron son: la construcción de un nuevo acueducto, la construcción del alcantarillado sanitario y pluvial y de la planta de tratamiento de aguas residuales; proyectos sociales básicos que beneficiarán a todos los habitantes que aún no están conectados a la red de agua potable, y por otro lado al total de la población, ya que se conectarían a una red de alcantarillado sanitario; y obtendrían el beneficio adicional tanto del incremento en consumo por agua potable, como del beneficio de evitar la contaminación del medio ambiente y por lo tanto de ahorrar costos tanto privados como sociales.

B. ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Ciudad del Carmen se encuentra ubicada dentro del municipio de Carmen en el Estado de Campeche, y esta entidad esta formada a partir del 1° de enero de 1991, por nueve municipios que son: Calkini, Campeche, Carmen, Champotón, Escárcega, Hecelchakán, Hopolchén, Palizada, Tenabo; y que en conjunto ocupan una extensión territorial de 56,858 Km² (cuadro n°2) de acuerdo a esta superficie Campeche esta colocado en el lugar N°18 en cuanto a tamaño con relación a todos los Estados del país, ya que ocupa un 2.8% del total del territorio nacional.

cuadro n° 2

Superficie Territorial del Estado de Campeche según Municipio

Municipio	Extensión territorial Km ²	Porcentaje con relación al Ed. C. C.
Calkini	1,966.57	3.5
Campeche	3,410.64	6.0
Carmen	12,748.12	22.4
Champotón	19,438.95	34.2
Escárcega	3,706.70	6.5
Hecelchakán	1,331.99	2.3
Hopolchén	11,302.17	19.9
Palizada	2,071.70	3.6
Tenabo	882.00	1.6
Total Estado Campeche	56,858.84	100.0

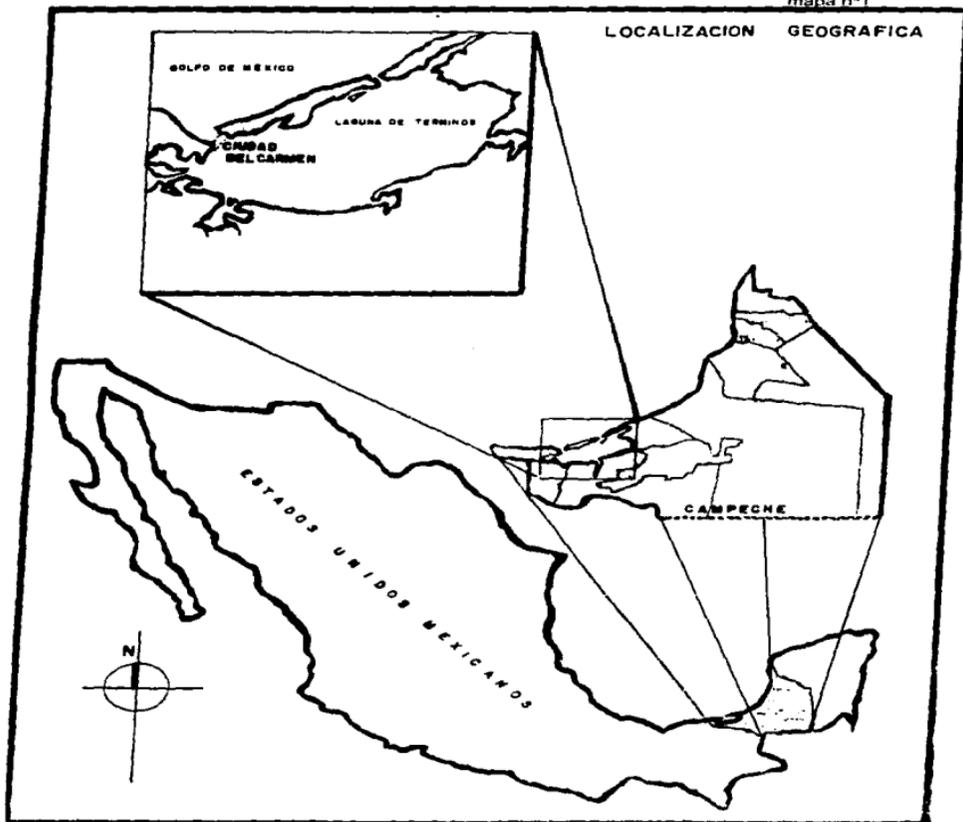
FUENTE: Estado de Campeche, "Prontuario Estadístico". México 1990

En cuanto a la situación geográfica del Estado de Campeche, este se encuentra situado entre los paralelos 17° 49' y 20° 5' y los meridianos 89° 05' y 92° 28' de longitud oeste, en la región sureste del país, colinda con los Estados de Tabasco, Yucatán y Quintana Roo, así como con los países de Guatemala y Belice con 195 Km. de frontera, y además tiene 523 Km. de litoral con el Golfo de México. (mapa n°1)

El clima que existe en el Estado es variado, existen tres tipos diferentes, dos cálidos húmedos y subhúmedos, con lluvias de más de 60 milímetros mensuales, en el mes con menor precipitación pluvial, y sólo Punta Nimún tiene un clima semiseco.

El Estado cuenta con varias zonas de recarga acuífera, entre las que destacan: Edzana, Bonfil, Escárcega, Nuva, Zinaparo, Yohaltun y Champotón.

LOCALIZACION GEOGRAFICA



◆ MUNICIPIO CARMEN

El Municipio Carmen, esta ubicado al suroeste del territorio del Estado de Campeche (mapa n° 2), entre los paralelos 18° 38' y 18° 50' de longitud oeste de Greenwich. Es el segundo lugar en cuanto a extensión territorial, de los nueve municipios, con 12,748 Km², aún con su reducción a partir del 1° de enero de 1991 cuando con una parte de su territorio se crea al municipio de Escárcega. Sus límites: al norte el Golfo de México y el municipio de Champotón, al sur la República de Guatemala y el Estado de Tabasco, al este el Municipio de Escárcega y al oeste el de Palizada; siendo sus principales ciudades: Ciudad del Carmen, cabecera municipal, Candelaria y Sabancuy.

El clima con que cuenta, es de dos clases, 1) cálido húmedo ó trópico en la zona de la costa siendo la temperatura media anual es de 25.7°C y la máxima es de 45.4°C, y 2) subhúmedo intermedio, siendo en la parte este donde encuentra la variante más húmeda.

Hidrografía; cuenta con los ríos: *Mamantel*, que desemboca en la boca de Pargos en la Laguna de Términos y llega hasta Pital; *Candelaria* y *Chumpán* que nace en Tabasco y desemboca en la Laguna de Términos en boca Balchacah. En cuanto a su Orografía, el municipio es casi plano ya que se encuentran pequeñas lomas aisladas de 10 a 50 m de altura.

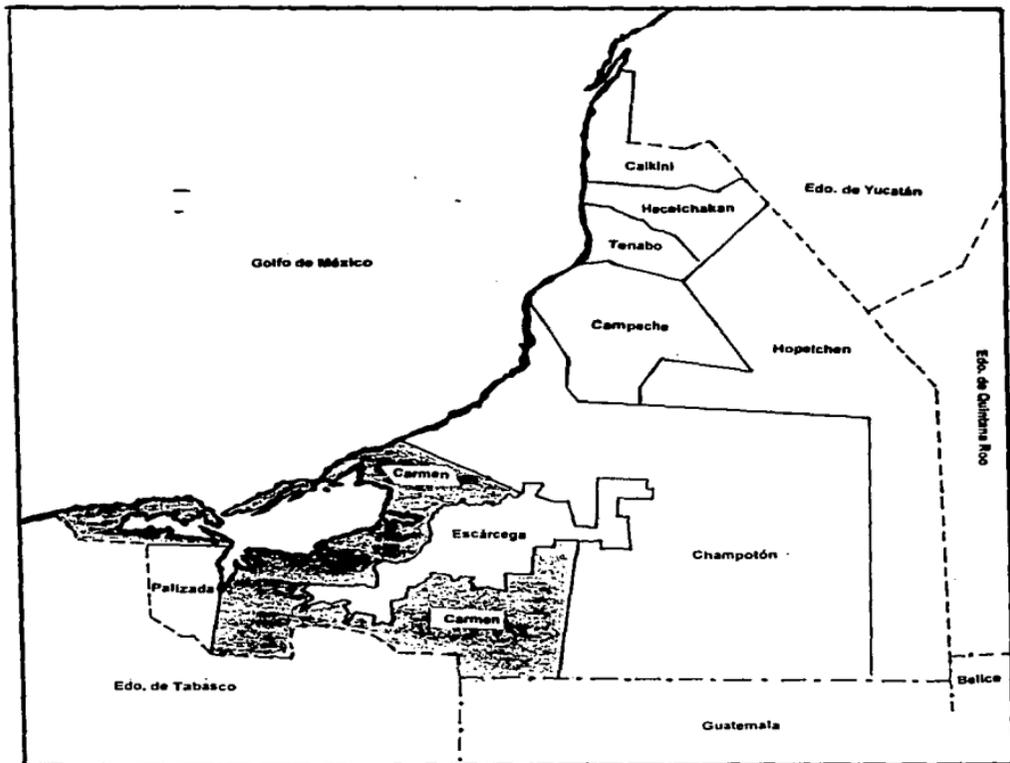
Demografía; la mayor concentración de habitantes se concentra en Ciudad del Carmen, Candelaria y Sabancuy, en ese orden.

Infraestructura productiva. La localidad tiene acceso por las siguientes carreteras: de Carmen a Campeche y Tabasco la costera 180, la internacional (186) que atraviesa el municipio con destino a Quintana Roo y por el reciente puente que comunica la isla Carmen con Zacatal e Isla Aguada. Existe un helipuerto en Ciudad del Carmen; y el ferrocarril del sureste llega al municipio Escárcega y por Candelaria.

Aspectos Económicos. Campeche se encuentra en la Sonda de Campeche, que es el área costera que se extiende desde el extremo oriental de la plataforma continental de Campeche, frente a la desembocadura del gran delta Grijalva-Usumacinta y la Laguna de Términos, hasta la plataforma de Yucatán, en el Golfo de México, que junto con la terminal marítima Dos Bocas localizada en la costa noreste del estado de Tabasco comprenden la llamada Región Marina; ésta concentra plataformas a una distancia promedio de 80km de la costa. En la Sonda de Campeche funcionan 413 pozos productivos, terminados de aceite y campos petroleros explotados e instalados en 230 complejos y plataformas, que produjeron en 1995: 2'681,000 diarios, representando: 71.5% de la producción nacional de crudo y 30% de la producción nacional de gas.

La pesca es una de las actividades más importantes de la región, ya que su riqueza de ecosistemas permite la reproducción de prácticamente todas las especies de peces, crustáceos, moluscos y mariscos. Otras actividades relevantes son la industria camarонера, avícola, maderera y apícola.

En cuanto a bienestar social, existen todos los niveles educativos hasta nivel universitario (Universidad Autónoma del Carmen) y en cuanto a salud: existen SSA, IMSS, ISSSTE, PEMEX, SEDENA, así como servicios de auxilio.

ESTADO DE CAMPECHE
División Municipal

De la problemática en general que se presenta en al Estado de Campeche, se puede decir que, en la entidad uno de los principales problemas es el agua potable para uso doméstico, ya que la mayoría proviene de pozos que tienen una mala calidad en el aspecto físico-químico y bacteriológico. El primer aspecto se debe a la constitución del suelo de tipo calcáreo que provoca altas concentraciones de carbonatos de calcio y de magnesio, por su cercanía a la costa además de la presencia de carbonatos de cloro.

En el aspecto bacteriológico esta contaminación se debe a la infiltración de aguas negras o residuales, por pozos de absorción mal diseñados y al fecalismo al aire libre.

Es importante mencionar que se considera agua potable, a la que, al ser ingerida no causa efectos nocivos a la salud, y debe cubrir los requisitos en cuanto a sus características bacteriológicas, organolépticas, físico-químicas y elementos radiactivos contenidos en la *Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización"* DOF⁷. Esta norma establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.

En cuanto a la situación especial de esta proyecto es importante describir en general las condiciones de La Laguna de Términos, se puede decir, que es el centro de un complejo ecológico conformado por los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México, y es uno de los más productivos, además de estar unida a esos ecosistemas vecinos, por razones obvias, también lo esta en su historia, su civilización, su cultura, su desarrollo, así como de sus recursos alimenticios y energéticos; formando parte de los recursos más importantes no solo de México, también del mundo.

Este papel, lo desempeñará durante las próximas décadas es por ello que, se debe proteger como ecosistema y respetar su destino natural, sin embargo hay que considerar la gran influencia que ejerce el ser humano, sobre la productividad del área así como en las actividades que desarrollan la urbanización, industrialización, agricultura, navegación, extracción de petróleo y pesca.

Los principales productos contaminantes en la Laguna, son los hidrocarburos fósiles, metales pesados, pesticidas, y en cuanto a la contaminación bacteriana, son las descargas de aguas negras domésticas e industrial, sedimentos y organismos marinos.

Sin contar el petróleo, se encontró que la presencia de todos los contaminantes es muy similar durante los últimos años. En la actualidad el principal problema es la contaminación bacteriana del agua y por lo tanto de los bancos localizados en las zonas de descarga doméstica y en los lugares cercanos a la operación pesquera, como en caso de los ostiones (*Crassostrea virginica*). También a la Laguna llegan descargas

⁷ Diario Oficial de la Federación, agosto 15 de 1994

por escurrimientos de las regiones ganaderas y de aguas negras de las poblaciones ribereñas así como las de algunos sistemas de alcantarillado municipal que no cuentan con un tratamiento antes de sus descarga, por lo que llega con millones de bacterias que crean afectaciones a la salud, y con ello altos costos tanto privados, a nivel familiar, como sociales, a nivel de sector público.

♦ CIUDAD DEL CARMEN

Se encuentra ubicada dentro de el Municipio del mismo nombre, en la parte poniente de la isla conocida como Isla del Carmen, que se ubica entre el Golfo de México y la Laguna de Términos, además de ser la Cabecera Municipal.

La isla tiene una longitud de 37.5 Km. y 3 Km de ancho aproximadamente. En esta localidad como en muchas otras, la oferta de agua potable, es insuficiente para satisfacer las necesidades de la población, que ha tenido un ritmo acelerado de crecimiento que según las estimaciones fue de casi un 7 % anual en los últimos años, además de que carece de la infraestructura necesaria para la evacuación de aguas residuales y su tratamiento, lo que genera la contaminación del medio ambiente, del suelo, del aire y en especial del manto freático.

Comportamiento de la población en Ciudad del Carmen

En la actualidad un gran problema de la humanidad es el crecimiento excesivo de la población, situación a la que no escapa el Estado de Campeche, que, presenta las dos condicionantes de crecimiento urbano, uno obedece al crecimiento natural de la población, que por sí sola es elevada, y la otra es la migración, debida a los desarrollo económico que en diferentes áreas se han dado en el Estado, siendo el principal detonante, la explotación de petróleo. Este crecimiento de población afecta a diversas poblaciones ribereñas entre las cuales se encuentra principalmente Ciudad del Carmen.

Otro de los factores determinantes para conocer la zona del proyecto es el comportamiento de la población, que ha sido durante los últimos años, inconsistente, influenciado en gran medida por los movimientos migratorios, ya que el crecimiento natural aunque alto ha mantenido su tendencia.

Por tal inconsistencia en los datos de población, se presenta en el capítulo II, una estimación de estos, con el fin de mejorar la precisión de los cálculos para la evaluación de los proyectos

Población de proyecto

Para los proyectos que componen *la situación base optimizada* lo más importante, en cuanto a la situación demográfica es el número de viviendas, en las modalidades siguientes:

a) Viviendas conectadas a la Red de Agua Potable, a un Sistema de Evacuación que incluya Planta de Tratamiento (aunque estos últimos no sean del sistema municipal).

- b) Viviendas conectadas a la Red de Agua Potable: 1.- Con presión 2.- Sin presión
 c) Viviendas sin conexión a la Red de Agua Potable
 d) Viviendas sin conexión a la Red de Alcantarillado

Para la evaluación que se hará para el tipo de proyectos denominados Situación Actual Optimizada, de "Rehabilitación y Mejoramiento", se requerirá únicamente del total de viviendas del inciso a) y b).

Para el caso de la evaluación de los casos que conforman los llamados proyectos de Ampliación, se requiere del resultado de la evaluación de la Situación Actual Optimizada, y del total de viviendas de los incisos c) y d).

A este respecto se obtuvo la siguiente información, según el Sistema Municipal de Agua Potable en Ciudad del Carmen, existían en 1995: 20,866 viviendas de las cuales el 95%, o sea 19,823 estaban conectadas a la Red Municipal de Agua Potable.

- a) El total de viviendas que se encuentran en el caso de contar con agua potable con presión en su dotación, con sistema eficiente de evacuación como lo es una red privada o local de alcantarillado, al igual que una planta de tratamiento, representan un 2% del total que equivale a 417 viviendas, que se encuentran en el Fraccionamiento de Petróleos Mexicanos PEMEX, y en el conjunto habitacional de INFONAVIT.
- b) Al total de viviendas, que se encuentran conectadas al Sistema de Abastecimiento de Agua Potable, se les aplicó índices de hacinamiento por nivel socioeconómico: al nivel bajo 5.01, nivel medio 4.52 y alto de 4.0 hab por vivienda; lo que resultó un total de 94,467 usuarios del servicio de agua potable.
- c) Son 1,043 lotes sin conexión a la Red de Agua Potable
- d) Para el caso del alcantarillado existe un 98% que representa un total de 20,449 que carecen de este servicio.

Para los proyectos futuros que componen el apartado de la situación de ampliación del sistema, los datos de población que se utilizarán se presentan por tipo de consumidor de la manera siguiente:

cuadro n° 3

Tipo de Consumidores en Ciudad del Carmen

Tipo de Consumidores ^a	Habitantes ^b
A. Alto con alcantarillado	2 448
B. Alto sin alcantarillado	5 420
C. Medio sin alcantarillado	26 424
D. Bajo sin alcantarillado	60 175
E. Bajo sin alcantarillado sin agua potable	3 709
Total Habitantes	98 176

^a Definidos de acuerdo a su nivel socioeconómico e infraestructura

^b Esta clasificación es el resultado de un análisis detallado que se presentará en el capítulo II.

C. SITUACION URBANA Y AMBIENTAL DE LA ISLA CARMEN

◆ Desarrollo urbano e implicaciones ambientales

Las características físicas y naturales de la isla, el crecimiento urbano desordenado y las actividades económicas no controladas han generado problemas ambientales en áreas específicas.

- a) **Zonas con problemas de inundación;** la isla está sujeta a inundaciones periódicas dada la escasa altura en metros sobre el nivel del mar. Los asentamientos humanos irregulares en áreas bajas no aptas para uso urbano crea problemas de salubridad por los estancamientos de agua. Ambientes ecológicamente funcionales como las áreas de manglares, de pantanos y tulleras son destruidos y rellenados, con la consecuente destrucción del hábitat y el desplazamiento de la fauna y el potencial productivo de la zona costera.
- b) **Zonas con erosión costera;** la extracción de arena ha provocado que se aceleren los procesos erosivos sobre el perfil de la costa, estos sumados a la dinámica de las corrientes son especialmente graves en dos puntos; uno en Playa Bivalvo y el segundo en Playa Puerto Real.
- c) **Zonas de extracción de material para relleno;** las extracciones que se efectúan al interior de la isla han incrementado el problema de zonas inundadas por el nivel freático que se encuentra muy superficial en algunas partes de la isla.
- d) **Zonas con obstrucción del flujo de mareas;** la obstrucción del movimiento de las mareas provoca la disminución en el reciclamiento de los nutrientes, lo que trae consigo disminución de la productividad primaria, que es el sustento de las cadenas alimenticias. Esto es mas evidente en la parte noreste de la isla, en los manglares de la Manigua y el Caracol.
- e) **Zonas con problemas de deforestación;** la vegetación original de la isla ha sufrido procesos graves de deforestación generados por el crecimiento urbano desordenado que demanda espacios y materiales para la construcción que se toman de las áreas verdes, especialmente del manglar; así como la deforestación de grandes áreas de cocoteros, afectados por el amarillamiento letal y con repercusión además en la economía del lugar.
- f) **Zonas con problemas de contaminación por actividades urbanas, portuarias y pesqueras:** una gran parte de los materiales que se utilizan para relleno en el establecimiento de calles, además de la arena que se extrae de los litorales, lo constituyen "la basura" y otros desechos sólidos urbanos e industriales. Esto produce problemas graves de contaminación del suelo y del manto freático que en casi toda la isla se encuentran a flor de tierra, fenómeno que se da en casi toda el área urbana, en especial en los sitios bajos como la Manigua y el Caracol.

El desalajo de las aguas residuales, urbanas e industriales se realiza directamente a los cuerpos de agua provocando su contaminación. Las descargas principales se observan principalmente en el arroyo de la Caleta, en la Laguna de Términos y en el puerto pesquero.

Las descargas de basura y derrames de combustible generadas en el puerto pesquero, contaminan y deterioran aún más la calidad del agua de la laguna.

La sobreexplotación de los recursos, especialmente de especies de importancia comercial, en las cuales no se respeta su ciclo biológico, disminuyendo con ello sus poblaciones, en detrimento de la productividad y el ingreso de la economía local como es el caso del camarón, el ostión y la almeja entre otras.

La insuficiencia en el abasto del servicio de agua potable en algunos sectores propicia que se recurra de manera alternativa al uso de agua de pozos y/o de lluvia captada y almacenada en aljibes, ello provoca problemas de morbilidad y mortalidad.

◆ Características Ecológicas del Área de Proyecto

La isla ha quedado dentro de la poligonal envolvente, que delimita la región de la Laguna de Términos integrada al *Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP)* con la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna en el DOF con fecha 6 de junio de 1994; declaratoria oficial que condiciona que las obras o actividades que se realicen en el área deberán sujetarse a los lineamientos señalados por la legislación ambiental.

Asimismo es preciso destacar la importancia científica, social y económica de la laguna para la región, así como por ser la potencial receptora de los impactos ambientales de los proyectos que se realicen en el área. La Isla del Carmen y el medio que le rodea, cuenta con ecosistemas muy diversos, como los manglares, la sabanas y las áreas selváticas de trópico húmedo, en tierra firme. Estos manglares forman parte de las zonas de humedales, que son ecosistemas ubicados en zonas inundables, son los más importantes de México, y se ha acordado internacionalmente su protección.

El manglar es la comunidad vegetal más ampliamente distribuida en los litorales de la región, se desarrolla en zonas de mezcla de agua marina con agua dulce (estuarina) y en algunos puntos la vegetación penetra a la isla a través de los esteros. Las especies⁸ que se encuentran en el área son: *Rhizophora mangle* (mangle rojo) "R", *Avicennia germinans* (mangle negro) "Pr", *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Conocarpus erecta* (mangle botoncillo).

La isla presenta grandes extensiones de vegetación secundaria, caracterizadas por pastizales, árboles y arbustos. Estas son resultado de las actividades agrícolas que eliminaron la vegetación original, para la plantación de cocoteros (cocos nucifera), gran parte de los cuales fueron abandonados por la muerte de la palma debido a la plaga de "amarillamiento letal".

Entre la fauna existente en la isla y las riberas de la laguna destaca la palustre, constituida por diversas especies de aves acuáticas locales y migratorias. Como aves típicas de la laguna se encuentran: *Pelecanus erithrorinchos* (pelicano blanco), Ajaja ajaja (espátula rosada), *Fulica americana* (gallareta), *Egretta tricolor* (garza), *Egretta caerulea* (garza azul), *Eudoricus albus* (ibis blanco) y *Phalacrocorax auritus* (cormorán).

⁸ Especies sujetas a protección y catalogadas en categorías ("A", "P", "P1" y "R") descrito el significado en glosario.

Las aves *Mycteria americana* (cigüeña coco) "A", *Aratinga canicularis* (lorito) e *Icterus gularis* (calandria campera) se encuentran amenazadas por la destrucción del hábitat y por la cacería excesiva.

Los mamíferos importantes son el Aguti peca (aguti o tepezcuintle) y *Dasyprocta punctata* (guaqueque o coatuza), ambos sujetos a una cacería intensiva por ser comestibles; *Tursiops truncatus* (delfín nariz de botella) y el *Trichechus manatus* (manatí)*, éste último en peligro de extinción."P". Existen además algunos reptiles importantes como el *Cocodyrulus moreletii* "R" (cocodrilo)* población cada vez más reducida por destrucción del hábitat. La fauna constituye un recurso natural valioso tanto para la producción de alimentos, así como para uso cinegético, si se respetan y vigilan las vedas.

Es necesario referirse a la **Laguna de Términos** como parte fundamental en la interpretación de la problemática de la isla, tanto en el contexto urbano como ambiental. Por este motivo, se hace una breve descripción de las características relevantes de la laguna que la asocian directamente a la problemática de Ciudad del Carmen. Asimismo es preciso destacar la importancia científica, social y económica de la laguna para la región, así como por ser la potencial receptora de los impactos ambientales de los proyectos que se desarrollen en el área.

Laguna de Términos "Área de Protección de Flora y Fauna"

La Laguna de Términos tiene aproximadamente 70 km de longitud, 30 de anchura, en su parte mas amplia y una profundidad media de 4 m; si se toman en consideración las lagunas tributarias tiene una superficie aproximada de 2,500 kilómetros cuadrados.

Es el sistema lagunar estuarino de mayor volumen y extensión del país, sus bocas de conexión con el mar por un lado y la descarga de los sistemas de los ríos Grijalva-Usumacinta, han determinado una gran cantidad de hábitats que permiten la existencia de una alta biodiversidad de flora y fauna.

Las condiciones ecológicas del sistema le permiten funcionar como área de crianza, reproducción y refugio de especies de importancia comercial como es el camarón, mojarra, robalo y ostiones entre otras y que han hecho de la zona una de las pesquerías más importantes de México. En la laguna penetran corrientes oceánicas derivadas del Golfo, que la drenan en sentido este-oeste, dichas corrientes constituyen fuentes de renovación faunística e hidrológica, y además facilitan un cierto control de la calidad de sus aguas (mapa n°3).

El volumen del cuerpo de agua de la laguna y su dinámica de renovación le han permitido que su capacidad de dilución asimile la carga contaminante y que no se haya alterado de manera significativa la calidad del agua hasta el momento. Sin embargo es

* NOM-059-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección.

necesario señalar que en los estudios que ha venido realizando el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM sobre la contaminación de la laguna, se han investigado tres tipos de contaminantes potenciales: petróleo, metales pesados, y plaguicidas. Posteriormente y obedeciendo al crecimiento poblacional y a las actividades urbanas de la región se incorporaron estudios de contaminación bacteriana; estos estudios se efectuaron sobre coliformes fecales determinándose sus concentraciones, tanto en el cuerpo de agua como en ostiones (*Crassostrea virginica*).

En algunos puntos de la laguna, se indicaron niveles de coliformes variables desde 0 hasta 24,000/100ml, la norma de calidad establecida por el código sanitario internacional para aguas dedicadas a la acuacultura es de 2,000/100ml; los ostiones mostraron concentraciones de 4,800/100ml. de coliformes fecales, en México la normatividad está basada en los Criterios Ecológicos de calidad del agua para la Acuacultura, (CECCA-001-89)¹⁰ en el cultivo de moluscos bivalvos.

El Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos en el que participan diversas dependencias de la administración pública federal, estatal y municipal relacionadas con los sectores pesca; ambiente y salud, realizan estudios de contaminación de la laguna (agosto 1994) en los sistemas lagunares adyacentes a la laguna en áreas de extracción y distribución natural del ostión, con el fin de determinar las áreas de producción y explotación que permitan que los moluscos sean de buena calidad y no deriven en problemas de salud pública; los resultados señalaron en algunos puntos de muestreo las concentraciones fuera de norma tanto en el cuerpo de agua, como en ostiones. Lo anterior manifiesta que las descargas de aguas residuales de los asentamientos humanos aledaños son un factor muy importante en la contaminación de la laguna; por lo que es muy importante un programa permanente de monitoreo de la calidad del agua de la laguna.

¹⁰Concentraciones en moluscos Bivalvos

Coliformes fecales NMP/100 ml 14 no mas del 10% de las muestras > de 43

Coliformes totales NMP/100 ml 70 no mas del 10 % de la muestra > de 230

D. CARACTERÍSTICAS HIDROLOGICAS Y EDAFOLOGICAS DE LA ISLA DEL CARMEN

Para Ciudad del Carmen es necesario determinar las condiciones naturales en que se pretende desarrollar un proyecto como es el hidrosanitario, ya que éste requiere de especificaciones técnicas que pueden incrementar el costo de construcción u operación de las obras, si las condiciones son especiales; razón por la cual se incluye este apartado con el fin de plantear dos de las condiciones más importantes de la isla que deben ser necesariamente consideradas para obtener una propuesta técnica más precisa.

a) Edafología

Las características del suelo del Municipio Carmen, son tales que, elevan los costos por inversión en construcción y reposición en las redes para alcantarillado sanitario y abastecimiento de agua potable.

El Municipio cuenta con cinco clases de suelos :

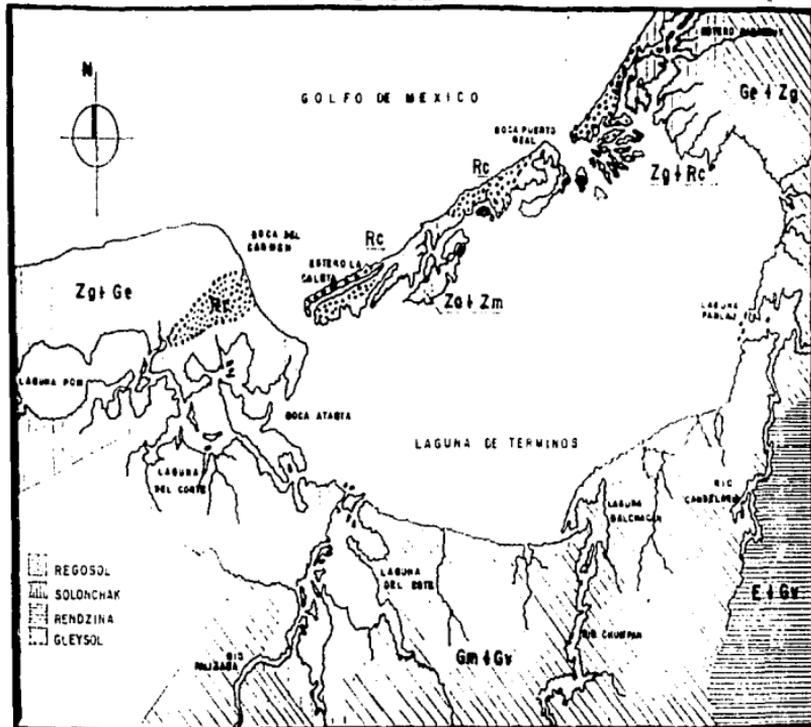
- Regosoles éútricos , que son suelos marinos con alta concentración de sal sólida. Su característica es ser altamente salino arenoso.
- Gleysol sálico, se localiza en la zona ístmica. Constituyen suelos de acumulación de materiales orgánicos; es arcilloso y pesado, lo que le permite retener la humedad.
- Vertisól pélico, - conocido en maya como ak' alché- es parte del subsuelo y se compone de arcillas y capa orgánica.
- Redzinas líticas, se hallan en el límite sur del municipio, son jóvenes y poco profundos.
- Luvisol glyeco, este suelo constituye una muy pequeña franja.

Para el caso de Ciudad del Carmen la composición que conforman sus 3 tipos de suelo (solonchak órtico asociado con histosol eútrico y regosol calcárico)¹¹, hacen que éste sea corrosivo, blando, fácil de erosionar y colapsable, por lo que afecta a los materiales de construcción de obras subterráneas (mapa n° 4).

Otra característica del suelo es : la pendiente de la isla varía de 0 al 2%, con una altura máxima de 3 metros sobre el nivel del mar (msnm). Esta representa un gran problema para el diseño de los sistemas de drenaje y abastecimiento que requieren de pendientes para conducir el agua, efecto que debe solucionarse con la instalación de plantas de bombeo para tal efecto, incrementando los costos.

¹¹ Ver Glosario

TIPOS DE SUELO



- | | | | |
|----|---------|----|-----------|
| Zg | GLEYSOL | Rc | CALCARICO |
| Zo | ORTICO | Gm | MOLICO |
| Ge | EUTRICO | Gv | VERTICO |

b) Hidrología

La isla está ubicada en la zona del trópico húmedo y pertenece a la provincia ecológica No. 76, denominada: Llanuras y pantanos tabasqueños¹².

Tiene un clima cálido húmedo, también considerado como tropical lluvioso¹³, con lluvias predominantes en verano e invierno. Tiene una oscilación térmica media de 5.5° C, su temperatura promedio anual es de 26.7° C, presentándose una máxima de 43.7° C en el mes de mayo y una mínima de 10.5° C durante noviembre.

La precipitación promedio anual es de 1,681 mm presentándose la máxima durante septiembre y octubre con 296.3 mm. y 234.7 mm. respectivamente, la temporada de secas se presenta de febrero a abril, con una precipitación promedio que varía de 38.2 a 44.7 mm.

La hidrología de la región en que se ubica la isla se encuentra influida por la región hidrográfica 31: Yucatán oeste, que recibe aportaciones de los ríos Chumpán y Candelaria, así como por la región hidrográfica 30 que colinda con el margen occidental de la Laguna de Términos que recibe aportación del río Palizada.

La hidrología superficial de Ciudad del Carmen se compone de seis cuerpos de agua, localizados: al norte y en forma paralela a la costa del Golfo, se encuentra el estero La Caleta, con una longitud de 2.5 km. al sur y dentro de la isla se localiza la zona de La Manigua, conformada por los siguientes esteros: Arroyo Grande, Arroyo de los Franceses, Las Pilas y la Laguna del Caracol. Esta parte esta bordeada por manglar y colinda con la Laguna de Términos (mapa n° 5).

¹²Considerando las regiones biogeográficas del país y la regionalización ecológica desarrollada por el Instituto Nacional de Ecología

¹³Ax' (WZ)(1') qw' . de acuerdo a la clasificación climática de Köppen

SEGUNDA PARTE

**EVALUACION SOCIAL DEL SISTEMA INTEGRAL
HIDROSANITARIO EN CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE**

CAPITULO II

ESTUDIO DE MERCADO Y MARCO JURIDICO

CAPITULO II

ESTUDIO DE MERCADO Y MARCO JURIDICO

A. ESTUDIO DE MERCADO

a) Oferta de Agua Potable

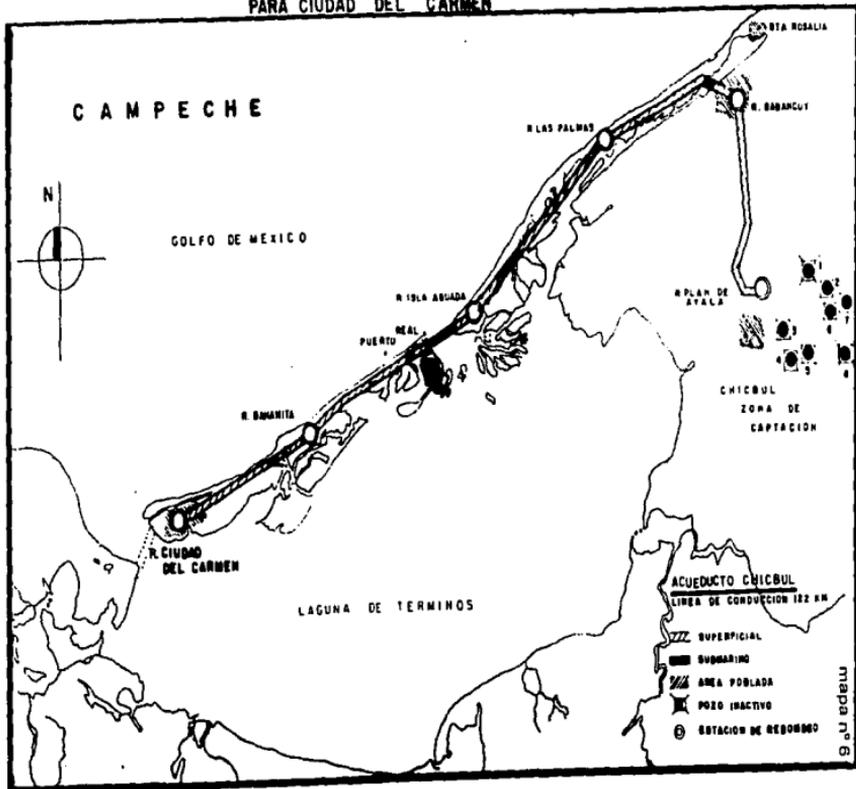
La primera fuente de abastecimiento de agua potable para la Isla del Carmen fue su manto freático, que se encuentra en promedio a una profundidad de 2 metros bajo la superficie, sin embargo, actualmente, por sus características organolépticas se puede inferir que no es apta para el consumo humano, aunque no existe un estudio de las características físico-químicas y bacteriológicas del agua que puedan respaldar esta afirmación. Sin embargo dicha captación aún se realiza, mediante pozos someros y pozos hincados o puyones, destinándose ésta para fines domésticos. Existe otra alternativa de abastecimiento que es la construcción de aljibes en las viviendas en donde se capta agua de lluvia para tomarla después de hervirla.

La realización de obras de extracción de agua del subsuelo en grandes volúmenes podría provocar el abatimiento del manto freático, y si la extracción superara los volúmenes de recarga generaría intrusión salina provocando su salinización y la del suelo.

Es por esto que ante la imposibilidad de seguir usando el agua del subsuelo de la isla como fuente de abastecimiento, se tuvo que recurrir a la captación de agua en la parte continental del municipio del Carmen.

La siguiente opción para el abastecimiento de agua potable fue, el que se puso en marcha en 1978, siendo un sistema integral de abastecimiento cuyo diseño incluye las obras de captación, conducción y distribución de agua potable, y su fuente de abastecimiento subterránea es el acuífero de la región de Chicbul (mapa nº6). Esta es una zona situada fuera de la isla, a 122 km de distancia de Ciudad del Carmen y cuenta con la disponibilidad y calidad del agua suficientes para satisfacer la demanda creciente de esta población.

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
 PARA CIUDAD DEL CARMEN



Al diseñar el sistema de agua potable para la ciudad se estimó que abastecería a una población de 60,000 habitantes (1978) y se proyectó para cubrir la demanda hasta 1998 para una población de 90,000 habitantes.

Sin embargo, el acelerado crecimiento económico y poblacional en el periodo 1978-1986, determinó una mayor demanda de agua potable, que rebasó la capacidad de suministro. Asimismo la ampliación de la red de distribución que respondía a una reciente urbanización, se realizó sin la planeación adecuada por lo que la mayoría de las colonias no tienen ni la presión ni el abasto suficiente.

b) Crecimiento de la Demanda de Agua Potable

A consecuencia de las fluctuaciones en las actividades económicas de Cd. del Carmen, la dinámica de crecimiento de la población ha tenido un comportamiento inconsistente, ya que este depende no solo de un crecimiento natural sino de la actividad económica que predominó en el momento.

A partir de 1977, la ciudad tuvo un importante incremento en el crecimiento poblacional por migración, al analizar que para ese año la población de la ciudad era de 50,514 habitantes, y que los resultados preliminares del censo de población de 1980 indican un total de 78,277 habitantes, entonces en tres años el incremento poblacional fue de 7,663 habitantes, esto indica que la tasa promedio de crecimiento estimado se elevó del 6.55% anual hasta 1977, al 15.65% anual durante esos últimos tres años.

Esta corriente migratoria a nivel regional hacia la ciudad, viene atraída por la perspectiva de empleo mejor remunerado, perspectiva generalmente insatisfecha por el nivel técnico de capacitación que requiere la actividad, y por las dificultades que la contratación plantea. En suma se plantea que ésta migración ha venido a gravar los déficits ya existentes de suelo, vivienda, equipamiento, e infraestructura.

En la década 1980-1990 Ciudad del Carmen registra 2 datos de población, el primero referente a datos oficiales del censo de población de INEGI de 1990, obteniendo una tasa de crecimiento anual de la población de 1.56% y el segundo de 1985 al censo de salubridad, lo que implica que de 1980 a 1985 la población creció con una tasa anual de 8.7% creciendo en 31,576 habitantes durante el periodo. De 1985 a 1990, la tasa anual de crecimiento fue en decremento (3.89)% reduciéndose en 20,259 habitantes durante ese quinquenio, esto con relación al Censo de Salubridad de Ciudad del Carmen en 1985.

Por la inconsistencia en el crecimiento de la población a lo largo de las últimas tres décadas, las estimaciones de crecimiento futuro se deben considerar con reserva, ya que los modelos matemáticos para proyecciones poblacionales aunque sean precisos, solo estiman el crecimiento natural de población y no así la migración neta.

Estimación de Población

La tendencia de crecimiento de la población, se hizo a través de una serie de proyecciones y considerando las características económicas que tiene Ciudad del Carmen, si estas se mantienen similares; para estimar los habitantes que serán beneficiados en el horizonte del proyecto.

Crecimiento de Población en Ciudad del Carmen

cuadro nº4

ANO	HABITANTES (miles)	TASA ANUAL CRECIMIENTO (%)
1930	7,180	
1940	7,687	0.706
1950	11,603	5.090
1960	21,164	8.240
1970	34,656	6.370
1980	72,489	10.920
1990	83,806	1.560
1985	104,065 *	8.710

FUENTE : INEGI, "Censo General de Población y Vivienda" V,VI,VII, VII, IX, y X.

*Secretaría de Salud 1980-1985. Censo Elaborado por la Secretaría de Salud en la Campaña de Erradicación del Paludismo.

Los datos históricos de población para Ciudad del Carmen aparecen en las estadísticas de INEGI a partir de 1960, cuando rebasa a los 15,000 habitantes, sin embargo se tienen datos del número de habitantes desde 1930 situación que tuvo drásticos cambios como consecuencia de la exploración de pozos petroleros en 1967 realizados en altamar, y que ahora representa la zona de explotación más importante del país, denominada Sonda de Campeche; es a partir de esta etapa cuando el crecimiento de la población entra a un ritmo acelerado debido en especial a la migración ya que llegaron a la isla gran cantidad de empleados de Pemex, sus familias y una población que dependía de las necesidades de estos habitantes.

A continuación se presentan las estimaciones de población de Ciudad del Carmen para los próximos 20 años. El método utilizado es un ajuste de los datos por medio de mínimos cuadrados para ecuaciones de curvas de tipo lineal, exponencial, logarítmica y potencial, con el objetivo de mostrar que la tendencia natural del crecimiento es menor a las estimaciones hechas por el Sistema Municipal de Agua Potable (SMAP) que es el organismo operador del sistema en la ciudad y consultoras como el Grupo Empresarial México (GEMSA) COMEPO del Estado de Campeche.

Las estimaciones hechas por el SMAP mencionan una población actual en la ciudad de 160,000 habitantes, una tasa de crecimiento de 7% anual idéntica a la que

tuvo la ciudad en la década de 1981. Para el caso GEMSA, la población para 1994, también es de 160,000 h. y la estimada para el año 2010 de 320,000 habitantes

Para la elaboración de estos primeros cálculos, se consideró un periodo de proyección de 20 años, ya que este es, técnicamente, el tiempo de vida óptima operativa de un acueducto. Sólo se utilizaron los datos históricos de población de 1930 a 1995 para obtener la curva, presentando los resultados por quinquenio, así como de la tasa de crecimiento anual, ya que el motivo es observar la tendencia de crecimiento poblacional, aunque también se puede comparar la tasa de crecimiento anual entre los cuatro métodos utilizados.

**Estimación de crecimiento quinquenal de la población
Ciudad del Carmen 1995-2015
(habitantes)**

Año	A	B
1996	99,820	92,362
1997	101,447	93,857
1998	103,073	95,351
1999	104,659	96,846
2000	106,325	98,341
2001	107,951	99,836
2002	109,577	101,331
2003	111,203	102,828
2004	112,829	104,032
2005	114,455	105,818
2006	116,082	107,311
2007	117,708	108,806
2008	119,334	110,301
2009	120,960	111,796
2010	122,586	113,291
2011	124,212	114,786
2012	125,838	116,281
2013	127,464	117,775
2014	129,090	119,270

A. Incluye datos de 1985 B. excluye datos de 1985

Proyección lineal, método mínimos cuadrados

Fuente: Elaboración propia con base a datos de población de INEGI

gráfica n° 9



Fuente: Elaboración propia con base a datos de población de INEGI

Las proyecciones de tipo exponencial y de tipo potencial mantienen un ritmo promedio anual de crecimiento entre el 5 y el 5.5% situación que se de haber sido posible ocurrió alrededor de 1982, pero no como consecuencia del crecimiento natural, sino de inmigración; inclusive si se llego a presentar una tasa de crecimiento de 7% anual. Este ritmo de crecimiento se frenó debido a dos factores, en primer lugar al cese de contratación de empleados de Pemex y en segundo lugar a que las actividades comerciales no se diversificaron, manteniéndose alrededor de 1 a 1.4% anual, siendo esta la tasa de crecimiento promedio en el país.

De las proyecciones de la población que se realizaron se seleccionó a los métodos elaborados por una ecuación de la recta lineal, con los datos obtenidos desde 1930, para la primera curva se prescindió del dato de población de 1985, del cuadro de la página anterior, ya que este dato, representó un pico sesgo por la incorporación de muchos trabajadores a las instalaciones de Pemex, situación que cambió al reducirse el personal que laboraba en la Sonda de Campeche. En la segunda curva la serie estadística que sirvió para las proyecciones si incluye el dato de 1985.

Una vez seleccionado el método lineal, se utilizará un número de datos mayor para determinar la demanda futura de agua potable de Ciudad del Carmen.

Proyección de la demanda futura

La demanda de agua potable se proyectó de acuerdo al método de ajuste de ecuación lineal, sin considerar la población flotante. Por otro lado, se analizó la capacidad de soporte físico y ecológico de la isla Carmen, con el fin de no sobrestimar la capacidad del nuevo acueducto¹⁴. La máxima capacidad de habitantes por hectárea (ha.) se debe considerar como la cantidad que puede tener Ciudad del Carmen en condiciones aceptables de vida, es decir que cuente con todos los servicios públicos.

Los resultados de las proyecciones se presentan en el cuadro siguiente, la selección de la serie válida para el análisis, se elaboró considerando el crecimiento natural de la población expresado en la tendencia de la curva y las variaciones porcentuales anuales (2.068), a las políticas económicas de desarrollo, y a la planeación del crecimiento de la traza urbana, que entre otras cuestiones incluye el crecimiento de zonas habitacionales por tipo y nivel socioeconómico¹⁵; sin olvidar que durante algunos años la tasa de crecimiento de la población fue demasiado alta inclusive mucho mayor que cualquier ciudad en México o el mundo, debido en especial a la inmigración.

¹⁴ Este análisis se logró a través de información del Programa Director Urbano

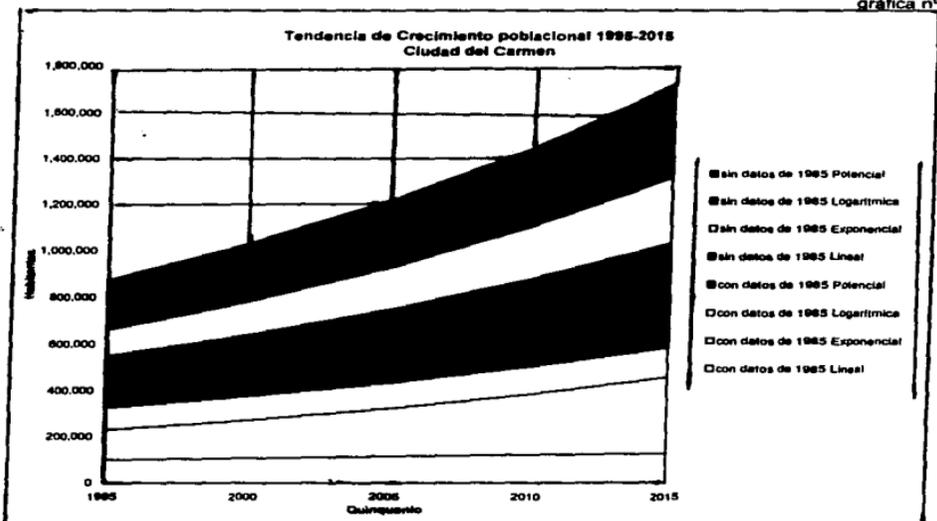
¹⁵ Plan Municipal de Desarrollo, Gobierno del Edo.

**Estimación lineal de la Población de Ciudad del Carmen
1995 a 2000**

<i>con datos de 1985</i>					<i>sin datos de 1985</i>			
Año	Lineal	Exponencial	Logarítmica	Potencial	Lineal	Exponencial	Logarítmica	Potencial
1995	98,176	129,789	97,866	128,754	90,867	117,604	90,551	116,699
2000	106,325	164,089	105,839	162,081	98,341	147,377	97,879	145,638
2005	114,455	207,454	113,793	203,918	105,816	184,688	105,189	181,653
2010	122,586	262,278	121,726	256,407	113,291	231,444	112,481	226,450
2015	129,090	331,591	129,640	322,223	119,270	290,037	119,755	282,139
Coef. Correl.	0.9297	0.9822	0.9286	0.9821	0.9477	0.9873	0.9463	0.9871
a	-3149144.0	2.7416	-24132308.0	1.9811	-2694507.0	8.4353	-22180069.0	4.9214
b	1626.1	4.6599	3188432.0	92.0540	1494.9	4.5134	2930575.0	68.5883

Fuente: Elaboración propia con base en datos de censos de población, INEGI.

gráfica n° 8



Fuente: Elaboración propia en base a censos de población de INEGI

Existe una similitud entre la dimensión de población resultado de la estimación anterior (98,194 hab.) con el dato proporcionado por la Universidad Autónoma del Carmen, como resultado de un estudio sociológico llamado "Censo de Expansión Urbana de Ciudad del Carmen"¹⁶ para 1995 este fue de 93,987 habitantes, estudio de gran apoyo para la determinación del total de habitantes para la ciudad en 1995, ya que del total de viviendas por nivel socioeconómico, determinadas por la institución, y con los índices de hacinamiento proporcionados por la CNA, se precisa el dato de 98,176 habitantes para 1995, cuya categoría por consumo se especifica más adelante.

Las condiciones geográficas de la isla deben ser consideradas en toda su importancia, ya que son determinantes en el número de habitantes; entre estas condiciones esta la extensión territorial que es de 3 Km. de ancho por 37.5 Km. de largo lo que equivale a 112 Km² ó 11,200 ha., de las cuales aproximadamente 2,500 ha. son zona urbana.

Como todo espacio tiene un límite de capacidad y en este caso de acuerdo a la superficie y las condiciones del terreno la capacidad de albergar zona urbana en la isla es de 3,500 ha. Se considera que del total de la superficie de una ciudad esta deberá distribuirse de la siguiente manera 50% como superficie habitacional con lo que de las 2,500 ha. de superficie que tiene la Ciudad del Carmen, lo máximo que podría tener como habitantes será del orden de 223,000 en condiciones aceptables de calidad de vida, es decir incluyendo con el equipamiento, infraestructura y servicios que requiere una ciudad; en consecuencia, el grado de densidad sería de un máximo de 35 viviendas por hectárea con un nivel de hacinamiento de 5.1 habitantes por vivienda.

La demanda de servicios públicos requiere de una estimación futura lo mas apegado a la realidad, y para ello deben ser considerados como demandantes todos aquellos posibles usuarios de cada servicio público aún sin ser considerados residentes.

Es por ello importante mencionar a una cantidad de usuarios de la red de abastecimiento de agua potable, que aún sin tener una toma domiciliaria se benefician con el servicio, estos son los trabajadores de la empresa Petróleos Mexicanos dichos trabajadores que residen en Ciudad del Carmen ya están cuantificados en la curva de demanda agregada, incluso es precisamente una de las tres colonias de Pemex, la residencial, la que representa el tipo de consumidor con el mas alto nivel socioeconómico.

Sin embargo no se ha mencionado a los trabajadores de las plataformas marinas de la sonda de Campeche, que también consumen servicios provenientes de la Isla. En la actualidad, Pemex tiene 10,322 empleados, 4,126 en tierra y 6,196 trabajan en las plataformas, con un rol de trabajo de 14 días por 14 días de descanso, estos 14 días laborables son prácticamente en las plataformas, la plataforma con mayor capacidad de hospedaje alcanza hasta los 600 trabajadores y los no hospedados en plataforma son transportados a tierra diariamente por lancha o helicóptero. Tal situación conviene reconocerla ya que esta demanda se seguirá cubriendo con la oferta del sistema de abastecimiento de la ciudad.

¹⁶ Centro de Investigaciones Sociales y Territoriales, UNACAR Campeche, México, enero-marzo 1995.

El impacto que causa Pemex en Ciudad del Carmen a causa de esta cantidad de trabajadores es muy importante, ya que de los 98,176 habitantes que tiene la ciudad, Pemex tiene mas del 10% como trabajadores, considerando que sólo 7,500 empleados tienen familias con un promedio de 3.5 miembros por familia, resulta un total de 26,250 habitantes, cantidad que representa mas del 25% del total de la población.

Para el caso de la etapa Mejoramiento, el dato de población para 1995, se determinó de la manera siguiente: Se detectaron un total de 20,866 viviendas, de las cuales 19,823 están conectadas a la red lo que representa una cobertura del 95% que fue verificada con el Sistema Municipal de Agua Potable de Ciudad del Carmen (SMAP).

Se realizó un trabajo de campo, clasificando las colonias en siete sectores, así como número de tomas correspondientes a cada sector. Existen 72 colonias de las cuales 13 corresponden al nivel alto, 18 al medio y 41 al bajo. Al total de viviendas con el servicio de agua potable se le aplicaron los siguientes índices de hacinamiento por nivel socioeconómico para en nivel bajo de 5.01, nivel medio de 4.52 y alto de 4.0 habitantes/vivienda; con lo que se define un total de 94,467 habitantes usuarios del servicio.

Al revisar las fuentes de datos sobre el comportamiento del crecimiento de la población se observó incongruencia, por lo que se recurrió a fuentes mas recientes, como el "Censo de Expansión Urbana en Ciudad del Carmen" realizado de enero a marzo de 1995 por la Universidad Autónoma del Carmen, en el que se determinó una población de 93,987 habitantes, datos que contrastan con los proporcionados por el SMAP. El Sistema Municipal de Agua Potable estima una población de 160,000 habitantes y una demanda de 463 lps, que incluye el consumo doméstico, comercial e industrial; sin embargo la cantidad máxima que puede ofertar el sistema es de 220 lps.

Existe un problema adicional en el abastecimiento, que es la poca presión en la red, lo que ocasiona que sólo el 55% reciba un servicio con presión suficiente y el resto de las viviendas conectadas al sistema complementen su consumo mediante formas alternativas de abastecimiento.

Es por ello que deben considerarse los datos mas precisos de población y dar solución al problema de demanda insatisfecha, tanto por restricción en la oferta como a la inequitativa distribución entre las distintas colonias de la ciudad, aspecto relacionado con el gasto suministrado.

Sin embargo, el problema fundamental obedece a un deficiente manejo de la red de distribución ya que las válvulas que pudieran servir para distribuir el gasto quedaron inhabilitadas al pavimentarse las calles de la ciudad, ya que se taparon las cajas de válvulas, sin que a la fecha se hayan reparado o repuesto. Asimismo la operación de los tanques de regularización depende de un mayor gasto enviado a la red pero también de la operación de las válvulas. Con la rehabilitación de las válvulas y de los tanques de regularización se podría seccionar la red y hacer tandeos para

proporcionar agua potable a ciertas zonas de la ciudad que no reciben el servicio por problemas de baja presión.

En la actualidad, por la escasez de agua potable y su desigual distribución entre las distintas zonas de la ciudad, algunos sectores de la población se ven obligados a obtener este producto por abastecimiento alternativo al mercado formal pagando precios superiores a las tarifas establecidas por el SMAP y con costos sociales derivados de un consumo inferior al requerido y pérdidas de tiempo por acarreo, además del costo por molestias al no contar con alcantarillado sanitario. Así, las familias con un servicio ineficiente o que no cuentan con este, recurren a las siguientes opciones de abastecimiento:

- a) La compra de agua embotellada (purificada).
- b) La compra de agua en cubetas a los vecinos que cuentan con presión en el suministro.
- c) La inversión en la construcción de aljibes en las viviendas en donde almacenan agua de lluvia para tomar después de hervirla.
- d) La inversión en la perforación de pozos someros en los predios para extraer agua del manto freático, la cual no es utilizada para beber, sino para diferentes usos, debido a que las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas del agua representan elevados riesgos para la salud.

En 1993, el 42% de la población de Ciudad del Carmen se abastecía por medio de pozos someros, sin embargo, estos han ido perdiendo su funcionalidad doméstica por la falta de un sistema de alcantarillado ya que los residentes han instalado en sus viviendas fosas sépticas imperfectas, pozos negros y letrinas para evacuar las aguas residuales, que al infiltrarse al manto freático ocasionan su contaminación.

Ya que el consumo de agua potable y el desajuste de aguas residuales forman parte de un mismo sistema que requiere de una infraestructura integrada, la situación general sería aquella en que la falta de alcantarillado restringe el consumo de agua potable y en cierta medida, contribuye a que la demanda de agua potable no aumente. En el caso particular de Ciudad del Carmen la utilización de pozos constituyen una alternativa para mitigar la escasez de agua potable y al perder funcionalidad -por los efectos acumulativos de la contaminación bacteriológica- se generó un incremento en la demanda por agua potable. Es importante mencionar que el 98% de las viviendas carecen de alcantarillado sanitario o de un sistema de tratamiento de aguas residuales, lo que genera una creciente contaminación de la zona urbana y de las áreas aledañas.

B. MARCO JURIDICO

En México el uso y aprovechamiento del agua tiene una legislación muy especial y específica, además de que la localización de Ciudad del Carmen y de la Isla en su totalidad ha quedado ubicada dentro del área envolvente que delimita la región de la Laguna de Términos integrada al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP), con la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna, situación que condiciona las obras o actividades que se realicen en el área, ya que deberán sujetarse a los lineamientos de la legislación ambiental.

De acuerdo a lo anterior será necesario respetar en forma estricta todas las disposiciones jurídico-legales para la utilización del agua en esta ciudad. En primer lugar es necesario referirse a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y sus preceptos, que dan origen a diversas leyes Federales y que son sustento para la creación de Reglamentos y Normas Específicas.

En materia de Agua existen, varias disposiciones legales que norman su uso, su aprovechamiento y su manejo; y su marco legislativo que tiene fundamento en el artículo 27 Constitucional que reitera el dominio de la Nación sobre el Agua así como su carácter inalienable e indescriptible.

En el artículo 115 Constitucional, párrafo tercero al párrafo quinto dice: "de los Estados de la Federación" queda establecido que los municipios con el concurso de los Estados cuando sea necesario tendrán a su cargo entre otros, el servicio público de agua potable y alcantarillado. Como principal objetivo, fundamentado en el artículo primero, esta el de regular la explotación, distribución, control, uso y/o aprovechamiento de aguas nacionales, superficiales o del subsuelo por parte de los sistemas estatales o municipales de agua potable; así como la conservación de la cantidad y calidad de las aguas nacionales para lograr su desarrollo integral sustentado.

La autoridad administradora en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes, corresponde al Ejecutivo Federal, quien la ejercerá directamente a través de la Comisión Nacional del Agua C.N.A., esta es una institución desconcentrada de la Secretaría del Medio Ambiente de los Recursos Naturales y Pesca (S.E.M.A.R.N.A.P.). Secretaría que se encarga de coordinar la política federal en materia hidráulica y dentro de sus funciones, esta la de dar asistencia técnica de los proyectos de construcción, operación y rehabilitación de los sistemas municipales de agua potable y alcantarillado.

a) Disposiciones Legales y Requerimientos

1. Ley de Aguas Nacionales (LAN) y Reglamento

Tiene su origen en La Ley sobre Irrigación promulgada en 1926. Y sustituye a la Ley Federal de Aguas de 1972, esta Ley entró en vigor el 2 de diciembre de 1992, sin olvidar que su marco legislativo tiene su fundamento en el artículo 27 de la Constitución

Política de los Estados Unidos Mexicanos y reglamenta los párrafos quinto y sexto. La Ley de Aguas Nacionales se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992 y su Reglamento el día 12 de enero de 1994.

Dentro de la LAN la parte que esta relacionada con el uso del agua público urbano es en el título sexto, "Usos del Agua" en el capítulo 1 artículos 44, 45, 46, y 47 y en los cuales se dice en forma clara que el uso o aprovechamiento de aguas nacionales superficiales o del subsuelo se efectuarán mediante asignación que otorgue la "Comisión" y en la cual se asignará en su caso la forma de garantizar el pago de las contribuciones, productos y aprovechamientos que se establecen en la legislación fiscal. Así mismo el artículo 47 marca que las descargas de aguas residuales estarán sujetas a lo dispuesto en el título séptimo "Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas". Capítulo único, en sus artículos del 85 al 96. que en conjunto dicta la promoción y ejecución de las medidas y acciones necesarias para proteger la calidad del agua.

Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

Esta disposición tiene como objeto reglamentar la Ley de Aguas Nacionales; y en su artículo 1º explica la utilización de los siguientes vocablos, cuando se refiere:

"Ley" significa.- Ley de Aguas Nacionales

"Reglamento" significa.- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

"La Comisión" significa.- Comisión Nacional del Agua

"Registro".- Registro Público de Derechos de Agua

Los artículos relacionados en este reglamento con el uso público urbano del agua, la prevención y control de la contaminación de las aguas, así como las infracciones, sanciones y recursos se encuentran en el título sexto, capítulo I artículos del 81 al 86. Título séptimo, capítulo único, artículos del 133 al 156 y el título décimo capítulo I, artículos 182 al 187 respectivamente.

2. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

Los principios de la política ecológica en México y los instrumentos para su aplicación están contenidos en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, siendo el antecedente más próximo de esta Ley fue lo realizado en diciembre de 1983, donde se presentó una iniciativa de Reformas y Adiciones a la Ley Federal de Protección al Ambiente.

Por otra parte la Reforma a los artículos 27 y 73 fracción XXIX-G Constitucionales, abrieron las condiciones a una nueva Legislación al ampliar la protección al ambiente, la preservación y restauración del equilibrio ecológico. También contempla la descentralización mediante un sistema de concurrencia entre la Federación, las entidades federativas y los municipios al otorgarle las facultades de prevenir y controlar la contaminación de la atmósfera y de las aguas en especial de

consumo humano, además de prevenir y controlar la contaminación por ruido, energía térmica, vibraciones, olores y luces así como crear zonas de reserva ecológica.

Esta Ley esta estructurada en seis títulos, el primero esta destinado a establecer las disposiciones generales, el segundo a regular las áreas naturales protegidas, el tercero se refiere al aprovechamiento racional de los elementos naturales, el cuarto a la protección del ambiente, el quinto a la participación social y el sexto a las medidas de control , seguridad y sanciones.

De acuerdo a lo anterior, las facultades que tiene el Gobierno Federal, en 1994 se publicó un decreto para proteger a la Laguna de Términos, situación que implica restricciones en la eliminación de aguas residuales de Ciudad del Carmen, ya que una buena parte de esta extensión de territorio urbano es colindante con esta Laguna.

Para poder llevar acabo la realización de proyectos, obras o actividades públicas o privadas que puedan causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones señalados en los reglamentos y la normas emitidas por la federación para proteger el ambiente estas estarán sujetas a una previa autorización por parte de las autoridades competentes a través de un estudio de impacto ambiental, así como de las limitaciones o requisitos que deberán observar. Además de que en la misma Ley se tiene previsto la creación de Areas Naturales Protegidas.

Decreto "Area de Protección de Flora y Fauna de la Laguna de Términos"

El 6 de Julio de 1994, fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el decreto que declara Area de Protección de Flora y Fauna a la Laguna de Términos, que tiene una extensión de 705,016.51.25 hectáreas y que se encuentra ubicada en los municipios de Carmen, Palizada y Champotón del Estado de Campeche.

La relación con este Decreto, se encuentra en los artículos 13 y 18, y en especial en el 12, este artículo se refiere a que queda limitado el uso, explotación y aprovechamiento de las aguas nacionales ubicadas en el área de protección.

El Programa de Manejo y Ordenamiento Ecológico del Area de Protección de Flora y Fauna de la Laguna de Términos esta en vigor desde el 21 de Febrero de 1997.

3. Ley General de Salud

Esta Ley reglamenta el artículo cuarto constitucional; y la parte que se encuentra involucrada con esta tesis se encuentra en el capítulo cuarto artículo 121 'Efectos del Ambiente en la Salud' que dice: "Las personas que intervengan en el abastecimiento de agua potable y avenamiento de los edificios habitados, excepto en los casos que determinen las disposiciones generales aplicables.

A continuación se presenta en varios cuadros el resumen del marco normativo, así como la normatividad en el sistema de alcantarillado.

Esto en conjunto marca las bases legales sobre las cuales se deberá alinear el proyecto, situación que deberá ser considerada en forma estricta para cualquier modificación del mismo o para nuevos desarrollos.

cuadro n° 7

Marco Normativo en materia de Aguas Nacionales

FUNDAMENTO CONSTITUCIONAL	DISPOSICION JURIDICA	VIGENTE A PARTIR DE	REGLAMENTO EN LA MATERIA	ESPECIFICACION NORMATIVA	AUTORIDAD COMPETENTE
ARTICULO 27	LEY DE AGUAS NACIONALES (LAN)	2/XII/92	REGLAMENTO DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES (publicada en d.o.f. enero de 1994)	NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM)	COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA)
ARTICULO 27 Y MODIFICACION AL ARTICULO 7	LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE (LGEPA)	28/I/88	REGLAMENTO DE IMPACTO AMBIENTAL (publicada d.o.f. Junio 7 de 1988)	NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM)	SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE DE LOS RECURSOS NATURALES Y PESCA (SEMARNAP)
ARTICULO 7	LEY ORGANICA DE ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL		LEY ORGANICA DE LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE CAMPECHE	BANDO DE POLICIA Y BUEN GOBIERNO	MUNICIPIO
ARTICULO 4	LEY GENERAL Y DE SALUD	1/VII/84	REGLAMENTO PARA ESTABLECIMIENTO DE SERVICIOS	NORMAS OFICIALES MEXICANAS	SECRETARIA DE SALUD(SS)

FUENTE : Elaboración Propia

**Disposiciones Legales
para Servicios de Agua Potable**

DISPOSICION JURIDICA	REFERENCIA	OBBLIGACION ESPECIFICA
LEY DE AGUAS NACIONALES	ART. 20-27 CONSECCION Y ASIGNACION	REFERENTE A LAS CONSECCIONES QUE SERAN OTORGADAS POR EL EJECUTIVO FEDERAL A TRAVES DE LA COMISION PARA LA EXPLOTACION, USO Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS NACIONALES
	ART. 24	REFERENTE AL TERMINO DE LA CONSECCION O ASIGNACION DE NO SERA MENOR DE 5 AÑOS NI MAYOR DE 50.
	ART. 26-27	REFERENTE A MOTIVOS DE SUSPENSION O REVOCACION, DE LA CONSECCION O ASIGNACION.
	ART. 44	REFERENTE A LA FORMA DE GARANTIZAR EL PAGO DE LAS CONTRIBUCIONES DEL APROVECHAMIENTO DE ACUERDO A LA LEGISLACION FISCAL
ART. 20-27 CONSECCION Y ASIGNACION	ART. 119 INFRACCION Y SANCIONES FRACC. XII FRACC. XIV	REFERENTE A LAS ASIGNACIONES POR: SUMINISTRAR AGUAS NACIONALES PARA CONSUMO HUMANO QUE NO CUMPLAN CON LAS NORMAS DE CALIDAD CORRESPONDIENTES, POR ARROJAR, DEPOSITAR O INFILTRAR SUSTANCIAS QUE CONTAMINEN LAS AGUAS DEL SUBSUELO
	TITULO VII CAP. UNICO ART. 133 A 156	PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS

FUENTE : Elaboración Propia.

**Normativa Ambiental
en materia de Agua Potable y Sistemas de Abastecimiento**

NORMAS OFICIALES MEXICANAS	FECHA DE EMISION	OBBLIGACION ESPECIFICA
NOM-012-SSA1-1993	12 DE AGOSTO DE 1994	REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO PUBLICOS Y PRIVADOS.
NOM-012-SSA1-1993	12 DE AGOSTO DE 1994	PROCEDIMIENTOS SANITARIOS PARA EL MUESTREO DE AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PUBLICOS Y PRIVADOS.
NOM-012-SSA1-1993	6 DE ENERO DE 1995	ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A CUERPOS RECEPTORES PROVENIENTES DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO MUNICIPAL.
NOM-012-SSA1-1993	15 DE AGOSTO DE 1995	SALUD AMBIENTAL: AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO (LIMITES PERMISIBLES) DE CALIDAD Y TRATAMIENTO A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION.

FUENTE : Elaboración Propia

cuadro n° 10

**Ley Federal de Derechos
en materia de Agua**

Contiene los derechos por uso o aprovechamiento de bienes de dominio público de la nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales.

LEY FEDERAL DE DERECHOS EN MATERIA DE AGUA 1994 SNCP	CAP. XIV ART. 276 A 285	DERECHOS POR USO O APROVECHAMIENTO DE BIENES DEL DOMINIO PUBLICO DE LA NACION COMO CUERPOS RECEPTORES DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
--	----------------------------	--

FUENTE : Elaboración Propia

cuadro n° 11

**Disposiciones Jurídicas
de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente**

DISPOSICION JURIDICA	REFERENCIA	OBLIGACION ESPECIFICA
LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE	ART. 117 AL 133 CAP. II	PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICAS.
	ART. 117	LAS AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN URBANO DEBEN RECIBIR TRATAMIENTO PREVIO A SU DESCARGA EN CUERPO RECEPTOR.
	ART. 118	LOS CRITERIOS PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA, SERÁN CONSIDERADOS EN LA FORMULACIÓN DE LAS NOM QUE DEBERÁN SATISFACER EL TRATAMIENTO DEL AGUA PARA EL USO Y CONSUMO HUMANO.
	ART. 120	PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA QUEDAN SUJETAS A REGULACIÓN FEDERAL O LOCAL LAS DESCARGAS DE ORIGEN MUNICIPAL, LAS INFILTRACIONES QUE AFECTEN LOS MANTOS ACUIFEROS, EL VERTIMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN CUERPOS RECEPTORES Y CORRIENTES DE AGUA.
	ART. 123	TODAS LAS DESCARGAS EN LOS CUERPOS RECEPTORES DEBERÁN SATISFACER LAS NOM QUE SE EXPIDAN O EN SU CASO LAS CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA.
	ART. 128	LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL ALCANTARILLADO URBANO PODRÁN UTILIZARSE EN LA INDUSTRIA Y LA AGRICULTURA SI SE SOMETEN AL TRATAMIENTO QUE CUMPLA CON LA NOM0067-ECOL-1994 QUE ENTRARA EN VIGOR EL 1 DE ENERO DE 2000.
	ART. 133	LA CNA CON LA PARTICIPACIÓN DE LA SECRETARÍA DE LA SALUD, SI CORRESPONDE, EFECTUARÁN UN SISTEMÁTICO Y PERMANENTE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA.

FUENTE : Elaboración Propia.

SEGUNDA PARTE
EVALUACION SOCIAL DEL SISTEMA INTEGRAL
HIDROSANITARIO EN CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE

CAPITULO III
ESTUDIO TECNICO

CAPITULO III

ESTUDIO TECNICO

A. CARACTERISTICAS TECNICAS DE UN EFICIENTE SISTEMA HIDROSANITARIO

Un Sistema Hidrosanitario Urbano es un servicio público esencial para el desarrollo de una localidad; ya que tiene como función *dotar* de agua potable a la población, *desalojar* y *eliminar* las aguas residuales.

Componentes de un sistema hidrosanitario urbano.- Para que el sistema hidrosanitario proporcione esos servicios, se requiere la integración de las obras civiles de los 3 siguientes subsistemas:

- a) Sistema de Abastecimiento de Agua Potable
- b) Sistema de Desalojo de Agua Residual
- c) Planta de Tratamiento de Agua Residual

Significa que el sistema hidrosanitario debe ser planeado de forma integral, es decir deben contener el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y del tratamiento de agua residual antes de su disposición; y en caso de ser una zona con régimen pluvial abundante también debe diseñarse un sistema de drenaje pluvial.

En México existen diferentes especificaciones legales que reglamentan y norman el manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales nacionales. Para el caso de la construcción de un Sistema Hidrosanitario, existen diversas disposiciones en materia de agua, que tienen su fundamento del artículo 27 constitucional. Así como en el título quinto, "de los Estados de la Federación" del artículo 115, párrafo tercero, que: los municipios con el concurso de los Estados cuando así fuere necesario tendrán a su cargo entre otros, el servicio público de agua potable y alcantarillado, este aspecto se mencionará mas adelante. A continuación se especifican las características desde el punto de vista técnico de los componentes de un sistema hidrosanitario.

a) Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

El sistema de abastecimiento de agua potable, se debe considerar como la primera parte de lo que es un sistema hidrosanitario urbano, aunado al conjunto de instalaciones hidráulicas y sanitarias de las edificaciones de la población; la segunda parte es el sistema de alcantarillado de la propia población que necesariamente debe incluir una planta de tratamiento para el agua residual, representando la tercera y última parte del sistema integral.

La definición de sistema de abastecimiento de agua potable, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-02-SSA1-1993 Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados¹⁷ .- " El Sistema de Abastecimiento de Agua Potable es un conjunto intercomunicado o interconectado de fuentes, obras de captación, plantas cloradoras, plantas potabilizadoras, tanques de almacenamiento y regulación, líneas de conducción y red de distribución"

cuadro nº 12

Componentes de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

1. Fuentes de Abastecimiento	<p>Se refiere a los distintos tipos de agua disponibles, ya sea superficial o subterránea .</p> <p>La selección es una decisión económica, seleccionando jerárquicamente entre diferentes alternativas, las que representen el menor costo para la población durante el periodo de operación en función de los siguientes aspectos :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con la calidad del agua de la fuente con relación a las Normas Oficiales de calidad para este rubro, en caso que existieran diferentes alternativas, se tomara aquella fuente que cumpla con las Normas que represente el menor costo de potabilización. • Disponibilidad en cantidad y calidad de agua, ya sea superficial o subterránea, que pueda proporcionar la dotación constante y uniforme para satisfacer la demanda requerida. • Considerar, tipo, distribución y costo de las obras de captación necesarias para aprovechar el recurso agua. • Evaluación del costo beneficio, como criterio de rentabilidad de inversión.
2. Obra de captación	La obra civil es aquella que diseña y construye para captar y aprovechar el agua en las diversas etapas del abastecimiento.
3. Línea de conducción	Los diferentes tipos de ductos que pueden utilizarse para transportar el agua a lo largo del sistema de abastecimiento, desde la obra de

¹⁷Diario Oficial de la Federación 12 de agosto de 1994

	<p>captación hasta la red de distribución.</p> <p>Dispositivos complementarios al sistema: Válvulas de admisión o expulsión de aire, válvulas de operación y control de retención, de mariposa, de compuerta, de globo, juntas, atraques, apoyos, codos, tes, ampliaciones, extremidades.</p>
4. Planta potabilizadora	<p>Las obras de ingeniería que se diseñan y construyen para mejorar la calidad natural del agua captada, con el objeto de cumplir con los parámetros establecidos en las Normas Oficiales de Calidad requeridas, para su posterior entrega al consumidor.</p> <p>REF. Norma Oficial Mexicana NOM-129-SSA1-1994</p> <p>En general las plantas potabilizadoras pueden clasificarse :</p> <p>Plantas de Ablandamiento Plantas de Clarificación Plantas Desaladoras.</p>
5. Tanque de Regularización o de Regulación	<p>Tanque superficial o elevado con una capacidad adecuada para satisfacer la demanda variable de agua de la población a lo largo del día; se incluye como componente de la red de distribución.</p>
6. Red de Distribución	<p>El conjunto de tuberías, válvulas y otros dispositivos que permite distribuir el agua a todos los consumidores de la población. Las tuberías son generalmente de Asbesto-cemento, PVC o polietileno, y en casos especiales de acero.</p> <p>Piezas especiales : cruces, tes, ampliaciones, extremidades, válvulas, cajas contra incendio.</p> <p>Las redes de distribución se clasifican, según su funcionamiento en :</p> <p>*Redes Abiertas o Ramificadas : Se utilizan en poblaciones muy pequeñas, pero son inconvenientes.</p> <p>*Redes Cerradas o formando Circuitos :para poblaciones de cualquier tamaño.</p>

Fuente: Ing. Enrique Heras Herrera, "Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable" material de clase, Departamento de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería UNAM, 1995 y DOF 12 de agosto de 1994

En cuanto a la potabilización, ésta se define como: el conjunto de operaciones y procesos, físicos y/o químicos que se aplican al agua a fin de mejorar su calidad y hacerla apta para uso y consumo humano. La selección de su proceso depende de la calidad exigida por las Normas Oficiales, la calidad natural del agua de la fuente de abastecimiento, tomando en cuenta sus variaciones estacionales y sus posibles cambios a futuro durante el horizonte de proyección del proyecto, así como los costos relativos de los diferentes procesos alternativos, y de las características regionales o locales relativas a legislación aplicable, disponibilidad de personal calificado para construcción y operación.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

✦ **Agua para uso y Consumo Humano**

Características

Agua potable, es el agua cuyas características deben ser tales que, al ser ingerida no causa efectos nocivos a la salud, para esto debe cumplir con los requisitos en cuanto a sus características bacteriológicas, organolépticas, fisico-químicas y elementos radiactivos contenidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano - límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización" DOF¹⁸ (cuadro n°13 y 14)

Esta norma establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.

cuadro n° 13

Límites Permisibles de características

Bacteriológicas	
Organismos coliformes totales	2 NMP/100 ml. 2 UFC/100 ml.
Organismos coliformes fecales	No detectable NMP/100 ml. Cero UFC/100 ml.
Organolépticas	
Color	15 unidades de color verdadero en la escala de platino cobalto.
Olor y Sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico y químico)
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.
Radiactividad	
Radiactividad Alfa Global	0.1
Radiactividad Beta Global	1.0

Fuente : Diario Oficial de la Federación 15/III/ 94 pag.109-111

¹⁸ Diario Oficial de la Federación, México 15 de agosto de 1994.

**Limites Permisibles de Características
Químicas**

	Límite Permisible mg/l
Aluminio	0.20
Arsénico	0.05
Bario	0.07
Cadmio	0.005
Cianuros (como CN ⁻)	0.07
Cloruro residual libre	<u>0.5-1.00</u> (después de un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos)
Cloruros (como Cl ⁻)	350.0
Cobre	2.00
Cromo total	0.05
Dureza total (como CaCO ₃)	500.0
Fenoles o compuestos fenólicos	0.001
Hierro	0.30
Fluoruro (como F ⁻)	1.50
Fosfatos (como PO ₄ ⁼)	0.10
Manganeso	0.10
Mercurio	0.001
Nitratos (como N)	10.00
Nitrito (como N)	0.05
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.50
Oxígeno consumido en medio ácido	3.00
pH	6.5-8.5
Plaguicidas en microgramos/l Aldrin y dieldrin (separados o combinados)	0.03
Clordano (total de isómeros)	0.03
DDT (total de isómeros)	1.00
Gamma-HCH (lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	0.01
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.03
**etoxicloro	20.00
*4 - D	50.00
Cromo	0.025
Sodio	200.00
Sólidos disueltos totales	1000.00
Sulfatos (como SO ₄ ⁼)	400.00
Sustancias Activas al Azul de Metileno	0.50
**halometanos totales	0.20
Zinc	5.00

Fuente : Diario Oficial de la Federación 15 de agosto 1994

b) Sistema de desalojo de Agua Residual: Alcantarillado

En las localidades urbanas en las que sus servicios iniciados con un precario o ineficiente abastecimiento de agua potable, si no existe un sistema de desalojo municipal se satisfacen paulatinamente las necesidades de descarga a costa del medio ambiente, es por ello que debe plantearse paralelamente el problema de abastecimiento de agua potable y la forma de desalojo de agua residual, así como su tratamiento antes de su descarga, sea cual fuera su cuerpo receptor. Es importante mencionar que técnicamente el término de agua residual significa agua usada en industrias y en servicio doméstico; el agua de éste último se le denomina agua negra, que a su vez se compone de agua servida o gris y de agua con excreta.

Es a partir de la proyección de obras escalonadas como se logra un equilibrio económico, entre las erogaciones y las recuperaciones, optimando así los recursos. Un importante aspecto que genera beneficios indirectos tanto a nivel privado como usuario, así como social es la conservación del medio ambiente en sentido de equilibrio ecológico como consecuencia de la planeación adecuada de manejo de recursos, y por supuesto mediante la ayuda la planeación estratégica de los recursos económicos.

Cuando se habla de la evacuación de agua negra es hablar del sistema de agua potable, ya que entre ambos forman un mismo proceso, lo que significa que el cobro del servicio debe ser un costo marginal por m^3 por abastecimiento lo suficiente para pagar sus costos de producción, así como los de descarga y tratamiento; ya que el consumo de agua potable, es dependiente de la infraestructura hidrosanitaria con la se que cuenta, es decir que entre más eficiente sea el sistema de desalojo mayor será el consumo de agua. Técnicamente se considera que del agua que llega a la población para consumo doméstico (dotación) del 75 al 85% es la que tiene que desalojarse (aportación) a través de un sistema de alcantarillado.

Se le designa con el nombre de Alcantarillado Sanitario ó Drenaje a la construcción de una red de conductos para la eliminación de las aguas negras o servidas, que genera la población en cualquiera de los tres tipos de uso del agua : doméstica, industrial o comercial; y a la red que conduce el agua de lluvia se le llama Alcantarillado Pluvial, este sistema se proyecta y construye en caso de que sea una zona con régimen pluvial abundante, para evitar daños y molestias que ocasiona el escurrimiento superficial de la precipitación pluvial.

El desalojo y conducción de las aguas negras y pluviales de una localidad se resuelve generalmente en forma separada, ya que las primeras deben someterse a tratamiento previo a su descarga y/o reutilización, y las segundas pueden ser simplemente usadas para riego o descargadas ; sin embargo existen proyectos de construcción de un Sistema Combinado de Alcantarillado, pero debe contemplarse es casos estrictamente necesarios desde el punto de vista económico.

◆ Tipos de sistemas de desalojo de agua pluvial y negra

Existen diferentes formas de diseño para la descarga y conducción de agua usada o pluvial en una localidad urbana, cada diseño de obra civil, debe cubrir eficientemente en la mayor medida los requerimientos de desalojo de la población, evaluar la mejor alternativa crea beneficios directos para la sociedad en su conjunto.

cuadro n°15

Tipos de Sistemas de Desalojo de Agua Pluvial y Agua Negra Doméstica

Usado para sistemas sanitario combinados	Elimina bombeo óptimo en áreas de topografía irregular y plana	Requiere largos colectores, líneas principales, tiene dificultad de expandirse.
Para sistemas sanitarios combinados, para recoger aguas pluviales escasas. Requiere cauces naturales para encauzar el agua que no puede captar.	Permite una sola planta de tratamiento.	Requiere largos colectores principales. Dificultad de expansión y peligro de contaminación.
Para sistemas sanitarios independientes o combinados. Usado en terrenos planos	Fácil de expandirse	Requiere varias plantas de tratamiento
Raramente usado para sistema combinado por dificultad de expansión	Permite una sola planta de tratamiento. Concentra el caudal en una sola descarga.	Dificultad de expansión
Raramente usado en sistemas combinados	Tiene la más pequeña ruta de desalojo. Permite disposición directa de grandes caudales de lluvia.	Peligro de contaminación. Requiere múltiples plantas de tratamiento.

Fuente: Ing. Fernando Ruiz Arriaga, "Sistemas de Alcantarillado" material de clase, Departamento de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería UNAM, 1995

† Tipos de sistemas superficiales de conducción de agua pluvial

Los sistemas de desalojo de agua pluvial superficial tienen ciertas ventajas económicas, pero en zonas con régimen pluvial abundante deben evaluarse tales ventajas vs. costos que provocan las molestias por inundaciones, tanto a nivel privado como sociales.

Los diseños de sistemas de desalojo superficial de agua pluvial son los siguientes :

cuadro n° 16

Sistema de Desalojo Superficial de Agua Pluvial

E.V.		
Control inmediato de aguas de lluvia hasta conducirlos por tubería, si es necesario.	Dirigir escurrimiento a las cunetas	Escorrimiento superficial por pendiente, la cuneta controla el agua en la dirección deseada
Los andadores serán con pendiente para mantener al peatón sin pisar sobre charcos y para coleccionar el agua de lluvia	La calle lleva una curvatura al centro para permitir el paso vehicular y controlar el agua hacia las cunetas laterales	Las zanjas tienen requerimientos estándares localizados usualmente en los lados de la calle para recibir el agua. Cunetas de 15 a 25 cm para concentrar el agua en volúmenes deseados que vierte en tuberías de diámetro previsto.
Bueno para lugares en donde llueve poco	Tiene economía en diámetro de tubería	Economía para conducción de agua pluvial. Bueno para lugares en donde llueve mucho.
Mucha agua de lluvia inunda las banquetas	Tiene uso múltiple en un sistema existente que requiere mantenimiento	Requiere mantenimiento constante.

Fuente: División de Ingeniería Civil, Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería "Normas de Proyecto para obras de Adecuación Sanitaria en Localidades Urbanas de la República Mexicana" UNAM 1963

◆ Componentes de un sistema de alcantarillado sanitario

El diseño del sistema de alcantarillado se debe contemplar como un conjunto de sistemas colectores interdependientes vinculados entre sí a través de colectores principales; ya que el sistema debe ofrecer la posibilidad de ir desarrollándolo por etapas siguiendo una estrategia de planeación urbana de la zona implementada en los planes regionales de desarrollo.

La planeación presupone una jerarquización en la instalación de tuberías de acuerdo con la capacidad y funcionalidad que tendrán dentro del sistema.

En función de los niveles de necesidad del servicio y en función de la construcción del sistema de agua potable, es conveniente determinar la etapa inicial del servicio, procurando que las líneas de tubería principales se construyan desde la primera etapa para que sean útiles en etapas posteriores. Esto es lo que da forma a la metodología de evaluación, que en el Capítulo IV se aborda, donde se denota la importancia de tener consistencia en las proyecciones de diseño construcción de ambos sistemas para construir sistemas hidrosanitarios urbanos eficientes.

Dentro de los componentes de la red de alcantarillado sanitario para desalojo agua residual domiciliar se encuentra una red de conductos que generalmente son tubos de sección circular fabricados de concreto simple o armado, según sea su diámetro y la profundidad a que se instalen, empleándose sólo por requerimientos técnicos en zonas de algunas localidades con características edafológicas especiales, la fabricación es de Asbesto-cemento, barro cocido sin vitrificar o vitrificado, o de plástico PVC.

Los conductos del sistema se dividen de acuerdo a la función que tienen dentro del desalojo, y de ello depende el diámetro con que se instalarán, así una red puede ser de material similar de acuerdo a las características del suelo ó variado. Dejando la red de atarjeas, como costo privado aunque con especificación técnica de su diámetro y material.

**Componentes de Un Sistema
de Alcantarillado Sanitario Urbano**

Conexión domiciliar del sistema	Tuberías de acceso para el servicio domiciliario 4" Ø mínimo
Captar las aguas de desecho y encauzarlas a líneas principales	Tubería a profundidad Concentra las aguas de las líneas principales Tuberías de 8" Ø mínimo. Tuberías de 6" Ø si <u>no</u> se planea expansión.
Acceso a visita y limpieza en puntos de cambio de velocidad y pendiente o cambio de dirección.	Tuberías de 0.6 a 1.0 metros (M) de Ø cada 90 a 120 M, si la tubería es menor a 24" Ø se separan de 180 M ó mas requerido en todos los cambios de dirección y de nivel o elevación, puede servir para proteger excesos de velocidad del escurrimiento.
Forzar el envío a un nivel más alto, evita tubería profunda..	Opcional según pendientes del terreno para redes o topografía. Eleva costos por uso de energía eléctrica e instalación y mantenimiento de equipo.
Capta el flujo de líneas de colección.	Captación directa de aguas residuales. Líneas a poca profundidad. Diámetros menores, de tubería . Poca pendiente de redes.
Capta el flujo de los Subcolectores	En el sistema, todas las líneas laterales y de servicio deben estar arriba de la principal para economía de flujo. Tubería de mayores diámetros, pues concentra las aguas de líneas laterales.

Fuente: Fuente: División de Ingeniería Civil, Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería "Normas de Proyecto para obras de Alcantarillado Sanitario en Localidades Urbanas de la República Mexicana" UNAM 1993

Los datos básicos para el diseño técnico de un Sistema Hidrosanitario son :

Sistema de abastecimiento de agua potable

1. Población según el último censo oficial	n° de habitantes
2. Población actual	n° habitantes
3. Población del Proyecto	n° habitantes
4. Dotación de Agua Potable	litros/ habitante/día
5. Gasto o Caudal requerido por la población :	
Medio diario	litros por segundo
Máximo diario	lps
Máximo horario	lps
6. Velocidades: Mínima y Máxima	metros por segundo
7. Longitud de Red	metros

Sistema de alcantarillado sanitario

1. Población según el último censo oficial	n° de habitantes
2. Población actual	n° habitantes
3. Población del Proyecto	n° habitantes
4. Dotación de Agua Potable	l/h/d
5. Aportación 75 a 80% de Dotación (Es el agua negra doméstica)	l/ h/d
6. Gastos de Agua Residual :	
Mínimo	litros por segundo
Medio	lps
Máximo Instantáneo	lps
Máximo Extraordinario	lps
7. Velocidades : Mínima y Máxima	metros por segundo
8. Diseño de Sistema	Combinado o Separado
9. Sistema de Eliminación	Gravedad y/o Bombeo
10. Longitud de Red	metros
11. Coeficientes de Previsión o seguridad	1.5
12. Naturaleza del sitio de vertido o disposición	
13. Tipo de Tratamiento requerido	

Estos son a grosso modo los datos primordiales para elaborar el diseño de obra del sistema, el punto de población merece una atención especial, ya que el tamaño y la construcción gradual deben ser lo mas precisas posibles, para no generar erogaciones innecesarias y así evitar costos sociales.

El sistema hidrosanitario para la población debe ser diseñado obviamente, para servir eficientemente a futuro a un número mayor de habitantes. El tiempo de proyección que define el horizonte del proyecto se determina en razón de la vida útil operativa de los materiales y equipo mecánico necesarios para el funcionamiento correcto del sistema.

Para evitar caer en costos de reparaciones innecesarias y no generalizar en el tiempo de vida útil de los componentes del sistema, se deben considerar específicamente las condiciones particulares del caso a través de un estudio de factibilidad técnico-económica. Pero generalmente el horizonte económico del proyecto es de 20 a 30 años, respecto a las obras civiles y de 12 a 15 años referente a el equipo mecánico. En cuanto a la estimación del número de población de proyecto, ésta se debe estimar para un período económico de 15 a 20 años, en relación a el costo futuro probable de las obras y de las características de la localidad en cuanto a su posible desarrollo como son las condiciones económicas y migratorias.

c) Disposición y Tratamiento de Agua Residual

La planta de tratamiento municipal es el tercer componente del Sistema Hidrosanitario Urbano y es vital para el control de la contaminación y sus consecuencias, ocasionada por la descarga de agua residual municipal.

La construcción de una planta de tratamiento para el agua residual, es indispensable no solo para evitar contaminación sino también para mantener el equilibrio del ambiente, y consecuentemente de las actividades socioeconómicas y recreativas, que en él se sostiene.

En México, como ya se mencionó, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1988), en concurrencia con otras leyes federales y estatales, han promulgado una serie de reglamentaciones y normas oficiales relativas al control de las descargas de aguas residuales de todo tipo tales como las municipales, industriales, agrícolas, pecuarias. Una de esas reglamentaciones faculta a los municipios para hacerse cargo del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, recomendando la construcción y operación de una planta de tratamiento de agua residual.

Ya que la ejecución de las obras del sistema hidrosanitario, implica una erogación alta, y en razón de que las Normas Mexicanas, establecen la instalación obligatoria de las plantas de tratamiento municipales, se debe considerar para su construcción, la evaluación de su ejecución con la visión de tener el costo mínimo en función del Tiempo Óptimo de Construcción, a través del valor actual neto como indicador de rentabilidad; y en casos como el presente en que se requiere urgentemente, entonces en función del tipo de tratamiento y de las tecnologías disponibles, de distintas alternativas de acuerdo al criterio de Mínimo Costo Equivalente.

En cuanto a la descarga de agua residual, se debe cumplir con la Norma Oficial Mexicana 001-ECOL-1996. Esta norma abrogó varias normas en materia de descarga, como las que establecían los límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola (NOM-CCA-032-ECOL/1993), así como la que establecía las condiciones bacteriológicas para el uso de aguas residuales de origen urbano o municipal o de la mezcla de estas con la de los cuerpos de agua, en el riego de hortalizas, y productos horto-frutícolas (NOM-CCA-033-ECOL/1993) y la que establece los límites máximos

permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de los sistemas de alcantarillado o drenaje municipal (NOM-067-ECOL-1994).

Sin embargo las especificaciones de aquellas continúan vigentes, pero formando parte de una misma norma; como por ejemplo las especificaciones para descarga de agua residual proveniente de sistemas de alcantarillado o drenaje municipal en la tabla n°4 de la mencionada NOM, se presentan las condiciones de descarga para poblaciones hasta 80,000 habitantes, y mayores, así como las condiciones particulares de descarga, los parámetros y condiciones para muestreo y los métodos de prueba; indicando como fecha límite de rigurosa ejecución el 1 de enero del 2000 para el caso de poblaciones de más de 50,000 habitantes.

◆ Tipos de Plantas de Tratamiento

Una planta de tratamiento para **aguas residuales municipales**, es el conjunto de obras o estructuras civiles con equipos hidráulicos, mecánicos, eléctricos o de otros tipos, en donde las aguas residuales, se someten a diversas operaciones o procesos unitarios de los diferentes niveles de tratamiento, con el objeto de mejorar secuencialmente la calidad del agua residual cruda hasta obtener la calidad necesaria a fin de reutilizarla o descargarla al ambiente con un cierto grado de calidad establecido, o para cumplir con especificaciones requeridas por las condiciones del cuerpo receptor; o tal vez para cumplir con ambas.

En función del grado de calidad requerido, se debe seleccionar una alternativa de proceso de tratamiento, existen 3 clasificaciones de procesos :

- 1) **Tratamiento preliminar o preparatorio.**- mejora la calidad física de las aguas residuales mediante la remoción de los sólidos flotantes o suspendidos de tamaño relativamente grande. Ejemplo : cribado, desarenado, igualación al gasto.
- 2) **Tratamiento primario.**- es la remoción de la mayoría de los sólidos suspendidos, esta remoción puede o no estar acompañado del tratamiento de lodos obtenidos con la remoción mencionada. Ejemplo : sedimentación simple, separación de aceite, flotación, filtración simple.
- 3) **Tratamiento secundario.**- es a través de un procedimiento de tipo biológico, es el que *permite cumplir con la legislación, en cuanto a las necesidades de calidad para la descarga.* Consiste en la separación a un alto grado de los sólidos orgánicos disueltos contenidos en las aguas residuales. Este proceso casi siempre está complementado por el tratamiento de los lodos resultantes de dicha separación. Ejemplo : lodos activados en todas sus variantes, filtros rociadores, discos biológicos, zanja de oxidación, lagunas de estabilización, reactores anaerobios.
- 4) **Tratamiento terciario.**- es la remoción, mediante procesos fisico-químicos de los materiales en suspensión muy fina (principalmente coloides) o de inorgánicos en

solución. Este proceso puede consistir en una serie compleja de varios procesos independientes. Ejemplo : adsorción en carbón activado, oxidación química, nitrificación, intercambio iónico, ósmosis inversa, electrodiálisis, destilación, ozonización.

La selección del tipo de planta que se requiere depende de los requisitos legales en cuanto al grado de calidad que debe tener el agua para su descarga en determinado cuerpo de agua.

- La cantidad de agua cruda o residual que debe de tratarse.
- Las características del lugar o del terreno disponible para la construcción de la planta, en extensión, forma geométrica, configuración topográfica, condiciones geotérmicas y geohidrológicas, el uso actual del terreno, y las implicaciones de ampliación.
- Los costos de operación del tipo de proceso, son determinantes para la decisión de una planta de tratamiento, ya que como en el caso del tipo de tratamiento terciario, aunque es muy eficiente, el altísimo el costo de operarla; y para el caso de una planta de servicio municipal, es incosteable, su instalación, ya que el tiempo de recuperación sería tal vez mayor al horizonte de proyecto, dada la forma de pago y tarifas que pagan los usuarios.

d) Organismo Operador

Actividades de Operación y Mantenimiento

Las actividades de operación y mantenimiento de las diversas partes del sistema hidrosanitario urbano, deben preverse desde la elaboración del proyecto para facilitar el autofinanciamiento de la operación y ampliaciones futuras y resulten con el menor costo posible.

Un importante componente que necesariamente se requiere para proporcionar un eficiente servicio, es la administración de los recursos físicos y financieros que permitan operar el sistema de manera adecuada, y evitar la derrama de recursos que causen costos sociales. El Organismo Operador del sistema hidrosanitario es el responsable de la administración, la operación y mantenimiento de las obras y equipos del sistema. Para llevar a cabo la eficiencia en dichas actividades es importante entenderlas por su función. La operación se refiere a la ejecución de las actividades externas, es decir, solo se modificará la operación de las obras y equipos, para conseguir el correcto e integral funcionamiento del sistema; el mantenimiento consiste en la realización de actividades internas dentro de las obras o equipos, que modificarán pues las partes constitutivas del sistema. El mantenimiento puede ser preventivo, que debe realizarse necesariamente en determinados periodos a todas las partes del sistema mediante una programación adecuada; o correctivo también llamado reparación de daños, que esta enfocado a la reparación inmediata de cualquier daño que llegará a producirse en obras o equipos del sistema, debido a causas accidentales, representando así un costo por imprevistos para el Organismo Operador, es necesario contar con suficientes recursos, y por ello con mecanismos administrativos y financieros eficientes, que permitan solventar dichas erogaciones.

B. CARACTERISTICAS TECNICAS PARA LA CONSTRUCCION DEL SISTEMA HIDROSANITARIO DE CIUDAD DEL CARMEN.

Como se mencionó en el capítulo I de esta segunda parte, el Sistema Municipal de Agua Potable (SMAP) plantea mejorar el servicio público hidrosanitario de la ciudad, en su documento "Propuesta para el Mejoramiento del Sistema de Agua Potable de Ciudad del Carmen, Campeche" 1995, quien contempla y las siguientes inversiones globales:

Obra	Monto de inversión (millones \$)
Agua Potable	
Mejoramiento del acueducto existente	29
Nuevo acueducto Chicbul II	230
Saneamiento	
Alcantarillado sanitario	50
Alcantarillado pluvial	40
Planta tratadora de agua residual	50
Consolidación del organismo operador	15
Total	414

A causa de esta propuesta, surge esta tesis como alternativa de solución para la problemática de la ciudad, cuyo principal objetivo es aplicar la evaluación socioeconómica a tales proyectos, y proponer otro enfoque para medir la viabilidad de un proyecto de servicio público, ya que generalmente, estos al ser propuestos y llevados a cabo se consideran inversiones no rentables.

La evaluación socioeconómica propone que para cada tipo de proyecto se desarrolle un metodología que permita definir con claridad la conveniencia de llevar a cabo un proyecto, medido a través de los beneficios netos que recibirá la sociedad, en contraste con la posibilidad de no hacerlo, para tratar en lo posible que su rentabilidad sea financiera, pero no a costa del beneficio social, sino a su favor.

A continuación se desarrolla el estudio técnico de los componentes del sistema hidrosanitario de la ciudad, así como su posible solución técnica - económica, y la comparación con la propuesta del organismo operador.

En Ciudad del Carmen no existe un Sistema Hidrosanitario Urbano, el sistema actual de abastecimiento municipal de agua potable, proporciona un servicio ineficiente al 95% de la población, además prácticamente no existe el sistema de alcantarillado sanitario municipal, ya que sólo existen pequeños sistemas privados de desalojo y tratamiento de aguas residuales domésticas y hospitalarias, este sistema lo utilizan solo el 2% de la población; en cuanto al sistema de desalojo de agua pluvial, la ciudad cuenta con un diseño inadecuado e insuficiente, por lo que en época de lluvia se crean graves problemas de inundaciones; por último en materia de tratamiento de agua residual, la ciudad no cuenta con una planta de tratamiento, por lo que las descargas domésticas generan una constante contaminación del ambiente.

Las características geográficas e hidrológicas de la Isla Carmen, así como las características socioeconómicas de Ciudad del Carmen, representan limitantes tanto en el aspecto técnico como económico, ya que la determinación del comportamiento de la demanda es indispensable, para diseñar un sistema eficiente, en cuanto al aspecto técnico los costos se elevan al requerir materiales que eviten la corrosión por el tipo de suelo existente, las conducciones submarinas, así como equipo electromecánico para bombeo ya que la pendiente de la Isla y la Ciudad es prácticamente nula, ya que los sistemas se diseñan para funcionar por gravedad.

a) Sistema Actual de Abastecimiento de Agua Potable en Ciudad del Carmen

Características

- 1) **Fuente.**- El acuífero Chicbul, que es la fuente directa que provee de agua potable a la Ciudad del Carmen, Chicbul se encuentra en la parte continental de Campeche, a 122 km. de distancia al suroeste de esta ciudad y pertenece a la cuenca hidrológica Pital-Escárcega, esta es una fuente de agua subterránea que cuenta con 777 millones de metros cúbicos (Mm³) de agua actualmente (mapa n°6 p. 59).

La extracción anual de la cuenca Pital-Escárcega es de 31.43 Mm³ de los cuales 24.5 Mm³, equivalentes al 78%, se destinan en especial al riego agrícola y 6.93 Mm³ son para el abastecimiento de Ciudad del Carmen, que representa el 22%. Al adicionar a la captación, la recarga del acuífero, por el volumen de precipitación en la zona que es de 2100 mm anuales y por la ventaja de que el suelo es de alta permeabilidad, se deriva la garantía el abastecimiento para varios años. En cuanto a la calidad, también cuenta con las especificaciones requeridas para considerarse fuente de abastecimiento (cuadro n° 18)

- 2) **Captación.**- Esta obra fue construida en el año de 1978, constaba de seis pozos profundos. Y aunque existe uno más que no es utilizado, con estos, se obtiene un promedio de 250 lps de caudal; cada uno de ellos cuenta con un equipo electromecánico y un motor de combustión interna para casos de emergencia, el agua captada se bombea hacia un primer cárcamo ubicado en el poblado Plan de Ayala

Durante 1988 se rehabilitaron los pozos ya existentes, y se incrementó a 300 HP la potencia del equipo electromecánico necesario para su operación.

Estudio Hidrogeológico Regional de los Valles de Chicbul,
Plan del Carmen y Rivera Baja
(Fuentes de Abastecimiento de Agua)

Localidad	Superficie (km ²)	Población (hab.)	Área de captación (m ²)	Caudal total de bombeo (lps)	Duración (hrs)	Composición química	Reserva
CHICBUL	24.24	6.79	247-1840	924	392.6	Ca-88.2 Mg-42.50 Na-33.20	Cl-68.7 SO ₄ -103
RIVERA BAJA	25.70	7.26	804-4110	1132	373	Ca-88.2 Mg-36.7 Na-215.7	HCO ₃ -425 Cl-302 SO ₄ -62.5
PLAN DEL CARMEN	25.66	7.11	500-10000	3254	1223.66	Ca-231.8 Mg-156 Na-587.6	HCO ₃ -539 Cl-674 SO ₄ -1036

Fuente: CNA "Proyecto Ejecutivo de Ampliación y Mejoramiento de la Red de Agua Potable de Cd. del Carmen, Campeche" 1994

Caudales de Extracción

POZO	DATOS DE DISEÑO		DATOS REALES 1994		EFICIENCIA INFERIDA (HP)	UTILIZABLE APROX. (lps)
	Potencia de bomba (HP)	Caudal (lps)	Potencia de bomba (HP)	Caudal (lps)		
1	25	n/d	n/d	n/d	-	-
2	25	n/d	24.16	27.5	-	-
3	60	80	45.10	55.5	75%	69%
4	40	36	17.72	28.1	44%	78%
5	60	80	38.66	49.6	64%	62%
6	50	50	n/d	39.5	-	-
7	40	50	35.44	44.5	89%	89%
8	-	-	-	-	-	-
TOTAL	300	296	161.07	244.7	68%	74.6%

Fuente: CNA. "Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento e Institucional para Cd. del Carmen Campeche, 1994.

n/d: no disponible

Como se puede observar en el cuadro anterior, existe una capacidad instalada de 296 lps aunque se aprovecha es de 245 lps, esto se debe a las constantes descomposturas en el equipo electromecánico, lo que ocasiona que con frecuencia queden sin operar alguno de los pozos, por lo que en promedio solo se obtiene aproximadamente 250 lps.

- 3) **Conducción.**- La longitud de la línea de conducción del agua subterránea es de 122 km, y tiene un diámetro en 118 km. de 24 pulgadas y solo el tramo submarino de 4km tiene un diámetro de 18 pulgadas, este equivale al 3% de toda la línea (cuadro n°20).

**Material y Diámetros en la Línea de Conducción
Acueducto Chicbul I**

cuadro n° 20

	Longitud (km.)	(%)	Diámetro (")	Material
Tramo terrestre 1 CHICBUL - CD. DEL CARMEN	116.8	95.7	24	Asbesto - cemento A-5
Tramo terrestre 2 CRUCE SABANCUY - STA. ROSALIA	1.2	1.0	24	Acero
Tramo submarino ISLA AGUADA - PUERTO REAL	4.0	5.3	18	Acero
	122.0	100		

Fuente: Elaboración propia con datos del Plan Maestro de la CNA edición 1994-5
* ver Abreviaturas.

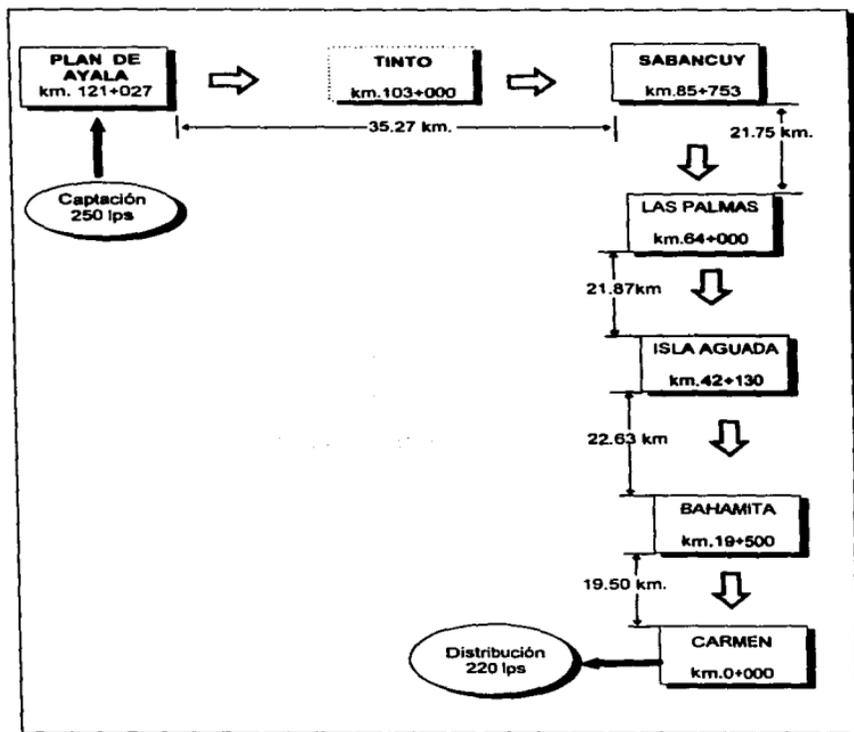
La situación técnica representa dos problemas en la conducción :

- Limita el aprovechamiento de la capacidad instalada en el sistema
- Eleva el costo de operación, ya que se requiere de mayor potencia de bombeo para que se mantenga constante el caudal conducido ; se puede decir también que existe una ventaja en esta tubería, ya que puede soportar una mayor presión y por lo tanto puede incrementarse la velocidad en la conducción.

En cuanto al material que se utilizó para la construcción, en su mayoría fue de asbesto cemento base A-5 en tramos de cuatro metros en una longitud de 116.8 km. y solo en 5.2 km. de acero al carbón grado B de 18 pulgadas, en este mismo tramo se construyó, entre 1993-94 una nueva tubería submarina de 4 km. de longitud paralela a la ya existente con acero al carbón API 5L6X-52 de 24 pulgadas de diámetro por 0.406 pulgadas de espesor de pared, para garantizar cuando menos quince años el abastecimiento de agua para la ciudad.

figura n° 1

Estaciones de Rebombéo en la Línea de Conducción



Fuente: Elaboración propia

Para poder llevar a cabo la etapa de conducción, esta debe realizarse por medio del bombeo a través de cinco estaciones que son : Plan de Ayala, Sabancuy, Las Palmas, Isla Aguada y Bahamita, y se inicia con 250 lps, entrega caudales a diversas poblaciones en un total de 30 lps y termina en el cárcamo central de Ciudad del Carmen entregando 220 lps.

La distancia entre las estaciones de bombeo es variable, a excepción de las dos primeras, Plan de Ayala y Sabancuy que tienen más de 35 km. entre una y otra, lo que provocó una limitación para operarla al 100% ya que con esta distancia se incrementan los costos de operación al necesitar una mayor cantidad de energía para el bombeo, a consecuencia de que aumenta la pérdida por fricción, además de que la tubería tiene un mayor desgaste por la alta presión ; de acuerdo a lo anterior se inicia la construcción de una estación de bombeo intermedia entre Plan de Ayala y Sabancuy, llamada Tinto, la que tiene casi el 90% de avance en su construcción. Otro problema que presenta el acueducto son las válvulas de aire o respiración que se encuentran ubicadas cada kilómetro en la línea de conducción, ya que en la actualidad tiene un alto grado de deterioro, reduciendo así la capacidad o diámetro efectivo de trabajo de la tubería y un incremento en la velocidad y en la presión.

Las estaciones de bombeo cuentan con un cárcamo y con un equipo electromecánico que tiene cuatro motores de 100 HP cada uno lo que da un total de 400 HP. (cuadro nº21) lo que significa que de la cantidad que podría manejarse de acuerdo al diseño solo se aprovecha menos del 50%.

cuadro nº 21

Caudales de las Estaciones de Bombeo

400	500	151.38	250
400	480	140.19	250
400	480	138.70	235
400	480	137.21	235
400	480	135.72	220

Fuente: ^a CNA Plan Maestro op. cit.
^b Datos proporcionados por el SMAP.

- 4) **Regulación.**- Para poder tener un sistema eficiente de distribución, se debe contar con un eficiente servicio de tanques de regulación y un adecuado almacenamiento, que como lo indica su nombre tienen como función regular la diferencia que existe entre la cantidad de agua que llega en forma constante y la cantidad variable que se envía a la población y que es distribuida por gravedad a la red y a las tomas domiciliarias, con la finalidad de que el agua pueda llegar a todas las zonas de la ciudad.

En Ciudad del Carmen existen diez tanques elevados de regulación, cada uno con su respectivo tanque superficial, llamado cárcamo de bombeo (cuadro n°22 5, mapa n°7). Sin embargo, del diseño original solo se tienen en operación dos, los de San Manuel e Infonavit, mientras que en el resto de las zonas el gasto se distribuye por bombeo directo a la red de distribución.

Características de los Tanques de Regulación

cuadro n° 22

tanque no.	nombre	zona de influencia	capacidad tanque elevado (m ³)	capacidad carcama (m ³)	altura tanque elevado (m)
1	34 x 51	I (centro)	1 900	900	21
2	34 x 54	I (norte)	50	1 300	16
3	La Manigua	II	50	100	11
4	La Fátima	III	800	400	22
5	Pto. pesquero	IV	500	500	22
6	Panteón nuevo	V	50	1 050	17
7	San Manuel	VI (norte)	50	400	21
8	San Francisco	VI (sur)	100	200	15
9	Palmira	VII	50	260	11
10	Infonavit	VII	80	775	13
Subtotal			3 630	5 885	
Capacidad total (m³)			9 515		

Fuente: Elaboración propia con datos de la CNA (tanques 1 al 9) y tanque 10 con datos del SMAP.

5) **Distribución.**- La conducción termina en el cárcamo de la estación central de rebombeo de la ciudad, ubicado en la zona centro, en donde reciben tratamiento de desinfección por medio de gas cloro; las características de esta estación son las siguientes :

Gasto Estación Central

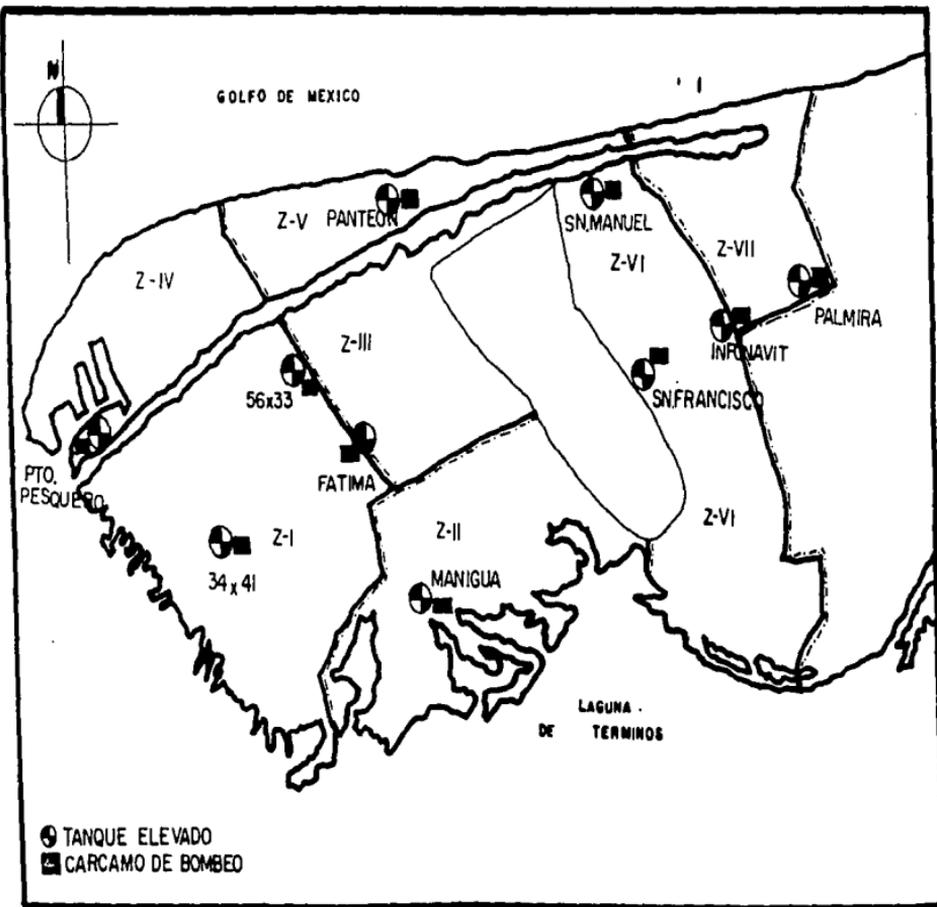
cuadro n° 23

ESTACION CENTRAL	DISEÑO ^a		OPERACION ^b	
	POTENC. (HP)	GASTO (LPS)	POTENCIA (HP)	GASTO (LPS)
CD DEL CARMEN	240	320	134.0	220

Fuente: ^a CNA Plan Maestro op. cit.

^b Datos proporcionados por el SMAP.

TANQUE DE REGULARIZACION Y CARCAMOS DE REBOMBEO



1. Proyecto "INCREMENTO DEL GASTO SUMINISTRADO": Estudio Técnico

Diagnóstico

Con el fin de conocer la capacidad del sistema de abastecimiento actual, se recurrió a la consulta de la Comisión Nacional del Agua (CNA), quien elaboró en 1993 un diagnóstico del servicio hidrosanitario que denominó "Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento e Institucional para Ciudad del Carmen, Campeche".

Donde se encontró que entre los objetivos - principalmente de carácter institucional y de nuevas obras al sistema - se estableció el siguiente:

-Realizar un diagnóstico técnico de la infraestructura existente, identificando acciones que permitan mejorar el servicio en el corto plazo.

Este estudio se basó principalmente en identificar la situación actual del sistema, mediante los registros existentes en diversas áreas del SMAP cotejado con información de campo realizada en 1995.

Una vez generada la información, se analizaron las obras que permiten un incremento en el gasto, ya que al utilizar en mayor medida la capacidad instalada de los principales componentes del sistema, como son los pozos, el acueducto y las estaciones de rebombeo actuales, así como las obras menores requeridas, se lograría una hacer eficiente el sistema.

Para determinar el incremento posible en el gasto, se consideró la capacidad diseñada versus la capacidad utilizada real. Todo ello para definir el caudal adicional que es posible entregar a la población de Ciudad del Carmen, mediante la realización de obras al sistema actual.

Para efectuar el diagnóstico se realizó la consulta de los planos del sistema, de los registros conteniendo las características de diseño original, de los equipos instalados y las modificaciones realizadas hasta 1993.

Resultados del diagnóstico

La disponibilidad actual de agua en la cuenca hidrológica Pital-Escárcega a la cual pertenece Chicbul es de 767 millones de metros cúbicos (Mm³), de los cuales 6.93 Mm³ aproximadamente son para abastecer a la población de Ciudad del Carmen. Esta condición garantiza el abastecimiento, aún si no existiera recarga del acuífero, por lo que no existen limitantes para aumentar la oferta de agua potable hasta 350 lps. Por otra parte las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua, se encuentran dentro de los parámetros de calidad recomendados¹⁹.

La obra de captación fue construida en el año de 1978, el agua se extrae por medio de seis pozos profundos, de siete existentes, y uno en proceso de incorporación. Con ello se obtiene un gasto promedio de 250 lps de los cuales se entregan a Ciudad del Carmen 220.

¹⁹ Por la NOM-012 -SSA1-1993 Requisitos Sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano, públicos y privados.

En el año de 1988 se rehabilitaron estos pozos, y se incrementó a 300 HP la potencia del equipo electromecánico, con lo cual se podría extraer hasta 350 lps. En base a la información proporcionada por personal del SMAP, se consideró que los motores actuales permiten manejar para cada pozo, un caudal de por lo menos 27 lps, lo que permite entregar los 350 lps mencionados. La interconexión del pozo 8 disminuye la probabilidad de fallas en la captación y asegura un suministro constante.

El tramo submarino de acero que se usa actualmente y que se localiza entre las estaciones Isla Aguada y Bahamitas (Puerto Real), representa una reducción del diámetro del resto de la línea de conducción de 24" a 18" lo que ocasiona un cuello de botella en la conducción, no permitiendo aprovechar la capacidad instalada de los otros componentes del sistema. Por ello, resulta conveniente interconectar y utilizar el tramo construido en 1994 en forma paralela al existente, pero con un diámetro de 24", ello permite conducir un caudal mayor y con lo cual se puede disminuir la velocidad y soportar una mayor presión de conducción al incrementar el gasto a 350 lps.

La conducción se lleva a cabo por bombeo mediante el empleo de 5 estaciones de rebombeo: Plan de Ayala, Sabancuy, Las Palmas, Isla Aguada y Bahamitas; estas estaciones actualmente conducen 250 lps y entregan en el recorrido 30 lps a diversas poblaciones, terminando en el cárcamo de Ciudad del Carmen en el centro de la ciudad, donde se entregan 220 lps.

Las estaciones de rebombeo no trabajan a su máxima capacidad, debido al cuello de botella que se presenta entre las estaciones de Plan de Ayala y Sabancuy distanciadas 35,274 km. Esta distancia impide vencer una mayor pérdida de fricción, además de un desgaste mayor en la tubería causado por la alta presión; por ello se requiere la terminación y utilización de una estación de rebombeo intermedia entre las estaciones mencionadas (denominada "Tinto" que cuenta con un avance de 90% de obra). Dicha obra permite incrementar el gasto en el sistema hasta 350 lps, sin afectar o poner en riesgo el suministro.

En el anexo estadístico se muestra la resistencia de carga a la fricción (H) de la tubería entre estaciones; destacando la (H) existente entre las estaciones Plan de Ayala - Sabancuy (situación actual) y el cambio que se presenta en la (H) al incorporarse la estación intermedia (situación optimizada). También se muestra la (H) del tramo submarino entre Isla Aguada y Puerto Real funcionando con 18" de diámetro (situación actual) y con 24" de diámetro (situación optimizada).

Por otra parte, la conducción se ve afectada por las válvulas desaireadoras localizadas a 1 km. de distancia una de otra, éstas presentan deterioro lo que ocasiona la acumulación de aire que reduce el diámetro efectivo de trabajo de la tubería y por lo tanto se incrementa la velocidad y la presión. Se considera conveniente el cambio o rehabilitación que garantice que al conducir un mayor caudal no se exponga la línea de conducción a un accidente u obstrucción.

Como conclusión:

1. La conexión del pozo n° 8
2. La instalación de equipo de bombeo al pozo N° 1
3. La terminación de las obras de la nueva estación de rebombeo "Tinto" (que se localizará entre las estaciones Plan de Ayala y Sabancuy).
4. La reposición de las válvulas desaireadoras
5. La utilización del tramo submarino Isla Aguada - Puerto Real construido en 1994 y paralelo al tramo actual de 18" de diámetro.

Son obras comprendidas en el "Plan Maestro" que *permiten en su conjunto obtener hasta 350 lps*, de los cuales, descontando entregas de **30 lps** a poblaciones intermedias permite entregar **320 lps** a la población de Ciudad del Carmen.

2. Proyecto "REPARACION DE FUGAS": Estudio Técnico

Diagnóstico

Con el fin de conocer el nivel de pérdidas por fugas en la red de distribución, la Comisión Nacional del Agua (CNA) elaboró en 1994 un Estudio de Evaluación de Pérdidas en el Sistema de Agua Potable de Ciudad del Carmen, Campeche. Para su realización se utilizó una metodología elaborada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), organismo encargado de investigación y desarrollo en materia de agua, dependiente de la CNA.

Los objetivos del estudio de evaluación de fugas en tomas domiciliarias incluyó:

- *Aforo de fugas en tomas domiciliarias*
- *Causas que originaron las fugas.*
- *Cuantificación del gasto perdido debido a fugas en tomas domiciliarias.*

Este estudio está basado principalmente en un muestreo y en aforos de 350 tomas domiciliarias. La información de partida fue la recopilación de los planos de la red de distribución existente, cotejados con recorridos de campo con personal del SMAP. Una vez generada esta, se procedió a analizar las estadísticas de ocurrencia y reparación de fugas del SMAP, para tener una evaluación preliminar con respecto a la ocurrencia de fugas por sector, tendencias de reparación e índices y patrones de falla (cuadro n°24).

cuadro n° 24

Reportes de fugas en el sistema de abastecimiento en 1994

Periodo	Fugas-reportadas
Del 17 al 30 de marzo	75
Del 02 al 30 de abril	180
Del 02 al 31 de mayo	157
Del 01 al 30 de junio	161
Del 01 al 30 de julio	153
Del 01 al 31 de agosto	280
Del 01 al 30 de septiembre	280
Del 01 al 29 de octubre	259
Del 01 al 30 de noviembre	241
Del 01 al 31 de diciembre	275

Fuente: Registros del SMAP

Para determinar el gasto perdido por fugas, se consideró realizar dos muestreos estadísticos que incluyen: 1) inspección de tomas domiciliarias escogidas de manera aleatoria, para definir el porcentaje de tomas que presentan fuga, extrapolando dicho resultado al sector estudiado.

2) Conocer paralelamente el gasto promedio que se pierde por fugas en las tomas domiciliarias de un sector determinado y la excavación y aforo de una muestra de fugas ocurridas dentro del mismo, censando las causas que las provocan.

Para efectuar el trabajo de campo se realizó una división de la ciudad en siete sectores, iniciando con una clasificación de las colonias y número de tomas correspondientes a cada sector, existentes en 1993 (cuadro nº 25).

cuadro nº 25

Colonias por sector

PALLAS, CENTRO, GUANAL, PUNTILLA, AVIACION, GUADALUPE, CUAUHTEMOC, TECOLUTLA, SANTA MARGARITA, PEREZ MARTINEZ, TILA, TACUBAYA, LIMONAR, SALITRAL, PETROLERA, 20 DE NOV., BUROCRATA	6,024	33.4
ESTRELLA, MANIGUA, EMILIANO ZAPATA, CARACOL, M. DE LA MADRID, B. JUAREZ, LA PILA, SAN CARLOS, FCO. I. MADERO, PEDRO SAENZ DE BARANDA,	2,799	15.5
FATIMA, JUSTO SIERRA, CAMARONEROS 1 Y 2, LOMAS DE HOLCHE, SAN AGUSTIN, INSURGENTES, MALIBRAN, FOVISSTE, MADERO 2A SECCION, SANTA ROSALIA	2,082	11.5
PUERTO PESQUERO, ELECTRICISTAS, REVOLUCION, PLAYA NORTE, MIAMI, CALETA, MARINA DEL REY,	1,571	8.7
JUSTO SIERRA 1A Y 2A, OBRERA, MORELOS, SAN CARLOS, 1A SECCION, PLAYON	2,428	13.5
RENOVACION 1A Y 2A, BELISARIO DOMINGUEZ, ISLA DEL CARMEN, 2000, DR. INURRETA, SAN NICOLAS, PUENTE DE LA UNIDAD, SAN MANUEL, ARCILA, 5 DE MAYO, SAN FRANCISCO	2,510	13.9
SECCION 42, BIVALVO, PUESTA DEL SOL, PLAYA PALMAS	622	3.5
Total	18,036	100.0

Fuente: Estudio de Evaluación de Pérdidas en el Sistema de Agua Potable en Ciudad del Carmen, Campeche, CNA, 1994.

El tamaño de muestra se preestablecido en 350 tomas por inspeccionar, lo que corresponde a 50 inspecciones por sector. Esto debido a que en una muestra estadística mínima para un rango de confiabilidad del 95% se requería de 30 inspecciones por sector, por ello se optó por la primera instancia.

Posteriormente, se efectuó el aforo y encuesta de las características de las tomas domiciliarias con probable fuga (quedando una muestra de 149 tomas), para con esto realizar una evaluación del gasto que se pierde por este concepto y determinar mediante las encuestas, las condiciones físicas particulares de las tomas domiciliarias con fuga.

Inspección de probable fuga

Para esta actividad se utilizó manómetro tipo Bourdon con rango de carga de 0 a 1 Kg./ cm² para considerar la caída de presión en las tomas domiciliarias de una misma red, con lo cual se determina si existe o no fuga en alguna de las tomas. Bajo esta consideración, las actividades a desarrollar fueron las siguientes:

- Se seleccionaron aleatoriamente los domicilios por inspeccionar, tomando en cuenta el número de muestras por sector (50 en cada uno).
- En cada domicilio seleccionado se midió la presión de la toma, así como en la toma de los domicilios aledaños.
- Si la presión de la toma cae, se verificó la probabilidad y tipo de fuga, excavando a lo largo de la línea de conexión, de esta forma se aforó 149 tomas.

El análisis estadístico consistió en definir el porcentaje de tomas domiciliarias con fuga, al igual que el gasto promedio de fuga por sector. Con dichos resultados se estimó el volumen de las fugas que se presentan en tomas domiciliarias, por sector y a nivel general.

Un primer aforo se realizó antes de excavar (350 de muestra), el segundo aforo cuando la fuga está excavada pero sin reparar (149 de muestra), esto para analizar la influencia del terreno sobre la fuga; de esta manera, la diferencia entre el gasto antes de excavar y el gasto cuando la toma es reparada, corresponde al caudal que se perdía por la fuga.

Resultados del diagnóstico

Al realizarse la inspección de las 350 tomas distribuidas según muestreo, el 11.43% resultaron con fuga, lo cual extrapolando al número de tomas existente en 1993 (18,036), indica que existen 2,257 tomas con fugas para 1994.

cuadro n° 26

Gasto Total por Fuga en Tomas Domiciliarias Domésticas 1994

I	50	36	0.41	6,064	18	1,084	0.0299	
II	50	12	0.34	2,799	14	392	0.0370	
III	50	26	0.56	2,082	14	291	0.0289	7,540
IV	50	15	0.25	1,571	10	157	0.0188	2,253
V	50	16	0.18	2,428	6	146	0.0347	2,000
VI	50	17	0.48	2,510	4	100	0.0191	1,000
VII	50	27	0.57	822	14	87	0.0217	2,000
						2,257		22,000

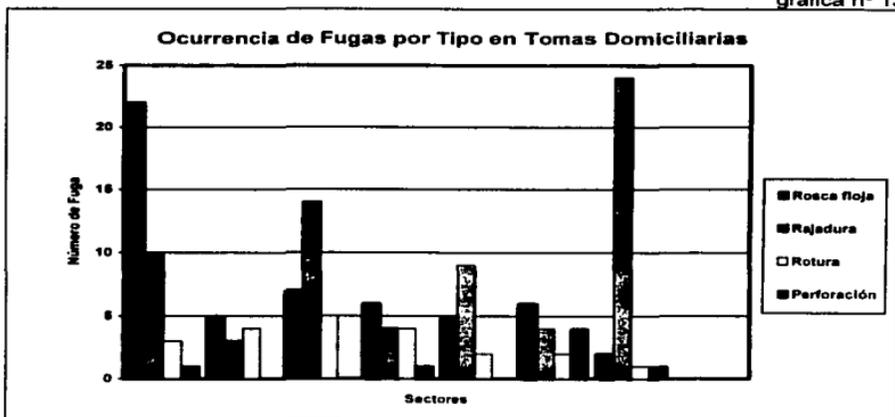
Fuente: Estudio de Evaluación de Pérdidas en el Sistema de Agua Potable en Ciudad del Carmen, Campeche, CNA, 1994.

Destaca que el mayor porcentaje de fugas se tiene en los sectores 1 y 2 con 32.4 y 14.5 lps, respectivamente. La clasificación de las causas que originan las fugas se hizo basado en las encuestas de los 149 aforos realizados, obteniendo los siguientes resultados:

Tipo de tubería: Por el tipo de material que constituye la tubería de las tomas domiciliarias, las fugas se presentan en su mayoría en la tubería de poliducto, que representa el 53.6% analizado.

Localización de la fuga: La mayoría de las fugas se presentan en la tubería y en la llave de paso con el 44.3% y 43% respectivamente. Esto es provocado principalmente por el tipo de tubería, poca profundidad de la red, el paso de vehículos, el no estar pavimentadas las calles y el clima de la región.

Tipo de fuga: El tipo de fuga más común que se presentó en las 149 tomas aforadas es la rosca floja en la toma y rajadura en la tubería, con el 44.3 y el 36.2% respectivamente.



Fuente: Estudio de Evaluación de Pérdidas en el Sistema de Agua Potable en Ciudad del Carmen, Campeche, CNA, 1994.

Gasto perdido por fuga: Destaca que el sector que tiene más problemas es el sector 1, en el cual la mayor ocurrencia de fugas se debe a la combinación de diversos factores, entre ellos el tipo de material de las tomas (poliducto en la mayoría) y la antigüedad de la red, en dicho sector se tiene el gasto de fuga más elevado con 32.42 lps. Por último, el balance de pérdidas por fugas en tomas domiciliarias de toda la ciudad, de acuerdo al estudio realizado indica que se pierden por este concepto 66.58 lps, lo que representa el 30.3% del gasto total suministrado (220 lps).

Estimación de costos de inversión y mantenimiento del proyecto

En la "Propuesta para el Mejoramiento del Sistema de Agua Potable de Ciudad del Carmen Campeche", el Sistema Municipal de Agua Potable (SMAP) planea ejercer una inversión que se destinarán a un programa de reparación de fugas, sin embargo no hace explícito su programa de disminución de pérdidas ni la forma en que se aplicarán los recursos, es decir, la proporción que se asignará a reparar las fugas en tomas domiciliarias o las que se presentan en la red de distribución; en entrevistas directas tampoco proporcionaron información del porcentaje o volumen físico de caudal que se disminuiría respecto del nivel total de fugas con dicha inversión, ni los sectores en que es mayor la incidencia por pérdidas del caudal (tanto en las tomas domiciliarias como en la red de distribución).

Por esta razón se consideró el estudio de "Evaluación de Pérdidas del Sistema Municipal de Agua Potable de Ciudad del Carmen Campeche" realizado en 1994 por la Comisión Nacional del Agua (CNA) en donde se precisa con detalle el número y volumen de pérdidas que se presentan en las tomas domiciliarias. A partir de este estudio, el cual no ofrece información precisa de la localización de fugas en la red de distribución y se propone evaluar exclusivamente las que se presentan en los domicilios debido a que están plenamente identificadas.

En este sentido, de los siete sectores en que se divide a la ciudad, se contemplan sólo tres en donde se presentan la mayor proporción de fugas promedio en litros por segundo (lps) por toma, que es el objetivo a minimizar y no el número total de tomas con fugas. Asimismo se contemplará al estudio realizado en 1994 como el que refleja la situación actual, pues se desconoce si en el transcurso de este tiempo las pérdidas han aumentado, disminuido o permanecen constantes.

En orden jerárquico se consideró reparar las 392 tomas del sector 2 por contar con el mayor volumen en pérdidas por toma (0.0370 lps) con lo que se obtendría un volumen de 5.05 lps; en segunda instancia se consideraron las 146 tomas del sector 5 en donde las pérdidas promedio por toma son de 0.0347 (lps) y se obtendría un volumen de 14.49 lps y en tercer lugar 938 tomas del sector 1 en donde el gasto de fuga por toma es de 0.0299 lps que multiplicado por el número de tomas con fugas da un resultado de 28.05 lps en disminución de pérdidas; para un total de 47.59 lps de 1,476 tomas que se repararían en los tres sectores (cuadro nº 27).

cuadro nº 27

**Fugas en las tomas domiciliarias por sector
1994**

I	1,084	0.0299	32.4212
II	392	0.0370	14.4988
III	291	0.0269	7.8408
IV	157	0.0188	2.9535
V	146	0.0347	5.0551
VI	100	0.0191	1.9176
VII	87	0.0217	1.8896
			66.58

Fuente: Estudio de Evaluación de Pérdidas en el Sistema de Agua Potable en Ciudad del Carmen, Campeche. 1994.

La reparación de 1,476 tomas domiciliarias señaladas representan una disminución de pérdidas por fugas por 47.59 lps, equivalente a un 71% de los 66.58 lps que se pierden en el total de las tomas domiciliarias; sin embargo, para fines de esta tesis se considera que la pérdidas se reducirán solamente al 50% que equivale a 33.29 ≈ 33 lps y con ello mantener un nivel de pérdidas totales del 25% en el sistema durante

el horizonte del proyecto. La razón por la que se aceptó el supuesto de considerar el 50 y no el 71% en la reducción de fugas; es que de el total de las 1,476 tomas que se reparen, no todas ellas presentarán el problema de fugas mayores, por lo que de una manera conservadora se estima que se podrá reducir únicamente el 50%. Cabe aclarar que con este supuesto incurrimos en una *sobreestimación de los costos*, lo que implica que en la evaluación del proyecto "Reparación de Fugas Domiciliarias" se puede obtener un VAN mas alto, situación que se tratará en el capítulo V.

Considerando la inversión que propone el SMAP de \$1'400,000 que divididos entre las 2,257 tomas domiciliarias que presentan fugas, arroja como resultado un costo de reparación por toma de \$ 620 que se considera suficiente para precios de excavación, reposición de tubo y de piezas, relleno, material cribado, repavimentación y adicionalmente costos de administración.

◆ La inversión inicial se calculó de la siguiente manera:

Si se reparan las 1,476 tomas a un costo unitario de \$ 620 se necesitaría una inversión inicial de **\$915,120** (Se estimó que un año es tiempo suficiente para reparar las tomas, y considerando 220 días hábiles en un año se requerirían reparar 7 tomas por día).

◆ Los costos de mantenimiento anuales se calcularon de la siguiente manera:

Para determinar los costos de mantenimiento del primer año se consideró conveniente reparar las 781 tomas faltantes de reparación (diferencia de las 2,257 tomas con fuga iniciales y las 1,476 reparadas); que multiplicado por el costo de reparación unitario de \$620 nos da un costo anual para el primer año de **\$484,220**.

En virtud de la antigüedad de la red y del poco mantenimiento, es posible que se presenten un número aproximado de 600 tomas con fugas cada año (en la realidad podría ser menor el número de tomas con fugas, por lo que se asegura la rentabilidad del proyecto) considerando un costo unitario de reparación de \$620 nos da un costo de mantenimiento anual para los años siguientes de **\$ 372,000**.

3. Proyecto "NUEVO ACUEDUCTO CHICBUL II": Estudio Técnico

Se evaluará la propuesta del SMAP, para después emitir un juicio y una alternativa de solución en las conclusiones. Este proyecto, consiste en la construcción y operación de un acueducto paralelo al existente cuya capacidad de conducción será un volumen de 320 lps, situación que incrementará la oferta actual y futura. La fuente de abastecimiento para este, será la zona Chicbul misma que el acueducto existente.

La razón que el SMAP, es que existe un déficit actual de agua potable de del 56%, ya que la capacidad del acueducto existente es de 220 lps, y se requiere de 500 lps, para abastecer actualmente a 160,000 habitantes más los futuros que a razón de 7% de crecimiento anual para el año 2015, serán de mas de 200 mil.

Sin embargo este organismo, no considera una dimensión real de la población residente de la ciudad (98,176 habitantes) ni tampoco la capacidad de soporte de la isla para la traza urbana. Esta misma situación ocurre con una empresa consultora el Grupo Empresarial México (GEMSA) COMEPO del Estado de Campeche la cual menciona que la población para 1994, también es de 160,000 h. y la estimada para el año 2010 de 320,000 habitantes. La estimación de los habitantes residentes de la ciudad, no es la misma que la dimensión de consumidores, ya que existe una cantidad de abastecimiento adicional a la empresa PEMEX, en sus plataformas marinas, y a barcos de diversa índole; creando déficit de abastecimiento para la ciudad, y por consiguiente un alto costo social. Los costos propuestos para operación y mantenimiento son de \$2'441,761/año y la inversión del proyecto "Nuevo acueducto Chicbul II" se compone de la siguiente manera:

cuadro nº 28

Monto de Inversión Nuevo Acueducto

Captación	
Construcción de 10 pozos profundos de 16" de Ø (diámetro) de ademe y hasta 70 M. de profundidad. 12 Km. de caminos de acceso a pozos. 12 Km. de tubería de interconexión de los pozos hasta la primera estación de bombeo con 14", 20", 24" y 30" de Ø con cajas de válvulas. Equipamiento electromecánico y fontanería 12 Km. de línea eléctrica trifásica de 34,500 volts.	
Conducción	100' 000,000
Suministro de tubería de polietileno de alta densidad de 36" de Ø Flete, acarreo, maniobra e instalación de tubería de polietileno de alta densidad. Obra civil de 3 estaciones de bombeo Obra electromecánica Fontanería	10' 000,000
Total	110' 000,000

Fuente: SMAP "Propuesta para el mejoramiento del sistema de agua potable de Cd. del Carmen, Campeche, mayo 1995"

b) SISTEMA DE DESALOJO Y TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

El sistema de desalojo de agua residual, se compone tanto de drenaje sanitario que incluye la recolección de agua utilizada proveniente o no del sistema de abastecimiento, cuya descarga puede ser doméstica, comercial e industrial; así como del drenaje pluvial, que conduce agua de lluvia. Un componente importante del sistema es la planta de tratamiento de aguas residuales, ya que la descarga no debe realizarse en cuerpos receptores que puedan ser contaminados y crear efectos negativos tanto en el aspecto ambiental como económico y visual. Situación que ocurre en la ciudad, que como ya se mencionó en Ciudad del Carmen no existen los sistemas alcantarillado sanitario, ni planta de tratamiento municipales.

1. Proyecto "ALCANTARILLADO SANITARIO": Estudio Técnico

Diagnóstico

El sistema de saneamiento es prácticamente nulo en Ciudad del Carmen, ya que la gran mayoría de la población vierte el agua negra al ras del suelo, infiltrándose así al manto freático, y a los cuerpos de agua internos en la isla, lo que ocasiona una alta contaminación; tampoco existe una planta municipal de tratamiento de agua residual.

En cuanto al alcantarillado sanitario, es nulo para el 98% de la población, por lo que utilizan fosas sépticas imperfectas y pozos negro. Solo dos fraccionamientos de Petróleos Mexicanos Pemex I y II, algunos hospitales y el Eurotel, cuentan con sistemas de saneamiento: alcantarillado sanitario y plantas de tratamiento privadas, y representan el 2% de la población total.

En cuanto al alcantarillado pluvial, existe un sistema que se conforma solo de calles y banquetas canal, que debido a la topografía que tiene el área urbana, con una pendiente máxima de 3 msnm y una promedio de 2msnm, presenta una problemática de inundaciones graves en épocas de lluvia en toda la ciudad, y con ello problemas de contaminación ambiental, que influye negativamente en la salud de la población.

Por lo que el SMAP propone la instalación de una red de tendido de 6,147 metros, para el alcantarillado municipal, con inversión de 50 millones de pesos, y un costo de mantenimiento de \$50,000 anuales.

Monto de Inversión del Alcantarillado Sanitario

1. **Colector Costero Norte**
986 m. de tubería de fibrocemento clase B7.5 con \varnothing de 24", 30", 36" y 44" para conducción, Estación de bombeo, y 618 m. de tubería de presión
2. **Colector Central Sur**
2,412 m. de tubería \varnothing 30" a 60" para conducción y Estación de bombeo
3. **Colector Central Norte**
599 m. de tubería \varnothing 20" a 60" para conducción y Estación de bombeo
4. **Colector Aeropuerto**
4,650 m. de tubería \varnothing 60" para conducción, Estación de bombeo
5. **Colector Sur**
5,800 m. de tubería \varnothing 14" a 60" para conducción y Estación de bombeo
6. **Red de Atarjeas**

Fuente: SMAP "Propuesta para el mejoramiento del sistema de agua potable de Cd. del Carmen, Campeche, mayo 1995"

Además de los costos iniciales de inversión de las obras señaladas, se consideran los costos de mantenimiento que generará el proyecto alcantarillado sanitario durante el horizonte de operación:

Costos de Mantenimiento del Alcantarillado Sanitario

Costos de Mantenimiento**Componente Fijo**

- a) Costos directos de personal de supervisión de estaciones de bombeo
- b) Costos directos de mtto. de equipo electromecánico
- c) Costos directos de mtto. de la red: desazolve, reforzamiento, etc.

Componente Variable

- a) Costos directos de reposición de partes de la red y equipo electromecánico
- b) Costos directos de insumos: energía eléctrica, materiales.

Fuente: SMAP "Propuesta para el mejoramiento del sistema de agua potable de Cd. del Carmen, Campeche, mayo 1995"

2. Proyecto: "PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL": Estudio Técnico

Diagnóstico

A razón que el problema de contaminación es alto y de la Ley en materia lo recomienda se propone en esta tesis la construcción de una planta de depuración de aguas residuales y de tratamiento de los lodos; para Ciudad del Carmen que puede ser utilizada para tratar un influente de agua residual es decir que contenga descarga tanto de origen civil o urbano como industrial, esta planta trata el agua residual por el método *TAMP*, que refiere un tratamiento secundario.

La planta se puede programar para responder a una demanda creciente de la población, mediante la programación de crecimiento de la estructura del equipo en cuanto a capacidad, mediante variaciones reducidas y progresivas (modulares); de ésta manera, el *Sistema Modular* asegura una máxima economía de costos en la ingeniería, construcción, expansión, operación y mantenimiento.

◆ Capacidad de la Planta

De acuerdo a los resultados de la evaluación del capítulo V, se estiman los consumos actuales y futuros para proyectar la capacidad de la planta; ya que esta es una propuesta personal, y no del Sistema Municipal de Cd del Carmen.

Esta planta está diseñada con tecnología de punta para crecer gradualmente, por lo que puede manejar diversos caudales de eliminación como influente. La capacidad del influente inicial depende de la aportación, es decir del volumen conducido a través del alcantarillado sanitario, más el caudal residual del consumo industrial y comercial. La aportación depende del caudal de abastecimiento de agua potable (dotación), que se considera técnicamente del 25% a 30% menor a la dotación.

En relación al consumo de agua potable en Ciudad del Carmen, (cap.V) la estimación del consumo actual (1995) es de 172.43 lps para consumo doméstico más el 75 lps de industrial y comercial, y para el año 2015 se estima en 386 lps que se compone de acuerdo a su tipo de consumo de la manera siguiente:

s/p	c/p		s/p	c/p	Módulo estimado
	Actual	Futuro			
166	6.43	92.08	74	48	
166	98.51		122		

Los datos anteriores no incluyen las fugas en la red, únicamente los consumos tanto doméstico, industrial y comercial. Por lo que la capacidad de la planta actualmente puede ser de un influente de 250 lps hasta 400 lps, para los tres tipos de consumo: doméstico, industrial y comercial.

Los costos de inversión, operación y mantenimiento, están calculados con base en el máximo influente que tratará 400 lps y a un margen de incremento del influente de 2% (10 lps) como de capacidad de reserva.

◆ Descripción Técnica

El tratamiento de agua: el proyecto es caracterizado, por un procedimiento de alto rendimiento que es efectuado en una cubeta compuesta, y se denomina **tamp-húmedo**, el cual ofrece:

- | | |
|---|--|
| <p>a) una elevada tecnología de proceso, que envuelve muchas fases separadas y permite una depuración avanzada, en conjunto con</p> | <p>b) una tecnología mecánica muy sencilla, que permite simplificar mucho la conducción y el mantenimiento de la planta, y reduce la energía requerida y el resultado es una purificación empujada a un costo considerablemente bajo</p> |
|---|--|

La elevada eficiencia del **tamp-húmedo** es posible por una optimización del procedimiento biooxidativo de lodos activos y además por la adición de algunos tratamientos accesorios que elevan el nivel del metabolismo biooxidativo, y también a la cantidad de la formación de biomasa mas grande y mas rápida; la diferenciación con el sistema de lodos activos clásico se puede resumir de la siguiente manera:

- a) oxidación mas avanzada, con un nivel de oxígeno disuelto de 5-8 mg/l, y reiterada en tres fases diferentes del proceso (en el pretratamiento y en la oxidación de las aguas y en la regeneración de los lodos activos);
- b) pretratamiento de las aguas residuales con aereación e inculo de lodos regenerados; el pretratamiento aumenta la eficiencia de formación de biomasa en la fase de oxidación sucesiva;
- c) regeneración de los lodos secundarios, antes de reciclarlos en el pretratamiento y en la biooxidación; estos permiten una reducción del tiempo de contacto y del volumen de los lodos totales empleados.
- d) el empleo de un sistema de sedimentación a flujo invertido, con lecho fluidificado, que permite elevar la eficiencia de decantación, con una consiguiente reducción de la superficie necesitada y con una simplificación de la superficie.
- e) una metabolización mas avanzada de la biomasa (lodos) producida, con una reducción de proporcional de los lodos rezagados.
- f) una simplificación mecánica de la planta utilizando aire comprimido en todas las operaciones, trae como consecuencia la reducción de los costos de operación.

- ◆ **Tratamiento de los lodos:** como integración a la depuración de las aguas se ha previsto, además, una instalación que se nombra **tamp-seco** para el tratamiento y la eliminación de los lodos primarios, secundarios y pretratamiento. Esta instalación se basa en un filtro de terreno que preserva los lodos en la superficie y le permite secarse y pasar a un tratamiento térmico de asoleamiento. También le permite transformarse en humus que concurre a la formación de suelo y permite al filtro renovarse. el impacto conjunto de estas tres acciones contribuye a una destrucción de los patógenos y de los parásitos.

La ventaja es también una garantía de destrucción de los helmintos y de sus ovas, en conjunto a una deshidratación muy económica en comparación del conferimiento de la descarga o del incineramiento. una ventaja adicional existe en la tecnología de tratamiento simplificado que utiliza métodos de cultivo como irrigadores y tractor agrícola para el tratamiento de los lodos.

- ◆ **Aspecto ecológico.** Todas las tecnologías utilizadas en el procedimiento descrito son de tipo biológico, sin la introducción de sustancias químicas o de filtros físicos que se atenderían periódicamente. El proceso favorece un tratamiento muy avanzado, permitiendo obtener un agua de calidad elevada sin riesgos de contaminación ambiental y con ventajas para la recuperación de aguas purificadas de buena calidad higiénica, para emplearlas en el riego de plantas de todo tipo de cultivo. La elevada calidad de las aguas les permitiría también ser utilizadas para proyectos acuícolas o fines recreativos.
- ◆ **Dimensionamiento básico y memoria de cálculo.** El esquema de la tabla (x), prevé algunos datos de calculo y de proyecto, tomados como referencia para la realización industrial de la planta de tratamiento de las aguas y de los lodos. los datos son relativos al proyecto presentado para el caudal de aportación en razón del abastecimiento tanto para el Chicbul como para la ampliación del mismo (Chicbul I).

Los cálculos son basados en el supuesto de tratar 160 litros/habitante/día. La capacidad de tratamiento de la planta, referida a la DBO5, es todavía mas grande, de lo medido por el volumen de aguas residuales. por consiguiente, la población servida es menor si se (incrementa la dotación) usa mucha agua por persona, e incrementa si se usa menor cantidad de agua.

- ◆ **Datos de cálculo y de proyecto**

Los cálculos son basados en el supuesto de tratar 160 litros por habitante por día, como en la actualidad se requieren. Todavía la capacidad de tratamiento de la planta, referida a DBO5, es más grande de lo medido por el volumen de aguas residuales; por consiguiente la población servida es menor si se usa gran cantidad de agua por persona, e incrementa si se usa una menor cantidad de agua.

		1995	2015
		(kg)	(kg)
		(habitante)	(habitante)
Carga contaminante	(kg. DBO5)	21-30 000	30-40 000
Capacidad	(m ³ /d)	45-56 000	65-78 000
Revolvimiento de depuración	(m ³ /d)	+ 95-90	+ 90
potencia instalada	(HP)	5 x 170 kw	5 x 170 kw
Potencia absorbida por régimen	(kw/h)	310	520
Potencia absorbida por día	(kw/h)	7500	13500

◆ Descripción General del Proceso

El proyecto consiste en una planta de tratamiento de agua residual mixta es decir de origen civil e industrial, a base de lodos doblemente activados, por un sistema denominado Tamp-húmedo.

Este procedimiento se caracteriza por una formación de biomasa muy rápida y por un metabolismo de las sustancias orgánicas muy eficiente y sin olores.

La eficiencia del proceso TAMP se evidencia por el bajo tiempo de utilización para la depuración de las aguas (9:25 h), por lo tanto, una capacidad de volumen de la planta reducida (16 000 m³ " es la necesidad actual ") en una área de 10 000 m² (una hectárea) permite la instalación de la planta dentro de el área urbana.

La depuración obtenida con este proceso alcanza grados de depuración adelantados (10-30 mg/l de DBO5 en el agua tratada), y la planta puede tratar flexiblemente una carga contaminante de 200 a 1000 mg/l de DBO5. El resultado es una libertad de operaciones muy ventajosa, y también una calidad de las aguas descargadas superiores a los requerimientos de las NORMAS OFICIALES MEXICANAS en esta materia. El agua descargada puede ser utilizada para regar áreas verdes urbanas, cultivos horto-frutícolas, enfriamiento en procesos industriales, acuacultura, para su venta a PEMEX o bien para reintegrarse a La Laguna de Términos.

La eficiencia metabólica obtenida con el proceso Tamp-húmedo da ventaja también en la línea de producción de los lodos. En efecto el procedimiento deja una cantidad de lodos reducida (cerca de 16-20 g/habitante), después de un tratamiento avanzado de digestión biooxidativa, regeneración y también de estabilización, todos en ambiente oxidado permiten una reducción adelantada (respiración) de la biomasa formada.

En el siguiente paso, los lodos rezagados son particularmente tratados y eliminados a través de un proceso natural que se denomina Tamp-Arido. Este tratamiento elimina los parásitos y patógenos presentes.

El tratamiento incluye tres acciones conjuntas de deshidratación, tratamiento termófilo y supresión competitiva. El resultado es una garantía de acciones complementarias y también una higienización natural superior a la obtenida a través de los tratamientos físicos usuales (térmico, ionizante, etcétera). Todas las operaciones de este proyecto son hechas sosteniendo y adelantando procesos naturales que exaltan la formación de un ecosistema equilibrado con una garantía de respeto ambiental y de seguridad en el reuso de los productos (agua y lodos) de la planta.

El procedimiento del TAMP es alcanzar una elevada tecnología de proceso, conjuntamente a una mecánica sumamente simplificada. La sencillez total de la planta depende de la eliminación de todos los motores de movimiento de las aguas y de erosión del aire. Estos son sustituidos por un compresor de aire externo, y por la inyección de aire comprimido para la oxidación de las aguas y de los lodos, y paralelamente, en los elevadores por aire (AIR-LIFT) por el solevamiento de los mismos.

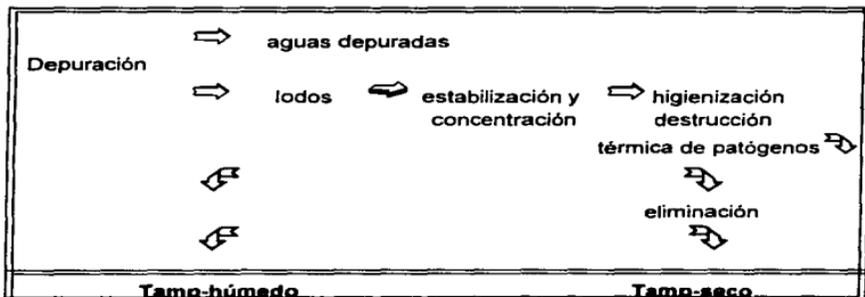
El compresor es puesto en el exterior de las cubetas, y todos los aireadores y los elevadores por aire son manejables desde afuera. El resultado es la simplificación mecánica de la planta, y una mejor operación y mantenimiento de los circuitos en relación a las plantas de lodos activos actuales.

Diagrama de proceso del tratamiento de lodos

El diagrama de flujo de las aguas tratadas de la planta se ejemplifica en la siguiente figura.

figura nº2

Diagrama de flujo de tratamiento de los lodos



Los tanques requeridos para su operación son los siguientes:

- 1. tanque a: preacumulación y elevación de las aguas residuales.** Las aguas residuales entran a un tanque de acumulación de 1,420 m³ (equivalente a 40 minutos de caudal). De aquí el agua es enviada al siguiente tanque después de ser elevada a una altura de 11.50 m.
- 2. tanque b: preacondicionamiento de las aguas y producción de lodos primarios.** Las aguas residuales obtienen un pretratamiento oxidativo, en un periodo de 3:46 h. el pretratamiento es hecho en presencia de lodos activos regenerados (preacondicionados). en esta cubeta se depositan también los lodos primarios (contienen una fracción de los secundarios) y se acelera la fase siguiente de bioxidación.
- 3. tanque c: bioxidación.** La bioxidación a lodos activos ocurre en la cubeta central del tanque c con un estacionamiento de 5:00. h. en esta fase las aguas, preacondionadas experimentan un proceso rápido de formación de biomasa, que sucesivamente se decanta (precipitación de los lodos) en la cubeta de aclaración.
- 4. tanque d: decantación.** El agua del tratamiento secundario se decanta en una cubeta perimetral al tanque de bioxidación, utilizando un sistema de lecho fluidificado que trabaja a flujo controvertido. esto permite una separación muy rápida de las aguas bioxidadas, sin requerir equipos mecánicos de recolección de lodos, y permitiendo trabajar en un volumen de cubeta muy reducido. La calidad de la depuración es también muy elevada, ya que el lecho fluidificado opera como un cesador que recupera los grumos de lodos hasta los mas finos.
- 5. tanque e: regeneración aeróbica de los lodos.** Los lodos secundarios sostienen un tratamiento de regeneración, con un estacionamiento de 3:37 h. antes de ser recirculados en los tanques b y c, respectivamente por el pretratamiento y el tratamiento bioxidativo de las aguas residuales. El proceso es expresamente diseñado para revitalizar los lodos secundarios y reactivarlos antes de ser reciclados como lodos activos. la ventaja es obtener una actividad mas grande de los lodos y consiguientemente, requerir un volumen de tanque menor.
- 6. tanque f: estabilización aeróbica de los lodos.** La cubeta de pretratamiento produce lodos primarios que se decantan en un sistema de lecho fluidificado similar a lo que esta descrito en el párrafo anterior. Estos lodos son especialmente tratados en el tanque e de estabilización, con un periodo de 13 días, 10:41h, durante lo cual se reducen (respiración) y se concentran (deshidratacion), los lodos estabilizados pasan al tanque f de extracción, y después al tamp-seco para el tratamiento final.
- 7. tanque extra: acumulación de agua para uso industrial o agrícola.** Es necesario la construcción de una cubeta mas de 50 x 40 m. donde se acumula el agua que sale del proceso para darle un último tratamiento según sea su uso industrial y/o agrícola.

Diagrama de Masa; el diagrama de masa asociado a las diferentes fases del proceso de depuración de las aguas esta delineado en la tabla siguiente:

cuadro n°31

Tabla diagrama de masa del proceso Tamp-húmedo

caudal lps	ast (mg/l)	dbo5 (mg/l)
aguas residuales	300	400-1000
pretratamiento	300	400-1000
bioxidación	275	350-700
aguas depuradas	260	15-30
	10-40	

Fuente: Asesoría de Sistemas Integrales de Saneamiento, "Proyecto de Tratamiento de Agua Residual con base en la tecnología TAMP"

♦ Diagrama de Flujo del Tratamiento de Lodos

Diagrama de flujo. El procedimiento Tamp-húmedo permite una destrucción elevada (respiración) de la sustancia orgánica que se recicla a través de tratamientos separados de metabolización primaria y secundaria, y también de regeneración de los lodos y de estabilización final de los mismos, como consecuencia se llega a una producción de lodos muy reducida (16-20 g/habitante) y un producto altamente estabilizado y mineralizado.

Al mismo tiempo, la intensidad del proceso metabólico de reducción de la materia orgánica se vuelve en la mejor garantía de destrucción de los patógenos presentes en las aguas residuales, y de ausencia de las ovas de la tenia en el agua depurada, las ovas son en parte destruidas por la depuración misma y el resto se depositan con los lodos rezagados.

Los lodos, también experimentan un tratamiento específico por la destrucción de los patógenos y parásitos remanentes. El tratamiento es hecho a través de un proceso de tres fases, esto incluye inicialmente una operación conjunta de deshidratación y de elevación térmica por medio de un aseoleamiento postergado (20 días), en capa delgada (3-5 mm). El aseoleamiento de la capa de los lodos (cuerpo negro) permite la obtención de una temperatura de 10-15°C superior a la temperatura de la superficie del suelo.

El proceso destruye los helmintos y sus ovas que son muy sensibles a la deshidratación y al calor (se destruyen en 60 minutos a 50°C). Los lodos tratados de esta manera por 20 días son enterrados en el suelo, donde se someten a un proceso de humificación, esto garantiza ulteriormente, una estabilización y una higienización de la materia orgánica que se transforma en humus; esto es colonizado de coenoses microbicas y de microfauna que representa un cambio ecológico total. Los dos grupos de organismos son también fuertes competidores con los patógenos y parásitos

son también fuertes competidores con los patógenos y parásitos humanos, y no permiten una reinvasión del sustrato orgánico humificado, como después de una pasteurización o de una esterilización que todavía no humifican.

Los lodos se transforman en humus acumulándose en el suelo en una cantidad de 150 ton / ha / año. Después de 2 o 3 años, el suelo puede ser utilizado como suelo agrícola. Alternativamente, la capa superficial, puede ser extralada cada 5-7 días años y transferida como sustrato orgánico, para la horticultura o viveros, conteniendo de 10-15 % de humus. El diagrama de tratamiento de los lodos es el descrito en la fig. (x)

El diagrama de masa asociado al tratamiento de los lodos es el siguiente:

	dbos
	g/habitantes.
aguas residuales	50-70
lodos primarios	40-55
lodos rezagados	16-20

Los Egresos por de Inversión para el proyecto Planta de Tratamiento son:

cuadro n°32

**Monto de Inversión
de la Planta de Tratamiento de Agua Residual**

Fijas		4'881,853
Civil (pilas)		
Electromecánica		18'111,177
Obra civil y electromecánica de la planta de lodos		357,518
Diferidas		6'407,331
Indirectos		
Supervisión		982,002
Puesta en Marcha		573,160

Fuente: Asesoría de Sistemas Integrales de Saneamiento, "Proyecto de Tratamiento de Agua Residual con base en la tecnología TAMP"

Costos de Operación y Mantenimiento

a) Costos directos de personal	23,500	282,000
b) Costos directos de mantenimiento de edificio e instalaciones complementarias	2,560	30,720
c) Costos directos de mantenimiento del equipo de la planta (1%/año sobre los puntos 2 y 3 de inversión)	21,900	262,800
d) Costos directos de energía eléctrica en edificios e instalaciones complementarias	28,200	338,400
e) Imprevistos	9,500	114,000
- Gastos Administrativos	9,000	108,000
- Fianzas y seguros	6,000	72,000
subtotal	100,660	1'207,920
Componente Variable Mensual en función del caudal (400 lps) influente (1'036,800 m³/mes)		
a) Costos directos de mantenimiento	21,700	280,400
b) Reposición de piezas y equipo de la planta	10,000	120,000
c) Costos directos de insumos: Energía eléctrica, materiales, reactivos químicos de laboratorio, etc	57,800	693,600
d) Transporte y disposición de lodos	4,500	54,000
e) Operación y mantenimiento de equipo de transporte	2,700	32,400
subtotal	96,700	1'180,400

Fuente: Asesoría de Sistemas Integrales de Saneamiento. "Proyecto de Tratamiento de Agua Residual con base en la tecnología TAMP"

Los costos de operación y mantenimiento de la planta de agua residual tiene dos componentes, el componente fijo incluye los gastos que son necesarios para su operación administrativa, en el componente variable se incluyen los costos mensuales necesarios para cubrir el tratamiento de un influente 400 lps, equivalentes a 1'036,800 m³/mes al operar al 100%, dicho influente es de origen doméstico, industrial y comercial.

SEGUNDA PARTE

**EVALUACION SOCIAL DEL SISTEMA INTEGRAL
HIDROSANITARIO EN CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE**

CAPITULO IV

**METODOLOGIA PARA ANALISIS Y EVALUACION
DEL SISTEMA HIDROSANITARIO URBANO**

CAPITULO IV

METODOLOGIA PARA EL ANALISIS Y EVALUACION DEL SISTEMA HIDROSANITARIO URBANO

A. FUNDAMENTO METODOLOGICO

La característica esencial de la metodología de evaluación social es la administración de recursos, evitando gastos innecesarios; por lo tanto el primer paso después de dar un buen diagnóstico, es evitar evaluar proyectos conjuntos, sin antes analizar la posibilidad de no hacerlos y pasar por alto la mejora de la calidad del servicio actual. El resultado de esa mejora de las condiciones del sistema actual, es la denominada "situación base optimizada" cuyo objetivo es "no sobrestimar los beneficios del proyecto que se pretende llevar a cabo"²⁰. El paso siguiente es evaluar los efectos netos de la situación sin proyecto vs. la situación con proyecto.

Para el caso de un sistema hidrosanitario urbano, aunque en el aspecto técnico es necesario ser *diseñado* bajo una óptica integral, debido a las consecuencias directas que un subsistema implica para otro; en el aspecto económico, se requiere *evaluar* los tres subsistemas por *separado*; mismos que se mencionan en el capítulo III; de abastecimiento de agua potable, de desalojo de agua residual municipal ó alcantarillado sanitario y de tratamiento de agua residual municipal.

La metodología para formular y evaluar los proyectos de un sistema hidrosanitario urbano contiene los mismos principios de la evaluación social mencionados, ya que su dinámica se desarrolla con base al análisis económico, que permite identificar, medir y valorar los beneficios y costos sociales de llevar a cabo cada proyecto; cuya estructura de evaluación para esta tesis, se ilustra en el capítulo I cuadro nº1, esquema general de evaluación.

La metodología para evaluar los proyectos que cubrirán las necesidades del sistema hidrosanitario de Ciudad de Carmen, consiste en definir las obras necesarias para mejorar la situación actual. Al optimar las condiciones el sistema actual se esta definiendo la situación base de la cual se partirá para evaluar los proyectos futuros con la finalidad de no asignarle beneficios ni costos que no le son atribuibles.

²⁰ En el caso de Abastecimiento de Agua Potable, el "gran" proyecto es la construcción del nuevo Acueducto Chicbul

B. ANALISIS METODOLOGICO

a) SITUACION BASE OPTIMIZADA

1. Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

Como ya se ha mencionado el sistema hidrosanitario de Ciudad del Carmen, no esta completo, actualmente sólo esta formado por el sistema de abastecimiento de agua potable, el cual será optimado al llevar a cabo la acción "Rehabilitación y Mejoramiento" con las acciones de reparación de fugas, rehabilitación en la etapa *conducción* para los pozos, estaciones de bombeo y acueducto y por último la reparación de 3000 micromedidores de consumo doméstico, acciones que dieron origen a los dos proyectos de esta fase:

1. "Incremento en el Gasto Suministrado"
2. "Reparación de Fugas"

En esta fase la metodología permite la identificación, medición y valoración de los beneficios sociales y costos de las obras necesarias o inversiones marginales para lograr la optimización de la situación actual. La situación optimizada permite evaluar una situación con proyecto (ampliación del sistema de agua potable) sin atribuirle a ella beneficios ilegítimos.

i. Separabilidad de proyectos

Dado que los dos proyectos necesarios para la optimización de la situación actual presentan costos y beneficios perfectamente separables, se aplicará la separabilidad de proyectos, esto implica no evaluar proyectos conjuntos. Al optimar la situación base, se percibe como *beneficio directo* en la población conectada a la red de distribución, un *mayor consumo de agua* potable generado por las siguientes condiciones:

1. Por un incremento en la oferta mediante la realización de obras en la captación y en la conducción.
2. Por un incremento en la cantidad ofrecida al disminuir las pérdidas y fugas en la red de distribución y en las tomas domiciliarias.

Otro beneficio que se genera es un mayor consumo de agua potable de las viviendas localizadas en zonas que tienen presión baja, al realizarse una *mejor distribución* dada por la reasignación del agua de las zonas de alto a las de bajo consumo generado por las siguientes condiciones:

3. Por la reposición de micromedidores en domicilios que cuenten con presión en el abastecimiento, ya que en la situación actual estos consumidores consumen sin restricción por una cuota fija. En la situación optimizada al contar con micromedidor

- su consumo se reducirá, por lo que el beneficio logrado será la liberación del recurso --agua--, que será un mayor consumo para otros consumidores.
4. Por la instalación de válvulas en la red de distribución, que permitirá regular el gasto suministrado hacia los sectores en donde se tiene menor presión.
 5. Por la rehabilitación de los tanques que permitirá asegurar que el nuevo gasto captado pueda llegar a cubrir a las zonas que tienen presión baja, ya que si no se rehabilitaran, sería un impedimento para continuar distribuyendo directamente a la red en forma eficiente.

En el cuadro n°34 se muestra la separabilidad de los proyectos, de acuerdo al componente del sistema de abastecimiento de agua potable al que pertenecen (captación, conducción y distribución), y se señala de que manera contribuyen al *mayor consumo* y *mejor distribución* de agua potable de la población conectada a la red.

cuadro n°34

Separabilidad de Proyectos

1	Captación	Conexión pozo No. 8	Mayor consumo
2		Instalación equipo bombeo pozo No. 1	
3	Conducción	Conclusión de obras en la estación de rebombeo nueva "Tinto"	
4		Reposición válvulas desaireadoras	
5	Distribución	Programa reparación fugas	
6		Reposición 3000 micromedidores	
7		Válvulas en la red de distribución	
8		Rehabilitación de 8 tanques de regularización	

Fuente: Elaboración propia

ii. Evaluación de los proyectos en forma conjunta o separada

Los proyectos se evalúan en forma *conjunta* cuando éstos requieren de obras o proyectos adicionales complementarios para su operación, para lograr que aporte los beneficios para el cual fue diseñado. Por ejemplo; la perforación de nuevos pozos tienen como beneficio inmediato el incremento en el gasto ó caudal de captación, y como beneficio directo a la población conectada a la red, un mayor consumo. Pero para que el proyecto "perforación de pozos" cumpla con el beneficio directo para el cual fue diseñado, requiere en algunas ocasiones, de obras complementarias en la conducción (construcción de plantas de rebombeo) y/o en la distribución (ampliación de la red). Los proyectos se evalúan en forma *separada*, cuando éstos no requieren de obras adicionales para que cumplan con el objetivo para el cual fueron diseñados.

Los proyectos señalados en el cuadro nº34 que proporcionan como beneficio un *mayor consumo* de agua potable, se evaluarán de la siguiente manera:

1) Proyecto "reparación de fugas".

El programa de reparación de fugas se evaluará *separadamente* ya que es posible incrementar el consumo doméstico, sin necesidad de incrementar el gasto mediante obras adicionales en la captación y conducción. Es prioritario la ejecución de dicho programa antes de que lleven a cabo las obras para incrementar el gasto.

2) Proyecto "incremento del gasto suministrado"

La conexión del pozo nº 8, la instalación del equipo de bombeo al pozo nº 1, la conclusión de las obras de la nueva estación de bombeo "Tinto" (que se localizará entre las estaciones Plan de Ayala y Sabancuy) y la reposición de las válvulas desaireadoras se evaluarán de forma *conjunta*, ya que no sería posible conducir el nuevo gasto captado si no se realizan conjuntamente estas obras.

3) *Un tercer proyecto que se podría llamar "mejor distribución"*

Se lograría con la reposición de 3000 micromedidores, la rehabilitación de las válvulas en la red de distribución y de los 8 tanques de regularización que permitiría *reasignar* o *transferir* agua de zonas de alta a las de baja presión. Este proyecto podría evaluarse en forma *separada*, pero debido a que no es posible cuantificar con precisión el número de usuarios que se verían beneficiados o perjudicados con estos proyectos, no se evaluará. Sin embargo, es necesario que se rehabiliten los tanques y las válvulas de la red, lo que permitiría realizar *tandeos* y aumentar la presión durante varias horas al día en los sectores II-IV y V que actualmente tienen ese problema²¹, asimismo permitiría que el total de la población abastecida estuviera en igualdad de condiciones en el suministro, lo que aseguraría el beneficio social por la *mayor oferta de agua*.

²¹ CNA "Estudio de Evaluación de pérdidas en el sistema de agua potable en Ciudad del Carmen, Camp. 1994" los sectores II, IV y V registraron presiones inferiores a 0.4 Kg/cm².

iii. Identificación, medición y valoración de los beneficios

Identificación

Con las obras de optimización se logra como *beneficio directo*, la entrega de una mayor cantidad de agua a la población, que reeditará en un *mayor consumo*, aunque no se conocerían con precisión quienes serían los consumidores beneficiados. Por ello la medición de los beneficios sociales, se realizará mediante la obtención de una *curva de demanda agregada* de los 94,467 habitantes²² que se encuentran conectados actualmente al sistema de abastecimiento de agua potable (cuadro n° 35).

cuadro n° 35

Situación de consumidores del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

A. Alto con alcantarillado	2 448	✓		
B. Alto sin alcantarillado	5 420	✓	✓	
C. Medio sin alcantarillado	26 424	✓	✓	
D. Bajo sin alcantarillado	30 175	✓	✓	

Fuente: Elaboración propia

Los consumidores están clasificados de acuerdo al nivel de ingreso en cuatro grupos: el primero corresponde al nivel de elevados ingresos, cuya infraestructura sanitaria incluye un sistema eficiente de alcantarillado y tratamiento de agua negra, ambos privados. Estas variables condicionan que su consumo refleje el nivel más alto, ya que además de su consumo básico se tiene que agregar el uso de agua para riego de jardines y aparatos domésticos como aire acondicionado, etc. El segundo grupo también es de alto nivel de ingresos, sin embargo su consumo menor por estar limitado a no contar con un eficiente sistema de drenaje. El tercer grupo corresponde al nivel medio de ingreso y que presentan graves problemas de abastecimiento por falta de presión en la red y por último los consumidores de bajo nivel de ingreso con limitación en el consumo también por falta de presión en la red y por falta de alcantarillado sanitario.

La agrupación por nivel socioeconómico se justifica ya que según el nivel de ingreso existen diferentes usos del agua y diferente infraestructura sanitaria en su vivienda.

²² Centro de Investigaciones Sociales y Territoriales, UNACAR Campeche, México, enero-marzo 1995; al que se le aplicó los índices de hacinamiento para nivel alto: 4.0, medio: 4.52 y bajo: 5.01 utilizados por la CNA en el "Estudio de Evaluación de Pérdidas, 1994"

Características de la Curva de Demanda Agregada

La curva de demanda agregada se establece mediante la suma de las demandas individuales de los cuatro diferentes tipos de consumidores domésticos (de acuerdo al nivel socioeconómico) conectados a la red de agua potable y para poder facilitar la medición de los beneficios se utiliza una *curva de demanda lineal*. Al suponer ésta lineal, se está *subestimando* los beneficios porque la curva en la realidad es de tipo hiperbólica, es decir, es más alta hacia el origen (gráfica 14). Por lo que al valorar los beneficios como el área bajo la curva de demanda lineal, como resultado de la evaluación del proyecto, en la realidad será aún más rentable, debido a los beneficios subestimados.

gráfica n°14

Curva de demanda hiperbólica y lineal



Fuente: Elaboración propia

◆ Obtención de la curva de demanda lineal

La curva de demanda lineal se obtiene estimando un primer punto de la curva; conociendo la elasticidad precio del agua potable y la cantidad de agua que abastece el sistema en la situación actual y en la situación optimizada se obtienen el segundo y el tercer punto respectivamente.

El primer punto de la curva de demanda se obtiene estimando la cantidad de agua que consumirían el total de los usuarios domésticos si no existiera restricción o problemas para el abastecimiento, para este caso se considera que todos tuviesen presión en el abastecimiento; para lo cual se deberá conocer lo siguiente:

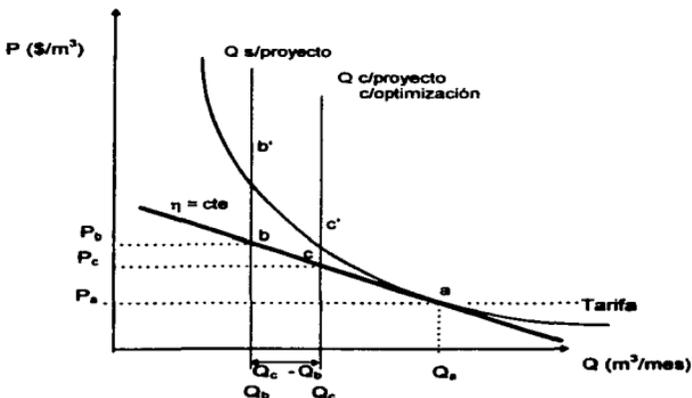
- 1º. El número de habitantes conectados al sistema de abastecimiento actual con presión y sin presión.
- 2º. El número de habitantes por nivel socioeconómico (alto con alcantarillado, alto, medio y bajo).
- 3º. El consumo promedio en litros por habitante al día (lt/hab/día) de los consumidores con presión en su abastecimiento, para cada nivel socioeconómico.

Una vez conocidos los datos anteriores, se estima la cantidad consumida total por día (lt/día) para cada nivel socioeconómico si todos tuviesen presión en el abastecimiento, multiplicando el número de habitantes conectados (con y sin presión) por el consumo promedio en (lt/hab/día) de los que cuentan con presión. Con ello, al sumar los consumos diarios para cada nivel, se conocerá lo que consumirían el total de habitantes conectados al sistema (Q_a), si ninguno de ellos tuviera problemas de presión, a la tarifa doméstica promedio (P). Obteniendo así el primer punto en la curva de demanda (a).

Conocido el primer punto "a", la elasticidad precio del agua potable, que de acuerdo con estudios de la Comisión Nacional del Agua la elasticidad precio del agua es de -0.2 en promedio²³, y la cantidad de agua que se abastece en la situación sin proyecto (Q s/p) y en la situación optimizada (Q c/optim) se puede obtener un segundo y un tercer punto (b) y (c) respectivamente de la curva de demanda lineal (gráfica n° 15).

gráfica n° 15

Curva de Demanda Agregada



Fuente: Elaboración propia

²³ - -0.2 "Revista INDETEC N° 71 junio-julio 1992 pag. 69
(La elasticidad precio de la demanda de un bien se define como el cambio proporcional de la cantidad demandada del bien dividido entre el cambio proporcional del precio del dicho bien.)

Q_a = cantidad de agua que se demandaría si el total de los habitantes conectados al sistema actual, tuviesen presión.

P_a = precio promedio en $\$/m^3$

$Qs/proy$ = cantidad de agua que abastece el sistema actual (situación sin proyecto).

$Q\ c/optim$ = cantidad de agua que se abastecería en la situación optimizada.

b = segundo punto de la curva de demanda, se determina con el punto "a", la cantidad de agua que se abastece en la situación sin proyecto ($Q\ s/p$) y la elasticidad precio.

c = tercer punto de la curva de demanda, se determina con el punto "a", la cantidad de agua que se abastecería en la situación optimizada ($Q\ c/optim$) y la elasticidad precio.

P_b y P_c = precios implícitos para los puntos b y c .

$Q_c - Q_b$ = incremento en el consumo de agua potable (resultado de las obras para el mejoramiento y rehabilitación del sistema de abastecimiento actual de agua potable) de los consumidores conectados a la red.

Medición y Valoración de los Beneficios

En la situación sin proyecto, los usuarios domésticos se encuentran consumiendo Q_b unidades de agua; la optimización les permite aumentar su cantidad demandada hasta Q_c , por lo que la *medición* del beneficio directo *mayor consumo* queda representado por $(Q_c - Q_b)$ y la *valoración* como el área bajo la curva de demanda entre esos dos puntos, menos el precio que ellos deben de pagar por la cantidad adicional de agua área $[P_a(Q_c - Q_b)]$.

Para facilitar la *valoración de los beneficios* se calculará el área bajo la curva de demanda lineal comprendida entre los puntos b y c . En la realidad los beneficios serían mayores, es decir, se tendría que calcular el área bajo la curva de demanda hiperbólica comprendida entre los puntos b' y c' . Al *subestimar los beneficios* (área $b'-c'-b-c$) estamos asegurando que el proyecto sea *rentable*.

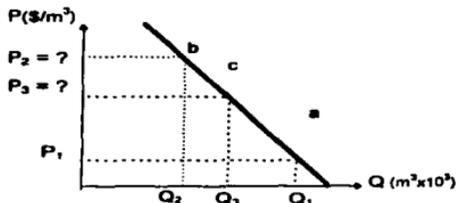
Obtención de la Curva de Demanda Agregada

Una vez conocido el primer punto de la curva de demanda lineal (a), se requiere conocer un segundo y tercer punto (b) y (c), de los cuales se conoce su valor en el eje de las abscisas, pero se desconoce su valor en el eje de las ordenadas o de los precios. Para determinar su valor se utilizará la elasticidad precio (η) del agua potable, que se define como el cambio porcentual de la cantidad demandada de agua, dividido entre el cambio porcentual en el precio. Esto es:

$$\eta = \frac{\Delta Q}{Q} \frac{P}{\Delta P} \quad \text{despejando:} \quad \Delta P = \frac{\Delta Q}{Q} \frac{P}{\eta} \quad \text{donde:} \quad \Delta P = P_2 - P_1 \quad \Delta Q = Q_2 - Q_1$$

$$\text{Por lo que:} \quad P_2 = \frac{(Q_2 - Q_1)}{Q_1} \frac{P_1}{\eta} + P_1 \quad \dots \dots \dots \text{Ecuación (1)}$$

Determinación de Precios Implícitos



Fuente: Elaboración propia

iv. Criterios de Evaluación

Valor actual neto social (VANS)

Para la evaluación de los proyectos para la optimización, el *valor actual neto social* (VANS) considerando los beneficios sociales y costos ocasionados en un horizonte de evaluación de 20 años (promedio de vida útil de los equipos del sistema). La tasa social de descuento utilizada es del 18% indicador calculado por BANOBRAS 1995.

Este criterio compara los flujos de beneficios y costos que arroja la situación base optimizada. La estimación de dicho flujo en valor presente considera los beneficios resultado del incremento en el excedente del consumidor frente a las *inversiones, costos de operación y mantenimiento*²⁴ atribuibles al proyecto.

$$VANS = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{(B_i - C_i)}{(1+r)^i}$$

donde:

- I₀ representa la inversión en el año cero
- B representa los beneficios sociales durante i años
- C representa los costos durante i años
- r representa la tasa de descuento social

²⁴ Las inversiones y costos de operación de los proyectos se muestran en el capítulo V.

Tasa interna de retorno o de rendimiento (TIR)

La tasa interna de retorno, r , es aquella tasa de interés que hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos (VABN). Es decir :

$$VABN = 0 = \sum_{i=0}^n \frac{BN_i}{(1+r)^i}$$

La regla de decisión dice:

Es conveniente realizar la inversión cuando la tasa de interés es menor que la tasa interna de retorno, o sea, cuando el uso del capital en inversiones alternativas "rinde" menos que el capital invertido en este proyecto.

b) SITUACION CON PROYECTO

Para continuar con los principios de la metodología de evaluación, corresponde comparar los efectos netos de la situación sin proyecto vs. la situación con proyecto, a través del análisis de las alternativas para hacer eficiente al sistema actual, con los proyectos denominados "Construcción y Ampliación" que considera complementar el Sistema Hidrosanitario Urbano, proyectando las obras requeridas para cumplir con los sistemas que lo componen:

1. Para el *Sistema de Abastecimiento de Agua Potable*, se contempla la ampliación de la oferta de agua potable con el proyecto de construcción del nuevo acueducto denominado Chicbul II

2. Las dos acciones siguientes que se contemplan en esta situación son la construcción de un *Sistema Municipal de Alcantarillado Sanitario y Pluvial*, y de la *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*, correspondientes al sistema de saneamiento para agua residual doméstica y comercial.

La situación con proyecto permitirá un beneficio directo a la sociedad como consecuencia de entregar una mayor cantidad de agua y por tanto de elevar el consumo permitiendo incorporar a usuarios actuales que no cuentan con conexión y futuros.

La situación con proyecto esta definida de acuerdo al análisis de las etapas que conforman el sistema hidrosanitario presentado en el cuadro nº1 p.46, donde se define que el proyecto para la etapa de abastecimiento de agua potable son las obras requeridas para la *construcción del nuevo acueducto Chicbul II*, y los proyectos para la etapa de saneamiento son la *construcción de la red de alcantarillado y la planta de tratamiento*.

La construcción de estos tres proyectos, representa un beneficio social directo expresado en mayor consumo de agua potable así como en ahorro de costos por la eliminación de agua servida y excretas, ya que se reducirán las enfermedades por insalubridad y como consecuencia se reducirán considerablemente los costos privados ocasionados por inundaciones.

Un beneficio directo intangible que recibirá la sociedad es el mejoramiento del medio ambiente, preservando la riqueza de los ecosistemas de la isla, de los cuerpos de agua internos y de los que la rodean como es la Laguna de Términos.

Para el caso del proyecto 'nuevo acueducto' el beneficio directo será para los habitantes que no contaban con la conexión para abastecimiento de agua potable permitiendo estos consumidores tipo E incrementar su consumo por lo menos al nivel del tipo D y en segundo lugar, el beneficio lo recibirán los actuales conectados, ya que el abastecimiento será constante y suficiente.

En el caso de los proyectos de saneamiento 'red de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento', se registrará un beneficio directo para el 95% habitantes de la ciudad. De tal manera que el beneficio será un incremento en el nivel de consumo de agua potable, permitiendo que los consumidores tipo B, C, D, y E escalen una posición superior; el único tipo de consumidor que es inamovible es el tipo A que es punto referencia de nivel de bienestar, ya que consume sin restricciones. Con lo anterior los consumidores podrían llegar al nivel máximo de bienestar, definido como la situación que disfruta este consumidor A, con consumo óptimo de agua potable debido a que no existen problemas de abastecimiento, ni problemas de desalojo de aguas servidas, ya que cuenta con la conexión a la red de alcantarillado sanitario; sin embargo existe todavía una restricción para que se pueda lograr y es el nivel de ingreso.

La planta de tratamiento que corresponde al segundo proyecto de la etapa de saneamiento, determinará un beneficio directo intangible (Externalidad positiva) y por lo tanto de difícil cuantificación, sin embargo para todos los tipos de consumidores incluyendo el A, será altamente valorado, ya que representa la eliminación de efectos negativos para la salud y el medio ambiente.

1. Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

Para garantizar el abastecimiento de agua potable para el total de la población demandante futura en Ciudad del Carmen, se requerirá de una mayor oferta. Lo esencial es determinar el momento óptimo de construcción del nuevo acueducto; esta afirmación es conclusión del resultado de la evaluación a la situación base optimizada

Para obtener resultados confiables, y cumpliendo con los principios de evaluación social, corresponde comparar los beneficios netos resultantes de la situación 'con proyecto' (incremento de oferta) vs. la situación sin proyecto (situación base optimizada del acueducto existente) es decir, se partirá del resultado obtenido de la evaluación de la optimización de situación base, como situación sin proyecto para luego comparar los resultados de ésta con los resultados obtenidos de la evaluación de la situación con proyecto, con el fin de evitar atribuirle beneficios ilegítimos al proyecto. Tal diferencia representa el mecanismo mas valioso planteado en esta propuesta metodológica, ya que al evaluar la conveniencia de construir el nuevo acueducto, no se le asignarán costos ni beneficios que no le corresponden; como en el caso de los beneficios de la optimización de la situación inicial, el incremento en conducción de 220

lps a 350 lps que pudo lograrse con inversiones marginales, que permitieron no erogar recursos para una gran inversión sino hasta el tiempo óptimo.

El incremento en el consumo se origina a partir de las siguientes acciones, en el orden mencionado: con los proyectos marginales para llegar a la situación base optimizada, después con el proyecto incremento de oferta por el nuevo acueducto y por último con la construcción del sistema de saneamiento.

Para que se logre la eficiencia de servicio de abastecimiento, debe ser construido y bien diseñado el sistema hidrosanitario urbano, contemplando dos aspectos fundamentales:

- Que una eficiente infraestructura para el desalojo y tratamiento de agua negra, es una condición indispensable para determinar el nivel de consumo de agua potable. Por lo que el sistema de saneamiento (desalojo y tratamiento de agua residual) debe ser proyectado considerando el total posible de los posibles incrementos en el consumo, dados los diferentes niveles de oferta y de demanda, de la situación actual y futura.
- Inducir la modificación de los hábitos de consumo de los beneficiados, a través de mecanismos de tarifas que permitan racionar la oferta.

I. Separabilidad de proyectos de la construcción del nuevo acueducto

Se evaluará la propuesta del organismo operador, quien contempla un acueducto con capacidad de 350 lps, lo que incrementaría la oferta de agua potable del sistema de abastecimiento a 640 lps, incluyendo el actual. La construcción del proyecto denominado "nuevo acueducto" incluye obras necesarias para las etapas de captación y conducción (cuadro n° 36) .

cuadro n° 36

Separabilidad de Proyectos : Nuevo Acueducto

Captación				
1.		Construcción de 10 pozos profundos de 18" de Ø (diámetro) de ademe y hasta 70 M. de profundidad.	Incremento de Oferta (↑ Caudal)	Mayor consumo
2.		12 Km. de caminos de acceso a pozos.		
3.		12 Km. de tubería de interconexión de los pozos hasta la primera estación de bombeo con 14", 20", 24" y 30" de Ø con cajas de válvulas.		
4.		Equipamiento electromecánico y fontanería		
5.		12 Km. de línea eléctrica trifásica de 34,500 volts.		
Conducción				
6.		Suministro de tubería de polietileno de alta densidad de 36" de Ø	Incremento de Oferta (↑ Caudal)	Mayor consumo
7.		Flete, acarreo, maniobra e instalación de tubería de polietileno de alta densidad.		
8.		Obra civil de 3 estaciones de bombeo		
9.		Obra electromecánica		
10.		Fontanería		

Fuente: Elaboración propia

Todos los proyectos señalados en el cuadro anterior refieren las obras de los componentes captación, y conducción que proporcionan un incremento en el caudal a suministrar (oferta) de agua potable, y por lo tanto un beneficio por mayor consumo, razón por la cual se evaluarán en forma conjunta, ya que como se afirmó antes, los proyectos se evalúan en forma separada cuando no requieren de obras adicionales para que cumplan con el objetivo el cual se diseñaron.

ii. Identificación, medición y valoración de los beneficios

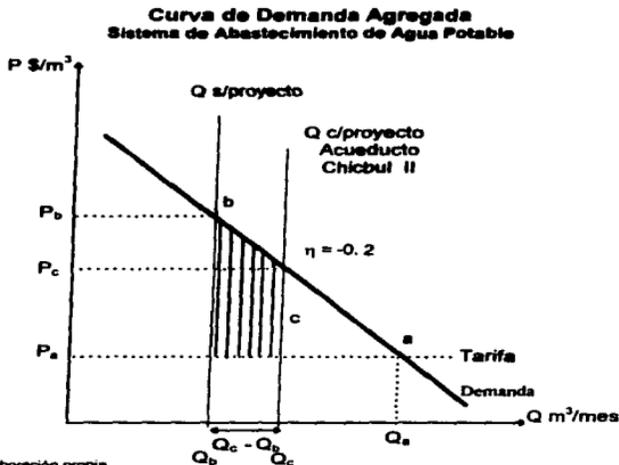
Identificación

A continuación se identificarán los beneficios en la curva de demanda para la situación con proyecto vs. la situación sin proyecto para agua potable. La curva de demanda se utilizará del tipo lineal, al igual que en la situación base optimizada, y por lo tanto se presume que los beneficios se subestiman.

En la situación sin proyecto los usuarios domésticos se ubican en un nivel de consumo de Q_b unidades de agua, la construcción del nuevo acueducto permite incrementar la oferta de agua potable hasta Q_c e incorporar a los habitantes que no contaban con la conexión.

La medición del beneficio directo de mayor consumo será la cantidad entre $Q_c - Q_b$, y su valoración el área bajo la curva entre estos dos puntos menos el precio que los consumidores pagan por la cantidad adicional de agua representada por $\{P_a (Q_c - Q_b)\}$

gráfica n° 17



Donde el área sombreada representa el valor de los beneficios sociales directos por incremento en consumo al construir el nuevo acueducto.

Donde:

Q_a = representa la cantidad de agua que se demandaría si el total de los habitantes estuvieran conectados, es decir se incrementa la población no abastecida

P_a = precio promedio en $\$/m^3$

Q s/proy = cantidad de agua que abastece el sistema actual a partir de las acciones de la optimización de la situación base (situación sin proyecto).

Q c/proy = cantidad de agua que se abastecería en la situación con proyecto.

b = segundo punto de la curva de demanda, se determina con el punto "a", la cantidad de agua que se abastece en la situación sin proyecto (Q s/p) y la elasticidad precio.

c = tercer punto de la curva de demanda, se determina con el punto "a", la cantidad de agua que se abastecería en la situación con proyecto (Q c/optim) y la elasticidad precio.

P_b y P_c = precios implícitos para los puntos b y c.

$Q_c - Q_b$ = incremento en el consumo de agua potable para los consumidores que no estaban conectados a la red (resultado de la construcción del acueducto Chicbul II)

Es importante mencionar que el nuevo acueducto operará con el fin de abastecer a la población actual que no cuenta con el abastecimiento y a la futura, es por esto que la población estimada juega un papel determinante en la evaluación, ya que de aquí se obtendrá el verdadero beneficio para la sociedad. En este sentido se valorará el beneficio actual de la construcción de esta obra, es decir el que proporcionará a los 3,709 habitantes que no cuentan con conexión pertenecientes al nivel de ingreso más bajo, y el futuro estimados a 20 años en 32,541 habitantes residentes de la Isla Carmen, a través del mismo mecanismo.

Medición y Valoración

A continuación se presentan los datos de población actual en Ciudad del Carmen para definir los futuros beneficios para la situación con proyecto.

Como ya se mencionó, los habitantes beneficiados directamente son del orden de 3 709, actualmente (cuadro n°37) y de 32 541 h. futuros (cuadro n°6 p.69) Los primeros, corresponden al tipo de consumidor E, que pertenece al nivel socioeconómico bajo y que no esta conectado a la red de agua potable. La medición de los beneficios de las conexiones actuales se calculan para cada tipo de consumidor de acuerdo a los cambios en el nivel de consumo resultado de la situación con proyecto.

Identificación del Beneficio Social por Incremento en Consumo
(c/p vs s/p)
1995

Tipo de Consumidores *	Acueducto Chicbul I		Acueducto Chicbul II		Alcantar. y Planta Trat	
	Dotación	Habitantes	Dotación	Habitantes	Dotación	Habitantes
	l/h/d	total	l/h/d	beneficiados	l/h/d	beneficiados
A. Alto con alcantarillado	334.2	2 448	334.2	=	334.2	-
B. Alto sin alcantar.	288.3	5 420	288.3	=	334.2	5 420
C. Medio sin alcantar.	199.1	26 424	199.1	=	288.3	26 424
D. Bajo sin alcantar.	149.8	60 175	149.8	=	199.1	60 175
E. Bajo sin alcantarillado sin agua potable	0	3 709	149.8	3 709	199.1	3 709
				3 709		

* Definidos de acuerdo a su nivel socioeconómico e infraestructura

* Consumo máximo diario por habitante

Fuente: Elaboración propia

El beneficio directo, resultado del incremento de oferta de agua potable será en primer lugar para los habitantes clasificados en el tipo de consumidor E, ya que al conectarse al sistema de abastecimiento de agua potable serán beneficiados 3,709 habitantes que podrán consumir por lo menos 149.8 l/h/d dotación igual al nivel de consumo del tipo D, el beneficio se calculó en 6.43 lps

También se beneficia indirectamente al resto de los conectados (94,467 habitantes), asegurándose el abastecimiento constante y suficiente, con 26.78 lps adicionales sin embargo dicho beneficio ya se contabilizó y evaluó en la evaluación de la situación base optimizada.

El segundo beneficio directo, lo recibirán los posibles consumidores futuros estimados para el año 2015 en 130,000, y cuyo incremento representa a 32,541 habitantes totales que se estima consumirán 92 lps más.

Otro beneficio será la satisfacción de la demanda de agua potable que corresponde al abastecimiento de las plataformas marinas en altamar y a los barcos que operan en la Sonda de Campeche; sin embargo no se cuantificarán como beneficios sociales, ya este consumo se considera industrial y su tarifa es diferente a la doméstica; a pesar de que sirve como abastecimiento a una población aproximada de 6,100 personas en plataformas.

2. SISTEMA DE SANEAMIENTO: RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO

Se puede observar que el máximo consumo de agua potable se logra si se cuenta con un sistema eficiente de desalojo de agua residual, es decir de un alcantarillado sanitario, siendo su beneficio evidente y medible. Es por ello que para analizar este sistema se debe tener claro que existe indiscutiblemente una relación económica directa entre el sistema de agua potable con el sistema de desalojo de agua residual; de tal manera que los beneficios de un proyecto relacionado con un sistema de desalojo deben ser cuantificados en el mercado de agua potable, por que la demanda de agua se condiciona por el sistema de desalojo, por el precio, clima y nivel socioeconómico de los consumidores, por lo tanto la función de demanda de agua potable incluyendo el sistema de desalojo será:

$$Q_d = D(P, I, C, NS)$$

Qd	representa las cantidades máximas de agua que se consumirán por unidad de tiempo en función de
P	precio del agua
I	infraestructura para abastecimiento de agua potable y para desalojo
C	clima
NS	nivel socioeconómico que incluye el ingreso, hábitos y otras variables.

i. Identificación medición y valoración de los beneficios

Identificación

Para el caso de identificar los beneficios del sistema de saneamiento, se requiere de una metodología diferente a la planteada para los beneficios de incremento de oferta de agua potable, ya que los costos por no contar con un sistema de desalojo eficiente no sólo se expresan en bajo nivel de consumo de agua potable sino también representan costos privados (de las familia) por la construcción y mantenimiento de instalaciones para eliminar agua servidas y excretas, instalaciones que generalmente son ineficiente ya que no se planean con asesoría técnica, incurriendo en problemas de contaminación por inundaciones, que conllevan a un incremento de costos privados por enfermedades de origen hídrico.

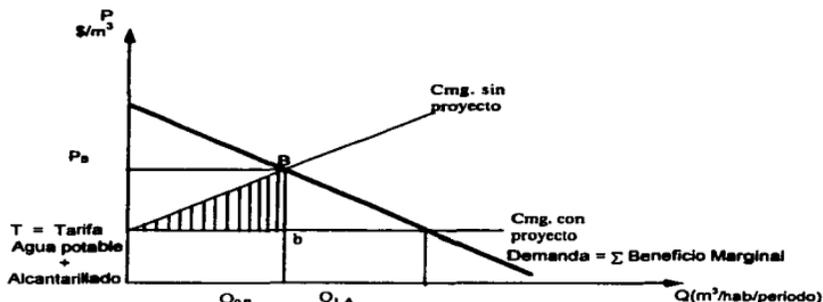
Es decir que las molestias asociadas a un mayor consumo de agua sin un sistema eficiente de desalojo implicarían costos marginales crecientes para el consumidor. Es por esto que los beneficios directos al existir un sistema de saneamiento en Ciudad del Carmen no se medirán sólo como incremento en el consumo de agua potable sino también como ahorro de costos para cada consumidor.

Por lo tanto la representación de los beneficios netos (gráfica nº21) con el enfoque de costos marginales es la base para llevar a cabo esta evaluación. El costo marginal es el pago que se hace por eliminar un m³ de agua, que no es menor que el costo de su abastecimiento.

La característica principal de este enfoque es que a una misma tarifa, el consumidor de un mismo nivel socioeconómico, que no cuenta con sistema eficiente de desalojo de agua servida y excretas, demanda una cantidad de agua Q_0 como ejemplo : el caso del consumidor tipo B, cantidad que es menor a Q_1 la que demanda el tipo A, que si cuenta con un sistema eficiente de desalojo.

gráfica n°18

**Costos marginales por carencia
de sistema de desalojo**
Tipo de consumidor B



Fuente: MIDEPLAN, Inversión Pública, Eficiencia y Equidad "Metodologías Especiales: Agua Potable y Alcantarillado" Santiago de Chile 1992.

El triángulo -T,B,b- representa el valor de los costos para el consumidor tipo B, ocasionadas por la no contar con un sistema eficiente de desalojo de agua servida, área que representará un beneficio por **ahorro de costos** al contar con sistema de desalojo eficiente.

Q_{1A} = cantidad máxima que el consumidor A que cuenta con alcantarillado consume por periodo

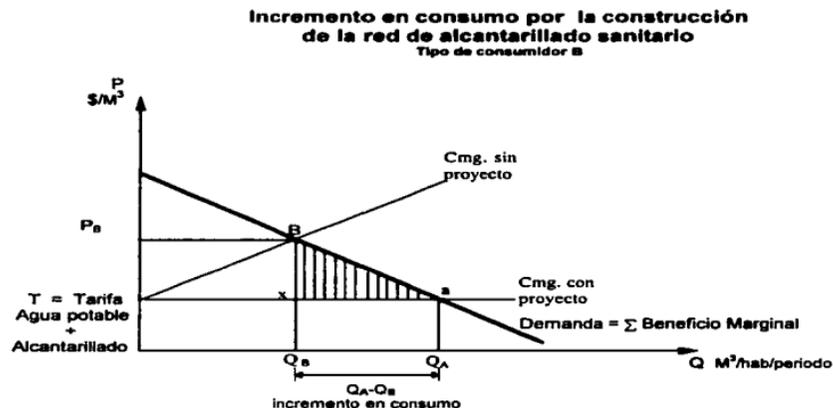
Q_{2B} = cantidad de agua que el consumidor B demanda por periodo al no contar con red de alcantarillado

T = tarifa que pagará el consumidor al existir la red de alcantarillado, es una tarifa ajustada que incluye los servicios de agua potable más el alcantarillado (situación con proyecto).

P_B = el precio que paga el consumidor al no existir red de alcantarillado si quisiera consumir mas agua que la que puede eliminar sin molestias, y es por lo menos igual al que le cuesta abastecerse de cada m^3 (situación sin proyecto)

Al incorporar el proyecto, se logra eliminar los costos y aumentar el consumo esto se puede observar en la siguiente gráfica:

gráfica n° 19



Fuente: MIDEPLAN, Inversión Pública, Eficiencia y Equidad "Metodologías Especiales: Agua Potable y Alcantarillado" Santiago de Chile 1992.

El valor del beneficio para el consumidor tipo B, al contar con un sistema eficiente de desalojo de agua servida, que se logra a través del **incremento de consumo** representado en el triángulo - x a B-

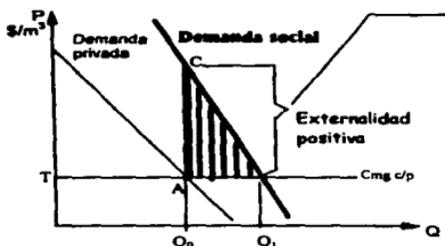
Por lo tanto el **beneficio neto para cada familia según su tipo de consumidor** es la suma de ambas áreas = **incremento de consumo + ahorro de costos**, así para cada tipo de consumidor (gráficas n° 18 y 19)

Con base en el enfoque de las necesidades básicas que explica que la sociedad esta dispuesta a pagar para aumentar el consumo de agua de la población de menor nivel socioeconómico y que esta disposición es mayor mientras el nivel socioeconómico sea el mas bajo. Se puede contar con un beneficio intangible adicional ya que la demanda social por agua potable al contar con alcantarillado, difiere de la privada, debido a las externalidades positivas derivadas tanto del mayor consumo de agua por parte de sectores de escasos recursos, como por la operación de la planta de tratamiento de agua residual municipal por lo que, la curva de demanda social es mayor (gráfica n°20) y dejando claro que tanto los beneficios como los costos sociales son

mayores que los privados. Sin embargo las externalidades para este caso son de difícil medición, por lo que solo se ejemplifican para que se considere que los beneficios sociales son positivos.

Curva de demanda social

gráfica n°20



El área ABC representa el beneficio social por aumento de externalidad positiva debido al incremento en el consumo de agua potable para los tipos de consumidores de nivel socioeconómico bajo y por la operación de la planta de tratamiento.

La demanda privada representa la demanda de cada familia por tipo de consumidor.

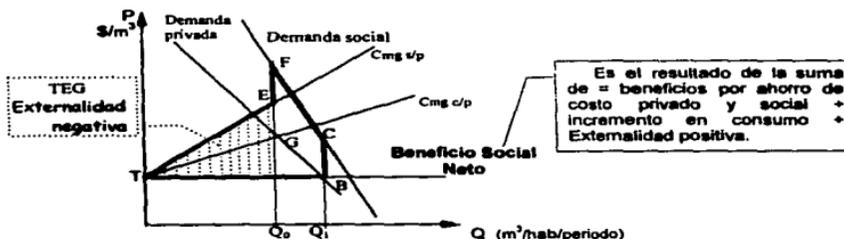
Q (m³/hab/periodo)

Fuente: MIDEPLAN, Inversión Pública, Eficiencia y Equidad "Metodologías Especiales: Agua Potable y Alcantarillado" Santiago de Chile 1992.

El beneficio social neto será entonces la suma de las tres áreas sombreadas en las anteriores gráficas. **Beneficio Social Neto = Σ (Ahorro de costos privados y sociales + incremento en consumo + externalidades sociales positivas)** éstas últimas por mejoramiento ambiental e incremento de consumo de población de nivel socioeconómico bajo.

Beneficio Social Neto

gráfica n°21



Es el resultado de la suma de = beneficios por ahorro de costo privado y social + incremento en consumo + Exteralidat positiva.

Fuente: MIDEPLAN, Inversión Pública, Eficiencia y Equidad "Metodologías Especiales: Agua Potable y Alcantarillado" Santiago de Chile 1992.

Areas:

TEFCB = Beneficio Social Neto de los Consumidores suma de beneficios por ahorro de costo privado y social + incremento en consumo + Externalidad positiva.

TEG = externalidad social negativa es el costo social = $cmg_{s/p} - cmg_{c/p}$.

El costo marginal social es mayor que el privado debido a la externalidad negativa para la sociedad de no contar con un sistema eficiente de desalojo.

TGA = costo marginal privado (familias)

TGB = Beneficio Neto Privado =(ahorro de costos privado TGA + incremento en el consumo AGB)

GFCB = beneficio social por aumento de Externalidad positiva

TEG = ahorro de Externalidad negativa por la descarga tratamiento y disposición de agua residual

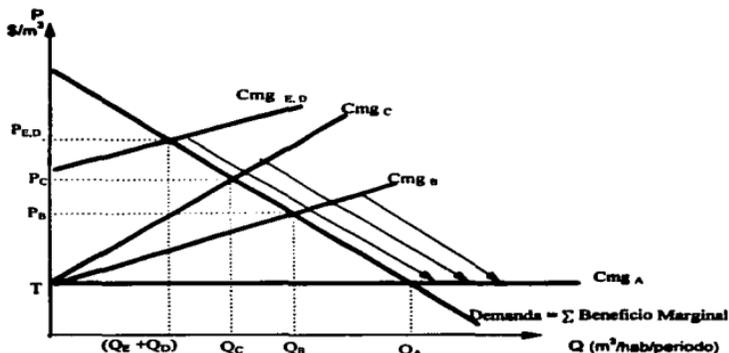
ABQ₀ Q₁ = beneficio neto privado para la empresa u organismo operador del sistema de agua potable y alcantarillado.

Medición y Valoración

El beneficio neto por incorporación al sistema saneamiento (planta de tratamiento y alcantarillado) será la medición y valoración del incremento en consumo y el ahorro de costos, si todos los habitantes de la localidades están dispuestos a pagar la tarifa impuesta T.

A diferencia de la metodología para agua potable donde se consideraron 5 tipos de consumidores que para el caso de abastecimiento de agua potable definidos de acuerdo al nivel socioeconómico e infraestructura, en esta se considerarán sólo 4, ya que los tipos D y E se condensan por que tienen las mismas características después de incorporarlos a la red de agua potable; y una última consideración para el análisis es el clima tropical de la isla, constante a lo largo del año, lo que implica que el consumo permanece con el nivel considerado.

Beneficios Marginales
 proyectos: agua potable y alcantarillado
 si todos los consumidores aceptan conectarse

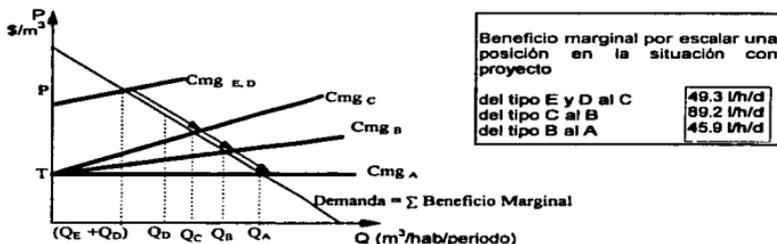


Fuente: MIDEPLAN, Inversión Pública, Eficiencia y Equidad "Metodologías Especiales: Agua Potable y Alcantarillado" Santiago de Chile 1992.

La medición se efectuara por separado, en primer lugar los beneficios de incremento en consumo de pasar de por ejemplo de: Q_C a Q_B , más el beneficio por ahorro de costos de pagar el precio P_C a T (tarifa), así para cada tipo de consumidor, y comparando la situación sin proyecto vs. con proyecto.

Los beneficios marginales del proyecto de la red de alcantarillado por incremento de consumo y ahorro de costos, se logran representar en la siguiente gráfica donde cada tipo de consumidor escalará un nivel. Se escala sólo un nivel ya que aunque se puede incrementar el consumo sin restricción hasta el nivel mayor, existe una restricción para los consumidores: el ingreso.

Beneficios Marginales
proyecto: sistema de saneamiento



ii. Separabilidad de proyectos de la red de alcantarillado sanitario

Existe la consideración de evaluar la red de tendido de un alcantarillado sanitario bajo la óptica de mejor opción, es decir que a través de los criterios del menor costo anual equivalente o del mayor VAN resultante de construir fosas sépticas (privadas o comunitarias) y la red de colectores del sistema de alcantarillado construir el mas rentable. Sin embargo para el caso de Ciudad del Carmen, este criterio no es válido, por las siguientes razones: en primer término, porque las condiciones geográficas de la isla no permite la construcción de fosas sépticas ya que contaminaría graves daños al ambiente, en segundo lugar porque prácticamente la población entera no cuenta con ningún sistema de drenaje eficiente para considerarlo como opción, y en tercer lugar por que es imprescindible para la población el disminuir las enfermedades y muertes de origen hídrico, que se presentan en la época de estiaje en la zona.

De tal manera, que el proyecto debe ser evaluado en forma conjunta, situación válida y ostensiblemente rentable, como se podrá comprobar en el capítulo siguiente. Sin embargo como esta tesis pretende dar una visión amplia de la evaluación social, se explicará en que consiste dicha metodología, como un ejercicio puramente académico.

Los proyectos de alcantarillado deben ser evaluados a través del criterio de rentabilidad con los siguientes tres instrumentos: VAN, Momento óptimo de ejecución de los tramos que componen la red, así como del Tamaño óptimo.

◆ **Tamaño Óptimo de Diseño**

Este se refiere al diámetro y al material de la tubería. Existen dos criterios de selección a considerar, por un lado el técnico, que debe incluir en su propuesta las características legales en relación al tipo de suelo; y por otro lado el económico que debe considerar la densidad de población homogénea por área geográfica posible a beneficiar.

La *Tramificación* es la base de la metodología para cumplir con una evaluación social eficiente, ya que ella depende el éxito de cada obra, esta se refiere a la consideración económica de la red de alcantarillado según tres tipos de tramos: principal, intermedio y periférico.

El tramo principal es la tubería imprescindible para que exista el servicio, ya que si no se construye, no existiría la red de alcantarillado, el tramo intermedio es la tubería cuya existencia es vital para los tramos principales, ya que le conduce el caudal de eliminación directo para su desalojo. Y el tramo periférico es la tubería que, de ser eliminada no afectaría la existencia de la red, ésta es entonces, la que conduce el efluente residual de la zonas alejadas al tramo intermedio.

Criterio de Selección

Tramo Periférico

Se le cuantificarán los costos de por lo menos dos soluciones de drenaje: red de alcantarillado y fosa séptica; eligiéndose el menor. También se cuantificarán los beneficios y costos del tramo, en caso de ser elegido el alcantarillado, sin incluir los costos incrementales para tramos futuros; si el resultado es un VAN social positivo, entonces se considera para la siguiente etapa de tramificación, es decir la intermedia.

Tramo Intermedio

Se le considera el VAN acumulado de todos los tramos periféricos que lo preceden, mas el propio. Si la suma del VAN de tramos periféricos es positiva, entonces el tramo intermedio se acepta, de lo contrario se opta por la opción de construcción de fosas sépticas en los tramos periféricos.

Tramo Principal

Se considera la suma de VAN de tramos periféricos mas tramos intermedios mas el propio y si el resultado es positivo, se construye.

◆ **Momento Óptimo de Ejecución**

Este es un proyecto donde no se conoce con seguridad el incremento de los beneficios anuales, es decir donde los beneficios dependen del transcurso del tiempo calendario y no del tiempo que lleven funcionando, y donde la inversión tiene vida casi infinita; esta consideración se debe tener para todos los proyectos de agua potable, escuelas, electricidad, puertos. El proyecto debe realizarse el año en que el VAN se maximice; esto es cuando los beneficios netos excedan el costo de capital, medido a través del costo de oportunidad (tasa social de descuento): $BN_t > (I \times r)$.

"El análisis puede hacerse más rigurosamente considerando los costos y beneficios en caso de postergar la inversión o, alternativamente, el VABN de invertir hoy comparado con invertir mañana, donde el momento óptimo será en el que lo beneficios netos del primer año de operación del proyecto sean iguales al costo de capital de la inversión comprometida. $\Delta VABN = 0$ cuando $B_1 = (I_0 \times r)$ "²⁵

◆ Momento Óptimo de Inversión

Este unto se refiere al momento en que debe incorporarse un tramo de la red, que en al momento cero resulto negativo, pero que sin embargo será necesaria su construcción en el futuro, como por ejemplo los tramos periféricos negativos. Esta evaluación se logra a través de proyectar los beneficios netos de dos o más alternativas y compararlos ya que puede ser más económico construir ahora la red en lugar de construir todas las fosas sépticas que paulatinamente se construirían a lo largo de ese periodo.

SEGUNDA PARTE

**EVALUACION SOCIAL DEL SISTEMA INTEGRAL
HIDROSANITARIO EN CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE**

CAPITULO V

EVALUACION SOCIOECONOMICA

CAPITULO V
EVALUACION SOCIOECONOMICA PARA
EL SISTEMA HIDROSANITARIO URBANO

A. SITUACION BASE OPTIMIZADA DEL SISTEMA DE ABATECIMIENTO DE AGUA POTABLE

a) Situación Actual (sin proyecto)

La situación sin proyecto es el diagnóstico de las condiciones actuales del sistema hidrosanitario. Como resultado de la metodología expuesta en el capítulo anterior, en primer término se analizan las características que originan la problemática del sistema de abastecimiento de agua potable, y posteriormente del sistema de saneamiento, y se presentan sus respectivas soluciones.

A continuación se presentan las condiciones de oferta de agua potable en la situación *sin proyecto*: el caudal suministrado es de 220 lps, mismo que se reparte de la manera mostrada en el siguiente cuadro donde el gasto doméstico es de 90 lps equivalentes a 233,280 m³/mes (Q₂), lo que representa el volumen suministrado en la situación sin proyecto (Q_{s/p}).

cuadro n° 38

Caudal suministrado en situación sin proyecto
Oferta de Agua Potable

Doméstico	90	233, 280	41
Industrial y comercial	41	106, 272	19
Fugas en la red de distribución	23	59, 616	10
Fugas en tomas domiciliarias	66	171, 072	30

Fuente: CNA "Estudio de evaluación de pérdidas en el sist. de agua potable en Cd. del Carmen, Camp. 1994"

A continuación se presentan las curvas de demanda determinadas para la situación *sin proyecto* y la situación optimizada para los proyectos: "reparación de fugas" e "incremento del gasto suministrado", para continuar con la identificación, medición y valoración de los beneficios y costos para los proyectos mencionados y determinar su rentabilidad social.

- ◆ El primer punto "a" de la curva, es la cantidad de agua potable (Q_1) que demandaría la población conectada a la red, si todos tuviesen presión en el abastecimiento al precio actual por m^3 . En el anexo estadístico se presentan los cálculos estadísticos para la obtención del volumen que representa Q_1 .

$$P_1 = 1.56 / m^3$$

$$Q_1 = 499\,740 \text{ m}^3/\text{mes} = 192.8 \text{ lps}$$

Determinación de los precios implícitos

Conociendo la elasticidad precio del agua potable²⁶ (η) que es de -0.2, el punto "a" y $Q_2 = 233\,280 \text{ m}^3/\text{mes}$ obtengo que $P_2 = 5.72$ de acuerdo con la ecuación (1) del capítulo IV.

Ecuación de elasticidad - precio de agua potable

$$\eta = \frac{\Delta Q}{Q} \frac{P}{\Delta P} \quad \text{despejando:} \quad \Delta P = \frac{\Delta Q}{Q} \frac{P}{\eta} \quad \text{donde:} \quad \begin{aligned} \Delta P &= P_2 - P_1 \\ \Delta Q &= Q_2 - Q_1 \end{aligned}$$

$$\text{Por lo que: } P_2 = \frac{(Q_2 - Q_1)}{Q_1} \frac{P_1}{\eta} + P_1 \dots\dots\dots \text{Ecuación (1)}$$

En la sustitución se utilizó $(m^3/\text{mes}) \times 10^3$:

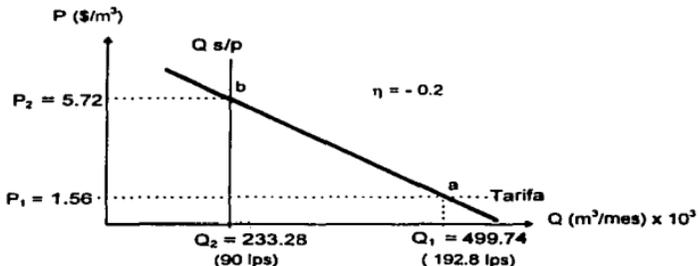
$$P_2 = \frac{(233.28 - 499.74) 1.56}{(499.74) (-0.2)} + 1.56$$

$$\boxed{P_2 = 5.72}$$

En la gráfica n°24 se muestra la curva de demanda agregada para la población conectada a la red de agua potable.

gráfica n° 24

Curva de demanda en situación sin proyecto



Fuente: Elaboración propia

b) Situación Optimizada

El siguiente paso después de la identificación de los beneficios, es realizar su valoración y cuantificación para cada uno de los proyectos que permitirán optimar la situación actual, y proceder a evaluar su rentabilidad social. A continuación se presenta la cuantificación de los beneficios del primer proyecto:

1. Proyecto "Reparación de Fugas".- Este consiste en rehabilitar el 50% de las tomas domiciliarias que presentan fugas, como se demuestra en el capítulo III inciso 3). El proyecto no contempla la reparación de las fugas en la red de distribución, el cuadro nº 39 se muestran las fugas en la situación sin proyecto y optimizada.

cuadro nº 39

Caudal de pérdida por fugas

En la red de distribución	10 %	23 lps	10 %	23 lps
En las tomas domiciliarias	30 %	66 lps	15 %	33 lps

Fuente: "CNA "Estudio de evaluación de pérdidas en el sist. de agua potable en Cd. del Carmen, Camp. 1994"
"Elaboración propia con datos de la CNA"

Se consideró un incremento mayor en el consumo doméstico por la diferencia entre las tasas de crecimiento de la población (apartado población cap.V) con respecto a las del sector industrial y comercial.

I. Valoración de Beneficios del proyecto "Reparación de Fugas"

◆ Identificación de los beneficios

Una vez realizada las obras para disminuir el 50% de las fugas en las tomas domiciliarias (30% al 15%), representando una disponibilidad de 33 lps²⁷, que se distribuirán 23 lps al consumo domiciliario y 10 lps al consumo industrial y comercial; por lo que el gasto domiciliario pasará de 90 lps en la situación sin proyecto a 113 lps en la situación con proyecto, el gasto industrial y comercial aumenta su consumo a 51 lps y las fugas en la red permanecen constantes (cuadro nº 27). Un cambio en estas condiciones representaría un nuevo proyecto.

²⁷ Del 100% se estima que el 70% se canaliza al gasto domiciliario y el 30% restante al gasto industrial y comercial. (Estimación realizada con datos de facturación del SMAP de 1994)

**Caudal de agua potable en situación optimizada
Proyecto "reparación de fugas"**

Domiciliario	113	292,896	52
Industrial y comercial	51	132,192	23
Fugas en la red	23	59,616	10
Fugas en tomas domiciliarias	33	85,536	15

Fuente: Elaboración propia con datos de la CNA "Estudio de evaluación de pérdidas en el sist. de agua potable en Cd. del Carmen, Camp. 1994".

◆ **Cuantificación de beneficios**

Para la *cuantificación* del beneficio por incrementar el consumo de agua potable de 90.0 a 113.0 lps, se trazó $Q_3 = 113$ lps equivalentes a 292 890 m³/mes sobre la curva de demanda en la situación sin proyecto; se obtuvo el precio implícito $P_3 = 4.79$ a partir de la ecuación (1), y se calculó el área bajo la curva entre los puntos b y c (gráfica n° 25).

Determinación de los precios implícitos

La elasticidad precio del agua potable $\eta = -0.2$, $Q_2 = 233\ 280$ m³/mes y $Q_3 = 292\ 890$ m³/mes obtenemos que $P_2 = 5.72$ y $P_3 = 4.79$

De acuerdo con la ecuación (1)

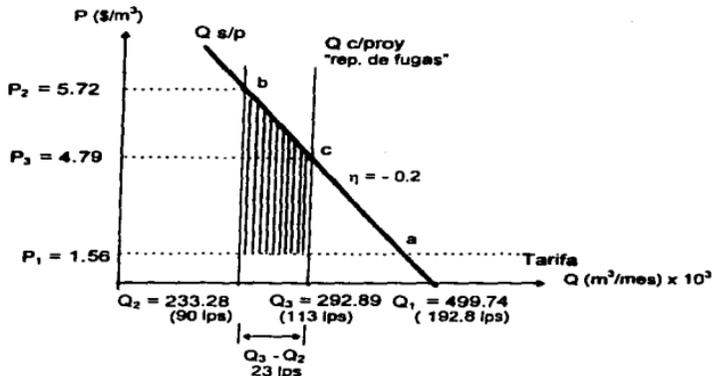
$$P_2 = \frac{(233,28 - 499,74) 1,56}{(499,74) (-0,2)} + 1,56$$

$$P_2 = 5.72/m^3$$

$$P_3 = \frac{(292,89 - 499,74) 1,56}{(499,74) (-0,2)} + 1,56$$

$$P_3 = 4.79/m^3$$

Curva de demanda en situación optimizada
Proyecto "reparación de fugas"



Fuente: Elaboración propia

◆ **Valoración de beneficios**

En la gráfica se muestra la curva de demanda con el proyecto "reparación de fugas" en donde el área sombreada bajo la curva representa los *beneficios sociales* por incremento en consumo (VSB), cuyo valor es un total de \$ 2'642 424 anuales.

Fórmula 2:

$$\text{Valor Social de los Beneficios} = \frac{[(Q_3 - Q_2)(P_2 - P_3)]}{2} + [(Q_3 - Q_2)(P_3 - P_1)]$$

Sustitución:

$$\text{VSB} = \left[\frac{(59\ 616)(5.72-4.79)}{2} \right] + [(59\ 616)(4.79 - 1.56)]$$

$$\text{VSB} = 220\ 281 \text{ \$/mes}$$

$$\text{VSB} = 2'642\ 424 \text{ \$/año}$$

• Valor actual de los beneficios sociales

cuadro n°41

Valor Actualizado de los Beneficios Sociales
Proyecto "reparación de fugas"

Años	Beneficios (\$/año)	F.A. 18%	VAB (\$/año)
0	0	1.00000	0
1	2,642,424	0.84746	2,239,342
2	2,642,424	0.71818	1,897,748
3	2,642,424	0.60863	1,608,261
4	2,642,424	0.51579	1,362,933
5	2,642,424	0.43711	1,155,028
6	2,642,424	0.37043	978,837
7	2,642,424	0.31393	829,523
8	2,642,424	0.26604	702,986
9	2,642,424	0.22546	595,751
10	2,642,424	0.19106	504,873
11	2,642,424	0.16192	427,859
12	2,642,424	0.13722	362,592
13	2,642,424	0.11629	307,281
14	2,642,424	0.09855	260,408
15	2,642,424	0.08352	220,685
16	2,642,424	0.07078	187,021
17	2,642,424	0.05998	158,492
18	2,642,424	0.05083	134,316
19	2,642,424	0.04308	113,827
20	2,642,424	0.03651	96,463
Valor Actual de Beneficios			14,144,226

Fuente: Elaboración propia

• Análisis de sensibilidad

En el siguiente cuadro se muestra la sensibilidad de los beneficios con variación en elasticidad-precio.

cuadro n°42

Análisis de Sensibilidad de los Beneficios
a la variación de elasticidades-precio del agua potable
proyecto 'reparación de fugas'

Elasticidad precio	P_1	Q_1		Q_2		Q_3		(Q_3-Q_2)		P_2	P_3
	\$/m ³	lps	m ³ /mes	lps	m ³ /mes	lps	m ³ /mes	lps	m ³ /mes	\$/m ³	\$/m ³
-0.20	1.56	192.8	499,738	90	233,280	113	292,896	23	59,616	5.72	4.79
-0.15	1.56	192.8	499,738	90	233,280	113	292,896	23	59,616	7.11	5.86
-0.10	1.56	192.8	499,738	90	233,280	113	292,896	23	59,616	9.88	8.02

Fuente: Elaboración Propia

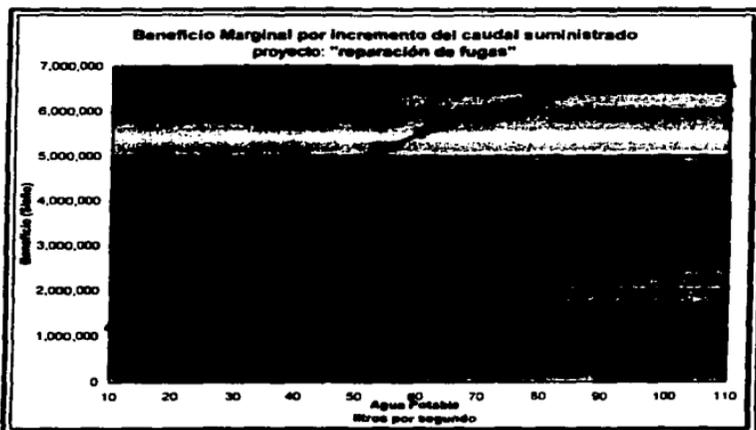
• **Beneficios Marginales**

El cuadro n° 43 y la gráfica n° 26 ejemplifica el comportamiento de los beneficios marginales respecto a incrementos en el caudal.

cuadro n° 43

Q doméstico (lps)		Incremento lps	Beneficio Marginal	
de:	a:		\$/año	%
90	100	10	1,230,841	
90	110	20	2,335,846	89.8
90	120	30	3,315,015	41.9
90	130	40	4,168,349	25.7
90	140	50	4,895,847	17.5
90	150	60	5,497,509	12.3
90	160	70	5,973,336	8.7
90	170	80	6,323,327	5.9
90	180	90	6,547,482	3.5
90	190	100	6,645,802	1.5
90	200	110	6,618,286	-0.4

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

ii. Estimación de los Costos del proyecto "Reparación de fugas"

En la estimación de los costos no fue posible utilizar los indicadores: precio social de la mano de obra, de la divisa e impuestos; por la falta de información de los precios sociales para formular proyectos, únicamente se consideraron precios de mercado.

El proyecto de *reparación de fugas* tiene una inversión inicial de \$ 915,120 y se estimó que se requiere de costos de mantenimiento anual de \$372,000 durante el horizonte del proyecto para mantener un mismo nivel de fugas en la red de distribución de 10% y en las tomas domiciliarias 15%, lo que representa un 25% de fugas totales en el sistema (anexo estadístico). Este porcentaje se considera como un nivel aceptable de fugas para un sistema de agua potable con las características y antigüedad como el de Ciudad del Carmen.

- El valor actual de los costos (VAC) de este programa es el siguiente:

$$VAC = I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Cm_i}{(1+r)^i}$$

donde: I_0 = inversión inicial de \$ 915,120

Cm = costo de mantenimiento anual de \$ 372,000

r = tasa social de descuento de 18%

n = 20 años

El VAC resultante para el proyecto es de \$ 3'001,443

cuadro n° 44

Valor Actualizado de los Costos
Proyecto "reparación de fugas"

Años	Egresos (\$/año)	Factor actual. 18%	VAC (\$/año)
0	915,120	1.00000	915,120
1	484,220	0.84746	410,356
2	372,000	0.71818	267,165
3	372,000	0.60863	226,411
4	372,000	0.51579	191,873
5	372,000	0.43711	162,605
6	372,000	0.37043	137,801
7	372,000	0.31393	116,780
8	372,000	0.26604	98,966
9	372,000	0.22548	83,870
10	372,000	0.19106	71,076
11	372,000	0.16192	60,234
12	372,000	0.13722	51,046
13	372,000	0.11629	43,259
14	372,000	0.09855	36,660
15	372,000	0.08352	31,068
16	372,000	0.07078	26,329
17	372,000	0.05998	22,313
18	372,000	0.05083	18,909
19	372,000	0.04308	16,025
20	372,000	0.03651	13,580
Valor Actual de Costos			3,001,443

Fuente Elaboración propia

iii. Rentabilidad social del proyecto "Reparación de fugas"

El resultado de la evaluación de este proyecto es el siguiente:

Valor actual de los beneficios (VAB) = \$ 14'144,266

Valor actual de los costos (VAC) = \$ 3'001,443

Valor actual neto (VAN) = \$ 11'142,823

TIR > 200%

El programa de reparación de fugas presenta un VAN positivo, debido a la reasignación de recursos que posibilita la disminución de pérdidas en las tomas domiciliarias. En primer lugar existe un grupo de consumidores que reducen su consumo a un nivel óptimo y disminuyen sus gastos monetarios, lo que les proporciona un mayor excedente en la situación optimizada cuando sus fugas son reparadas. En segundo lugar ese volumen de agua liberado por dichos consumidores queda disponible a precios de mercado para los grupos que debían pagar por un alto consumo alternativo por la falta de presión, con lo cual incrementan su excedente.

2. Proyecto "Incremento del Gasto suministrado"

Con este proyecto se permite aumentar el gasto a Ciudad del Carmen de 220 a 320 lps, entendiéndose por gasto al caudal promedio demandado de una población en un día²⁸, a continuación con este proyecto se muestra (cuadro n° 45) como se repartiría el gasto entre los distintos usuarios así como las pérdidas, considerando los mismos porcentajes que resultaron de realizar el proyecto de reparación de fugas (cuadro n° 38).

cuadro n° 45

Caudal en situación optimizada
Proyecto "Incremento del gasto suministrado"

Domiciliario	166	430 272	52
Industrial y comercial	74	191 808	23
Fugas en la red de distribución	32	82 944	10
Fugas en tomas domiciliarias	48	124 416	15

Fuente: CNA "Estudio de evaluación de pérdidas en el sist. de agua potable en Cd. del Carmen, Camp. 1994"

i. Valoración de Beneficios del proyecto "Incremento en el Gasto Suministrado"

• Identificación de los beneficios

El gasto domiciliario pasa de 113 a 166 lps en la situación optimizada, lo que representa un aumento en la cantidad de agua consumida de las viviendas conectadas a la red de 53 lps.

• Cuantificación de beneficios

Para la *cuantificación* de los beneficios, se parte de una situación sin proyecto de 113 lps como resultado del proyecto de reparación de fugas, por lo que $Q_2 = 113$ y $P_2 = 4.79$. Con el proyecto, el gasto se desplaza a $Q_3 = 166$ y se obtiene $P_3 = 2.64$, de acuerdo a la ecuación 1 página 151.

Determinación de los precios implícitos

Con la elasticidad precio del agua potable $\eta = -0.2$, el punto "a", $Q_2 = 166$ lps con lo que obtenemos que $P_2 = 2.86$ y $P_3 = 1$.

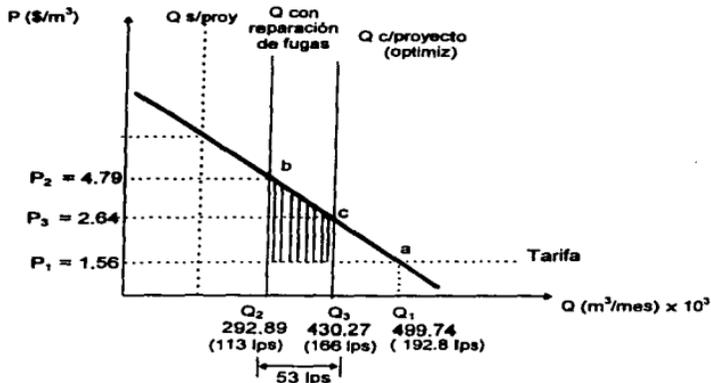
Sustitución:

$$P_2 = \frac{(166 - 199.21) 1.56}{(199.1) (-0.2)} + 1.56$$

$$P_2 = 2.86/m^3$$

²⁸ Ver Glosario

**Curva de demanda en situación optimizada
Proyecto "Incremento del gasto suministrado"**



Fuente: Elaboración propia

◆ **Valoración de beneficios**

Finalmente se calcula el área bajo la curva entre los puntos b y c. En la gráfica 27 se muestra la curva de demanda en donde el área sombreada representa los *beneficios sociales* (VSB) por incremento en el gasto suministrado de \$ 3'554,732 anuales, a través de la fórmula (2)

$$VSB = \left[\frac{(137\ 376) (4.79 - 1.56)}{2} \right] + \left[(137\ 376) (2.64 - 1.56) \right]$$

$$VSB = 296,282 \text{ \$/mes}$$

$$VSB = 3'554,732 \text{ \$/año}$$

- Valor actual de los beneficios sociales

Valor Actualizado de los Beneficios Sociales
Proyecto "Incremento en el gasto suministrado"

cuadro n°46

Años	Beneficios (\$/año)	Factor actual 18%	VAB (\$/año)
0	0	1.00000	0
1	3,554,732	0.84746	3,012,485
2	3,554,732	0.71818	2,552,953
3	3,554,732	0.60863	2,163,520
4	3,554,732	0.51579	1,833,491
5	3,554,732	0.43711	1,553,806
6	3,554,732	0.37043	1,316,785
7	3,554,732	0.31393	1,115,919
8	3,554,732	0.26604	945,694
9	3,554,732	0.22546	801,436
10	3,554,732	0.19106	679,183
11	3,554,732	0.16192	575,579
12	3,554,732	0.13722	487,779
13	3,554,732	0.11629	413,372
14	3,554,732	0.09855	350,315
15	3,554,732	0.08352	296,877
16	3,554,732	0.07078	251,591
17	3,554,732	0.05998	213,213
18	3,554,732	0.05083	180,689
19	3,554,732	0.04308	153,126
20	3,554,732	0.03651	129,768
Valor Actual de los Beneficios			19,027,579

Fuente: Elaboración propia

- Análisis de Sensibilidad de los beneficios

Análisis de Sensibilidad de los Beneficios
a la variación de elasticidades-precio del agua potable
proyecto ' Incremento en el gasto suministrado '

cuadro n°47

Elasticidad	P ₁	Q ₁		Q ₂		Q ₃		(Q ₃ -Q ₂)		P ₂	P ₃
precio	\$/m ³	lps	m ³ /mes	lps	m ³ /mes	lps	m ³ /mes	lps	m ³ /mes	\$/m ³	\$/m ³
-0.20	1.6	192.8	499,738	113	292,896	166	430,272	53	137,376	4.79	2.64
-0.15	1.6	192.8	499,738	113	292,896	166	430,272	53	137,376	5.86	3.01
-0.10	1.6	192.8	499,738	113	292,896	166	430,272	53	137,376	8.02	3.73

Fuente : Elaboración Propia

• **Beneficios Marginales**

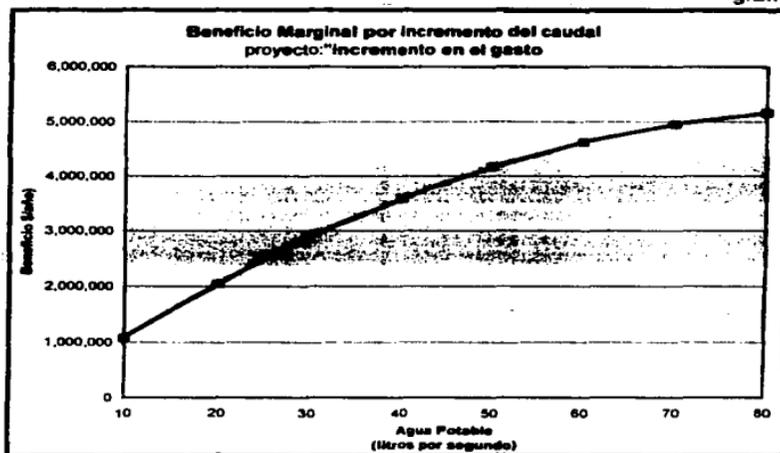
El cuadro n°48 y gráfica n°28 ejemplifica el comportamiento de los beneficios marginales respecto a incrementos en el caudal.

cuadro n° 48

Q doméstico (lps)		Incremento lps	Beneficio Marginal	
de:	a:		\$/año	%
113	123	10	1,086,130	
113	133	20	2,046,424	88.4
113	143	30	2,880,882	40.8
113	153	40	3,589,505	24.6
113	163	50	4,172,292	16.2
113	173	60	4,629,243	11.0
113	183	70	4,960,359	7.2
113	193	80	5,165,639	4.1

Fuente: Elaboración propia

gráfica n°28



Fuente: Elaboración propia

ii. Estimación de Costos del proyecto "Incremento en el Gasto Suministrado"

El proyecto "Incremento del gasto suministrado" contempla las siguientes inversiones:

cuadro n° 49

Costos de inversión

Captación	Motor pozo n° 1	20,000
	Equipo electromecánico pozo n° 8	227,500
Conducción	Estación rebombeo "Tinto"	200,000
	Válvulas desaireadoras	553,569
Distribución	Rehabilitación válvulas y accesorios en la red	650,000
	Rehabilitación 8 tanques de regularización	5'519,800

Fuente: Propuesta para el mejoramiento del sistema de agua potable de Cd. del Carmen, Camp. Mayo 1995 ajustada por los avances de obra existentes que no se consideran en la inversión inicial.

Se consideraron los costos de rehabilitación de los tanques de regularización y de las válvulas en la red de conducción, para asegurar que el nuevo gasto suministrado proporcione el beneficio de mayor consumo de agua en las zonas de más baja presión. Los beneficios de una *mejor distribución* por el uso de los tanques sólo se mencionaron pero sin cuantificarse, por no conocer el número de usuarios beneficiados; esto implica una sobrestimación de los costos y asegurar la rentabilidad del proyecto.

El objetivo de incrementar el suministro de agua potable a Ciudad del Carmen de 220 a 320 lps, sólo es posible si se ejecutan conjuntamente las inversiones anteriores. Además de los costos iniciales de inversión de las obras señaladas en el cuadro anterior, debe considerarse el flujo de costos de operación y mantenimiento que generarían durante el horizonte del proyecto. Asimismo se debe añadir que el incremento del caudal mencionado, genera costos incrementales en otros componentes del sistema que deberán tomarse en cuenta en el valor actual de los costos para una situación base optimizada, datos ampliamente calculados en el anexo estadístico. En el cuadro n° 50 se presenta el $VAC = \$18'257,653$ que arroja el proyecto de "Incremento en el gasto suministrado".

cuadro n° 50

**Valor actual de los costos (VAC)
proyecto "Incremento en el gasto suministrado"**

Años	Egresos (\$/año)	Factor actual. 18%	VAC (\$/año)
0	7,170,869	1.00000	7,170,869
1	1,696,048	0.84746	1,437,329
2	1,696,048	0.71818	1,273,735
3	1,773,548	0.60863	1,032,267
4	1,696,048	0.51579	1,491,170
5	2,891,048	0.43711	818,945
6	1,873,548	0.37043	628,270
7	1,696,048	0.31393	532,432
8	1,793,548	0.26604	477,152
9	1,696,048	0.22546	382,384
10	3,665,848	0.19106	700,413
11	2,427,207	0.16192	393,011
12	1,709,707	0.13722	234,605
13	7,787,207	0.11629	905,557
14	1,696,048	0.09855	167,144
15	1,776,048	0.08352	148,328
16	1,887,207	0.07078	133,570
17	1,709,707	0.05998	102,548
18	1,807,207	0.05083	91,861
19	1,709,707	0.04308	73,648
20	1,709,707	0.03651	62,414
Valor Actual de Costos			18,257,653

cuadro n° 50 a

Proyecto "Incremento en el gasto suministrado"

CAPTACION	Pozos	6	8
CONDUCCION	Estaciones de bombeo	6	7
DISTRIBUCION	Tanques de regularización	2	10
CONDUCCION DISTRIBUCION	Válvulas en la conducción y distribución	Mantenimiento ó reposición	

Fuente: Elaboración propia

- ◆ El valor actual de los costos (VAC) para este programa es el siguiente:
 - lo = inversión inicial de \$7'170,869
 - Cm = costo de mantenimiento anual es variable
 - r = tasa social de descuento de 18%
 - n = 20 años

El VAC resultante para el proyecto es de \$ 18'257,653

iii. Rentabilidad social del proyecto "Incremento del Gasto suministrado"

El resultado de la evaluación de este proyecto es el siguiente:

Valor actual de los beneficios (VAB) = \$ 19'027,579

Valor actual de los costos (VAC) = \$ 18'257,653

Valor actual neto (VAN) = \$ 769,927

TIR = 21% > Tasa descuento = 18%

c) Evaluación Social de la Situación Optimizada

El VAN positivo permite determinar que el actual sistema de abastecimiento de agua potable puede proporcionar beneficios si se realizan las inversiones mencionadas, debido a que con ellas se incorpora a un grupo de consumidores que aún cuando estando conectados a la red de distribución recibían una baja dotación por la baja presión, llevándolos a la necesidad de abastecerse por medios alternativos pagando precios superiores a las tarifas de mercado. Cabe señalar, que al realizar la evaluación existían inversiones ya realizadas de la propuesta original (avances físicos de obra o costos hundidos), lo cual reflejó que el VAN del proyecto fuese positivo.

Es necesario señalar nuevamente que a éste proyecto le fueron considerados los costos de rehabilitación de los tanques de regularización y de las válvulas de seccionamiento en la red de distribución; para asegurar que la población conectada a la red pueda recibir el beneficio de un mayor consumo de agua. Aún considerando éstos costos, el VAN resultó positivo con lo que se asegura la rentabilidad del proyecto y la recomendación de realizarlo en el momento actual.

Los Valores Actuales Netos obtenidos en ambos proyectos, permitieron identificar al proyecto "reparación de fugas" como el *más rentable* y por lo tanto se recomienda su realización inmediata y no sólo reducir las pérdidas de agua por fugas en un 50%, sino en el mayor porcentaje que técnica y financieramente sea posible.

Finalmente el realizar los proyectos permite conocer los beneficios de la situación base optimizada, que no deberán ser cuantificados a una situación con proyecto.

B. SITUACION CON PROYECTO: Nuevo Acueducto y Saneamiento

1. Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

Los datos de la situación sin proyecto corresponden a los resultados de la situación optimizada siendo así el punto de partida para evaluar los proyectos: "Nuevo acueducto Chicbul II" y "Saneamiento".

La situación base optimizada permitió la incorporación de 3,709 habitantes al sistema de agua potable, reducir las fugas e incrementar el gasto suministrado permitiendo una oferta de 320 lps/mes, beneficiando así a los actuales habitantes de la ciudad, sin embargo un 98% de la población aún no cuenta con alcantarillado sanitario y estas condiciones permiten que prevalezca un alto grado de contaminación ambiental, por lo que se hace necesario e indispensable el tratamiento de agua negra antes de su disposición. Estas condiciones son ahora el marco para considerar la evaluación de proyectos que implican grandes inversiones.

Es importante mencionar que el orden en que han sido analizados los proyectos en esta sección "*nuevo acueducto Chicbul II*" y "*alcantarillado sanitario y planta de tratamiento*", no representa parte de la metodología, ya que pudieran ser construidos en orden simultáneo o inverso al mencionado; pero se separaron para efecto de análisis y presentación. Para la valoración y cuantificación de los beneficios de los proyectos, se determinan las curvas de demanda en la situación sin proyecto y en la situación con proyecto. Los proyectos se evaluarán por separado, el primer análisis corresponde al sistema de abastecimiento de agua potable con la estimación de los beneficios y costos del nuevo acueducto.

a) Situación Actual (sin proyecto) del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

Proyecto: "Nuevo Acueducto Chicbul II".- El gasto suministrado por el actual Chicbul I que es de 320 lps representa la oferta como punto de partida para la nueva situación sin proyecto, siendo resultado de la situación base optimizada. En la situación *sin proyecto* el caudal suministrado es de 320 lps, donde el renglón más importante en la distribución es el del gasto doméstico con 166 lps.

cuadro nº51

**Caudal en situación sin proyecto
Chicbul I**

Doméstico	166	430, 272	52
Industrial y comercial	74	191, 808	23
Fugas en la red de distribución	32	82, 944	10
Fugas en tomas domiciliarias	48	124, 416	15

Fuente: CNA "Estudio de evaluación de pérdidas en el sist. de agua potable en Cd. del Carmen, Camp. 1994"

A continuación se muestra como se obtuvo el volumen de agua potable que demandaría el total de la población al estar conectada a la red, con una oferta

constante y suficiente que sería $Q_1 = 199.21$ lps equivalentes a $516,350 \text{ m}^3$ mensuales a un precio de $P_1 = \$ 1.56 / \text{m}^3$.

El volumen máximo que conforma la demanda (Q_1) de agua potable, si el total de la población contara con conexión a la red sería de $516,350 \text{ m}^3$ mensuales equivalentes a 199.21 lps.

cuadro nº 52

**Consumo Máximo de Agua potable de la Población en Ciudad del Carmen
Situación con Proyecto**

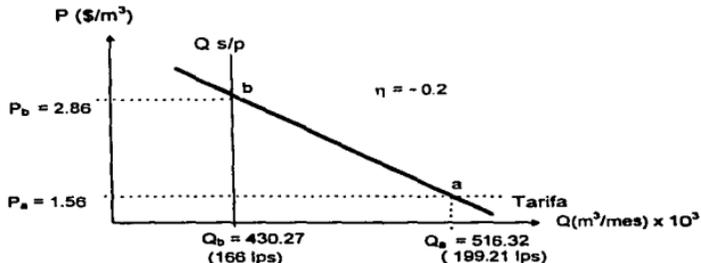
A	2,448	334.2	9.47	24.54
B	5,420	288.3	18.09	46.87
C	26,424	199.1	60.89	157.83
D	60,175	149.8	104.33	270.43
E	3,709	149.8	6.43	16.67
			199.21	516.32

Fuente: Elaboración propia

Situación que se puede apreciar muy bien en la gráfica nº50, donde se muestra la curva de demanda agregada para la población conectada a la red de agua potable.

gráfica nº 29

Curva de demanda en situación sin proyecto



Fuente: Elaboración propia

b) Situación con Proyecto: Nuevo Acueducto Chicbul II

i. Valoración de los Beneficios Actuales

◆ Identificación de beneficios actuales

Este proyecto, consiste en la construcción y operación de un acueducto paralelo al existente cuya capacidad de conducción será un volumen de 320 lps, situación que incrementa la oferta. El acueducto Chicbul I tiene una capacidad de extracción de 350 lps, de los cuales proporciona 30 lps a pequeñas localidades antes de proporcionar los 320 lps a Ciudad del Carmen; sin embargo tiene una restricción en su capacidad de conducción.

A consecuencia de la máxima resistencia de la tubería para la conducción del acueducto existente (Chicbul I) tiene un límite de capacidad de 300 lps (anexo estadístico) por lo que es prácticamente imposible conducir los 320 lps que se lograron con la situación base optimizada; al quedar rebasada su capacidad de conducción, esta condición permite dar el primer punto a favor de la construcción del "Nuevo Acueducto", ya que conducirá los 50 lps que el Chicbul I no puede conducir, además de la conducción de su caudal.

En la situación *con proyecto* el caudal suministrado que representa la oferta será de 640 lps, considerando la operación máxima de ambos acueductos en el año 2015, considerando que el tiempo de operación óptimo del Chicbul I lo permita, este será repartido de la siguiente manera:

cuadro n° 53

Caudal suministrado con proyecto: oferta

Doméstico	52	166	60	192	358
Industrial y comercial	23	74	15	48	122
Fugas en la red de distribución	10	32	10	32	64
Fugas en tomas domiciliarias	15	48	15	48	96
		320			

Fuente: Elaboración propia

Considerando la oferta por ambos acueductos esta será de 640 lps, de los cuales corresponde el 60% al consumo doméstico equivalente a 358 lps. Se considera un incremento en el consumo de agua por parte del sector industrial y comercial mucho menor que el consumo habitacional, dicha estimación esta basada en el crecimiento de

dichos sectores contenidos en el Plan Director Urbano y en el de la población (anexo estadístico), que es mucho más acelerado que el de ambos sectores por lo que se le considera el 15% en el consumo inmediato.

La oferta, como ya se mencionó, no será en forma inmediata, se incorporará de acuerdo al incremento de la población por lo que se calcula que al año 2015 este proyecto estará operando aproximadamente al 76% de su capacidad, esta operación incluye el consumo doméstico más el industrial y comercial. Por lo que será necesario evaluar el Tamaño Óptimo del Acueducto.

◆ **Cuantificación de Beneficios**

En primer término se determinarán los puntos correspondientes a los precios implícitos, para después medir los beneficios. De acuerdo con la ecuación (1), página 151 y a los datos: $\eta = -0.2$, $Q_1 = 199.21$ lps equivalentes a $516,352.32 \text{ m}^3/\text{mes}$ y $Q_2 = 166$ lps o $430,272 \text{ m}^3/\text{mes}$, tenemos que los precios implícitos son $P_2 = 2.86$ y $P_3 = 1.85$

$$\text{Sustitución: } P_2 = \frac{(430.27 - 516.35) 1.56}{(516.35) (-0.2)} + 1.56$$

$$P_2 = 2.86/\text{m}^3$$

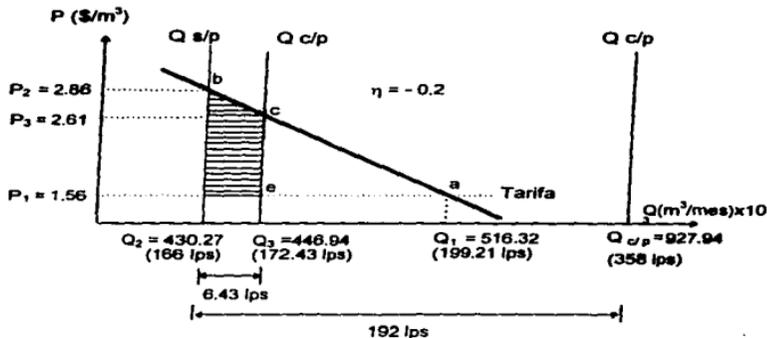
$$P_3 = \frac{(446.94 - 516.35) 1.56}{(516.35) (-0.2)} + 1.56$$

$$P_3 = 2.61/\text{m}^3$$

La gráfica siguiente muestra el beneficio que en forma directa obtendrán los 3,709 habitantes que no estaban conectados a la red de agua potable, que representa un volumen de 6.43 lps; en cuanto al resto de los usuarios actuales, el beneficio que obtendrán será contar con un abastecimiento constante y suficiente la cantidad de agua que como dotación pueden consumir.

Los habitantes futuros obtendrán también un beneficio por incremento en consumo al conectarse a la red, mismos que se estiman en el apartado II.a)1. de este capítulo de acuerdo a una proyección de población, y aún desconociendo la el momento de la conexión, tomando como punto de referencia las variables en el caso de los beneficios actuales que se presentan a continuación.

**Curva de demanda para conexión
a la red en situación con proyecto
(3.709 consumidores)**



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se aprecia que la oferta doméstica se incrementa en 192 lps con la capacidad de ambos acueductos, y supera a la demanda doméstica en el momento inmediato de operación; razón por la que debe tenerse las siguientes consideraciones:

- El primer beneficio directo por incremento en consumo será el dado por 6.43 lps que abastecerán a las familias que no contaban con conexión de agua potable.
- El segundo beneficio para la población, será el abastecimiento con presión en la red y cantidad suficiente para satisfacer el consumo de todos los habitantes que ya estaban conectados, este beneficio es de 26.78 lps adicionales de abastecimiento regular que les permitirá satisfacer totalmente su demanda, sin embargo ya están cuantificados, por lo que no se valorarán.
- Un tercer beneficio será incluir la demanda de agua potable que corresponde no sólo a tomas domiciliarias (domésticas, industriales y comerciales) sino también al abastecimiento de las plataformas marinas en altamar y a los barcos que operan en la Sonda de Campeche.
- Debe considerarse que el aprovechamiento de la capacidad de extracción a través de los años será en función de la demanda real de la población, aun cuando el acueducto se encuentre subutilizado en su capacidad de extracción no lo estará en

la de conducción, ya que paulatinamente se incrementará la oferta de abastecimiento de acuerdo a las necesidades de la población. Esto quiere decir, que se pueden proyectar los beneficios futuros que recibirá la población al operar a mayor capacidad con el objeto de evaluar su rentabilidad, de lo contrario el VAN que se obtendría será negativo ya que los costos de inversión y operación serían mayores que los beneficios para la población actual, ya que su demanda esta satisfecha; en el siguiente apartado se valorarán los beneficios con la proyección de la población.

● Valoración de Beneficios Actuales (3,709 habitantes)

El resultado de la valoración de los beneficios directos por incremento en consumo del proyecto 'acueducto Chicbul II' para la población actual, esta representado directamente por los beneficios de los consumidores tipo E como el área bajo la curva entre los puntos b y c. El siguiente tipo de consumidores que recibirán este beneficio son los tipos A y D, cuyo valor se calculó a través de la fórmula (2).

En la gráfica se muestra la curva de demanda en donde el área sombreada representa los *beneficios sociales* (VSB) de los consumidores tipo E, por incremento en el gasto suministrado equivalente a \$ 235 050 anuales.

Sustitución:

$$VSB_E = \left[\frac{(446\,939 - 430\,272)(2.86 - 2.61)}{2} \right] + [(16\,677)(0.25)]$$

$$VSB_E = 19,672 \text{ \$/mes}$$

$$VSB_E = 234,888 \text{ \$/año}$$

El Beneficio actual del proyecto 'acueducto Chicbul II' $VSB_E = \$ 234,888/\text{año}$ para un total de 3,709 habitantes (población actual sin conexión a la red).

En el siguiente cuadro se muestra un análisis de sensibilidad de los beneficios para distintas elasticidades.

cuadro n°54

**Análisis de Sensibilidad de los Beneficios
a la variación de elasticidades-precio del agua potable
proyecto 'Acueducto Chicbul II'**

Beneficios para consumidores actuales tipo E

Elasticidad precio	P ₁	Q ₁		Q ₂		Q ₃		(Q ₃ -Q ₂)		P ₂	P ₃
	\$/m ³	lps	m ³ /mes	lps	m ³ /mes	lps	m ³ /mes	lps	m ³ /mes	\$/m ³	\$/m ³
-0.20	1.56	199.21	516,346.48	166	430,272	172.43	446,939	6.43	16,668	2.86	2.61
-0.15	1.56	199.21	516,346.48	166	430,272	172.43	446,939	6.43	16,668	3.29	2.96
-0.10	1.56	199.21	516,346.48	166	430,272	172.43	446,939	6.43	16,668	4.16	3.66

Fuente: Elaboración Propia

• Valor actual de los beneficios sociales

cuadro n°55

Valor Actualizado de los Beneficios Sociales
Proyecto "Nuevo Acueducto Chicbul II"
(3,708 habitantes)

Años	Beneficios	Factor actual 18%	VAB (\$/año)
0	0	1.00000	0
1	234,888	0.84746	199,058
2	234,888	0.71818	168,693
3	234,888	0.60863	142,960
4	234,888	0.51579	121,153
5	234,888	0.43711	102,672
6	234,888	0.37043	87,010
7	234,888	0.31393	73,737
8	234,888	0.26604	62,489
9	234,888	0.22546	52,957
10	234,888	0.19106	44,879
11	234,888	0.16192	38,033
12	234,888	0.13722	32,231
13	234,888	0.11629	27,315
14	234,888	0.09855	23,148
15	234,888	0.08352	19,617
16	234,888	0.07078	16,625
17	234,888	0.05998	14,089
18	234,888	0.05083	11,939
19	234,888	0.04308	10,118
20	234,888	0.03651	8,575
Valor Actual de los Beneficios			1,257,296

Fuente: Elaboración propia

Beneficios Marginales

El cuadro y la gráfica siguiente muestran el comportamiento respecto al gasto suministrado

de los beneficios

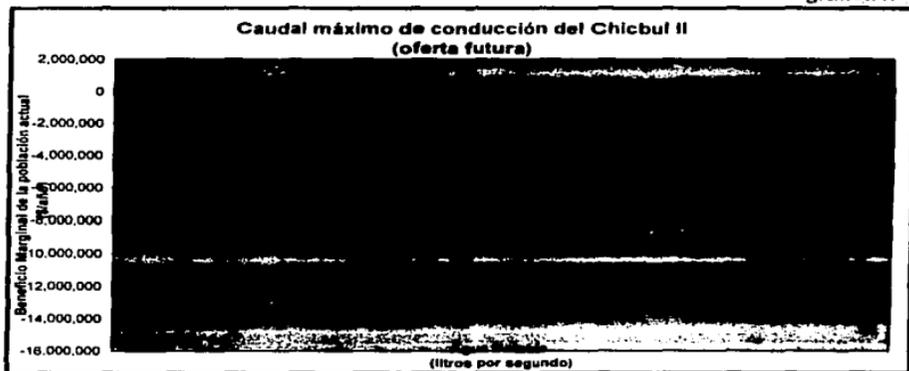
cuadro n°56

Comportamiento de beneficios marginales por incremento de la oferta
proyecto : Nuevo Acueducto Chicbul II"
 (3.709 Habitantes)

Q doméstico (lps)		Incremento	Beneficio Marginal	
de:	a:	lps	\$/año	%
166	176	10	343,509	
166	186	20	565,232	64.5
166	196	30	665,168	17.7
166	199	33	671,564	1.0
166	216	50	499,681	(22.3)
166	226	60	234,257	(53.1)
166	236	70	(152,954)	(165)
166	246	80	(661,951)	(333)
166	256	90	(1,292,735)	(95)
166	266	100	(2,045,305)	(58)
166	276	110	(2,919,663)	(43)
166	286	120	(3,915,806)	(34)
166	296	130	(5,033,737)	(29)
166	308	140	(6,273,454)	(25)
166	316	150	(7,634,958)	(22)
166	326	160	(9,118,248)	(19)
166	336	170	(10,723,325)	(18)
166	346	180	(12,450,189)	(16)
166	358	192	(14,683,184)	(18)

Fuente: Elaboración Propia

gráfica n° 31



ii. Valoración de Beneficios Futuros del Nuevo Acueducto Chicbul II

La estimación de los beneficios que recibirán los habitantes en un futuro, por conectarse a la red de agua potable depende del momento de tal conexión y de las variables ya mencionadas, la infraestructura con la que cuenten para desalojarla y el nivel de ingreso principalmente, por lo cual sólo se hace referencia a la tendencia de crecimiento de la población, a través de una serie de proyecciones y considerando las características económicas que tiene Ciudad del Carmen, si estas se mantienen similares; para estimar los beneficios futuros.

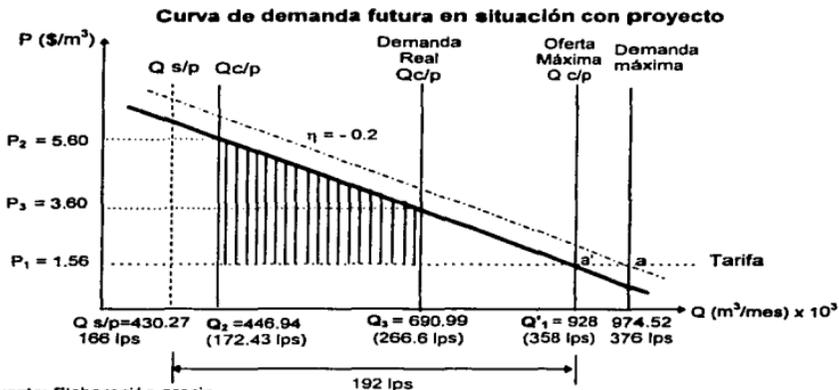
El estudio de tendencia de crecimiento de población estimada para el año 2015, se encuentra en el capítulo II, donde se considera un dato de alrededor de 130,000 habitantes (cuadro n° 4). La demanda de agua potable se proyectó de acuerdo al método de ajuste de ecuación lineal, sin considerar la población flotante; considerando la capacidad de soporte físico y ecológico de la isla Carmen, con el fin de no sobrestimar la capacidad del nuevo acueducto²⁹. La máxima capacidad de habitantes por hectárea (ha.) debe ser considerado como la cantidad que puede tener Ciudad del Carmen en condiciones aceptables de vida, es decir que cuente con todos los servicios públicos.

◆ Identificación de Beneficios Futuros proyecto: Acueducto Chicbul II

Para el año 2015 la población total de la ciudad se estima alrededor de 130,000 habitantes, de los cuales se beneficiarán con el acueducto Chicbul II, en primer término 3,709 que se encuentran sin conexión a la red, y en segundo, la cantidad estimada en 32,541 futuros consumidores, de acuerdo a los resultados de las proyecciones anteriores. Por esto, los resultados de la evaluación contendrán los cálculos por beneficios de los habitantes actuales más los futuros (31,824 ha.) para valorar la rentabilidad social de los proyectos: Chicbul II, Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento.

Existe un dato adicional de población máxima que soportaría la Isla Carmen que es del orden de 223,000 habitantes, dichos habitantes no conforman la población de proyecto para el diseño de estas obras, sin embargo esa población será potencialmente consumidora y debe ser considerada en el diseño de las obras; para no incurrir en el mismo error, que en el diseño de obra del Chicbul I en 1978.

²⁹ Este análisis se logró a través de información del Programa Director Urbano



En la gráfica, se observa el incremento de oferta de 192 lps del nuevo acueducto. La valoración de los beneficios de la población actual que se incorporarían al sistema a partir de la construcción del nuevo acueducto ya se han cuantificado, este volumen de consumo se considera de 6.43 lps, que es la diferencia entre la cantidad sin proyecto $Q\ s/p=166$ lps y $Q\ c/p=172.43$ lps.

Es por ello que procede cuantificar los *beneficios sociales*, para los consumidores futuros; en cuanto a estos futuros 32,541 consumidores, cuya incorporación se realizará a lo largo del horizonte del proyecto, están representados como el área sombreada bajo la curva de demanda. El punto a representa la máxima cantidad (Q_1) que 130,000 habitantes (actuales y futuros) demandarían con una dotación promedio de 250 l/h/d a precio de 1.56 $\$/m^3$ al tener disponibilidad de oferta, sin embargo, existe restricción de oferta ya que dicho volumen rebasa la oferta que para abastecimiento doméstico ofertan Chicbul I y II, razón por la que la curva se recorre hasta la cantidad máxima de oferta $Q'_1 = 358$ lps, lo que forma el punto a' donde se oferta dicha cantidad al mismo precio.

A partir del punto a' y con el mismo mecanismo de cálculo, se obtuvo el precio implícito P_2 , en relación a Q_2 , esta última representa el volumen que abastece a la población actual, es decir a partir del cual la demanda queda satisfecha, y posteriormente P_3 y después los beneficios sociales.

Los precios implícitos que de acuerdo con la ecuación (1) $\eta = -0.2$, $Q_1=358$ lps equivalentes a 927,936 m^3/mes , y $Q_2= 172.43$ lps ó 446,939 m^3/mes , y $Q_3= 264.5$ equivalentes a 685,584 m^3/mes , son:

$$P_2 = \frac{(172.43-358) 1.56}{(358) (-0.2)} + 1.56$$

$$P_2 = 5.60/m^3$$

$$P_3 = \frac{(264.5-358) 1.56}{(358) (-0.2)} + 1.56$$

$$P_2 = 3.60/m^3$$

La estimación del beneficio del 'acueducto Chicbul II' equivale a la suma de los valores de los beneficios anuales estimados de todos los tipos de consumidores, existiendo la misma proporción en la composición de la población y una tendencia de crecimiento similar a la proyectada; este beneficio directo por incremento en consumo del proyecto para la población futura, como el área sombreada bajo la curva de la gráfica anterior cuyo valor se calculó a través de la fórmula (2):

$$VSB = \frac{[(685\ 584 - 446\ 939) (5.6 - 3.6)]}{2} + [(685\ 584 - 446\ 939) (3.6 - 1.56)]$$

$$VSB = 725,517 \text{ \$/mes}$$

$$VSB = 8'706, 210 \text{ \$/año}$$

◆ Valor actual de los beneficios sociales (VAB)

cuadro n°57

**Valor Actualizado de los Beneficios Sociales Futuros
Proyecto "Nuevo Acueducto Chicbul II"
(32,541 habitantes)**

Años	Beneficios	F.A. 18%	VAB (\$/año)
0	0	1.00000	0
1	8,706,210	0.84746	7,378,144
2	8,706,210	0.71818	6,252,664
3	8,706,210	0.60863	5,298,868
4	8,706,210	0.51579	4,490,566
5	8,706,210	0.43711	3,805,564
6	8,706,210	0.37043	3,225,055
7	8,706,210	0.31393	2,733,097
8	8,706,210	0.26604	2,316,184
9	8,706,210	0.22546	1,962,868
10	8,706,210	0.19106	1,663,447
11	8,706,210	0.16192	1,409,701
12	8,706,210	0.13722	1,194,662
13	8,706,210	0.11629	1,012,425
14	8,706,210	0.09855	857,988
15	8,706,210	0.08352	727,108
16	8,706,210	0.07078	616,193
17	8,706,210	0.05998	522,198
18	8,706,210	0.05083	442,540
19	8,706,210	0.04308	375,034
20	8,706,210	0.03651	317,826
Valor Actual de los Beneficios			46,602,133

Fuente: Elaboración propia

La valoración de \$8'941,098 anuales del beneficio total del proyecto 'Acueducto Chicbul II' es resultado de los beneficios actuales para 3,709 habitantes que es de \$234,888/año más los beneficios futuros de \$8'706,210/año para la población de proyecto estimada en 32,541 para el año 2015.

- El comportamiento de los beneficios para la población hasta el año 2015, respecto a incrementos en el caudal suministrado, se presenta a continuación.

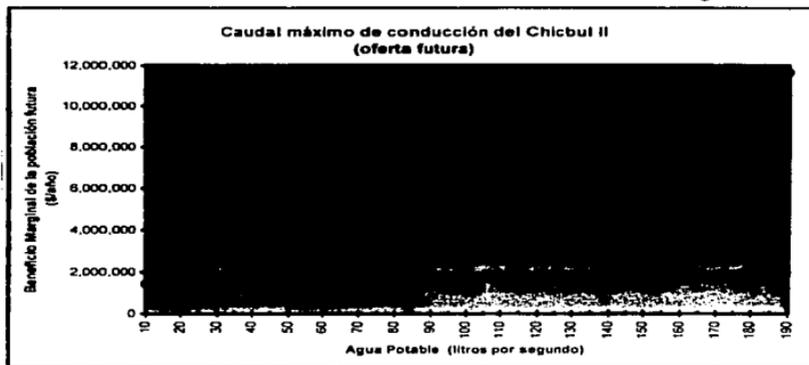
cuadro n° 58

**Comportamiento de beneficios marginales por incremento de la oferta
proyecto : Nuevo Acueducto Chicbul II"
(32,541 Habitantes)**

Q doméstico (lps)		Incremento lps	Beneficio Marginal	
de:	a:		\$/año	%
172.43	182.43	10	1,445,596	
172.43	192.43	20	2,379,623	64.6
172.43	202.43	30	3,467,781	45.7
172.43	212.43	40	4,488,172	29.4
172.43	222.43	50	5,440,793	56.9
172.43	232.43	60	6,325,647	16.3
172.43	242.43	70	7,142,731	12.9
172.43	252.43	80	7,892,047	10.5
172.43	262.43	90	8,573,595	(9)
172.43	272.43	100	9,187,374	(7)
172.43	282.43	110	9,733,385	(6)
172.43	292.43	120	10,211,627	(5)
172.43	302.43	130	10,622,101	(4)
172.43	312.43	140	10,964,806	(3)
172.43	322.43	150	11,239,743	(3)
172.43	332.43	160	11,446,911	(2)
172.43	342.43	170	11,586,311	(1)
172.43	352.43	180	11,657,943	(1)
172.43	362.43	190	11,661,805	(0)

Fuente: Elaboración Propia

gráfica n°33



Elaboración propia

III. Estimación de Costos del proyecto "Nuevo Acueducto Chicbul II"

El proyecto "Nuevo acueducto Chicbul II" contempla las siguientes inversiones:

cuadro n°59

Costos de Inversión proyecto: "Nuevo Acueducto Chicbul II"

1.		Construcción de 10 pozos profundos de 16" de Ø (diámetro) de ademe y hasta 70 M. de profundidad.	100' 000,000
2.		12 Km. de caminos de acceso a pozos.	
3.		12 Km. de tubería de interconexión de los pozos hasta la primera estación de rebombeo con 14", 20", 24" y 30" de Ø con cajas de válvulas.	
4.		Equipamiento electromecánico y fontanería	
5.		12 Km. de línea eléctrica trifásica de 34,500 volts.	
	Conducción		100' 000,000
6.		Suministro de tubería de polietileno de alta densidad de 36" de Ø	10' 000,000
7.		Flete, acarreo, maniobra e instalación de tubería de polietileno de alta densidad.	
8.		Obra civil de 3 estaciones de rebombeo	
9.		Obra electromecánica	
10.		Fontanería	

Fuente: SMAP "Propuesta para el mejoramiento del sistema de agua potable de Cd. del Carmen, Camp. Mayo 1995"

cuadro n°60

**Costos de Operación y Mantenimiento
proyecto "Acueducto Chicbul II"
(\$/año)**

Etapas	Concepto	Operación	Mnto	Total
CAPTACION	1) 10 pozos	1,129,020	17,240	1,146,260
	energía eléct.	101,178		
	mano de obra	11,714		
CONDUCCION	2) Cajas de válvulas		27,638	27,638
	3) Tres estaciones de rebombear	1,267,863		1,267,863
	energía eléct.	988,933		
	mano de obra	278,929		
Total		2,396,883	44,878	2,441,761

Fuente: Elaboración propia

cuadro n° 61

**Valor Actual de los Costos
proyecto "Acueducto Chicbul II"**

Años	Egresos	Factor actual 18%	VAC (\$/año)
0	120,000,000	1.00000	120,000,000
1	2,441,761	0.84746	2,069,289
2	2,441,761	0.71818	1,753,635
3	2,441,761	0.60863	1,486,131
4	2,441,761	0.51579	1,259,433
5	2,441,761	0.43711	1,067,316
6	2,441,761	0.37043	904,505
7	2,441,761	0.31393	766,530
8	2,441,761	0.26604	649,602
9	2,441,761	0.22546	550,510
10	2,441,761	0.19106	466,534
11	2,441,761	0.16192	395,368
12	2,441,761	0.13722	335,057
13	2,441,761	0.11629	283,947
14	2,441,761	0.09855	240,633
15	2,441,761	0.08352	203,926
16	2,441,761	0.07078	172,819
17	2,441,761	0.05998	146,457
18	2,441,761	0.05083	124,116
19	2,441,761	0.04308	105,183
20	2,441,761	0.03651	89,138
Valor Actual de los Costos			133,070,128

Fuente: Elaboración propia

- ♦ El valor actual de los costos (VAC) de este programa es el siguiente:
 - lo = inversión inicial de \$ 120'000,000
 - Cm = costo de operación y mantenimiento anual de \$ 2'441,761
 - r = tasa social de descuento de 18%
 - n = 20 años

El VAC resultante para el proyecto es de **\$ 133'070,128**

iv. Rentabilidad social del proyecto "Nuevo Acueducto Chicbul II"

El resultado de la evaluación de este proyecto es el siguiente:

Valor actual de los beneficios (VAB) = \$ 47'859,429

Valor actual de los costos (VAC) = \$ 133'070,128

Valor actual neto (VAN) = \$(85'210,699)

TIR = % < Tasa descuento = 18%

En esta tesis únicamente se evalúa la rentabilidad para la comunidad, es decir del consumo en tomas domésticas para cada uno de los proyectos, sin embargo en este caso aún si se considerara el beneficio industrial y comercial no se justificaría la obra, ya que estos rubros representan un porcentaje muy bajo en comparación del caudal destinado al gasto doméstico, lo que no incrementaría el valor de los beneficios.

El VAB, es la suma de los beneficios actuales de la población actual (3,709 h.) y la futura (32,541h.) que son del orden de \$1'257,296 y \$46'602,133 respectivamente.

Dentro del VAC, los costos de inversión propuestos por el Organismo Operador de Agua Potable, representan la erogación más significativa, ya que son 278% mayores que los beneficios, por lo que evidentemente, debe reconsiderarse la propuesta, hecha por el organismo operador, de dimensión de 320 lps como capacidad máxima del acueducto y por consiguiente la disminución del costo, ya que la estimación de la población abastecida en el horizonte del proyecto, deja subutilizada dicha capacidad.

El acueducto, resulta rentable con una población estimada de 223,000 habitantes, que refiere la estimación para el momento en que la isla llegue a su capacidad de soporte; pero esta propuesta es parte de la etapa de conclusiones de la tesis, y se presenta más adelante.

2. SISTEMA DE SANEAMIENTO: ALCANTARILLADO SANITARIO Y DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

a) Situación Actual (sin proyecto)

Para evaluar un proyecto de alcantarillado sanitario, como ya se explicó en la metodología, se debe recurrir al mercado de agua potable, es por ello que se considerarán los resultados de la evaluación del proyecto "nuevo acueducto Chicbul II" como las condiciones que prevalecen para la situación sin proyecto. Una de estas es, la oferta prácticamente ilimitada de agua potable en el futuro, con la incorporación del nuevo acueducto, y actualmente una demanda satisfecha en este renglón debido a la situación base optimizada. Cabe mencionar que es aplicable nuevamente la metodología en cuanto a considerar una situación sin proyecto (sin saneamiento) vs. con proyecto (con saneamiento).

La construcción de la red de alcantarillado sanitario y de la planta de tratamiento, constituyen el último componente del sistema integral hidrosanitario; y su operación tendrá un impacto directo en el 98% de la población, ya que provocará un incremento en el consumo de agua potable en relación directa al nivel de ingreso.

Tal impacto se identifica en el nivel de consumo ya que podrán consumir más litros por habitante al día, rebasando su nivel actual, al nivel inmediato superior.

Existen 2 clases de beneficios directos por introducir el sistema de alcantarillado y la planta de tratamiento: a) **Incremento en consumo** y b) **ahorro de costos incurridos por ausencia de drenaje**, favoreciendo así a un total de 95,728 habitantes.

La tarifa de la que se parte en la situación con proyecto de saneamiento, es el tarifa promedio ajustada real en Ciudad del Carmen, a continuación se presenta su cálculo:

cuadro n° 62

TARIFA DOMESTICA CON ALCANTARILLADO

Rango de Consumo (m ³)	Cuota limite inferior	Excedente sobre lim infe. (\$/m ³)	Tarifa prom. ajustada * (\$/m ³)
0.0-5.0	10.20	0.00	
5.01-10.0	10.20	1.44	1.74
10.01-15.0	17.40	1.56	1.68
15.01-30.0	25.20	1.80	1.74
30.01-50.0	52.20	2.04	1.86
50.01-100.0	93.00	2.40	2.13
100.01-.....	213.00	2.76	

* Tarifa promedio=[cuota limite inferior+(tarifa excedente x diferencia del rango de consumo superior)-inferior] dividido entre el rango de cons. sup.

Tarifa promedio ajustada con drenaje= [52.20+(2.04x20)]/50 = \$1.86

Fuente: Sistema Municipal de Agua Potable (SMAP) Cd. del Carmen

* Elaboración propia

El marco para la nueva situación sin proyecto, en el mercado de agua potable es el siguiente: el caudal suministrado a futuro será de 640 lps debido a la incorporación del proyecto "nuevo acueducto Chicbul II" y aunque actualmente este suministro representa un excedente de oferta de agua, se da por hecho que será el máximo caudal en la operación al 100% de la capacidad del sistema de abastecimiento, por lo cual el valor de la oferta permanece tanto para la nueva situación sin proyecto y la situación con proyecto (cuadro nº51). Además, la capacidad futura del sistema de abastecimiento esta directamente relacionado con el diseño de la capacidad del sistema de drenaje.

Caudal suministrado de agua potable

Destino del caudal (Q)	Chicbul I		Chicbul II		Oferta futura
	Porcentaje (%)	(lps)	Porcentaje (%)	(lps)	Caudal (lps)
Doméstico	52	166	60	192	358
Industrial y comercial	23	74	15	48	122
Fugas en la red de distribución	10	32	10	32	64
Fugas en tomas domiciliarias	15	48	15	48	96
Total (Q suministrado):	100	320	100	320	640

Fuente: Elaboración propia Cuadro nº 51

De la oferta total 640 lps, corresponden 358 lps del caudal a las tomas domésticas, esta oferta corresponde al nivel de operación máxima de ambos acueductos situación que será futura y que abastecerá al total de la población que soporte la isla estimada en 130,000 habitantes para el año 2015.

A partir de la situación mencionada se puede afirmar que siendo la demanda satisfecha, el impacto en la comunidad al ser incorporado el proyecto alcantarillado sanitario podrá medirse individualmente a cada tipo de consumidor y ya no bajo la curva de demanda agregada, como efecto directo se tiene un incremento en el consumo de agua potable y el ahorro de costos por ausencia del mismo, estos dos beneficios serán diferentes para cada tipo de consumidor. Por lo tanto se llevará cabo una evaluación para cada tipo de consumidor bajo la perspectiva de la metodología mencionada en el capítulo IV.

b) Situación con proyecto: "Alcantarillado Sanitario Y Planta de Tratamiento"

Este proyecto consiste en la construcción y operación de una red de alcantarillado sanitario y de una planta de tratamiento de agua negra municipal para el servicio de toda la ciudad en el momento actual y futuro.

El volumen de descarga está relacionada con el de suministro, por lo que se considerará el volumen máximo de oferta futura de ambos acueductos de 640 lps (para el año 2015) como referencia para la construcción del sistema de saneamiento, con esto se elevará la calidad de vida de la población a través de dos beneficios: a) por un lado el incremento en consumo por contar con un sistema eficiente de desalojo de agua negra y por otro lado b) ahorro de costos por liberar los recursos utilizados en construcción y mantenimiento de zonas de descarga locales no eficientes (pozos, letrinas imperfectas). Un beneficio social adicional intangible es la operación de la planta de tratamiento de agua negra municipal ya que evita la contaminación ambiental, generando la disminución de enfermedades de origen hídrico, y por lo tanto de los costos privados y públicos en salud familiar.

Como es obvio, este proyecto, no necesita evaluación para verificar su viabilidad social, ni el momento óptimo de construcción, sin embargo a razón de que la ciudad carece de él, y precisamente porque es un servicio público imprescindible para la comunidad se menciona la metodología de evaluación como aportación personal con el objetivo de evitar altos costos sociales para otras comunidades como ha sido el caso de los habitantes de Ciudad del Carmen.

A continuación se estimarán los costos y beneficios sociales de este proyecto, donde estos últimos representan 2 clases, el inciso a) es Beneficio por incremento en consumo, y el b) por ahorro de costos; la metodología en esencia es la misma, una evaluación a partir de resultados con proyecto versus sin proyecto, pero existe una diferencia, se analiza y evalúa a cada tipo de consumidor por separado.

Se presenta primero la estimación de los beneficios en sus dos aspectos, y posteriormente la estimación de los costos ambos para cada tipo de consumidor, las estimaciones también incluyen la actualización de los valores a partir de una tasa social proporcionada por el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos S.N.C. BANOBRAS, y finalmente se presenta la rentabilidad del proyecto.

i. Valoración por tipo de consumidor de Beneficios de "INCREMENTO EN CONSUMO"

Esta estimación valora el beneficio que a cada tipo de consumidor corresponde por incremento de dotación disponible para consumir en la situación con proyecto: "Saneamiento"; medido a través del excedente de consumidor.

La valoración del beneficio total anual del proyecto "Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento" se conforma de acuerdo a los incrementos en consumo y al ahorro de costos por tipo de consumidor. Los cálculos se realizaron de acuerdo a las fórmulas indicadas y explicadas en el capítulo IV, y se aplicarán para cada tipo de consumidor.

• Identificación de beneficios

Antes de la evaluación del Acueducto Chicbút II, existían 5 tipos de consumidores, esta representa ahora la situación sin proyecto, como se puede ver en el siguiente cuadro n° 37 ya mencionado en el capítulo IV; donde se estiman los beneficios marginales mediante los incrementos en la dotación (l/h/d) para la situación con proyecto comparados con la situación sin proyecto:

Identificación del Beneficio Social por Incremento en Consumo con proyecto vs. sin proyecto 1995

Tipo de Consumidores*	SIN PROYECTO		CON PROYECTO		
	Dotación l/h/d	Habitantes total	Dotación l/h/d	Habitantes total	Dotación l/h/d
A. Alto con alcantarillado	334.2	2 448	334.2	0	0.00
B. Alto sin alcantarillado	288.3	5 420	334.2	5 420	45.90
C. Medio sin alcantarillado	199.1	26 424	288.3	26 424	89.20
D. Bajo sin alcantarillado	149.8	60 175	199.1	60 175	49.30
E. Bajo sin alcantarillado sin agua potable	149.8	3 709	199.1	3 709	49.30
Total Habitantes		98 176		95 728	

* Definidos de acuerdo a su nivel socioeconómico e infraestructura

† Consumo máximo diario por habitante

Fuente: Elaboración propia cuadro n°37

Para después de la consideración de evaluación del proyecto *Nuevo Acueducto*, existen sólo 4 tipos de consumidores, ya que se fusionan el tipo D y E, por tener las mismas características en nivel socioeconómico e infraestructura, quedando así:

TIPO DE CONSUMIDOR : E Y D

Características:

Tipo de consumidor	Nivel socioeconómico	Infraestructura	Total de habitantes
E	Bajo	Sin conexión de agua potable ^a Sin alcantarillado sanitario	3 709
D	Bajo	Con conexión de agua potable	60 175

^a Situación antes de la consideración del proyecto acueducto Chicbul II

Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó, estos tipos de consumidores se unieron después de la consideración del proyecto Chicbul II, ya que presentan características homogéneas y escalarán al nivel de consumo C, incrementando su consumo marginal en 49.3 l/h/d, quedando de la siguiente manera:

Tipo de consumidor	Nivel socioeconómico	Infraestructura	Total habitantes
D + E	Bajo	Con conexión de agua potable Sin alcantarillado sanitario	63 884

Fuente: Elaboración propia

- Cuantificación de beneficios: Consumidor D y E

Datos de cálculo:

- La cantidad de agua potable (m^3 /mes) que demandarían los 63 884 habitantes, si todos pudiesen consumir como el tipo A, considerando que este máximo consumo en dotación para todos los habitantes fuera de 334.2 l/h/d y que contaran con alcantarillado sanitario. Por lo que el primer punto " a " de la curva de demanda se forma de la siguiente manera:

$$P_1 = \$ 1.86 / m^3$$

$$Q_1 = 640, 500 m^3/mes$$

- Cantidad de agua que actualmente demanda este sector (Q^{sp}), con una dotación de 149.8 l/h/d es de $Q_2 = 287, 100 m^3/mes$
- Cantidad de agua que demandará este sector (Q^{op}), con la construcción del alcantarillado, escalando su posición al tipo C, incrementando su consumo a una dotación de 199.1 l/h/d es $Q_3 = 381, 580 m^3/mes$

Determinación de los precios implícitos

Conociendo la elasticidad precio del agua potable $\eta = -0.2$, y las cantidades de oferta al mes $Q_1 = 640, 500 m^3/mes$, $Q_2 = 287, 100 m^3/mes$ y $Q_3 = 381, 58 m^3/mes$; tenemos que de acuerdo con la ecuación (1) del capítulo IV, los precios correspondientes son:

$$P_2 = \frac{(287.1 - 640.5) 1.86}{(640.5) (-0.2)} + 1.86$$

$$P_2 = 6.99$$

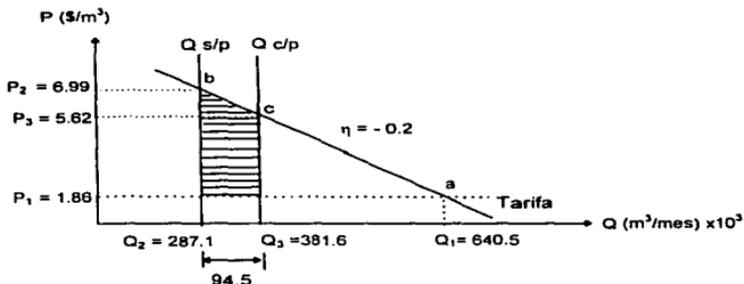
$$P_3 = \frac{(381.6 - 640.5) 1.86}{(640.5) (-0.2)} + 1.86$$

$$P_3 = 5.62$$

En la gráfica n°34 se muestra la curva de demanda agregada para la población de los tipos D y E, con los datos anteriores, donde el área bajo la curva representa los beneficios por incremento en consumo para este sector.

gráfica n°34

**Curva de demanda en situación con proyecto
beneficio por incremento en consumo
de escalar de los niveles E y D al C**



Fuente: Elaboración propia

◆ Valoración de beneficios: Consumidores E y D

La valoración del beneficio social por incremento en consumo (VSB), se determina como el área bajo la curva, con la fórmula (2) que para este sector representa un total de \$ 5 040 630 /año.

$$VSB = \left[\frac{(381\ 600 - 287\ 100) (6.99 - 5.62)}{2} \right] + \left[(381\ 600 - 287\ 100) (5.62 - 1.86) \right]$$

$$VSB = 400\ 052.5 \text{ $/mes}$$

$$VSB = 5\ 040\ 630.0 \text{ $/año}$$

TIPO DE CONSUMIDOR C

Características:

Dotación consumidor	Nivel socioeconómico	Infraestructura	Total de habitantes
C	Medio	Con conexión de agua potable Sin alcantarillado sanitario	26 424

Fuente: Elaboración propia

Este tipo de consumidor escalará al nivel de consumo B, incrementando su consumo marginal en 89.2 l/h/d

◆ Cuantificación de beneficios: Consumidor C

Datos de cálculo:

- Cantidad de agua potable (m³/mes) que demandarían los 26 424 habitantes, si todos pudiesen consumir como el tipo A, considerando que este máximo consumo en dotación fuera de 334.2 l/h/d y que contarán con alcantarillado sanitario = Q₁, lo que determina que el primer punto "a" de la curva de demanda se forma de la siguiente manera:

$$P_1 = \$ 1.86 / m^3$$

$$Q_1 = 264,930 m^3/mes$$

- Cantidad de agua que actualmente demanda este sector (Q^{ap}), con una dotación de 199.1 l/h/d es Q₂ = 157,830 m³/mes
- Cantidad de agua que demandará este sector (Q^{cp}), con la construcción del alcantarillado, escalando su posición al tipo B, incrementando su consumo a una dotación de 288.3 l/h/d es Q₃ = 228,540 m³/mes

Determinación de los precios implícitos

Con $\eta = -0.2$, y las cantidades de oferta al mes Q₁=264,930 m³/mes, Q₂=157,830 m³/mes y Q₃=228,540 m³/mes; tenemos que de acuerdo con la ecuación (1) del capítulo IV, los precios correspondientes son:

Sustitución:

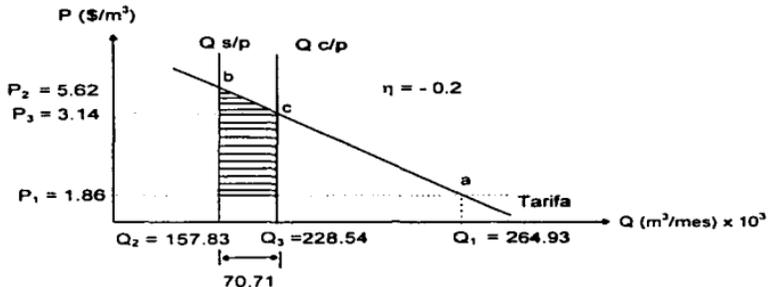
$$P_2 = \frac{(157.83 - 264.93) 1.86}{(264.93) (-0.2)} + 1.86$$

$P_2 = 5.62$

$$P_3 = \frac{(228.54 - 264.93) 1.86}{(264.93) (-0.2)} + 1.86$$

$P_3 = 3.14$

**Curva de demanda en situación con proyecto
beneficio por incremento en consumo
de escalar del nivel C al B**



Fuente: Elaboración propia

◆ Valoración de beneficios : Consumidor C

La valoración del beneficio social por incremento en consumo (VSB), se determina como el área bajo la curva (fórmula 2) que para este sector representa un total de \$2 138 270/año.

$$VSB = \left[\frac{(228\ 540 - 157\ 830) (5.62 - 3.14)}{2} \right] + \left[(228\ 540 - 157\ 830) (3.14 - 1.86) \right]$$

$$VSB = 178\ 189 \text{ $/mes}$$

$$VSB = 2\ 138\ 270 \text{ $/año}$$

TIPO DE CONSUMIDOR B

Características:

Nombre de consumidor	Nivel socioeconómico:	Infraestructura	Total de habitantes
B	Alto	Con conexión de agua potable Sin alcantarillado sanitario	5 420

Fuente: Elaboración propia

Este tipo de consumidor escalará al nivel de consumo A, incrementando su consumo marginal en 45.9 l/h/d

- Cuantificación de beneficios: Consumidor B

Datos de cálculo:

- Cantidad de agua potable (m^3 /mes) que demandarían los 5 420 habitantes, si todos pudiesen consumir como el tipo A, considerando que este máximo consumo en dotación fuera de 334.2 l/h/d y que contaran con alcantarillado sanitario = Q_1 , lo que determina que el primer punto "a" de la curva de demanda se forma de la siguiente manera:

$$P_1 = \$ 1.86 / m^3$$

$$Q_1 = 54\,340 m^3/\text{mes}$$

- Cantidad de agua que actualmente demanda este sector ($Q^{B/p}$), con una dotación de 288.3 l/h/d es $Q_2 = 46\,880 m^3/\text{mes}$
- La cantidad de agua que demandará este sector (Q_3 ó $Q^{C/p}$) con la construcción del alcantarillado, escalando su posición al tipo A, incrementando su consumo a 334.2 l/h/d, para este caso es igual a $Q_1 = 54\,340 m^3/\text{mes}$.

Determinación de los precios implícitos

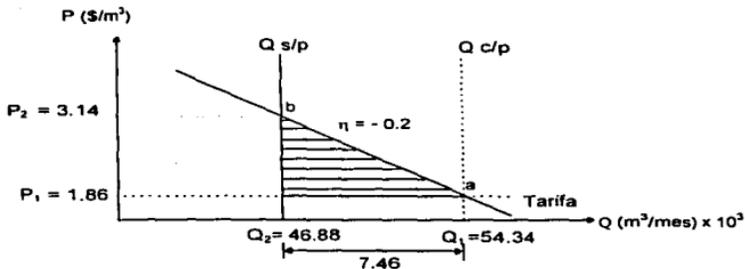
De acuerdo la elasticidad precio del agua potable $\eta = -0.2$, y a las cantidades de oferta al mes $Q_1=Q_3= 54\,340 m^3/\text{mes}$, $Q_2 = 46\,880 m^3/\text{mes}$; tenemos que de acuerdo con la ecuación (1) del capítulo IV, el precio 2 es:

Sustitución:

$$P_2 = \frac{(46.88 - 54.34) 1.86}{(54.34) (-0.2)} + 1.86$$

$$P_2 = \boxed{3.14}$$

**Curva de demanda en situación con proyecto
beneficio por incremento en consumo
de escalar del nivel B al A**



Fuente: Elaboración propia

◆ Valoración de beneficios : Consumidor B

La valoración del beneficio social por incremento en consumo (VSB), se determina como el área bajo la curva entre los punto a , b y P_1 con la fórmula (3). Y para este sector representa un total de \$ 57 300/año.

$$VSB = \left[\frac{(54\,341 - 46\,880) (3.14 - 1.86)}{2} \right]$$

$$VSB = 4\,775 \text{ \$/mes}$$

$$VSB = 57\,300 \text{ \$/año}$$

ii. Valoración por tipo de Beneficios de "AHORRO DE COSTOS"

Esta estimación corresponde al valor que le corresponde a cada tipo de consumidor por la no erogación de gastos en que incurre en la situación sin proyecto cada familia al evacuar agua negra, en caso de que la situación con proyecto: "alcantarillado sanitario y planta de tratamiento"; se lleve a cabo; medido a través del excedente de consumidor como ahorro de costos.

Los cálculos se realizaron de acuerdo a las fórmulas indicadas y explicadas en el capítulo IV, y se aplicarán para cada tipo de consumidor.

- Identificación de beneficios

TIPOS DE CONSUMIDOR E Y D

Características:

Tipo de consumidor	Nivel socioeconómico	Infraestructura	Tarifa
D y E	Bajo	Con conexión de agua potable Sin alcantarillado sanitario	63 884

Fuente: Elaboración propia

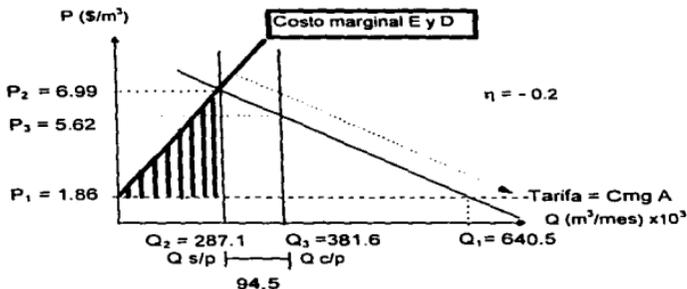
Como se realizó anteriormente los tipos D y E, se encuentran en igual situación en cuanto a su consumo y su nivel de ingreso por ello se valorarán conjuntamente. Todos los consumidores pagan un precio mayor que la tarifa oficial por evacuar el agua negra, sin embargo el nivel mas bajo (E y D) paga un precio mayor por las condiciones de su vivienda e índice de hacinamiento, este se compone de una parte monetaria y de una parte de difícil valoración monetaria, ya que la calidad de vida no se puede valorar en tales unidades.

Siendo que ambos representan el nivel menos favorecido se considera que la sociedad valora más su incorporación al servicio mejorando tanto sus condiciones privadas como las de la comunidad a través de la eliminación de malos olores, costos por contaminación, mejora del paisaje y medio ambiente en general, dicha valoración representa una externalidad positiva, situación que permite definir que este tipo de consumidores será el más beneficiado socialmente, tanto a nivel privado como para el resto de la comunidad.

- Cuantificación de beneficios: Consumidor D y E

En la gráfica n° 37 se muestra la curva de demanda para la población de los tipos D y E, donde el área bajo la curva representa los beneficios por ahorro de costos para este sector. Se utilizan los datos ya mencionados en la evaluación anterior.

**Curva de demanda en situación con proyecto
beneficio por ahorro de costos
de escalar de los niveles E y D al C**



Fuente: Elaboración propia

♦ Valoración de beneficios: Consumidor E y D

Los beneficios anuales por ahorro de costos para el tipo de consumidor bajo son valorados como el área bajo la curva de demanda con la fórmula (3).

$$VSB = \left[\frac{(287\ 100) (6.99 - 1.86)}{2} \right]$$

$$VSB = 736\ 411.5 \text{ \$/mes}$$

$$VSB = 8\ 836\ 938 \text{ \$/año}$$

TIPO DE CONSUMIDOR C

Características:

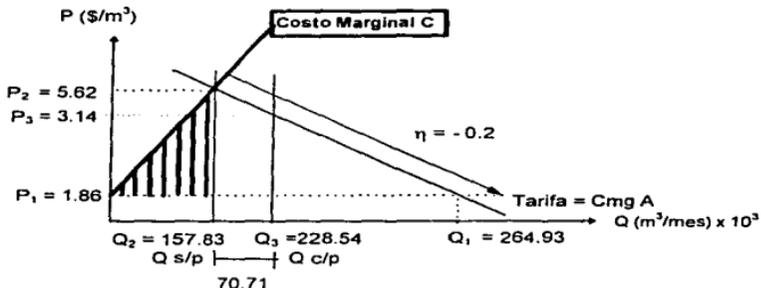
Tipo de consumidor	Nivel socioeconómico	Infraestructura	Total de habitantes
C	Medio	Con conexión de agua potable Sin alcantarillado sanitario	26 424

Fuente: Elaboración propia

- Cuantificación de beneficios: Consumidor C

gráfica n°38

**Curva de demanda en situación con proyecto
beneficio por ahorro de costos
de escalar del nivel C al B**



Fuente: Elaboración propia

- Valoración de beneficio : Consumidor C

Los beneficios anuales por ahorro de costos para el tipo de consumidor bajo son valorados como el área bajo la curva de demanda.

$$VSB = \left[\frac{(157\ 830) (5.62 - 1.86)}{2} \right]$$

$$VSB = 296\ 720 \text{ \$/mes}$$

$$VSB = 3\ 560\ 640 \text{ \$/año}$$

TIPO DE CONSUMIDOR B

Características:

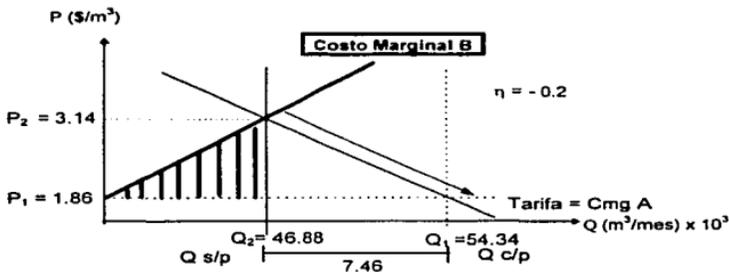
Tipo de consumidor	Nivel socioeconómico	Infraestructura	Número de habitantes
B	Alto	Con conexión de agua potable Sin alcantarillado sanitario	5 420

Fuente: Elaboración propia

- Cuantificación de beneficios: Consumidor B

gráfica n°39

**Curva de demanda en situación con proyecto
beneficio por ahorro de costos
de escalar del nivel B al A**



Fuente: Elaboración propia

- Valoración de beneficios: Consumidor B

La valoración del beneficio social por incremento en consumo (VSB), se determina como el área bajo la curva, con la fórmula (3), que para este sector representa un total de **\$30 003 /mes** y de **\$ 360 038 /año**

Total de Beneficios Sociales Actuales
proyecto: "Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento"
95,728 habitantes
(\$/año)

Tipo de consumidor	Habitantes beneficiados 98% del total	Beneficio por incremento en consumo (\$/año)	Beneficio por ahorro de costos (\$/año)	Total (\$/año)
B	5 420	57 300	360 038	417 338
C	26 424	2 138 270	3 560 640	5 698 910
D y E	63 884	5 040 630	8 836 938	13 877 568
Total	95,728	7,236,200	(2,757,616)	4,478,584

Fuente: Elaboración propia

El beneficio para los consumidores al incorporar el alcantarillado sanitario, es entonces de \$19'993,816 al año más el beneficio intangible directo de mejora del medio ambiente, paisaje y salud por la operación de la planta de tratamiento.

- Valor Actual de Beneficios Sociales Actuales

cuadro n°64

Valor Actual de Beneficios
proyecto: "Alcantarillado y Planta Tratadora"

Años	Beneficios	F.A. 18%	VAB (\$/año)
0	0	1.00000	0
1	19,993,816	0.84746	16,943,912
2	19,993,816	0.71818	14,359,247
3	19,993,816	0.60863	12,168,854
4	19,993,816	0.51579	10,312,588
5	19,993,816	0.43711	8,739,481
6	19,993,816	0.37043	7,406,340
7	19,993,816	0.31393	6,276,559
8	19,993,816	0.26604	5,319,118
9	19,993,816	0.22546	4,507,727
10	19,993,816	0.19106	3,820,108
11	19,993,816	0.16192	3,237,379
12	19,993,816	0.13722	2,743,542
13	19,993,816	0.11629	2,325,036
14	19,993,816	0.09855	1,970,369
15	19,993,816	0.08352	1,669,804
16	19,993,816	0.07078	1,415,088
17	19,993,816	0.05998	1,199,227
18	19,993,816	0.05083	1,016,294
19	19,993,816	0.04308	861,266
20	19,993,816	0.03651	729,887
Valor Actual de los Beneficios			107,021,829

Fuente: Elaboración propia

Total de Beneficios Sociales Futuros
 proyecto: "Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento"
 32,641 habitantes

Beneficiarios hasta el año 2016	Incremento por consumo (\$/año)	Beneficio por ahorro de costos (\$/año)	Flujo Neto
32.641	2'446,753	4'349,783	6'796,536

Fuente: Elaboración propia

• Estimación del Valor Actual de Beneficios Sociales Futuros

Valor Actual de Beneficios
 proyecto: "Alcantarillado y Planta Tratadora"

Años	Beneficios	F.A 18%	VAB (\$/año)
0	0	1.00000	0
1	6,796,536	0.84746	5,759,776
2	6,796,536	0.71818	4,881,166
3	6,796,536	0.60863	4,136,581
4	6,796,536	0.51579	3,505,577
5	6,796,536	0.43711	2,970,828
6	6,796,536	0.37043	2,517,651
7	6,796,536	0.31393	2,133,603
8	6,796,536	0.26604	1,808,138
9	6,796,536	0.22546	1,532,320
10	6,796,536	0.19106	1,298,576
11	6,796,536	0.16192	1,100,489
12	6,796,536	0.13722	932,617
13	6,796,536	0.11629	790,354
14	6,796,536	0.09855	669,791
15	6,796,536	0.08352	567,620
16	6,796,536	0.07078	481,034
17	6,796,536	0.05998	407,656
18	6,796,536	0.05083	345,471
19	6,796,536	0.04308	292,772
20	6,796,536	0.03651	248,112
Valor Actual de los Beneficios Futuros			36,380,132

Fuente: Elaboración propia

iii. Estimación de costos de los proyectos: "Alcantarillado Sanitario y Planta de tratamiento"

- Costos de inversión

cuadro n° 67

Costo total de inversión

Concepto	Costo de inversión
Alcantarillado sanitario ^a	50'000,000
Planta de tratamiento de agua negra ^b	31'312,840
Total	81'312,840

Fuente: SMAP "Propuesta para el mejoramiento del sistema de agua potable de Cd. del Carmen, Camp. Mayo 1995" ajustada por los avances de obra existentes que no se consideran en la inversión inicial.
^aAsesoría de Sistemas Integrales de Saneamiento

En el siguiente cuadro se anota el monto de inversión por conceptos del proyecto alcantarillado sanitario

cuadro n°68

Costos de inversión proyecto: Alcantarillado Sanitario

CONCEPTO	COSTO DE INVERSIÓN
1. Colector Costero Norte a) 6,147 m. de tubería de fibrocemento clase B7.5 con Ø de 24", 30", 36" y 44" para conducción b) Estación de bombeo c) 618 m. de tubería de presión	
2. Colector Central Sur a) 2,992 m. de tubería misma clase y Ø 30" a 60" para conducción b) Estación de bombeo	
3. Colector Central Norte a) 3,816 m. de tubería misma clase y Ø 20" a 60" para conducción b) Estación de bombeo	
4. Colector Aeropuerto a) 3,040 m. de tubería misma clase y Ø 60" para conducción b) Estación de bombeo	
5. Colector Sur a) 5,841 m. de tubería misma clase y Ø 14" a 60" para conducción b) Estación de bombeo	
6. Red de Atarjeas	
Total	50'000,000

Fuente: SMAP "Propuesta para el mejoramiento del sistema de agua potable de Cd. del Carmen, Campeche, mayo 1995"

En cuanto a la planta de tratamiento de agua negra municipal, el monto de inversión se aplicará a los siguientes conceptos:

cuadro n°69

**Costos de inversión
proyecto: Planta de Tratamiento**

Concepto	Costo de inversión (\$)
1. Obra civil (pilas)	4'881,653
2. Obra electromecánica	18'111,177
3. Obra civil y electromecánica de la planta de lodos	357,518
subtotal	23'350,348
4. Indirectos	6'407,331
5. Supervisión	982,002
6. Puesta en Marcha	573,160
subtotal	7'962,493
Total	

Fuente: Asesoría de Sistemas Integrales de Saneamiento, "Proyecto de Tratamiento de Agua Residual con base en la tecnología TAMP"

-Costos de Operación y Mantenimiento

Además de los costos iniciales de inversión de las obras señaladas, se consideran los costos de mantenimiento que generará el proyecto alcantarillado sanitario durante el horizonte de operación.

cuadro n°70

**Costos de Operación y Mantenimiento
proyecto: Alcantarillado Sanitario**

Componente Fijo	(Cébo)
a) Costos directos de personal de supervisión de estaciones de bombeo	
b) Costos directos de mto. de equipo electromecánico	
c) Costos directos de mto. de la red: desazolve, reforzamiento.	
Componente Variable	
a) Costos directos de reposición de partes de la red y equipo electromecánico	
b) Costos directos de insumos: energía eléctrica, materiales.	
Total	

Fuente: SMAP "Propuesta para el mejoramiento del sistema de agua potable de Cd. del Carmen, Campeche, mayo 1995"

Los costos de inversión, operación y mantenimiento, están calculados con base en el máximo caudal que lograría 210 lps (caudal que puede ser de origen doméstico, comercial e industrial) y a un margen de incremento de 20% (40 lps) para posible influente futuro mas allá del horizonte del proyecto sin considerar fugas (capítulo III).

Los costos tiene dos componentes, uno fijo que incluye los gastos que son necesarios para su operación administrativa, y el variable donde se incluyen los costos necesarios para cubrir el tratamiento de un influente de 250 lps, equivalentes a 648,000 m³/mes. El influente depende el volumen de la aportación de los diferentes tipos de consumo, y esta es de 25% a 30% menor que la dotación ya mencionado.

cuadro n°71

**Costos de Operación y Mantenimiento
proyecto: Planta de Tratamiento**

a) Costos directos de personal	23,500	282,000
b) Costos directos de mantenimiento de edificio e instalaciones complementarias	2,560	30,720
c) Costos directos de mantenimiento del equipo de la planta (1%/año sobre los puntos 2 y 3 de inversión)	21,900	262,800
d) Costos directos de energía eléctrica en edificios e instalaciones complementarias	28,200	338,400
e) Imprevistos	9,500	114,000
- Gastos Administrativos	9,000	108,000
- Fianzas y seguros	6,000	72,000
subtotal	100,660	1'207,920
Componente Variable (según función de costo)		
a) Costos directos de mantenimiento	21,700	260,400
b) Reposición de piezas y equipo de la planta	10,000	120,000
c) Costos directos de insumos: Energía eléctrica, materiales, reactivos químicos de laboratorio, etc	57,800	693,600
d) Transporte y disposición de lodos	4,500	54,000
e) Operación y mantenimiento de equipo de transporte	2,700	32,400
subtotal	96,700	1'160,400
subtotal	197,360	2'368,320

Fuente: Asesoría de Sistemas Integrales de Saneamiento, "Proyecto de Tratamiento de Agua Residual con base en la tecnología TAMP"

- Valor Actual de los costos para el alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento de agua residual.

cuadro n° 72

Valor Actual de los Costos
proyecto: "Alcantarillado Sanitario"

Años	Egresos (\$/año)	F.A. 18%	VAC (\$/año)
0	50,000,000	1.00000	50,000,000
1	50,000	0.84746	42,373
2	50,000	0.71818	35,909
4	50,000	0.60863	30,432
5	50,000	0.51579	25,789
6	50,000	0.43711	21,855
8	50,000	0.37043	18,522
7	50,000	0.31393	15,696
8	50,000	0.26604	13,302
9	50,000	0.22546	11,273
10	50,000	0.19106	9,553
11	50,000	0.16192	8,096
12	50,000	0.13722	6,861
13	50,000	0.11629	5,814
14	50,000	0.09855	4,927
15	50,000	0.08352	4,176
16	50,000	0.07078	3,539
17	50,000	0.05998	2,999
18	50,000	0.05083	2,542
19	50,000	0.04308	2,154
20	50,000	0.03651	1,825
Valor Actual de Costos			50,267,637

Fuente: Elaboración propia

cuadro n°73

Valor Actual de los Costos
proyecto: "Planta de Tratamiento"

Años	Egresos (\$/año)	F.A. 18%	VAC (\$/año)
0	31,312,840	1.00000	31,312,840
1	2,368,320	0.84746	2,007,051
2	2,368,320	0.71818	1,700,891
3	2,368,320	0.60863	1,441,433
4	2,368,320	0.51579	1,221,553
5	2,368,320	0.43711	1,035,214
6	2,368,320	0.37043	877,300
7	2,368,320	0.31393	743,475
8	2,368,320	0.26604	630,064
9	2,368,320	0.22546	533,952
10	2,368,320	0.19106	452,502
11	2,368,320	0.16192	383,476
12	2,368,320	0.13722	324,980
13	2,368,320	0.11629	275,407
14	2,368,320	0.09855	233,395
15	2,368,320	0.08352	197,793
16	2,368,320	0.07078	167,621
17	2,368,320	0.05998	142,052
18	2,368,320	0.05083	120,383
19	2,368,320	0.04308	102,019
20	2,368,320	0.03651	86,457
Valor Actual de Costos			43,989,857

Fuente: Elaboración propia

En la estimación de los costos tampoco se consideraron precios sociales, únicamente precios de mercado. El valor actual de los costos (VAC) del proyecto "Saneamiento" es el siguiente:

$$VAC = I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Cm_i}{(1+r)^i}$$

donde: I_0 = inversión inicial de \$ 81'312,840

Cm = costo de mantenimiento anual de \$ 2'368,320 para la planta y de \$50,000 para el alcantarillado

r = tasa social de descuento de 18%

n = 20 años

El VAC resultante para el proyecto es de \$94'257,494

El proyecto "Saneamiento" tiene una inversión inicial de \$81'312,840 y se estimó que se requiere de costos actualizados de mantenimiento y operación de \$94'257,949 durante el horizonte del proyecto (20 años) para mantener un nivel de conducción creciente de agua negra y su tratamiento anual, para llegar a cubrir la demanda del servicio considerando que el influente máximo para el año 2015 fuera de 500 lps, siendo la operación de la planta al 100 %, y con posibilidad de incrementarse.

Dado que el nuevo acueducto incrementará gradualmente la dotación, la planta de tratamiento puede crecer por módulos en razón de la demanda de aportación, dadas sus características técnicas de operación. Por lo que los costos de inversión, operación y mantenimiento, serán diferidas en razón de un estudio de aportación para su capacidad.

iv. Rentabilidad Social del proyecto "Alcantarillado sanitario y Planta de tratamiento"

El resultado de la evaluación de este proyecto es el siguiente:

Valor actual de los beneficios (VAB) = \$143'401,961

Valor actual de los costos (VAC) = \$ 94'257,494

Valor actual neto (VAN) = \$ 49'144,467

TIR 24.93 ~ 25% > Tasa social de descuento 18%

El proyecto presenta un VAN positivo, debido al valor de los beneficios para el 98% de la población. Estos son el resultado de variables que pueden ser cuantificadas, sin embargo están subestimados, ya que la valoración de la planta de tratamiento para cada tipo de consumidor es de imposible medición, y representa beneficios intangibles directos, ya que mejora el ambiente, dentro de la isla y su alrededor, no solo en el sentido estético sino en el biológico, generando beneficios económicos, por incrementos de pesca, en calidad y cantidad, siempre y cuando el cuerpo receptor sea la Laguna de Términos, y de liberación de recursos del sistema público de salud, por disminución de enfermedades de origen hídrico.

**EVALUACION SOCIAL DEL SISTEMA INTEGRAL
HIDROSANITARIO EN CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE**

CONCLUSIONES

EVALUACION SOCIOECONOMICA DE PROYECTOS DE INVERSION SISTEMA INTEGRAL HIDROSANITARIO EN CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE

CONCLUSIONES

A lo largo de la elaboración de esta tesis se conocieron las condiciones que prevalecen en Ciudad del Carmen, como es la carencia de un eficiente sistema de abastecimiento de agua potable y la inexistencia, para el 95% de la población, de alcantarillado sanitario. De mantenerse la tendencia de crecimiento de la población y las condiciones de infraestructura en la ciudad, se incrementaría la demanda de tales servicios y por tanto el déficit existente, por lo que deben darse soluciones a corto, mediano y largo plazo; con la meta de mejorar la calidad de vida tanto de los habitantes como del medio natural, a través de mejorar los instrumentos de toma de decisiones en inversiones públicas; y permitiendo que el desarrollo de una ciudad clave para el desarrollo económicos del país, tenga un crecimiento sostenido y a la vez evitar el costo social que el progreso traiga consigo.

En este estudio se demuestra que es posible aplicar los criterios de evaluación social a la propuesta de inversión de cualquier bien público y privado, a través de una metodología adecuada para el caso.

También se demuestra que sí se pueden medir la rentabilidad social, a través de la valoración de los beneficios para la comunidad, y no sólo a través de la medición de ingresos (utilidades o pérdidas) de quien proporciona y maneja el servicio, como sucede en la evaluación financiera.

También debe ser reconocido que para hacer una evaluación social, no necesariamente debe anteceder la evaluación privada, ya que aquella, no es solamente hacer una evaluación con precios sombra, y tasas sociales de descuento, es mucho más, es crear una metodología que pueda ser aplicada en proyectos que tengan condiciones similares dentro del territorio nacional, y llegar a crear un enfoque de evaluación para proyectos diferente al que existe, es decir con carácter de optimar recursos en beneficio social.

A continuación se enumeran los puntos significativos en cuanto al análisis de este trabajo, para posteriormente concretar las recomendaciones y conclusiones resultantes de la evaluación, y por último enunciar las limitantes en el desarrollo de la formulación de esta tesis.

Se considera a la población de 160,000 habitantes para Ciudad del Carmen como sobreestimada por el SMAP y por lo tanto la demanda de agua potable. En 1995 la Universidad Autónoma del Carmen realizó un censo sobre las causas de expansión urbana, este registró 20 886 viviendas; la institución calcula la población aplicando un índice de hacinamiento de 4.5 habitantes por vivienda por lo que la población sería de aproximadamente 93 987 habitantes; sin embargo, puede haber mayor precisión en cuanto a la magnitud de población, con los índices de hacinamiento por nivel socioeconómico de la CNA, como se realizó en este trabajo. Con ellos los requerimientos de agua potable que estima el SMAP disminuirían de 463 lps a 272 lps, según el criterio de dotación de 250 litros/habitante/día que maneja la CNA.

La **dotación** de 250 l/h/d corresponde a un criterio técnico que se utiliza para elaborar el diseño del sistema de agua potable; mientras que el **consumo** se refiere al agua usada en las viviendas que depende de factores climáticos, el nivel socioeconómico de los usuarios y puede variar por diversas causas como son; la presión en la red, la suficiencia en el abastecimiento, la existencia del alcantarillado, el precio del servicio agua potable y el ingreso familiar.

En función de esto, se puede decir que las dotaciones sólo son estimaciones generales y no obedecen a un riguroso estudio de mercado sobre la demanda de la población del proyecto y el cual debe realizarse previo a la realización de una propuesta de inversión.

Es de especial atención la propuesta del SMAP en cuanto a la **capacidad** de conducción del nuevo acueducto que pretende ser como máximo de 500 lps y mínimo de 320 lps para sustituir al actual; situación que de seguir funcionando el actual, incrementaría la oferta hasta de 640 lps hasta 800 lps según sea el caso. Sin embargo, se estima que la oferta superaría la demanda actual y futura; considerando que se realicen las obras de optimización del sistema de abastecimiento.

La población juega un especial móvil para definir la capacidad de conducción del acueducto, siendo el punto de partida de confusiones tanto para el análisis de la problemática como para la evaluación y soluciones. La estimación de los consumidores de la ciudad, no es la misma que la dimensión de habitantes residentes, ya que existe una cantidad de abastecimiento adicional a la empresa PEMEX, en sus plataformas marinas, y a barcos de diversa índole; creando déficit de abastecimiento para la ciudad, y por consiguiente un alto costo social.

• Conclusiones

1. El tamaño de la población para el año de estudio del proyecto fue de 98,176 habitantes *residentes* en la ciudad, considerados como servicio doméstico. Los cuales se clasificaron en 5 grupos de acuerdo a su nivel de consumo, se estiman en 2.5% los consumidores tipo A, los del tipo B en 5.5%, el tipo C en 27%, tipo D en 61% y el E en 4%.

La clasificación por tipo de consumidores obedece a su nivel socioeconómico, y la infraestructura sanitaria con la que cuentan en sus viviendas. Del total de habitantes, el 97.5% no cuenta con sistema de drenaje, el 4% no cuenta con conexión al sistema de abastecimiento, y el 95% de los a dicho sistema tienen restricciones de consumo por falta de presión en la red.

2. Es indispensable considerar el nivel real de abastecimiento industrial y comercial, ya que aunque importante no debe sustituir el abastecimiento doméstico.
3. En la situación base optimizada se evalúa el efecto del mejoramiento del sistema actual de agua potable, sobre la sociedad, con el objeto de no atribuirle beneficios ilegítimos a la situación con proyecto. La situación con proyecto en este caso es la ampliación del sistema de abastecimiento con la construcción de un nuevo acueducto y la ampliación en la red de distribución.

Los criterios de evaluación todos los proyectos son: El Valor Actual Neto Social (VANS) y Tasa Interna de Retorno (TIR) a través de la tasa social de descuento proporcionada por BANOBRAS.

4. Dentro de la situación optimizada se debe priorizar el inicio de las obras en el siguiente orden: i) programa de reparación de fugas ii) rehabilitación de la línea de conducción, para incrementar el gasto y iii) rehabilitación de tanques de regularización y de válvulas y sus cajas en la red de la ciudad.
5. Ya que aún sin realizar inversiones en obras de captación y conducción adicional, es posible aumentar el consumo por habitante al realizar inversiones para optimar la situación actual del sistema de abastecimiento mediante un "programa de reparación de fugas", con este programa **se puede elevar de 90 lps a 113 lps la entrega de agua a consumidores de tipo doméstico.**
6. Según el análisis realizado sobre la variación de la presión en la línea de conducción, la capacidad instalada de los pozos, el acueducto y las estaciones de bombeo, **el sistema actual permite incrementar la dotación de agua destinado principalmente a consumidores de tipo doméstico de 113 lps a 166 lps, si se incrementa el caudal recibido en Ciudad del Carmen de 220 lps a 320 lps, con la realización de las siguientes obras:**
 - i. rehabilitar el pozo 1, mantener en operación los restantes en la zona de captación, equipar el pozo 8 y utilizarlo de respaldo para casos de emergencia.
 - ii. concluir las obras de la estación de rebombeo "Tinto" entre las estaciones Plan de Ayala y Sabancuy.

- iii. reposición de las válvulas desaireadoras en la línea de conducción.
6. Con la rehabilitación de las válvulas y sus cajas en la red de distribución y de los tanques de regularización es posible transferir recursos (agua potable) de las zonas con alto consumo hacia zonas de bajo consumo, que son las que pagan un mayor precio implícito en la situación actual.
 7. En particular, el proyecto denominado "**Reparación de Fugas**", que consiste en disminuir en promedio el 50% de las fugas en las tomas domiciliarias de las zonas de Ciudad del Carmen con mayor incidencia de las mismas, requiere una inversión inicial de \$915,120 y un costo anual de mantenimiento y operación de \$484,220 para el primer año y de \$372,000 durante el horizonte de 20 años, con lo cual el valor actual de costos **VAC = \$ 3'001,443**. Los beneficios anuales identificados son N\$ 2'642,424 que traídos a valor presente son **VAB=\$ 14'144,266**. Con lo que el Valor Actual Neto Social del proyecto "**reparación de fugas**" es **VANS = \$ 11,142,823** y una **TIR >200%**.
 8. El proyecto denominado "**Incremento del Gasto Suministrado**", que consiste en incrementar el suministro de 220 a 320 lps, mediante obras como la incorporación de un motor al pozo n° 1, la interconexión del pozo n° 8, concluir la construcción de la estación de bombeo "Tinto", la reposición de las válvulas desaireadoras a lo largo de la red de conducción, obras que requieren de una erogación para la inversión inicial y los costos de operación y mantenimiento cuyo monto en valor actual es: Valor Actual de los Costos **VAC=\$ 18'145,795**. Los beneficios anuales identificados son de \$ 3'554,732 que traídos a valor presente son **VAB = \$19'027,579**. Con lo que el Valor Actual Neto Social del proyecto "**Incremento del Gasto Suministrado**" es **VANS = \$ 881,784** y la **TIR = 21%**.
 9. Asimismo es posible mejorar el nivel de bienestar general si se revisan los criterios sociales y los privados para la asignación o distribución de agua potable. Por ejemplo, las colonias de San Manuel e Infonavit cuentan con abastecimiento regulado mediante tanques, mientras que en colonias que tienen deficiencias en el abastecimiento por problemas de presión en la red no se utilizan los tanques. Ello lleva a concluir que el insuficiente gasto entregado actualmente no es ninguna justificación para no seccionar la red y utilizar los tanques existentes y con ello entregar agua a colonias que tienen deficiencias en el abastecimiento.
 10. El proyecto propuesto por el SMAP denominado "**Nuevo Acueducto Chicbul II**", que consiste en incrementar el suministro como mínimo en 320 lps, mediante obras como la construcción de un acueducto paralelo al existente que consta de obras de 10 pozos profundos para captación, 3 estaciones de rebombeo, así como tuberías de interconexión, equipamiento electromecánico, cajas de válvulas e instalación para las etapas de captación y conducción requieren de una erogación para la inversión inicial y los costos de operación y mantenimiento cuyo monto en valor actual es: Valor Actual de los Costos **VAC=\$133'070,128**. Los beneficios anuales identificados en para la población actual traídos a valor presente son **VAB_A = \$1'257,296** y para la población futura son de **VAB_F = \$46'602,133**. Con lo que el Valor Actual Neto Social del proyecto "**Nuevo Acueducto Chicbul II**" es negativo **VANS = \$(85,210,699)** y la

TIR menor al 18%, su rentabilidad social positiva se puede lograr disminuyendo el monto de inversión por ejemplo, de 10 pozos a menos, ya que la necesidad de extracción es menor de la que inicialmente propone el SMAP.

11. Para el caso de abastecimiento, se concluye que se deben realizar las obras para el mejoramiento del actual sistema de agua potable antes de llegar a la situación con proyecto y posteriormente reconsiderar la capacidad de las obras de captación del nuevo acueducto; ya que como se puede observar socialmente no existe un beneficio por la fuerte inversión del acueducto y por lo tanto existe un costo social por la construcción del acueducto con esa capacidad. Caso que se solucionaría con una inversión menor, y de acuerdo al nivel de demanda actual y futura precisa; a través por ejemplo, de disminuir los costos en captación, ya que estos incluyen 10 pozos profundos y equipo, sin ser especificado por el SMAP si existe un estudio técnico que avale su propuesta; por lo que al contar con un estudio de mercado veraz se puede estimar la capacidad adecuada del acueducto, y evitar gastos perjudiciales para el Gobierno Municipal, y liberar recursos, que pueden ser utilizados en otra mejor alternativa, como el propio alcantarillado sanitario.
12. Se considera como impostergable la construcción de un sistema de alcantarillado municipal, dadas las condiciones de contaminación del área urbana de la isla incluyendo el manto freático y los riesgos sanitarios que esta situación origina.
13. En cuanto a la planta de tratamiento, a pesar de no poder ser medido el beneficio social, es ampliamente recomendable construirla dadas las condiciones ambientales del área. Conforme a la NOM-001-ECOL-1996, que de acuerdo su apartado n° 4, entrará en vigor el 1 de enero de 2000, esto en cuanto a las descargas de aguas residuales municipales para un rango de población mayor a 50,000 habitantes, que deberán ajustar sus parámetros conforme las especificaciones de la norma. Lo que implica que se deberá contar con una planta de tratamiento de tipo secundario para ello.
14. El proyecto denominado "**Saneamiento**", que consiste en colocar la red de **alcantarillado sanitario** para el 98% de las viviendas que no cuentan con él y la construcción de una **planta de tratamiento de agua residual**, proporciona beneficios directos a la población, por incremento en consumo y ahorro de costos valorados en \$7'236,200 y \$12'757,616 respectivamente, lo que hacen un total de \$19'993,816 que a valor presente son **VAB = \$107'021,829 para los habitantes actuales**. En el caso de los **habitantes estimados** para el horizonte del proyecto, el **VAB = \$36'380,132** resultado de la identificación de \$6' 796,536 como beneficios futuros.

Las obras que requieren de una erogación para la inversión inicial y los costos de operación y mantenimiento cuyo monto en valor actual es: Valor Actual de los Costos **VAC=\$50'267,637** para el Alcantarillado Sanitario y de **\$43'989,857** para la Planta de Tratamiento. Con lo que el Valor Actual Neto Social del proyecto "**Saneamiento**" es **VANS = \$ 49'144,467** y la **TIR = 25%**.

15. El Valor actual incremental que se presenta en el anexo estadístico, permite observar la inconveniencia de llevar a cabo la construcción del acueducto bajo las condiciones mencionadas, y la rentabilidad social de la construcción del alcantarillado sanitario, ya que es más alta que el acueducto, por supuesto tomando en cuenta la optimización de la situación actual; por lo que se considera la ejecución de este proyecto junto con las acciones de la situación optimizada como imposterables.

• **Recomendaciones**

16. Dar seguimiento al censo realizado por la UNACAR con el propósito de tener mayor certeza de la población que en el momento de construcción de cualquier obra de servicio público o para el diseño de futuros proyectos, para este caso con el objeto de conocer los requerimientos reales de agua potable, y su demanda futura.

17. Realizar un estudio para analizar la resistencia de la tubería a las presiones de la red de distribución, debido a que si no resiste un gasto de 320 lps, tampoco podría resistir el gasto (máximo) de 500 lps que proponen con el nuevo acueducto. La resistencia de la tubería no debe ser menor que la altura de los tanques de regularización.

18. Consultar el 'Programa de Manejo y Ordenamiento Ecológico del Área de Protección de Flora y Fauna de la Laguna de Términos' publicada el 21 de febrero de 1997 donde se establecen las actividades permitidas y/o compatibles con las vocaciones del área al momento de la planeación de obras; con objeto de considerar los lineamientos que en materia ecológica deben acatar los proponentes de proyectos para la zona.

19. Se recomienda evaluar la disminución de la capacidad del nuevo acueducto considerando, por supuesto la situación base optimizada de 166 lps, hasta 358 lps, es decir un incremento de 192 lps, el cual incluye el consumo doméstico actual (6.43lps) y futuro (92.07lps) e industrial y comercial actual (74 lps) y futuro (48 lps).

20. Establecer algunos mecanismos para hacer eficiente administrativamente al organismo operador como la actualización de tarifas, buscando proyectos que propongan un sistema de tarifas a costo marginal y por supuesto la correspondiente evaluación.

21. La reparación de micro y macromedidores facilitará el cobro en función al servicio medido, por lo que se recomienda poner en marcha un programa de instalación y/o reparación de medidores especialmente en las industrias, barco surto y colonias con presión.

22. La sectorización del gasto por tandeo.

23. Evaluar el efecto de la ejecución de un programa de cambio de los excusados con depósitos de 18 a los de 6 litros y otras instalaciones de bajo consumo de agua,

dirigido a instituciones públicas y zonas residenciales que consumen elevados volúmenes de agua.

24. Las obras o actividades públicas o privadas que se pretendan desarrollar en el área deberán realizar un estudio de impacto ambiental para determinar la viabilidad ecológica del proyecto.
25. Se recomienda evaluar nuevas alternativas para evitar la construcción del nuevo acueducto, como la de construir 6 estaciones de bombeo intermedias y pozos adicionales de captación con lo cual se puede incrementar el gasto hasta 437 lps versus la alternativa de posponer la construcción del nuevo acueducto. Ya que de acuerdo a estudios oficiales, es posible técnicamente afirmar que, si trabajan 12 estaciones con una distancia promedio de 10 kilómetros entre cada una de ellas se puede conducir un caudal de 437 lps a una velocidad recomendada de 1.5 m/s, para ello habría que estudiar la instalación de un equipo para absorber el golpe de ariete.

• Limitaciones

26. La información requerida para la evaluación del proyecto desde su inicio ha sido una tarea de investigación permanente que ha chocado generalmente con la que disponen por una parte el SMAP, la CNA en el Programa Maestro y las que se obtiene de otras fuentes, como es el caso de la población, dato fundamental para la elaboración del proyecto, es manejado con diferencias significativas, por los proponentes del proyecto.
27. Una limitante, para la ejecución del presente estudio, es la carencia de información para evaluación no sólo en el caso de la población, sino también en la carencia de una tasa social de descuento y precios sociales. Variables que en México no han sido consideradas como posibilidades de calcular para elaborar evaluación de proyectos, y que sin embargo son un instrumento fundamental para valorar la generación de productos dentro del país, ya sean estos bienes o servicios públicos y privados. Aunque son significativos los precios sociales, para la presente tesis no fue un obstáculo para la elaboración de la evaluación, ya que los datos son homogéneos, y además se contó con la tasa social de descuento.
28. No existe un programa preciso de costos de inversión y mantenimiento por parte del organismo operador para cada una de las obras por realizar, por lo tanto se recurrió a investigación para estimaciones y proyecciones propias.
29. En el proyecto "Incremento del gasto suministrado" se considerarán las inversiones que se realicen a partir de la evaluación del proyecto en algunas obras como la estación de bombeo "Tinto" y el pozo nº 8 que tienen avances importantes en su realización.

ANEXO ESTADISTICO

**Flujo de Egresos: Inversión y mantenimiento de
válvulas y accesorios para conducción y distribución**

Situación optimizada : 350 Aps
(miles de pesos)

Componente	Inversión \$	Mantenimiento \$/año
Conducción		
Válvulas desaireadoras	553,569	27,638
Distribución		
Válvulas y accesorios	650,000	22,239
Total	1,203,569	49,877

Año	Inversión	Mantenimiento	Total	Factor actual. 18%	VAC (\$/año)
0	1,203,569	0	1,203,569	1.00000	1,203,569
1	0	49,877	49,877	0.84746	42,269
2	0	49,877	49,877	0.71818	35,821
3	0	49,877	49,877	0.60863	30,357
4	0	49,877	49,877	0.51579	25,726
5	0	49,877	49,877	0.43711	21,802
6	0	49,877	49,877	0.37043	18,476
7	0	49,877	49,877	0.31393	15,658
8	0	49,877	49,877	0.26604	13,269
9	0	49,877	49,877	0.22546	11,245
10	0	49,877	49,877	0.19106	9,530
11	0	49,877	49,877	0.16192	8,076
12	0	49,877	49,877	0.13722	6,844
13	0	49,877	49,877	0.11629	5,800
14	0	49,877	49,877	0.09855	4,915
15	0	49,877	49,877	0.08352	4,166
16	0	49,877	49,877	0.07078	3,530
17	0	49,877	49,877	0.05998	2,992
18	0	49,877	49,877	0.05083	2,535
19	0	49,877	49,877	0.04308	2,149
20	0	49,877	49,877	0.03651	1,821
Total	1,203,569	997,540	2,201,109		1,470,548

Fuente: Elaboración propia

**Flujo Incremental de costos de energía eléctrica, mano de obra y mantenimiento
en pozos, estaciones de bombeo y tanques de regulación
sit. optimizada versus sit. sin proyecto**

(miles de pesos)

Costos	s/proyecto 250lps	c/proyecto 350lps	Flujo Incremental c/p-s/p
Energía Eléctrica	2,562,334	3,673,763	1,111,429
Captación	720,893	936,896	216,003
Conducción	1,790,852	2,273,978	483,126
Distribución	50,589	462,889	412,300
Mano de Obra	551,028	984,816	433,788
Captación	70,344	93,792	23,448
Conducción	433,788	656,544	222,756
Distribución	46,896	234,480	187,584
Mantenimiento	167,137	286,973	119,836
Captación	10,404	13,872	3,468
Conducción	146,616	180,523	33,907
Distribución	10,117	92,578	82,461
TOTAL	3,280,499	4,945,552	1,665,053

Fuente: Elaboración Propia

**Flujo de Egresos: inversión, operación y mantenimiento en
la zona de captación para los pozos n° 2 al 7**
Situación sin proyecto : 250 lps
(\$/año)

Año	Inversión	Operación	Mantenimiento	Total	Factor actual. 18%	VAC (\$/año)
1	65,000	791,237	10,394	866,631	0.84746	734,433
2	240,000	791,237	10,394	1,041,631	0.71818	748,083
3	287,500	791,237	10,394	1,089,131	0.60863	662,879
4	17,500	791,237	10,394	819,131	0.51579	422,499
5	405,000	791,237	10,394	1,206,631	0.43711	527,430
6	0	791,237	10,394	801,631	0.37043	296,949
7	320,000	791,237	10,394	1,121,631	0.31393	352,108
8	307,500	791,237	10,394	1,109,131	0.26604	295,071
9	0	791,237	10,394	801,631	0.22546	180,733
10	750,000	791,237	10,394	1,551,631	0.19106	296,462
11	60,000	791,237	10,394	861,631	0.16192	139,514
12	180,000	791,237	10,394	981,631	0.13722	134,699
13	347,000	791,237	10,394	1,148,631	0.11629	133,572
14	0	791,237	10,394	801,631	0.09855	79,000
15	320,000	791,237	10,394	1,121,631	0.08352	93,674
16	0	791,237	10,394	801,631	0.07078	56,736
17	240,000	791,237	10,394	1,041,631	0.05998	62,477
18	327,500	791,237	10,394	1,129,131	0.05083	57,394
19	17,500	791,237	10,394	819,131	0.04308	35,285
20	0	791,237	10,394	801,631	0.03651	29,264
Total	3,884,500	15,824,740	207,860	19,917,120		5,338,262

Fuente: Elaboración propia

**Flujo de Egresos: inversión, operación y mantenimiento en
la zona de captación para los pozos n° 1 al 8**
Situación optimizada : 350 lps
(\$/año)

Año	Inversión	Operación	Mantenimiento	Total	Factor actual. 18%	VAC (\$/año)
0	247,500	0	0	247,500	1.00000	247,500
1	70,000	1,029,688	1,734	1,101,422	0.84746	933,408
2	240,000	1,029,688	1,734	1,271,422	0.71818	913,115
3	365,000	1,029,688	1,734	1,396,422	0.60863	849,906
4	17,500	1,029,688	1,734	1,048,922	0.51579	541,022
5	490,000	1,029,688	1,734	1,521,422	0.43711	665,028
6	77,500	1,029,688	1,734	1,108,922	0.37043	410,780
7	320,000	1,029,688	1,734	1,351,422	0.31393	424,245
8	403,000	1,029,688	1,734	1,434,422	0.26604	381,611
9	17,500	1,029,688	1,734	1,048,922	0.22546	236,486
10	1,070,000	1,029,688	1,734	2,101,422	0.19106	401,507
11	257,500	1,029,688	1,734	1,288,922	0.16192	208,701
12	240,000	1,029,688	1,734	1,271,422	0.13722	174,464
13	425,000	1,029,688	1,734	1,456,422	0.11629	169,364
14	17,500	1,029,688	1,734	1,048,922	0.09855	103,370
15	480,000	1,029,688	1,734	1,511,422	0.08352	126,228
16	77,500	1,029,688	1,734	1,108,922	0.07078	78,485
17	320,000	1,029,688	1,734	1,351,422	0.05998	81,058
18	465,000	1,029,688	1,734	1,496,422	0.05083	76,064
19	17,500	1,029,688	1,734	1,048,922	0.04308	45,184
20	0	1,029,688	1,734	1,031,422	0.03651	37,653
Total	5,618,000	20,593,760	34,680	26,246,440		7,105,179

Fuente: Elaboración propia

**Flujo de Egresos: inversión, operación y mantenimiento en
6 estaciones de bombeo**

Situación sin proyecto : 250 lps

(\$/año)

Año	Inversión	Operación	Mantenimiento	Total	Factor actual. 18%	VAC (\$/año)
0	2,000,000	0	0	2,000,000	1.00000	2,000,000
1	556,000	2,224,640	147,969	2,928,609	0.84746	2,481,872
2	0	2,224,640	147,969	2,372,609	0.71818	1,703,971
3	165,000	2,224,640	147,969	2,537,609	0.60863	1,544,467
4	375,000	2,224,640	147,969	2,747,609	0.51579	1,417,186
5	25,000	2,224,640	147,969	2,397,609	0.43711	1,048,017
6	12,000	2,224,640	147,969	2,384,609	0.37043	883,334
7	240,000	2,224,640	147,969	2,612,609	0.31393	820,163
8	760,000	2,224,640	147,969	3,132,609	0.26604	833,394
9	1,560,000	2,224,640	147,969	3,932,609	0.22546	886,631
10	125,000	2,224,640	147,969	2,497,609	0.19106	477,204
11	1,130,000	2,224,640	147,969	3,502,609	0.16192	567,139
12	0	2,224,640	147,969	2,372,609	0.13722	325,568
13	165,000	2,224,640	147,969	2,537,609	0.11629	295,093
14	375,000	2,224,640	147,969	2,747,609	0.09855	270,774
15	25,000	2,224,640	147,969	2,397,609	0.08352	200,239
16	48,000	2,224,640	147,969	2,420,609	0.07078	171,322
17	240,000	2,224,640	147,969	2,612,609	0.05998	156,704
18	802,000	2,224,640	147,969	3,174,609	0.05083	161,367
19	1,584,000	2,224,640	147,969	3,956,609	0.04308	170,437
20	0	2,224,640	147,969	2,372,609	0.03651	86,614
Total	10,187,000	44,492,800	2,959,360	57,639,180		16,501,496

Fuente: Elaboración propia

**Flujo de Egresos: inversión, operación y mantenimiento en
7 estaciones de rebombeo
Situación optimizada : 350 lps
(\$/año)**

Año	Inversión	Operación	Mantenimiento	Total	Factor actual. 18%	VAC (\$/año)
0	2,200,000	0	0	2,200,000	1.00000	2,200,000
1	556,000	2,930,522	180,523	3,667,045	0.84746	3,107,665
2	0	2,930,522	180,523	3,111,045	0.71818	2,234,304
3	165,000	2,930,522	180,523	3,276,045	0.60863	1,993,902
4	375,000	2,930,522	180,523	3,486,045	0.51579	1,798,063
5	25,000	2,930,522	180,523	3,136,045	0.43711	1,370,794
6	112,000	2,930,522	180,523	3,223,045	0.37043	1,193,918
7	240,000	2,930,522	180,523	3,351,045	0.31393	1,051,977
8	760,000	2,930,522	180,523	3,871,045	0.26604	1,029,846
9	1,560,000	2,930,522	180,523	4,671,045	0.22546	1,053,115
10	105,000	2,930,522	180,523	3,216,045	0.19106	614,472
11	1,750,000	2,930,522	180,523	4,861,045	0.16192	787,096
12	0	2,930,522	180,523	3,111,045	0.13722	426,896
13	165,000	2,930,522	180,523	3,276,045	0.11629	380,964
14	375,000	2,930,522	180,523	3,486,045	0.09855	343,546
15	25,000	2,930,522	180,523	3,136,045	0.08352	261,910
16	144,000	2,930,522	180,523	3,255,045	0.07078	230,380
17	240,000	2,930,522	180,523	3,351,045	0.05998	200,995
18	802,000	2,930,522	180,523	3,913,045	0.05083	198,902
19	1,584,000	2,930,522	180,523	4,695,045	0.04308	202,247
20	0	2,930,522	180,523	3,111,045	0.03651	113,571
Total	11,183,000	58,610,440	3,610,460	73,403,900		20,794,563

Fuente: Elaboración propia

**Flujo de Egresos: inversión, operación y mantenimiento en
2 tanques de regulación**

Situación sin proyecto : 250 lps

(\$/año)

Año	Inversión	Operación	Mantenimiento	Total	Factor actual. 18%	VAC (\$/año)
0	260,200	0	0	260,200	1.00000	260,200
1	0	97,485	10,117	107,602	0.84746	91,188
2	0	97,485	10,117	107,602	0.71818	77,278
3	50,000	97,485	10,117	157,602	0.60863	95,921
4	0	97,485	10,117	107,602	0.51579	55,500
5	0	97,485	10,117	107,602	0.43711	47,034
6	0	97,485	10,117	107,602	0.37043	39,859
7	0	97,485	10,117	107,602	0.31393	33,779
8	30,000	97,485	10,117	137,602	0.26604	36,607
9	0	97,485	10,117	107,602	0.22546	24,260
10	90,000	97,485	10,117	197,602	0.19106	37,755
11	0	97,485	10,117	107,602	0.16192	17,423
12	0	97,485	10,117	107,602	0.13722	14,765
13	50,000	97,485	10,117	157,602	0.11629	18,327
14	0	97,485	10,117	107,602	0.09855	10,604
15	0	97,485	10,117	107,602	0.08352	8,986
16	0	97,485	10,117	107,602	0.07078	7,616
17	0	97,485	10,117	107,602	0.05998	6,454
18	30,000	97,485	10,117	137,602	0.05083	6,994
19	0	97,485	10,117	107,602	0.04308	4,635
20	0	97,485	10,117	107,602	0.03651	3,928
Total	510,200	1,949,700	202,340	2,662,240		899,114

Fuente: Elaboración propia

**Flujo de Egresos: inversión, operación y mantenimiento en
10 tanques de regulación**

Situación optimizada : 350 lps
(\$/año)

Año	Inversión	Operación	Mantenimiento	Total	Factor actual. 18%	VAC (\$/año)
0	5,780,000	0	0	5,780,000	1.00000	5,780,000
1	0	697,300	92,500	789,800	0.84746	669,322
2	0	697,300	92,500	789,800	0.71818	567,222
3	50,000	697,300	92,500	839,800	0.60863	511,128
4	0	697,300	92,500	789,800	0.51579	407,370
5	1,110,000	697,300	92,500	1,899,800	0.43711	830,420
6	0	697,300	92,500	789,800	0.37043	292,567
7	0	697,300	92,500	789,800	0.31393	247,938
8	30,000	697,300	92,500	819,800	0.26604	218,098
9	0	697,300	92,500	789,800	0.22546	178,065
10	1,890,000	697,300	92,500	2,679,800	0.19106	512,015
11	0	697,300	92,500	789,800	0.16192	127,884
12	0	697,300	92,500	789,800	0.13722	108,376
13	6,050,000	697,300	92,500	6,839,800	0.11629	795,385
14	0	697,300	92,500	789,800	0.09855	77,834
15	0	697,300	92,500	789,800	0.08352	65,961
16	0	697,300	92,500	789,800	0.07078	55,899
17	0	697,300	92,500	789,800	0.05998	47,372
18	30,000	697,300	92,500	819,800	0.05083	41,671
19	0	697,300	92,500	789,800	0.04308	34,022
20	0	697,300	92,500	789,800	0.03651	28,832
Total	14,940,000	13,946,000	1,850,000	30,736,000		11,597,381

Fuente: Elaboración propia

Flujo de Egresos: operación y mantenimiento del Chicbul
Situación Optimizada: 350 lps
(\$/año)

Año	Captación		Rebombeo		Regulación		Válvulas	Valor de Costos			F.A.	VAC(op.mtto)
	Operación	Mtto	Operación	Mtto	Operación	Mtto		Mtto	Operación	Mtto		
1	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.84746	4,222,156
2	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.71818	3,578,098
3	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.60863	3,032,287
4	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.51579	2,569,734
5	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.43711	2,177,741
6	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.37043	1,845,543
7	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.31393	1,564,020
8	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.26604	1,325,440
9	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.22546	1,123,255
10	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.19106	951,911
11	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.16192	806,704
12	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.13722	683,647
13	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.11629	579,362
14	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.09855	490,985
15	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.08352	416,089
16	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.07078	352,618
17	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.05998	298,829
18	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.05083	253,245
19	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.04308	214,614
20	1,029,688	1,734	2,930,522	180,523	697,300	92,500	49,877	4,657,510	324,634	4,982,144	0.03651	181,876
Total	20,593,760	34,680	58,610,440	3,610,460	13,946,000	1,850,000	997,540	93,150,200	6,492,680	99,642,880		26,668,154

Fuente: Elaboración propia

**Estimación del consumo habitacional de agua potable
(presión en la red por colonia)**

COLONIA		NIVEL	INDICE	LOTES HAB	HABITANTES	POTACION	CONSUMO MAX	CONSUMO MAX
nº	Nombre	SOCIOECON	HABITACIONTO	CON AGUA	POR COLONIA	(lps/d)	(lit)	(lts)
1	El Electricas	bajo	5.01	181	187	149.8	120,830.18	1.80
2	Avención	medio	4.52	193	732	199.1	173,686.88	2.01
3	Emiliano Zapata	bajo	5.01	146	871	149.8	106,572.71	1.27
4	Volcanes	bajo	5.01	01	149.8	0	0.00	0.00
5	Puesta del Spl	año	4.00	257	1,028	288.3	298,372.40	3.43
6	Arca	bajo	5.01	378	1,894	149.8	283,688.24	3.28
7	Centro	medio	4.52	1,439	6,504	199.1	1,295,002.15	14.99
8	Tlacotal	medio	4.52	358	2,513	199.1	508,282.58	5.79
9	Morelos	bajo	5.01	907	4,544	149.8	680,701.69	7.88
10	Caleta	bajo	5.01	132	601	149.8	99,065.74	1.15
11	Héctor Pérez	medio	4.52	279	1,261	199.1	251,081.03	2.91
12	Bento Juárez	bajo	5.01	352	3,302	149.8	494,740.01	5.74
13	Santa Margarita	medio	4.52	451	2,039	199.1	405,869.33	4.70
14	Pallas	bajo	5.01	139	698	149.8	104,319.22	1.21
15	Francisco I Madero	bajo	5.01	845	4,233	149.8	634,370.01	7.34
16	Bivar	bajo	5.01	26	104	288.3	29,983.20	0.35
17	Tacubaya	bajo	5.01	329	1,648	149.8	246,913.64	2.86
18	Burócratas	medio	4.52	239	1,080	199.1	215,083.75	2.49
19	Cuauhtémoc	medio	4.52	180	814	199.1	161,987.44	1.87
20	20 de noviembre	bajo	5.01	28	145	149.8	21,784.44	0.25
21	Justo Sierra	bajo	5.01	589	2,951	149.8	442,043.32	5.12
22	Estrella	bajo	5.01	17	85	149.8	12,756.47	0.15
23	Guadalupe	medio	4.52	424	1,878	149.8	287,088.70	3.32
24	Salitre	bajo	5.01	229	1,147	149.8	171,864.04	1.99
25	Santa Rosalia	bajo	5.01	471	2,360	149.8	353,484.56	4.09
26	Puntita	medio	4.52	291	1,315	149.8	197,034.64	2.28
27	Playa Norte	año	4.00	152	608	288.3	176,286.40	2.03
28	Camarónero	medio	4.52	193	1,180	199.1	234,882.25	2.72
29	Álamo	medio	4.52	350	1,582	199.1	314,976.20	3.65
30	Playon	bajo	5.01	419	2,099	149.8	314,458.66	3.64
31	Compositores	bajo	5.01	315	1,578	149.8	236,408.67	2.74
32	Belenoso	bajo	5.01	193	1,968	149.8	294,845.71	3.41
33	Solidaridad urbana	bajo	5.01	454	2,325	149.8	348,231.07	4.03
34	Caracol	bajo	5.01	217	1,087	149.8	162,854.07	1.88
35	Mangús	bajo	5.01	721	3,663	149.8	578,633.06	6.70
36	Maderas	año	4.00	5	20	288.3	5,766.00	0.07
37	Puerta de la unidad	medio	4.52	342	1,548	199.1	307,776.74	3.56
38	Miami	medio	4.52	134	608	199.1	120,590.89	1.40
39	San Carlos	bajo	5.01	420	2,104	149.8	315,203.16	3.65
40	Fracc. Justo Sierra	medio	4.52	138	624	199.1	124,190.62	1.44
41	Insurgentes	bajo	5.01	278	1,393	149.8	208,638.44	2.41
42	Limón	bajo	5.01	198	832	149.8	124,582.67	1.44
43	Renovación II	bajo	5.01	362	1,814	149.8	271,488.28	3.14
44	Reforma	bajo	5.01	191	807	149.8	120,830.18	1.40
45	Méjuel de la Madrid	bajo	5.01	0	0	149.8	0.00	0.00
46	Fonaste	bajo	5.01	167	837	149.8	125,333.17	1.45
47	San Miguel	bajo	5.01	163	813	149.8	122,331.17	1.43
48	San Manuel (PEMEX)	año	4.00	449	1,796	334.2	600,223.20	6.95
49	Renovación I	bajo	5.01	481	2,410	149.8	360,989.54	4.18
50	Fracc. Lomas de Holche	medio	4.52	40	181	199.1	35,997.28	0.42
51	23 de julio	bajo	5.01	890	2,305	149.8	345,238.68	4.00
52	San Nicolás	bajo	5.01	579	2,901	149.8	434,538.34	5.03
53	Guamal	año	4.00	500	2,000	288.3	576,600.00	6.67
54	Tía	medio	4.52	312	1,410	199.1	280,778.70	3.25
55	San Agustín del Palmar	medio	4.52	102	461	199.1	91,703.38	1.06
56	Fracc. Isla del Carmen	bajo	5.01	54	116	288.3	62,272.00	0.72
57	Fracc. Paseos de Arco	bajo	4.00	14	70	149.8	10,509.97	0.12
58	Fracc. Marina del Rey	bajo	5.01	52	261	149.8	39,925.90	0.45
59	San Francisco	año	4.00	653	2,652	334.2	217,688.40	2.53
60	La Rivera	bajo	5.01	113	548	149.8	84,808.27	0.98
61	Aeropuerto	bajo	5.01	34	170	149.8	25,516.83	0.30
62	Playa Palmas	año	4.00	1	4	288.3	1,153.20	0.01
63	Mahaván	año	4.00	54	271	149.8	40,528.69	0.47
64	Fracc. Puerta del Golfo	bajo	4.00	70	280	288.3	80,724.00	0.93
65	Santa Rita	bajo	4.00	142	568	288.3	163,754.40	1.90
66	Revolución	medio	4.52	115	520	199.1	103,482.18	1.20
67	Puerto Seguro	bajo	5.01	0	0	149.8	0.00	0.00
68	Fracc. Isla de Tré	bajo	5.01	141	706	149.8	105,620.22	1.22
69	San Agustín del Palmar II	año	4.00	148	592	288.3	170,673.60	1.98
70	Pedro Saenz de Baranda	bajo	5.01	162	812	149.8	121,586.08	1.41
71	Obvera	bajo	5.01	584	2,976	149.8	445,795.61	5.18
72	Petrolera	año	4.00	0	0	334.2	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

19,824

84,467

16,496,813.61

192.8

**Estimación del consumo habitacional de agua potable por colonia
Nivel Socioeconómico Alto**

COLONIA		Nivel	Índice	Lotes Hab	Habitantes	Dotación	Consumo Máx.	Consumo Máx.	
total	nº	Nombre	Socioeco.	Hacinam	con agua	por colonia	(l/h/d)	(l/d)	(lps)
1	5	Puesta del Sol	alto	4	257	1,028	288.3	296,372.40	3.43
2	16	Bivaibo	alto	4	26	104	288.3	29,983.20	0.35
3	27	Playa Norte	alto	4	152	608	288.3	175,286.40	2.03
4	36	Maderas	alto	4	5	20	288.3	5,766.00	0.07
5	48	San Manuel (PEMEX)	alto	4	449	1,796	334.2	600,223.20	6.95
6	53	Guanal	alto	4	500	2,000	288.3	576,600.00	6.67
7	56	Fracc. Isla del Carmen	alto	4	54	216	288.3	62,272.80	0.72
8	59	San Francisco	alto	4	163	652	334.2	217,898.40	2.52
9	62	Playa Palmas	alto	4	1	4	288.3	1,153.20	0.01
10	64	Fracc. Perla del Golfo	alto	4	70	280	288.3	80,724.00	0.93
11	65	Santa Rita	alto	4	142	568	288.3	163,754.40	1.90
12	69	San Agustín del Palmar	alto	4	148	592	288.3	170,673.60	1.98
13	72	Petrolera	alto	4	459	1,836	334.2	613,591.20	7.10
13					2,426	9,704		2,994,298.80	34.66

Fuente: Elaboración propia

**Estimación del consumo habitacional de agua potable por colonia
Nivel Socioeconómico Medio**

total	n°	COLONIA Nombre	Nivel Socioeco.	Indice Hacinam	Lotes Hab. con agua	Habitantes por colonia	Dotación (l/h/d)	Consumo Máx. (l/d)	Consumo Máx. (lps)
1	2	Aviación	medio	4.52	193	872	199.1	173,686.88	2.01
2	7	Centro	medio	4.52	1,439	6,504	199.1	1,295,002.15	14.99
3	8	Tecolutla	medio	4.52	556	2,513	199.1	500,362.19	5.79
4	11	Héctor Pérez	medio	4.52	279	1,261	199.1	251,081.03	2.91
5	13	Santa Margarita	medio	4.52	451	2,039	199.1	405,869.33	4.70
6	18	Burócratas	medio	4.52	239	1,080	199.1	215,083.75	2.49
7	19	Cuauhtemoc	medio	4.52	180	814	199.1	161,987.76	1.87
8	23	Guadalupe	medio	4.52	424	1,916	199.1	381,571.17	4.42
9	26	Puntilla	medio	4.52	291	1,315	199.1	261,880.21	3.03
10	28	Camaroneros	medio	4.52	261	1,180	199.1	234,882.25	2.72
11	29	Fátima	medio	4.52	350	1,582	199.1	314,976.20	3.65
12	37	Puente de la unidad	medio	4.52	342	1,546	199.1	307,776.74	3.56
13	38	Miami	medio	4.52	134	606	199.1	120,590.89	1.40
14	40	Fracc. Justo Sierra	medio	4.52	138	624	199.1	124,190.62	1.44
15	50	Fracc. Lomas de Holche	medio	4.52	40	181	199.1	35,997.28	0.42
16	54	Tila	medio	4.52	312	1,410	199.1	280,778.78	3.25
17	55	San Agustín del Palmar	medio	4.52	102	461	199.1	91,793.06	1.06
18	66	Revolución	medio	4.52	115	520	199.1	103,492.18	1.20
18					5,846	26,424		5,261,002.47	60.89

Fuente: Elaboración propia

**Estimación del consumo habitacional de agua potable por colonia
Nivel Socioeconómico Bajo**

total	N°	COLONIA	Nivel Socioec.	Indice Hacnam.	Lotes Habt. con agua	Habitantes por colonia	Dotación (l/d)	Consumo Máx (l/d)	Consumo Máx (lps)
1	1	Electricistas	bajo	5.01	161	807	149.8	120,830.18	1.40
2	3	Emiliano Zapata	bajo	5.01	146	731	149.8	109,572.71	1.27
3	4	Volcanes	bajo	5.01	0	0	149.8	0.00	0.00
4	6	Arcia	bajo	5.01	378	1,894	149.8	283,688.24	3.28
5	9	Morelos	bajo	5.01	907	4,544	149.8	680,701.69	7.88
6	10	Caleta	bajo	5.01	132	661	149.8	99,065.74	1.15
7	12	Benito Juárez	bajo	5.01	659	3,302	149.8	494,578.18	5.72
8	14	Pallas	bajo	5.01	139	696	149.8	104,319.22	1.21
9	15	Francisco I Madero	bajo	5.01	845	4,233	149.8	634,170.81	7.34
10	17	Tacubaya	bajo	5.01	329	1,648	149.8	246,913.84	2.86
11	20	20 de noviembre	bajo	5.01	29	145	149.8	21,764.44	0.25
12	21	Justo Sierra	bajo	5.01	589	2,951	149.8	442,043.32	5.12
13	22	Estrella	bajo	5.01	17	85	149.8	12,758.47	0.15
14	24	Salitril	bajo	5.01	229	1,147	149.8	171,864.04	1.99
15	25	Santa Rosalia	bajo	5.01	471	2,360	149.8	353,484.56	4.09
16	30	Playón	bajo	5.01	419	2,099	149.8	314,458.66	3.64
17	31	Compostores	bajo	5.01	315	1,578	149.8	236,406.87	2.74
18	32	Betsano	bajo	5.01	393	1,969	149.8	294,945.71	3.41
19	33	Solidaridad urbana	bajo	5.01	464	2,325	149.8	348,231.07	4.03
20	34	Caracol	bajo	5.01	217	1,087	149.8	162,858.07	1.88
21	35	Mangua	bajo	5.01	771	3,863	149.8	578,633.96	6.70
22	39	San Carlos	bajo	5.01	420	2,104	149.8	315,209.16	3.65
23	41	Insurgentes	bajo	5.01	278	1,393	149.8	208,638.44	2.41
24	42	Limonar	bajo	5.01	166	832	149.8	124,582.67	1.44
25	43	Renovación II	bajo	5.01	362	1,814	149.8	271,680.28	3.14
26	44	Reforma	bajo	5.01	161	807	149.8	120,830.18	1.40
27	45	Miguel de la Madrid	bajo	5.01	0	0	149.8	0.00	0.00
28	46	Fovissste	bajo	5.01	167	837	149.8	125,333.17	1.45
29	47	San Miguel	bajo	5.01	163	817	149.8	122,331.17	1.42
30	49	Renovación I	bajo	5.01	481	2,410	149.8	360,989.54	4.18
31	51	23 de julio	bajo	5.01	460	2,305	149.8	345,229.08	4.00
32	52	San Nicolás	bajo	5.01	579	2,901	149.8	434,538.34	5.03
33	57	Fracc Paseos de Arco	bajo	5.01	14	70	149.8	10,506.97	0.12
34	58	Fracc Marina del Rey	bajo	5.01	52	261	149.8	39,025.90	0.45
35	60	La Rivera	bajo	5.01	113	566	149.8	84,806.27	0.98
36	61	Aeropuerto	bajo	5.01	34	170	149.8	25,516.93	0.30
37	63	Malabrán	bajo	5.01	54	271	149.8	40,526.89	0.47
38	67	Puerto pesquero	bajo	5.01	0	0	149.8	0.00	0.00
39	68	Fracc Isla de Trís	bajo	5.01	141	706	149.8	105,820.22	1.22
40	70	Pedro Saenz de Bara	bajo	5.01	162	812	149.8	121,580.68	1.41
41	71	Obrera	bajo	5.01	594	2,976	149.8	445,795.81	5.16
41						60,175		9,014,231.48	104.33

**MUESTREO DE CONSUMO MENSUAL
EN COLONIAS CON PRESION**

NIVEL SOCIOECONOMICO ALTO
con alcantarillado sanitario

n°	Colonia nombre	Lotes Habitacionales		Consumo * (m ³ /mes)
		total	con agua	
5	Puesta del Sol	271	257	33.00
48	San Manuel (PEMEX)	473	449	41.40
59	San Francisco	172	163	44.00
64	Fracc. Perla del Golfo	74	70	42.00
TOTAL		990	939	
Consumo mensual promedio m ³				40.1

*Unico nivel de Abastecimiento con presión en la red

Fuente: Elaboración propia

NIVEL SOCIOECONOMICO ALTO
sin alcantarillado sanitario

n°	Colonia nombre	Lotes Habitacionales		Consumo (m ³ /mes)
		total	con agua	
16	Bivalbo	27	26	34.00
36	Maderas	5	5	33.50
56	Fracc. Isla del Carmen	57	54	35.00
62	Playa Palmas	1	1	36.00
65	Santa Rita	149	142	34.50
TOTAL		239	228	
Consumo mensual promedio m ³				34.63

Fuente: Elaboración propia

**MUESTREO DE CONSUMO MENSUAL
EN COLONIAS CON PRESION**

NIVEL SOCIOECONOMICO MEDIO
sin alcantarillado sanitario

Colonia		Lotes Habitacionales		Consumo (m ³ /mes)
n°	nombre	total	con agua	
11	Héctor Pérez	294.0	279.0	25.5
18	Burócratas	252.0	239.0	26.0
29	Fátima	368.0	350.0	28.5
37	Puente de la unidad	360.0	342.0	27.0
40	Fracc. Justo Sierra	145.0	138.0	28.0
TOTAL		1,419.0	1,210.0	135.0
Consumo mensual promedio m ³			26.75	

Fuente: Elaboración propia

NIVEL SOCIOECONOMICO BAJO
sin alcantarillado sanitario

Colonia		Lotes Habitacionales		Consumo (m ³ /mes)
n°	nombre	total	con agua	
10	Caleta	139	132	20
12	Benito Juárez	694	659	22.6
30	Playón	441	419	24.5
44	Reforma	169	161	23
52	San Nicolás	609	579	22.5
TOTAL		2,052	1,950	112.60
Consumo mensual promedio m ³			22.52	

Fuente: Elaboración propia

**CONSUMO MENSUAL Y DIARIO EN COLONIAS CON PRESION
POR NIVEL SOCIOECONOMICO
(Dotación y Tarifa)**

Tipo de consumidor	Nivel Socioecon.	Consumo ² (m ³ /mes)	Dotación ³ (l/h/d)	Tarifa ⁴ (\$/m ³)
A	Alto con alcant. ¹	40.10	344.2	1.80
B	Alto	34.63	288.3	1.55
C	Medio	26.75	199.1	1.45
D	Bajo	22.52	149.8	1.45
Tarifa promedio			\$1.56 /m³	

¹ Su consumo es mayor por contar con alcantarillado sanitario privado

² Resultado de los muestreos de colonias con presión en la red

³ Se obtuvo convirtiendo la columna de consumo a (litros/mes) y d resultado entre 30 días y entre el índice de hacinamiento de cada nivel socioeconómico.

⁴ Cálculo obtenido de acuerdo al cuadro de tarifas por rango de consumo del organismo operador: SMAP

Fuente: Elaboración propia

TARIFA DOMESTICA CON ALCANTARILLADO

Rango de Consumo (m ³)	Cuota limite inferior	Excedente sobre lim infe. (\$/m ³)	Tarifa prom. ajustada ^a (\$/m ³)
0.0-5.0	10.20	0.00	
5.01-10.0	10.20	1.44	1.74
10.01-15.0	17.40	1.56	1.68
15.01-30.0	25.20	1.80	1.74
30.01-50.0	52.20	2.04	1.86
50.01-100.0	93.00	2.40	2.13
100.01-.....	213.00	2.76	

^a Tarifa promedio=[cuota limite inferior+(tarifa excedente x diferencia del rango de consumo superior)-inferior] dividido entre el rango de cons. sup.
Tarifa promedio ajustada con drenaje= [52.20+(2.04x20)]/50 = \$1.86

Fuente: Sistema Municipal de Agua Potable (SMAP) Cd. del Carmen

^a Elaboración propia

Valor Social de los Beneficios Consumidor A
proyecto: Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento
(2,448 Habitantes)

El tipo de Consumidor A, representa el nivel de consumo más alto en los casos mencionados, ya que cuenta con alcantarillado sanitario y planta de tratamiento privados, además de no tener restricción en el abastecimiento de agua potable, por lo que su beneficio es el valor que le otorga cada habitante al consumo de agua potable más el ahorro de costos por contar con el servicio de saneamiento, a través del excedente del consumidor de cada uno de los sectores. (cuadro siguiente).

El valor que este sector le da al proyecto en cuestión, es la suma de los excedentes de cada consumidor según su sector. Así el valor que la sociedad le otorga al incremento en consumo es de 170\$/año y el del ahorro de costos y molestias por contar con saneamiento es de 340\$/año.

El valor social de los proyectos alcantarillado y planta tratadora, es de \$510/habitante al año, por lo que para 2,448 habitantes es de 1'248,186\$al año.

Valor Social de los Beneficios Consumidor A

Tipo A Habitantes	Consumo			Precio M*	VSBa	
	l/h/d	lps	m3/mes	\$/m3	\$/h/año	\$/año
2,448	334.2	9.469	24,543.65	1.86	510	1,248,186

M* - precio de mercado

Fuente: Elaboración propia con base en cuadros

Valor Social de los Beneficios Consumidor B al E

Tipo de Consumidor	Incremento en consumo		Ahorro de Costos	
	Sector	Unitario	Sector	Unitario
	\$/año	\$/hab/año	\$/año	\$/hab/año
B	57,300.0	11	360,038.4	66
C	2,138,270.4	81	3,560,640.0	135
D+E	5,040,630.0	79	8,836,938.0	138
Total	7,236,200.4	170	12,757,616.4	340

Fuente: Elaboración propia

Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento
Valor Actual de los Beneficios

Años	Beneficios 2,448 Hab.	F.A 18%	VAB (\$) 2,448 Hab.	Beneficios 95,728 Hab.	VAB (\$) 95,728 Hab.
0	0	1.00000	0	0	0
1	1,248,186	0.84746	1,057,785	19,993,816	16,943,912
2	1,248,186	0.71818	896,428	19,993,816	14,359,247
3	1,248,186	0.60863	759,685	19,993,816	12,168,854
4	1,248,186	0.51579	643,801	19,993,816	10,312,588
5	1,248,186	0.43711	545,594	19,993,816	8,739,481
6	1,248,186	0.37043	462,368	19,993,816	7,406,340
7	1,248,186	0.31393	391,837	19,993,816	6,276,559
8	1,248,186	0.26604	332,065	19,993,816	5,319,118
9	1,248,186	0.22546	281,411	19,993,816	4,507,727
10	1,248,186	0.19106	238,484	19,993,816	3,820,108
11	1,248,186	0.16192	202,105	19,993,816	3,237,379
12	1,248,186	0.13722	171,276	19,993,816	2,743,542
13	1,248,186	0.11629	145,149	19,993,816	2,325,036
14	1,248,186	0.09855	123,007	19,993,816	1,970,369
15	1,248,186	0.08352	104,244	19,993,816	1,669,804
16	1,248,186	0.07078	88,342	19,993,816	1,415,088
17	1,248,186	0.05998	74,866	19,993,816	1,199,227
18	1,248,186	0.05083	63,446	19,993,816	1,016,294
19	1,248,186	0.04308	53,768	19,993,816	861,266
20	1,248,186	0.03651	45,566	19,993,816	729,887
Valor Actual de los Beneficios			6,681,225	107,021,829	

Fuente: Elaboración propia

Sistema de Saneamiento
Valor Actualizado de Beneficios
(\$)

Con proyecto	Sin proyecto	c/p vs. s/p
Alcantarillado y Planta Tratadora	Alcantarillado y Planta Tratadora	
107,021,829	6,681,225	100,340,604

Fuente: Elaboración propia

**Evaluación Socioeconómica del Sistema Hidrosanitario
de Ciudad del Carmen
VAN Incremental**

**Sistema de Abastecimiento de Agua Potable
Valor Actual Neto Incremental
(\$)**

Concepto	Con proyecto	Sin proyecto	c/p vs. s/p
	Chicbul II	Chicbul I	
Beneficios	47,859,429	33,171,805	14,687,624
Costos	133,070,128	21,259,096	111,811,032
VAN	-85,210,699	11,912,709	-97,123,408

Fuente: Elaboración propia

**Sistema de Desalojo de Agua Negra
Valor Actual Neto Incremental
(\$)**

Concepto	Con proyecto	Sin proyecto	c/p vs. s/p
	Alcantarillado y Planta	Alcantarillado y Planta	
Beneficios	107,021,829	6,681,225	100,340,604
Costos	3,557,864	0	3,557,864
VAN	103,463,965	6,681,225	96,782,740

Fuente: Elaboración propia

CALCULO DE LA RESISTENCIA POR FRICCIÓN QUE SOPORTA LA TUBERÍA DEL ACUEDUCTO

Cálculo de la resistencia por fricción (H) que soporta la tubería conduciendo diferentes gastos (entre estaciones de bombeo)

Fórmula: $H_f = (10.3 n^2 Q^2 L) / D^{16/3}$

donde:

- H_f = pérdida de carga por fricción, en m.
- L = longitud de la línea de conducción, en m.
- Q = gasto por conducir, m³/s
- D = diámetro de tubería, m
- n = coeficiente rugosidad en tubería

Para los cálculos se utilizó:

Tubería de asbesto cemento (AC) de 24" de diámetro un n = 0.01, clase A-5 (resistencia a la presión de 5 atmósferas = 50 metros); y para los tramos de acero (A) 24" (Sabancuy-Las Palmas) y 18" en tramo (Isla Aguada-Bahamita) de diámetro, con un n = 0.014

Situación actual

Estaciones de bombeo			Material y diámetro (pulg)	H (metros)				
De:	A:	Long. (Km) tramos		Gasto 220 lps	Gasto 250 lps	Gasto 300 lps	Gasto 320 lps	Gasto 350 lps
Plan de Ayala	Sabancuy	35.274	AC -24	24.60	31.76	45.73	52.04	62.25
Sabancuy	Las Palmas	20.553	AC -24	14.33	18.51	26.65	30.32	36.27
Sabancuy	Las Palmas	1.200	A - 24	1.64	2.12	3.05	3.47	4.15
Sabancuy	Las Palmas	21.753		15.97	20.63	29.70	33.79	40.42
Las Palmas	Isla Aguada	21.870	AC -24	15.25	22.97	28.36	32.26	38.60
Isla Aguada	Bahamita	2.000	AC -24	1.39	1.80	2.59	2.95	3.53
Isla Aguada	Bahamita	3.900	A - 18	24.70	31.89	45.92	52.25	62.51
Isla Aguada	Bahamita	16.730	AC -24	11.67	15.06	21.69	24.70	29.52
Isla Aguada	Bahamita	22.630		37.76	48.75	70.20	79.90	95.56
Bahamita	Cd. Carmen	19.500	AC -24	13.60	20.48	25.28	28.77	34.41

Fuente: Elaboración propia

En la situación actual se observa que el acueducto no puede conducir un gasto mayor de 300 lps ya que en el tramo Plan de Ayala - Sabancuy la H sería de 45.73 m. más una presión adicional de 5 m. con que llega a la siguiente estación sería de 50.73 m. mayor a 50.0 m que es la máxima presión que soporta la tubería de asbesto cemento clase A-5.

La tubería de acero resiste presiones superiores a 50 metros.

Situación optimizada

Estaciones de bombeo			Material y diámetro (pulg)	H (metros)				
De:	A:	Long. (Km) tramos		Gasto 220 lps	Gasto 270 lps	Gasto 300 lps	Gasto 320 lps	Gasto 350 lps
Plan de Ayala	Tinto	18.027	AC -24	12.57	18.93	23.37	26.59	31.81
Tinto	Sabancuy	17.247	AC -24	12.03	18.11	22.36	25.44	30.44
Sabancuy	Las Palmas	20.553	AC -24	14.33	21.58	26.65	30.32	36.27
Sabancuy	Las Palmas	1.200	A -24	1.64	2.47	3.05	3.47	4.15
Sabancuy	Las Palmas	21.753		15.97	24.05	29.70	33.79	40.42
Las Palmas	Isla Aguada	21.870	AC -24	15.25	22.97	28.36	32.26	38.60
Isla Aguada	Bahamita	2.000	AC -24	1.39	2.10	2.59	2.95	3.53
Isla Aguada	Bahamita	3.900	A -24	5.33	8.03	9.91	11.28	13.49
Isla Aguada	Bahamita	16.730	AC -24	11.67	17.57	21.69	24.68	29.52
Isla Aguada	Bahamita	22.630		18.390	27.700	34.190	38.910	46.540
Bahamita	Cd. Carmen	19.500	AC -24	13.60	20.48	25.28	28.77	34.41

Fuente: Elaboración propia

En la situación optimizada con la inclusión de la estación Tinto se observa que el gasto máximo permitido sería de 350 lps considerando 5 m. de presión con que llega el gasto a la siguiente estación.

**GLOSARIO
ABREVIATURAS**

ABLANDAMIENTO:

Proceso de remoción de iones, calcio y magnesio principales causantes de la dureza del agua.

ACUIFERO:

Cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento, y que deben de cumplir con las características requeridas según el uso al que se destinará de acuerdo a las NOMS.

AGUAS NACIONALES:

Todas las aguas superficiales o subterráneas, propiedad de la Nación, en los términos de párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

AGUA SUBTERRANEA :

Aquella que fluye bajo la superficie del terreno, incluyendo el agua de afloramiento natural (manantiales), puede encontrarse a nivel freático o estático.

AGUA SUPERFICIAL:

Aquella que fluye sobre la superficie del terreno, o se almacena en cauces o embalses sean naturales o artificiales.

AGUA POTABLE:

Agua apta para uso y consumo humano. Aquella que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos al ser humano.

AGUA RESIDUAL:

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios, domésticos y en general de cualquier otro uso, que pueden incluir aguas de origen pluvial o superficial. También son llamadas aguas negras.

AGUAS SERVIDAS:

Principalmente las provenientes del abastecimiento de agua de una población, después sido utilizada en usos diversos.

ALJIBE:

Depósito artificial cubierto, destinado a captar agua de lluvia.

AMARILLAMIENTO LETAL:

Enfermedad causada por un micoplasma, que ataca la planta del cocotero (cocos nucífera) y provoca su muerte..

AZOLVAMIENTO:

Obstrucción de conductos por lodo.

BIOGEOGRAFIA:

Ciencia que estudia la distribución geográfica de los seres vivos y sus causas.

CAPACIDAD DE DILUCION:

Propiedad del cuerpo de agua para disolver la carga contaminante que se le ha vertido sin que se modifique de manera importante las características físico-químicas y bacteriológicas o la calidad del agua.

CARCAMO DE BOMBEO:

Estructura para almacenar aguas con fines de bombeo. Estructura vertical en donde descarga el conducto de la toma y se instalan las bombas para elevar el agua al nivel deseado.

CARACTERISTICAS BACTERIOLOGICAS:

Son aquellas debidas a microorganismos nocivos a la salud humana. Para efectos de control sanitario se determina el contenido de indicadores generales de contaminación microbiológica, específicamente organismos coliformes totales y organismos coliformes fecales.

CARACTERISTICAS FISICAS Y ORGANOLEPTICAS:

Son aquellas que se detectan sensorialmente. Para efectos de evaluación, el sabor y olor se ponderan por medio de los sentidos, el color y la turbiedad se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio.

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

Son aquellas debidas a elementos o compuestos quimicos, que como resultado de investigación científica se ha probado que pueden causar efectos nocivos a la salud humana.

CLORACION:

Proceso de desinfección de agua por medio del cloro.

COLIFORMES:

Grupo de bacterias que residen en los intestinos de muchos vertebrados. Pueden o no tener un origen fecal, en caso de que procedan de heces fecales se les denomina coliformes fecales, pudiendo estar presentes algunos tipos de bacterias patógenas como salmonella, shigella y vibrio parahemolítico, entre otras. Para determinar si el agua contiene o no coliformes, y definir si es potable se utiliza el siguiente método: determinación del número más probable (NMP) de coliformes fecales contenidos en 100 ml de agua, a través de pruebas presuntiva, confirmativa y complementaria. El criterio para determinar que el agua no es potable es que contenga coliformes fecales humanos o animales.

CONSUMO:

Es la parte del suministro de agua potable que generalmente utilizan los usuarios, sin considerar las pérdidas del sistema. Se expresa en unidades de m³ /día o en l/día, o bien cuando se trata de consumo per cápita se denota l/hab/día.

Se determina de acuerdo con el tipo de usuarios, se divide según su uso de la manera siguiente:

- CONSUMO:
- a) DOMESTICO : Residencial. Medio y popular
 - b) NO DOMESTICO: Comercial, Industrial (serv. o producción) y Serv.P.

El consumo doméstico se subdivide según la clase socioeconómica de la población en: alto (residencial), medio y popular. El consumo no doméstico incluye el comercial, industrial y de servicios públicos, a su vez el consumo industrial se clasifica en ind. de servicio o de producción para fábricas.

CONSUMO DOMESTICO:

Agua usada en las viviendas, depende del clima y la clase socioeconómica. El consumo doméstico medio de una clase socioeconómica puede presentar diferencias por diversas causas, entre estas la presión en la red, la intermitencia en el servicio, la suficiencia del abastecimiento, la existencia de alcantarillado sanitario y el precio del servicio de agua potable.

CONTAMINACION:

La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

CUERPO DE AGUA:

Los lagos, lagunas, acuíferos, ríos y sus afluentes directos o indirectos permanentes o intermitentes, presas, embalses, cenotes, manantiales, litorales, estuarios, marismas y en general las zonas marinas mexicanas.

CUERPO RECEPTOR:

La corriente o depósito de natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o se inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar el suelo o los acuíferos.

DEMANDA ACTUAL:

Es la suma de los consumos para cada tipo de usuario más las pérdidas físicas.

DESINFECCION:

Destrucción de organismos patógenos por medio de la aplicación de productos químicos o procesos físicos.

DOTACION:

Es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema en un día medio anual; sus unidades están dadas en litros por habitante al día (l/hab/d).

EDAFOLOGIA DE CD. DEL CARMEN

La composición de los tipos de suelo predominantes en la isla, afecta los materiales de construcción y de ductos, por lo que las redes subterráneas de infraestructura construidas en estos suelos requieren de mantenimiento frecuente.

TIPOS DE SUELO PREDOMINANTES

- HISTOSOL EUTRICO; suelo corrosivo altamente orgánico, que se presenta en zonas inundables por lo que es blando, fácil de erosionar y colapsable.
- REGOSOL CALCARICO; suelo granular suelto, fácilmente erosionable; que con la presencia de un flujo de agua puede provocar su colapsamiento o levantamiento, poniendo en riesgo las construcciones.
- SOLONCHAK ORTICO; suelo corrosivo que altera las propiedades de los materiales de construcción y tuberías, provocando deterioro precoz y fracturas.

ESPECIE:

La unidad básica de clasificación taxonómica, formada por un conjunto de individuos que presentan características morfológicas, etológicas y fisiológicas similares, que son capaces de reproducirse entre sí y generar descendencia fértil, compartiendo requerimientos de hábitat semejantes.

ESPECIE AMENAZADA "A" :

La que podría llegar a encontrarse en peligro de extinción si siguen operando factores que ocasionen el deterioro o modificación del hábitat o que disminuyan sus poblaciones. En el entendido de que especie amenazada es equivalente a especie vulnerable.

ESPECIE EN PELIGRO DE EXTINCION "P" :

Es una especie cuyas áreas de distribución o tamaño poblacional han sido disminuidas drásticamente, poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su rango de distribución por múltiples factores, tales como la destrucción o modificación drástica de su hábitat, restricción severa de su distribución, sobreexplotación, enfermedades, y depredación entre otros.

ESPECIE RARA "R" :

Aquella cuya población es biológicamente viable, pero muy escasa de manera natural, pudiendo estar restringida a un área de distribución reducida, o hábitats muy específicos.

ESPECIE SUJETA A PROTECCION ESPECIAL "Pr" :

Aquella sujeta a limitaciones o vedas en su aprovechamiento por tener poblaciones reducidas o una distribución geográfica restringida, o para propiciar la recuperación y conservación de especies asociadas.

ESTACION DE BOMBEO O DE REBOMBEO:

Conjunto de estructuras y equipos de bombeo que sirven para aumentar la presión del agua con el fin de elevarla a niveles mas altos o para mantener uniforme la presión en las redes de distribución.

ESTERO O ESTUARIO:

Desembocadura de un río, extensión de aguas poco profundas parcialmente encerradas y con acceso al mar abierto, que suelen contar con suministro de agua dulce proveniente de tierra adentro. Los estuarios son menos salados que altamar, pero son alterados por las mareas y en menor grado, por la acción del mar.

FOSA SEPTICA:

Instalación que resuelve la eliminación del desalojo de aguas servidas y excretas, para pequeñas zonas, mediante un tratamiento de las aguas negras que necesita de tres procesos fundamentales: tanque séptico, campo de oxidación y pozo de absorción.

Los elementos que la integran en general son: *trampas para grasa*, recomendada cuando se reciban desechos de cocinas y garages; *tanque séptico* donde se desarrollan los procesos de sedimentación y séptico, que debe localizarse a una distancia horizontal mínima de 3m de la vivienda; *caja distribuidora* que ayuda al funcionamiento del campo de oxidación, *campo de oxidación* que se debe localizar a 1.50m sobre el manto freático y a una distancia mínima de 15 m de cualquier fuente de abastecimiento de agua y *pozo de absorción* que se diseñará de acuerdo a las características topográficas del terreno y las pruebas de infiltración y a una distancia de profundidad mínima de 1.50m sobre el manto freático

FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE:

Todo cuerpo de agua que es o puede ser utilizado para proveer agua para consumo humano.

GASTO:

Es la cantidad promedio de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población en un día. Se expresa por la fórmula:

$$Q_{med} = DP / 86400$$

Donde: Q_{med} = Gasto medio diario, el lt/seg

D = Dotación, en l/hab/día

P = Número de habitantes

86 400 = segundos en un día

HABITAT

Es el sitio específico en un medio ambiente físico y su comunidad biótica, ocupado por un organismo, por una especie o por comunidades de especies en un tiempo en particular.

HUMEDALES

Ecosistemas que se presentan en áreas de inundación o zonas pantanosas que cumplen una función ecológica importante como area de crianza, refugio y protección de fauna y que estan sujetos a un régimen de conservación a nivel internacional (convención de Ramsar, 1975)

INTRUSION SALINA:

Penetración de agua de mar al manto freático continental, provocando su salinización.

LETRINA:

Instalación utilizada para la disposición de excretas, consta de un *hoyo* de profundidad promedio de 1.80m, *losa de concreto, taza, tapa y una caseta* de madera o tabique.

Se recomienda localizarla en terrenos secos y libres de inundación, en terrenos con poca pendientes, debe localizarse en las partes bajas, la distancia mínima horizontal entre la letrina y la fuente de abastecimiento de agua potable mas cercana será de 15m. La distancia mínima vertical entre el fondo del hoyo de la letrina y el nivel freático debe ser de 1.50m, la distancia mínima entre la letrina y la vivienda será de 5m. El tiempo en servicio terminará cuando el nivel de excretas llegue a 0.50m de la superficie del suelo, es entonces cuando debe quitarse la losa llenando lo que queda del hoyo con tierra, y cambiarla, junto con la caseta a otro hoyo previamente excavado.

LINEA DE CONDUCCION E INTERCONEXION:

Tuberías y accesorios para llevar el agua desde captaciones, estaciones de rebombeo o plantas de potabilización hasta los tanques o redes de distribución.

LIMITE PERMISIBLE:

Concentración, contenido máximo o intervalo de valores de un componente, que garantiza que el agua será agradable a los sentidos y no causará efectos nocivos a la salud del consumidor.

NIVEL FREATICO:

Nivel en que circulan o almacenan aguas subterráneas, localizado a pocos metros de la superficie y sobre una capa impermeable. En Ciudad del Carmen este nivel se encuentra en promedio a 2m de profundidad sobre la superficie

NORMAS OFICIALES MEXICANAS:

Las normas oficiales mexicanas expedidas por la Comisión Nacional del Agua en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización referidas a la conservación, seguridad y calidad en la explotación, uso, aprovechamiento y administración de las aguas nacionales y de los bienes nacionales a los que se refiere el artículo 113.

MANGLAR:

Comunidad vegetal en que predominan arbustos o árboles halófitos tropicales costeros llamados mangles, prospera principalmente a la orilla de lagunas, litorales y cerca de desembocaduras de ríos.

MANTO FREATICO:

Acumulación, circulación o almacenamiento de aguas subterráneas, localizado en el nivel del mismo nombre. En Ciudad del Carmen este manto se encuentra en promedio a 2m de profundidad sobre la superficie.

MONITOREO:

Seguimiento que se hace de algunos parámetros ambientales, mediante su determinación frecuente.

OBRAS DE CAPTACIÓN:

Estructura que sirve para extraer el agua de las fuentes de abastecimiento superficiales o subterráneas.

ORGANISMO OPERADOR:

Instancia responsable de operar, mantener y administrar el sistema de abastecimiento de agua potable en Ciudad del Carmen, se denota SMAP

PALUSTRE:

Referente a flora o fauna ubicada en pantanos.

PERDIDAS FISICAS:

Se refiere al volumen de agua que se escapa por fugas en la línea de conducción, tanques de regulación, red de distribución y tomas domiciliarias. Las pérdidas de agua dependen de factores tales como: la presión de trabajo, la calidad de la tubería y los accesorios, el proceso constructivo, el tipo de material, la antigüedad de los componentes del sistema y la frecuencia del mantenimiento preventivo y correctivo que se les practique.

PIPA:

Camión cisterna, con capacidad promedio de 14 m³.

PLEAMAR:

Marea alta entrante.

POTABILIZACION O TRATAMIENTO DE POTABILIZACION:

Conjunto de operaciones y procesos físicos y/o químicos que se aplican al agua a fin de mejorar su estado y hacerla apta para uso y consumo humano.

POZO :

Hoyo hecho a cielo abierto de diferente profundidad, que se puede excavar de manera rústica o con maquinaria, para captar aguas subterráneas.

POZO SOMERO O NORIA:

Hoyo hecho a cielo abierto, sin el empleo de maquinaria especial, para captar aguas subterráneas del manto freático.

POZO NEGRO:

Hoyo utilizado para disponer y almacenar excretas.

POZO PERFORADO O POZO PROFUNDO:

Perforación hecha con maquinaria especial, a diámetro reducido para captar aguas subterráneas, del nivel estático.

PRESION:

Es la carga o fuerza total que actúa sobre una superficie. En hidráulica expresa la intensidad de fuerza por unidad de superficie, ejemplo: Kg/cm^2 , Lb/pg^2 .

RED DE DISTRIBUCION:

Conjunto de tuberías que sirve para llevar el agua hasta pel usuario.

SABANA:

Tipo de pradera tropical o subtropical que está sometida a lluvias estacionales.

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE:

Conjunto interconectado de fuentes, obras de captación plantas cloradoras, plantas potabilizadoras, tanques de almacenamiento, tanques de regulación, cárcamos de bombeo, línea de conducción y red de distribución, que tienen por objeto proporcionar agua potable a un núcleo de población determinado.

SISTEMA DE ALCANTARILLADO:

Consiste en una red de tuberías e instalaciones complementarias, que recogen las aguas residuales procedentes de viviendas, edificios en general y de los servicios públicos, conduciéndolas a través de ductos subterráneos o superficiales hasta el cuerpo receptor para su disposición final, previo tratamiento.

SISTEMA HIDROSANITARIO:

Conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de servicios públicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento, entendiendo como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales.

SONDA DE CAMPECHE:

Area costera que se extiende desde el extremo oriental de la plataforma continental de Campeche, frente a la desembocadura del gran delta Grijalva-Usumacinta y la Laguna de Términos, hasta la plataforma de Yucatán. Se presentan tres periodos climáticos, lluvias de junio a octubre, nortes de octubre a febrero y secas de febrero a mayo; el clima predominante es Amw, cálido sub-húmedo con lluvias en verano, la temperatura oscila entre 20 y 30° aproximadamente, la precipitación anual fluctúa entre 1,100 y 2,000 mm, los vientos dominantes de la región se presentan en dirección *este-sureste* de marzo a septiembre y de octubre a febrero en dirección *norte-noroeste*.

En esta zona del Golfo de México se localiza la Sonda de Campeche, que junto con la terminal marítima Dos Bocas localizada en la costa noreste del estado de Tabasco comprenden la llamada Región Marina.

La Región Marina concentra plataformas a una distancia promedio de 80km de la costa, que alojan las instalaciones necesarias para el control de la explotación de los pozos. La mayoría de los pozos se encuentran en esa área, aunque existen algunos ubicados cercanos a la costa, a 4 km y otros hasta 206 km.

En la Sonda de Campeche funcionan 413 pozos productivos, terminados de aceite y campos petroleros explotados e instalados en 230 complejos y plataformas, que produjeron en 1994 730.6 millones de barriles de petróleo crudo y 488.5 millones de pies³ de gas natural, exportando 322.38 millones de barriles de crudo entre ligero y pesado, lo que representó recursos por 4'091,793 dólares. Para abril de 1995, se reporta la siguiente información:

**PRODUCCION Y EMPLEO DE PETROLEOS MEXICANOS
EN LA SONDA DE CAMPECHE**

(abril de 1995)

PRODUCCION DE PETROLEO	EMPLEOS
BARRILES:	TOTAL DE EMPLEADOS:
2'681,000 diarios, representando:	• 10 573 trabajadores
• 71.5% de la producción nacional de crudo	EMPLEADOS DE PLANTA:
• 30% de la producción nacional de gas.	• 6 008
	EMPLEADOS TRANSITORIOS:
	• 4 565

FUENTE: AYUNTAMIENTO DE CARMEN "PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO, CARMEN 1995-1997"

TANDEO:

Es la interrupción de la entrega de agua potable en horarios y zonas diferentes de una población, con la finalidad de regular el gasto o suministro.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO O REGULACION:

Depósito superficial y/o elevado que sirve para almacenar el agua o regular su distribución.

TRATAMIENTO:

Es la remoción en las aguas negras, por métodos físicos, químicos y biológicos, de materias en suspensión, coloidales o disueltas.

TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL:

Cualquier proceso artificial o natural al cual se sujetan las aguas negras para remover o alterar los constituyentes objetables, convirtiéndolas en menos ofensivas o peligrosas para el reuso o disposición final.

VALVULAS DESAIRADORAS:

Dispositivo para expulsar bolsas de aire retenidas en la tubería y así evitar la interrupción del flujo de agua a lo largo de la línea de conducción.

ABREVIATURAS

A-5	clase A-5, se refiere a la presión interna de trabajo máxima de un tubo de asbesto -cemento, que corresponde a una presión de 5 kg/cm ² que resiste el tubo, según su diámetro, expresada en metros de columna de agua. NOM-C-12/1-1981.
CNA	Comisión Nacional de Agua
cpd	Condiciones particulares de descarga
Hp	caballos de fuerza, unidad de medida de la potencia de una máquina. Un hp consume 0.746 kw
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Kwh	kilowatt /hora, energía producida en una hora por la potencia de un kilowatt (medida de potencia equivalente a 1000 watts).
Km	kilómetro(s)
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
l/h/d	litros por habitante consumidos en un día, equivale a la dotación de agua potable.
l/s, lps, Lt/seg	litros sobre o por segundo.
m	metros
M³ m³	metros cúbicos
mm	milímetros
m/s	metros sobre segundo
Mm³	Millones de metros cúbicos
NOM	Norma Oficial Mexicana
pg, "	pulgada, equivale a 2.54 cm.

SEMARNAP

Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales
y Pesca.

SMAP

Sistema Municipal de Agua Potable

snm

sobre el nivel del mar

Q

Gasto: cantidad promedio de agua requerida para
satisfacer las necesidades de una población en un día.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

ECONOMIA

- CALL, S. Y HOLAHAN, W. "Microeconomía" Ed. Grupo Editorial Iberoamérica, ed.2ª, México 1985.
- FONTAINE, E. R. "Evaluación Social de proyectos" Ed. Instituto de Economía, Universidad Católica de Chile, ed.10ª corregida, Santiago de Chile 1994.
- FIREDMAN, M. "Teoría de los Precios" Ed. Alianza Universidad, ed.1ª en español, Madrid España 1976.
- HARBERGER, A. C. "Necesidades Básicas versus Ponderaciones Distributivas en el Análisis de Costos - Beneficios. Antecedentes para un seminario en la Universidad de Chicago" Apuntes del Diplomado en Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Inversión, DECFI, UNAM, México 1995.
- HERNANDEZ, L. E. "Crecimiento Económico y Pobreza en México" Una agenda para la Investigación. Ed. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades. Ed. 1ª UNAM, México 1992.
- MUSGRAVE, R. A. y MUSGRAVE, P. B. "Hacienda Pública" Teórica y Aplicada. Ed. Mc. Graw Hill, ed. 5ª México 1994.
- PEARCE, D. "Economía Ambiental" Ed. Fondo de Cultura Económica, ed. 2ª México 1986.
- SALES, G. "Campeche. Apuntes Económicos y Sociales" Ed. Gobierno del Estado de Campeche. México 1991.
- SAPAG: C: N: Y SAPAG: R: "Preparación y Evaluación de Proyectos" Ed. Mc. Graw Hill ed. 2ª México 1994.
- ZAPATA, J. A. "Aspectos Metodológicos de la Tarifación de Agua Potable según Criterio de Costo Marginal" Ed. Instituto de Economía, Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile 1981.

ECOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE

- COMITE ESTATAL, "Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos" ed. Gob. del Estado de Campeche, México 1995.
- G.TYLER MILLER, JR. "Ecología y Medio Ambiente" Ed. Iberoamericana, ed. 1ª, México 1994.
- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES "Manifestación de Impacto Ambiental: Puente zacatal, Isla del Carmen Campeche", México 1993.
- TURK/WITTES "Tratado de Ecología" Ed. Interamericana, ed 2ª, México 1981.
- YAÑEZ ARANCIBIA, A. "Ecología de la Zona Costera" Ed. AGT, México 1988.
- YAÑEZ ARANCIBIA, A. Y JW, DAY. "Ecología de los Ecosistemas Costeros en el Sur del Golfo de México" Ed. UNAM, ed. 1ª, México 1988.

INGENIERIA

- DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK "Manual de Tratamiento de Aguas Negras" Ed. Limusa, ed. 1ª México 1990.
- HAROLD, E.B. "Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras" Ed. CECSA. ed. 8ª, México 1983.
- RAMIREZ, C. "Tratamiento de Aguas Residuales Industriales" Ed. Universidad Autónoma Metropolitana, México 1994.
- SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA, DIRECCION DE INGENIERIA SANITARIA. "Manual de Saneamiento vivienda, agua y desechos" Ed. Limusa, ed. 1ª, México 1976.
- TAMAYO, M. "El proceso de la Investigación Científica" Ed. Limusa, México 1985.
- VALNEZ, C. "Manual de Abastecimiento de Agua Potable" Ed. UNAM Facultad de Ingeniería, México 1994.
- WAYNE, W.D. "Bioestadística. Bases para el Análisis de las Ciencias de la Salud" Ed. Limusa, ed. 3ª, México 1989.

INSTITUCIONES PUBLICAS

- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD, "Manual de Mantenimiento de Obras Civiles. Sistemas de Conducción" Ed. CFE, México 1993.
- COMISION NACIONAL DEL AGUA, "Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Institucional para Ciudad del Carmen, Campeche" Ed. CNA., México 1993.
- COMISION NACIONAL DEL AGUA, "Proyecto del Acueducto-Ciudad del Carmen, Estado de Campeche" Ed. CNA., México 1993.
- COMISION NACIONAL DEL AGUA, "Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento" Ed. CNA., México 1994.
- COMISION NACIONAL DEL AGUA, "Proyecto Ejecutivo de Ampliación y Mejoramiento de la Red de Agua Potable, Ciudad del Carmen, Campeche" Ed. CNA México 1994.
- COMISION NACIONAL DEL AGUA, "Estudio de Evaluación de Pérdidas en el Sistema de Agua Potable en Ciudad del Carmen, Campeche" Ed. CNA., México 1994.
- COMISION NACIONAL DEL AGUA, "Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento" Libro I. Ed. CNA México 1994.
- COMISION NACIONAL DEL AGUA, "Operación de Equipo Electromecánico en Plantas de Bombeo para Agua Potable y Residual" Libro III. Ed. CNA., México 1994.
- CONSEJO NACIONAL DE POBLACION, "Evolución de las Ciudades en México 1900- 1990" Ed. Consejo Nacional de Población, CONAPO; ed. 1ª México 1994.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE CAMPECHE, "Plan Municipal de Desarrollo, Carmen, 1995-1997" Ed. Gobierno del Estado, México 1995.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE CAMPECHE, "Propuesta para el Mejoramiento del Sistema de Agua Potable en Ciudad del Carmen, Campeche" Ed. Ayuntamiento del Carmen, México 1995.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA, "Anuario Estadístico del Estado de Campeche" Ed. INEGI, México 1994.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA, "Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares" Ed. INEGI, México 1992.

LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE (DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS) Ed. Porrúa, ed.9ª, México 1994.

LEY GENERAL DE SALUD, Ed. Porrúa, 8ª ed. México 1992.

MEXICANO, ESTA ES TU CONSTITUCION, Ed. Porrúa, México 1994.

MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN Y COOPERACION "Proyecto Mejoramiento del Sistema de Aguas Servidas de Victoria" y "Mejoramiento del Sistema de Agua Potable de Traiquén" Ed. Pontificia Universidad de Chile, Santiago de Chile 1994.

SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL, "Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente 1993-1994" Ed. Instituto Nacional de ecología, México 1994.

SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL, "Normas Oficiales Mexicanas" Ed. SEDESOL, Gaceta Ecológica Nº 28, Vol. VI, Marzo de 1994. México 1994.

SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL "Los Instrumentos Económicos Aplicados al Medio Ambiente" Ed. Instituto Nacional de Ecología con el apoyo de La Comunidad de Naciones Europeas, México 1992.

SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE RECURSOS NATURALES Y PESCA (SEMARNAP):

Gacetas Ecológicas: VOL. VII, Nº 33 Marzo, México 1995, (SEMARNAP)
VOL. II, Nº 6 Enero, México 1990, (SEDUE)
VOL. V, Nº 22 Marzo, México 1993, (SEDESOL)
VOL. V, Nº 23 Junio, México 1993, (SEDESOL)

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARMEN, "Censo de Expansión Urbana para Ciudad del Carmen 1995" Datos Preeleminares. Centro de Investigaciones Sociales y Territoriales, Campeche, Enero - Marzo 1995.