

## **CAPÍTULO III**

### **ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD**

#### **3.1.- OBJETIVO**

Objetivo de la factibilidad a realizarse es el de definir el sistema de alcantarillado más conveniente para el barrio, de acuerdo a las condiciones geomorfológicas, topográficas, contaminación y de condicionamientos del Municipio (ordenanzas y de planificación), mediante la formulación de alternativas a nivel de diseño de factibilidad y, en base al análisis técnico, económico, ambiental de las mismas definir la alternativa óptima y en base a ésta proceder con los diseños definitivos.

#### **3.2.- FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

Para efecto de la formulación de alternativas del sistema de alcantarillado del barrio “Las Palmas”, se realizó recorridos al área de proyecto con el objeto de determinar el tipo de infraestructura existente en la zona que podrían ser afectados por la implementación del sistema de alcantarillado.

Las construcciones con las que cuenta el barrio son:

- Sistemas de drenaje pluvial de la Av. Monseñor Alberto Zambrano.
- Alcantarillas con tuberías de acero de 1,20 m de diámetro para cruce de quebradas y esteros, las mismas no presentan problema para el trazado del sistema de alcantarillado por estar a profundidades que no afectarían el diseño en los cruces.

Condicionamiento del Municipio es el de que las alternativas del sistema de alcantarillado en la Av. Alberto Zambrano consideren, que las tuberías y pozos de revisión se localicen dentro de las aceras, para evitar levantar la capa de rodadura existente.

Las alternativas analizadas son:

1. **Alcantarillado Combinado.**- Esta alternativa consiste en construir un alcantarillado con capacidad para conducir aguas servidas y aguas pluviales en una sola red que pasa por el eje medio de las calles y avenidas.
2. **Alcantarillado Separado.**- Esta alternativa es la más recomendada por la ingeniería sanitaria, los caudales de aguas servidas y pluviales conducidos por diferentes redes para el tratamiento de estas antes de la descarga.
3. **Alcantarillado Mixto.**- Consiste en diseñar dos sistemas de alcantarillado, tratando de aprovechar al máximo las características peculiares de la topografía atravesado por algunas quebradas y ríos.

El dimensionamiento de las alternativas se las realizará, en base a la determinación de los parámetros de diseño que se enuncian a continuación:

### **3.2.1.- Parámetros de Diseño**

#### **3.2.1.1.- Período de Diseño**

En redes de alcantarillado en general se recomienda períodos de 20 a 25 años para colectores principales y emisarios, para descargas se recomienda un período mayor de 30 años.

Lo importante es determinar un periodo que no represente un excesivo gasto y que rinda los máximos beneficios a los usuarios.

Se adopta un periodo de diseño de 25 años que guarda relación con las dadas en las normas de diseño de la SAPYSB.

#### **3.2.1.2.- Población**

La ciudad del Puyo se encuentra habitada en su mayoría por colonos que han llegado de otras provincias por diversas circunstancias, y en un menor porcentaje por indígenas que han dejado sus comunas en busca del desarrollo.

La población colona se encuentra en la parte central urbana y en las fincas situadas en la parte rural, mientras que la población indígena se ha ido ubicando en la parte urbana, en forma de cooperativas de vivienda y con equipamientos exclusivos, especialmente en educación.

La determinación de la población futura para el barrio “Las Palmas” utiliza el plano de densidad poblacional establecida por la Municipalidad de Pastaza, la cual fija una densidad bruta de 130 hab./ha para el período de diseño considerado (Ver Plano de Densidad Poblacional), que multiplicado por las 75 ha, da una población total de 9.798 hab.

Tomando en consideración la población actual de 1.637 hab. y debido a la dinámica poblacional y para, contrastar con la población bruta determinada en el párrafo anterior, a continuación se presenta el cálculo poblacional siguiendo los métodos convencionales como es el método geométrico para lo cual, se adopta una tasa de crecimiento del 7 % que se justifica debido a la alta migración existente dentro de la ciudad hacia la urbanización y flujos migratorios de afuera; la población calculada es:

$$P_0 = 1.637 \text{ (población 2006)}$$

$$n = 25 \text{ años}$$

$$r = 7 \%$$

$$Pf = P_0 * (1 + r)^n$$

$$Pf = 1.637 * (1 + 0,07)^{25}$$

$$Pf = 8.885 \text{ hab.}$$

Se puede apreciar una diferencia de un 10% por lo que, el estudio considera las condiciones más adversa esto es, que la población de diseño adoptada será de 9.798.

### 3.2.1.3.-Caudales de Diseño

Las principales aportaciones de agua en la ciudad son los vertidos domésticos, comerciales, pequeña industria y agrícolas. Para el caso del proyecto se consideró:

**3.2.1.3.1.- Caudal de Aguas Servidas**

**Caudal Medio Final.-** Para el cálculo del caudal medio final se tomó como referencia la siguiente tabla de dotaciones recomendadas para poblaciones con más de 5.000 habitantes:

**Tabla N° 3.1: Dotaciones Recomendadas**

<b>Población futura</b>	<b>Clima</b>	<b>Dotación Media Futura (l / hab. * día)</b>
Hasta 5.000 hab.	Frío Templado Cálido	De 120 a 150 De 130 a 160 De 170 a 200
<b>De 5.000 a 50.000 hab.</b>	Frío Templado <b>Cálido</b>	De 180 a 200 De 190 a 220 <b>De 200 a 230</b>
Más de 50.000 hab.	Frío Templado Cálido	Más de 200 Más de 220 Más de 230

**Fuente: SAPYSB**

El valor de la dotación a utilizar será de: 230 l/hab.\*día, debido a que la zona de implantación del proyecto tiene un clima cálido y su población estimada para el diseño es de 9.798 hab. El cálculo del caudal se multiplica por un factor A, que representa el porcentaje de retorno del agua consumida, al sistema de alcantarillado y que generalmente es el 80%.

$$Q_{mf} = \frac{\text{Población final} * \text{Dotación}}{86.400 \frac{\text{seg}}{\text{día}}} * \text{factor A}$$

$$Q_{mf} = \frac{9.798 \text{ hab} * 230 \frac{\text{l}}{\text{hab} * \text{día}}}{86.400 \frac{\text{seg}}{\text{día}}} * 0,80$$

$$Q_{mf} = 20,86 \frac{\text{l}}{\text{seg}}$$

**Nota:** Pero para efecto del diseño en el programa Sewer – CAD se utilizará el valor de densidad poblacional futura obtenida de los planos del municipio de Pastaza.

$$Q_{mf} = \frac{130 \frac{hab}{ha} * 230 \frac{l}{hab * día} * 0,80}{86.400 \frac{seg}{día}}$$

$$Q_{mf} = 0,2768 \frac{l}{seg * ha}$$

**Caudal de Infiltración.-** Para sistemas nuevos de alcantarillado, o sistemas existentes en los que se hayan utilizado juntas resistentes a la infiltración se puede utilizar la siguiente ecuación, aplicable para áreas de servicio comprendidas entre 40,50 y 5.000 ha.<sup>4</sup>

$$Q_{inf} = 42,51 * \text{Área de servicio}^{-0,3}$$

$$Q_{inf} = 42,51 * 75,36 ha^{-0,3}$$

$$Q_{inf} = 11,6236 \frac{m^3}{ha * día}$$

$$Q_{inf} = 0,1345 \frac{l}{seg * ha}$$

**Caudal de Aguas Ilícitas.-** Aunque los sistemas nuevos de alcantarillado no deberían admitir la entrada de aguas lluvias a través de conexiones ilícitas, para el diseño se considerara una cantidad que, como mínimo se estimará en 80 l/hab.\*día, con el objeto de tomar en cuenta posibles conexiones pluviales que se hagan fuera del control de la autoridad competente.<sup>5</sup>

$$Q_{il} = 80 \frac{l}{hab * día} * 130 \frac{hab}{ha} * \frac{1 día}{86.400 seg}$$

$$Q_{il} = 0,1204 \frac{l}{seg * ha}$$

<sup>4</sup> IEOS. Normas de Diseño para Sistemas de Agua Potable y Eliminación de residuos líquidos. Octava Parte, Cap. 5, parte 5.1.4.7, literal b

<sup>5</sup> IEOS. Normas de Diseño para Sistemas de Agua Potable y Eliminación de residuos líquidos. Octava Parte, Cap. 5, parte 5.1.4.7, literal c

**Caudal de Diseño.-** El caudal final será la suma de todos los caudales calculados anteriormente.

$$Q_{dis} = (0,2768 + 0,1345 + 0,1204) \frac{lt}{seg * ha}$$

$$Q_{dis} = 0,5317 \frac{lt}{seg * ha}$$

### 3.2.1.3.2.- Caudal Pluvial

Para el diseño del alcantarillado es necesario tener un estimado de la cantidad de agua pluvial que fluye dentro de las mismas durante o inmediatamente después de un periodo de lluvia. Para la aportación de aguas lluvias para drenaje de hasta 100 ha se usará el método racional cuya formula es:

$$Q = 2,78 \times 10^{-3} C \times I \times A$$

$Q$  = Caudal de aguas Lluvias (m<sup>3</sup>/seg.)

$C$  = Coeficiente de escurrimiento o impermeabilidad

$I$  = Intensidad de lluvia (mm/h)

$A$  = Área de drenaje o aportación (ha)

**Intensidad.-** Los datos de precipitaciones anuales obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), estación Puyo, desde su creación son los siguientes:

**Tabla N° 3.2: Precipitaciones Anuales**

AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)	HUMEDAD RELATIVA %
1974	5242,90	87,75
1975	4.657,40	87,33
1978	4.082,50	87,58
1980	4.258,00	87,58
1981	5.295,10	87,67
1982	4.358,90	88,58
1983	4.717,70	88,58
1984	5.107,20	91,75

1986	4821,90	93,42
1987	4.632,90	91,08
1988	4.729,40	89,92
1989	4.466,60	90,08
1990	4.858,00	90,58
1991	4.484,10	88,17
1992	3.874,30	88,42
1993	4.834,70	88,75
1994	4.557,60	88,42
1995	4.051,10	87,00
1996	4.347,40	88,25
1997	4.134,90	88,25
1998	4.139,40	88,08
1999	5.025,60	88,92
2000	4.821,60	89,17
2002	4.700,40	89,42
2003	4.617,30	88,08
2004	5.029,80	88,00
2005	5.206,10	87,33
<b>PROMEDIO</b>	<b>4.631,59</b>	<b>88,82</b>

*Fuente: INAMHI*

Los valores obtenidos permiten afirmar que la ciudad del Puyo, cuenta con los más altos índices de lluvias del país, con un promedio de precipitaciones de 4.600 mm, y una humedad relativa promedio de 88 % anuales.

Para el cálculo de la intensidad de lluvia se utilizó los datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), a través de las ecuaciones representativas de la estación pluviográfica del Puyo. Dicha ecuación esta en función de las isolíneas de intensidad de precipitación, para un periodo de retorno de 5 años, en función de la máxima de 24 horas. (Ver Anexo N° 1)

$$I_{TR} (mm/h) = \frac{53,786}{t^{0,3846}} * Id_{TR} \Rightarrow de 5 \text{ min} < 85 \text{ min}$$

Donde:

$I_{TR}$  = Intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno en mm/h.

$t$  = Tiempo de duración de la lluvia en minutos, también llamado tiempo de concentración de la curva.

$I_{TR}$  = Intensidad diaria para un periodo de retorno dado en mm/h, el mismo que está definido en las isolíneas del INAMHI.

$TR$  = Periodo de retorno.

Para el cálculo de la intensidad en sistemas de alcantarillado el tiempo de concentración es de 15 min., dando como resultado lo siguiente:

$$I_{TR} (mm/h) = \frac{53,786}{15^{0,3846}} * 5,3$$

$$I_{TR} (mm/h) = 100,61$$

**Coefficiente de Escorrentía.**- Se define como coeficiente de escorrentía C, al cociente del caudal que discurre por la superficie en relación con el caudal total precipitado. Para el cálculo del coeficiente, se utilizó la tabla correspondiente a los valores de escorrentía de acuerdo al tipo de superficie recomendados por el IEOS<sup>6</sup>, los mismos que multiplicados por su área representativa y posteriormente sumados da el valor final del coeficiente ponderado de escorrentía.

**Tabla N° 3.3: Cálculo del Coeficiente Escorrentía**

	<b>Tipo de Superficie</b>	<b>Área (Ha)</b>	<b>C</b>	<b>% de Área</b>	<b>C * % de Área</b>
<b>1</b>	Pavimentos Asfálticos en buenas condiciones	3,048	0,90	4,044	0,0364
<b>2</b>	Empedrados (juntas pequeñas)	5,950	0,80	7,895	0,0632
<b>3</b>	Cubierta metálica o teja vidriada	2,000	0,95	2,654	0,0252
<b>4</b>	Parques y Jardines	64,370	0,25	85,408	0,2135
		<b>75,368</b>		<b>C Ponderado</b>	<b>0,3383</b>

*Fuente: Propia*

<sup>6</sup> IEOS. Normas de Diseño para Sistemas de Agua Potable y Eliminación de residuos líquidos. Octava Parte, Cap. 5, Tabla 5.3.



### 3.3.- CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS SERVIDAS Y DESCARGAS

#### 3.3.1.- Calidad de las Aguas Residuales

Para el diseño de la planta de tratamiento se tomará como referencia el estudio de la calidad de las aguas residuales de un sector aledaño al proyecto en desarrollo, por las semejanzas que entre ellas existe ya que, estas son de origen doméstico.

Para tomar las muestras se escogió un día laborable y a una hora pico (7:00 A.M.), hora en la que la ciudadanía empieza sus actividades y por lo tanto es el momento en que se produce mayor caudal de aguas servidas; además se escogieron sitios turbulentos para que las muestras estén bien mezcladas, representadas en la siguiente tabla:

*Tabla N° 3.4: Caracterización de la Calidad de las Aguas Servidas*

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
OD	2	0	0
DBO <sub>5</sub>	140	160	110
E – Choli	17 x 10 <sup>6</sup>	1,4 x 10 <sup>6</sup>	2,8 x 10 <sup>6</sup>

*Fuente: Propia*

Como se puede apreciar, las aguas presentan una contaminación mediana en lo referente a cargas orgánicas; en lo que respecta a E – Choli, el número de colonias es similar a las del resto del país.

#### 3.3.2.- Caracterización de los Cuerpos Receptores

Para conocer el grado de contaminación de las aguas que en su mayoría son de origen doméstico, se escogió un día entre semana de actividades normales para tomar dos muestras a las 8:00 A.M., hora en la fluyen las descargas en los cuerpos receptores para su respectivo análisis en el laboratorio. Los resultados obtenidos se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla N° 3.5: Caracterización de las Aguas en los Ríos Pindo Grande y De La Plata**

<b>ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MUESTRA 1</b>	<b>MUESTRA 2</b>
Sólidos Disueltos Totales	mg / l	62	16
Oxígeno Disuelto	mg / l	7,6	7,8
DBO <sub>5</sub>	mg / l	10	12
DQO	mg / l	18	19

  

<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MUESTRA 1</b>	<b>MUESTRA 2</b>
Coliformes Totales	NMP / 100 ml	21	14
Coliformes Fecales	NMP / 100 ml	12	6

**Fuente: Propia**

Se puede aseverar que los Ríos Pindo Grande y De La Plata tienen una gran capacidad de asimilación de contaminantes tanto orgánicos como bacterianos ya que, los parámetros se encuentran dentro de las normas de la SAPYSB y del Tratado Unificado de Legislación Ambiental (TULA) en las cuales el parámetro de E – Choli para usos sin restricciones debe ser menores a 200.

### **3.4.- HIDRÁULICA DE LOS SISTEMAS**

Un sistema de alcantarillado es un medio de transporte de líquidos, dirigido a alcanzar la mejor utilización de la energía natural disponible, con una dirección que sea cercana a la horizontal, evitando en lo posible disiparla en caídas verticales o cascadas que encarecen la conducción de los mismos, con excepción de alcantarillados diseñados en terrenos en los cuales debido a la topografía irregular, el cálculo hidráulico obligue a disipar parte de la energía propia de los líquidos en movimiento.

#### **3.4.1.- Condicionamientos Hidráulicos de Redes de Alcantarillado**

##### **3.4.1.1.- Velocidades en los Conductos**

La tabla 3.6 y 3.7, muestra las velocidades máximas y mínimas y, las permisibles para los diversos materiales de tuberías dados en las normas de la SAPYSB.

**Tabla N° 3.6: Velocidades en los Conductos**

CONDUCTOS	VELOCIDAD (m/seg.)
Velocidad mínima a tubo lleno	0,90
Velocidad mínima de auto limpieza	0,30
Velocidad máxima en tuberías de hormigón	6,00
Velocidad máxima en canales de hormigón	9,00
Velocidad máxima en tuberías de polietileno	9,50

**Fuente: IEOS**

**Tabla N° 3.7: Velocidades Máximas de Acuerdo al Material**

MATERIAL	VELOCIDAD MÁXIMA (m/seg.)	"n"
Hormigón simple	3,50 - 6,00	0,013
Material Vítreo	4,00 - 6,00	0,012
Fibrocemento	4,50 - 5,00	0,011
Hierro fundido	4,00 - 5,00	0,012
Plástico	4,50	0,011
PVC	6,00	0,010

**Fuente: IEOS**

**Diámetros o Secciones en las Alcantarillas.-** El diámetro mínimo para un sistema de alcantarillado pluviales de 250 mm y, para el sanitario es de 200 mm.

#### **3.4.1.2.- Capacidad a Utilizarse**

En tuberías de diámetro pequeño (hasta 300 mm), la capacidad de caudal máximo debe ser de alrededor del 60 %, por situaciones de ventilación y flujo durante horas de máxima aportación; en tuberías de mayor diámetro la capacidad a utilizarse puede ser entre el 80 % y el 85 % siendo su valor óptimo el 80 % para resultados económicos.

#### **3.4.1.3.- Profundidades**

La red de alcantarillado se diseñará a profundidades que permitan la evacuación de aguas lluvia y aguas servidas, considerando que todos los lotes cuenten con este servicio. Dependiendo del diámetro y del tipo de tubería, la profundidad

mínima debe ser de 0,80 m.<sup>7</sup>, en todo caso, la tubería del sistema de alcantarillado estará siempre por debajo de la tubería de agua potable con lo que no se podrá tener interferencias en los cruces y, posible contaminación del sistema de agua potable por efecto de aportaciones de aguas servidas.

#### **3.4.1.4.- Ubicación de Tuberías**

Para una localización correcta de los conductos, es conveniente considerar lo siguiente<sup>8</sup>:

- Las tuberías del sistema de alcantarillado combinado se trazaran por el eje de la calle.
- En un sistema separado, el alcantarillado sanitario tendrá una alineación Sur – Oeste con separación mínima de 1.50 m. medidos desde el bordillo.
- En calles de más de 20 m de ancho, y sobre todo con pavimento costoso, es mejor colocar dos alcantarillas cercanas a las aceras de los dos lados, ya que de lo contrario, los albañales se encarecerán por su longitud.

#### **3.4.1.5.- Pozos de Revisión**

Los pozos de revisión se ubicarán al inicio o cabecera de tramos, en todo cambio de pendiente, en confluencia de tuberías, en cambio de dirección y sección (zonas de transición) en los cuales se presentan pérdidas de energía que deben ser compensadas con la caída en solera del conducto, para evitar la formación de remansos o turbulencia.

La máxima distancia entre pozos de revisión será de 100 m para diámetros menores de 350 mm, 150 m para diámetros comprendidos entre 400 y 800 mm y 200 m para diámetros mayores de 800 mm.

El cambio de diámetro desde el cuerpo del pozo hasta la superficie se hará preferiblemente usando un tronco de cono excéntrico, para facilitar el descenso al

---

<sup>7</sup> ARIAS, Miguel. Sistema de Alcantarillado. Pág. 45

<sup>8</sup> ARIAS, Miguel. Sistema de Alcantarillado. Pág. 46

interior del pozo.

El diámetro del cuerpo del pozo estará en función al diámetro de la máxima tubería conectada al mismo, de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla N° 3.8: Diámetros Recomendados de Pozos de Revisión**

<b>DIÁMETRO TUBERÍA (mm)</b>	<b>DIÁMETRO DEL POZO (m)</b>
≤ 550	0,90
600 – 800	1,20
> 800	Diseño especial

**Fuente: SAPYSB**

Cuando a un pozo de visita concurren dos o más tuberías a un mismo nivel o niveles que permitan cumplir con las especificaciones relativas a pozos de visita, pueden instalarse sin mayor inconveniente, pero cuando no es posible por razones topográficas para mantener pendientes permisibles o economizar el costo de una mayor excavación, es necesaria construir pozos de caída o de salto.<sup>9</sup>

#### **3.4.1.6.- Conexiones Domiciliarias<sup>10</sup>**

Las conexiones domiciliarias se empatarán directamente desde un cajón de profundidad máxima de 1,50 m al ramal de la calle y las acometidas o salidas de los servicios que se colocaran a cada vivienda, estos ramales de tubería se llevarán desde la red hasta la acera y su eje será a 45 grados utilizando una Yee si esta al mismo nivel o menos profunda la canalización principal, y a 90 grados cuando se utilice una Tee perpendicular al del alcantarillado, cuando este tenga profundidades mayores.

Cada propiedad deberá tener una acometida propia al colector de la calle y la tubería del ramal domiciliario tendrá un diámetro mínimo de 160 mm, con un ángulo horizontal de entre 45° a 60° y una pendiente entre el 2 % y 11 %.

<sup>9</sup> IEOS. Normas de Diseño para Sistemas de Agua Potable y Eliminación de residuos líquidos. Octava Parte, Cap. 5, parte 5.2.3.1, 5.2.3.3, 5.2.3.4, y 5.2.3.11

<sup>10</sup> Especificaciones Técnicas para Alcantarillado del Municipio de Pastaza

Cuando por razones topográficas sea imposible garantizar una salida propia al alcantarillado de la calle para una o más casas, se permitirá que por el mismo ramal estas casas se conecten a la red, en cuyo caso el diámetro mínimo será de 200 mm (cruce de servidumbre forzosa), en caso de ser necesario se debe colocar trampa de grasas (Ver Plano de Detalle de Pozo).

#### **3.4.1.7.- Pendientes**

Se recomienda una pendiente como mínima del 3 por mil para la red. El sistema seguirá las pendientes del terreno; además se tomarán en cuenta criterios de canales a conductos sin presión cuando la topografía así lo exija.

#### **3.4.1.8.- Tiempo de Concentración**

Es el tiempo teórico requerido para que una gota de agua fluya desde el punto más lejano del área de drenaje hasta la entrada al alcantarillado. Dentro de una red, se debe considerar el ramal más largo: puede variar de 5 minutos para pendientes pronunciadas en un terreno impermeable a 30 minutos para calles con pendiente ligera.

#### **3.4.1.9.- Sumideros**

Las dimensiones para los sumideros se definirán según su distanciamiento, tipo de pavimento, el ancho de las fajas de aporte y la pendiente longitudinal. Los sumideros contendrán sifones y pueden ser:

- Transversales.
- De calzada.
- De bordillo.
- Una combinación de estos.

Como criterio general, se recomienda un sumidero de calzada estándar de 30 x 46 (cm.) cada 80 m de longitud de calle o uno en cada esquina de la manzana si la

longitud es menor de 80 m.

Las descargas de los sumideros se harán hacia los pozos de revisión, en calles donde las longitudes sean mayores a las indicadas o pendientes pronunciadas, se conviene incrementar la cantidad de sumideros o cambiar su dimensión hasta longitudes entre 1,50 y 2,00 m, justificando su cálculo de captación hidráulica superficial. En los sitios de las calles donde se acumulen las aguas lluvias superficiales, se incorporarán sumideros de bordillo directos, con una longitud máxima paralela a la vía de 1,50 m y válvula de clapeta en el pozo de revisión.<sup>11</sup>

### 3.5.- PREDISEÑO DE ALTERNATIVAS

#### 3.5.1.- Alcantarillado Combinado

El Anexo N° 2 presenta los cálculos hidráulicos de esta alternativa y en la tabla N° 3.9, se resumen las cantidades de obra y presupuesto general.

*Tabla N° 3.9: Costos de Inversión Alcantarillado Combinado*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PU	PT
Tubería 250 mm	m	1943,98	20,22	39306,20
Tubería 300 mm	m	847,65	31,02	26293,63
Tubería 350 mm	m	1465,29	39,42	57760,92
Tubería 400 mm	m	809,13	47,82	38692,15
Tubería 450 mm	m	783,09	56,22	44024,89
Tubería 500 mm	m	520,22	63,42	32992,06
Tubería 600 mm	m	668,93	85,02	56872,06
Tubería 700 mm	m	734,48	111,42	81835,35
Tubería 800 mm	m	491,24	141,42	69470,89
Tubería 900 mm	m	98,66	181,02	17859,38
Tubería 1000 mm	m	352,58	267,42	94286,75
Tubería 1200 mm	m	138,98	322,88	44873,17
Pozos de revisión	U	130,00	676,95	88002,93
Sumideros	U	60,00	161,06	9663,71
Acometidas	U	416,00	106,43	44274,25
<b>TOTAL</b>				<b>746208,34</b>

*Fuente: Propia*

<sup>11</sup> IEOS

Esta alternativa para evitar el sobredimensionamiento de las tuberías y/o colectores prevé la construcción de pozos con separadores de caudales.

### 3.5.2.- Alcantarillado Separado

El Anexo N° 3 presenta los cálculos hidráulicos de esta alternativa y en la tabla N° 3.10, se resumen las cantidades de obra y presupuesto general. Este sistema se incrementa a lo referente a la red de alcantarillado combinado

**Tabla N° 3.10: Costos de Inversión Alcantarillado Separado**

<b>TUBERIA PARA EL CAUDAL SANITARIO</b>				
<b>DESCRIPCIÓN AS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PU</b>	<b>PT</b>
Tubería 200 mm	m	8844,23	15,42	136373,12
Tubería 250 mm	m	25,00	20,22	505,49
Pozos de revisión	U	132,00	676,95	89356,82
Sumideros	U	0,00	161,06	0,00
Acometidas	U	416,00	106,43	44274,25
<b>Sub Total Sanitario</b>				270509,68
<b>Sub Total Pluvial</b>				746208,34
<b>TOTAL</b>				<b>1016718,02</b>

*Fuente: Propia*

### 3.5.3.- Alcantarillado Mixto

Esta alternativa considera el aprovechar la geomorfología existente que permite que las aguas lluvias drenen hacia los esteros y, de la infraestructura existente como son cunetas del drenaje vial las cuales entregan las aguas lluvias hacia el Río de la Plata y esteros. Por esta razón esta alternativa no considera la necesidad que algunas zonas del barrio cuente con un sistema de alcantarillado combinado.

El Anexo N° 4 presenta los cálculos hidráulicos de esta alternativa y en la tabla N° 3.11, se resumen las cantidades de obra y presupuesto general.



**Tabla N° 3.11: Costos de Inversión Alcantarillado Mixto**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PU</b>	<b>PT</b>
Tubería 200 mm	m	4998,36	15,42	77071,94
Tubería 250 mm	m	483,06	20,22	9767,21
Tubería 300 mm	m	483,02	31,02	14983,01
Tubería 350 mm	m	947,11	39,42	37334,55
Tubería 400 mm	m	236,17	47,82	11293,52
Tubería 450 mm	m	434,84	56,22	24446,46
Tubería 500 mm	m	462,06	63,42	29303,59
Tubería 600 mm	m	178,81	85,02	15202,33
Tubería 700 mm	m	191,71	111,42	21360,22
Tubería 800 mm	m	189,09	141,42	26741,00
Tubería 900 mm	m	160,00	181,02	28963,11
Tubería 1000 mm	m	90,00	267,42	24067,75
Pozos de revisión	U	130,00	676,95	88002,93
Sumideros	U	44,00	161,06	7086,72
Acometidas	U	416,00	106,43	44274,25
<b>TOTAL</b>				<b>459898,60</b>

*Fuente: Propia*

### 3.6.- CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN

Para determinar la alternativa más óptima y poder proceder con los diseños definitivos, se realiza un análisis de criterios de inversión, operación, mantenimiento y ambiental; los cuales en su conjunto permitirán definir la alternativa hacer dimensionada y, que cubrirá los criterios enunciados.

#### 3.6.1 Económica

La tabla N° 3.12 presenta el orden de prelación económica de las alternativas analizadas.

**Tabla N° 3.12:** Costos de las Alternativas Planteadas por Orden de Prelación Económica

ALT.	DESCRIPCIÓN	COSTO DIRECTO	COSTO INDIRECTO	COSTO TOTAL
1	Sistema Alcantarillado Combinado	746208,34	149241,67	<b>895450,00</b>
2	Sistema Alcantarillado Separado	1016718,02	203343,60	<b>1220061,62</b>
3	Sistema Alcantarillado Mixto	459898,60	91979,72	<b>551878,32</b>

*Fuente: Propia*

La alternativa 3 es la que menores costos de inversión ocasionaría y consiste en un sistema de alcantarillado mixto.

### 3.6.2.- Comparación de Alternativas con Criterios Adicionales

Además de los parámetros económicos para la selección de una alternativa, existen otros factores; las alternativas estudiadas poseen ciertas ventajas y desventajas que no son cuantificables ni detectables por medio de una comparación económica, pero que requieren consideración cuidadosa al determinar el orden de prioridades. En especial se destacan los criterios siguientes:

- Facilidad de operación y mantenimiento.
- Posibilidad de desarrollar gradualmente el proyecto.
- Vulnerabilidad.
- Análisis de impacto ambiental.

A estas variables se las jerarquiza mediante la asignación de un “peso” a cada criterio de acuerdo con su importancia y una ponderación a cada alternativa analizada con respecto a cada criterio.

#### 3.6.2.1.- Facilidad de Operación y Mantenimiento

Este criterio depende directamente de las características, se evalúa mediante una matriz en la que intervienen los siguientes condicionamientos propios de este tipo de estructuras de tratamiento y líneas, como:

- Consideraciones hidráulicas, sanitarias, de funcionamiento, de operación y mantenimiento.
- Seguridad.
- Requerimientos de personal.

La evaluación de esta matriz no es cuantitativa sino mas bien cualitativa para lo cual se asignaron cinco grados de dificultad de menor (1) a mayor (5) y cuya gradación para cada una de las configuraciones analizadas como alternativas, se realiza en base a la experiencia de proyectos similares y en el caso presente, se ha tomado en cuenta la experiencia del personal que labora en las diferentes plantas de tratamiento y de sistemas especiales.

**Tabla N° 3.13: Facilidades de Operación y Mantenimiento de las Alternativas**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>ALT.1 (Combinado)</b>	<b>ALT.2 (Separado)</b>	<b>ALT.3 (Mixto)</b>
Operación y Mantenimiento	2	5	3
Seguridad	2	2	2
Requerimientos personal	2	5	3
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>8</b>

*Fuente: Propia*

De esta matriz, se determina que la alternativa más conveniente es la N° 1, siendo esta el diseño de un alcantarillado combinado.

### **3.6.2.2.- Consideraciones Ambientales**

A continuación se resumen los principales efectos ambientales que serán producto de las acciones o actividades a desarrollarse por la construcción de las diversas partes constitutivas de las alternativas analizadas de las plantas de tratamiento y líneas de transmisión y, para la fase de operación y mantenimiento.

La calificación de los impactos, se ha valorado en función del tipo de impacto con un rango de variación del 1 al 10, que se darían durante la fase de inversión y la de operación y mantenimiento.

Los tipos de impactos considerados, utilizan un código que denotan las características de los impactos y si se podrían corregir o no ciertas características no deseadas del impacto. Para el presente proyecto se utilizan las siguientes definiciones de cada código para luego armar la lista de control de los mismos, tomando en cuenta las actividades más importantes que se pueden dar durante la fase de inversión, de operación y mantenimiento:

- IPAS.- Impacto Potencial Adverso Significativo.
- IPANS.- Impacto Potencial Adverso No Significativo.
- IC.- Impacto Circunstancial.
- ICAS.- Impacto Circunstancial Adverso Significativo.
- ICANS.- Impacto Circunstancial Adverso No Significativo.
- IPBS.- Impacto Potencial Benéfico Significativo.
- IPBNS.- Impacto Potencial Benéfico No Significativo.
- NSI.- No Se Detecto Impacto.
- II.- Impacto Incierto.

La tabla N° 3.14 resume los impactos en base a la lista de control, elaborada para el presente proyecto.

**Tabla N° 3.14: Impactos Ambientales de las Alternativas Analizadas**

PARÁMETROS	ALT.1 (Combinado)		ALT.2 (Separado)		ALT.3 (Mixto)	
	Código	Valor	Código	Valor	Código	Valor
Construcción Proyecto	IPANS	-5	IPANS	-6	IPANS	-5
Disposición residuos sólidos y líquidos	IPANS		IPANS		IPANS	
Adopción medidas de seguridad	ICBS		ICBS		ICBS	
Instalación Tubería	IPANS	-6	IPANS	-6	IPANS	-5
Cruce de cauces naturales	IPANS	-5	IPANS	-5	IPANS	-5
Afectación a propiedades	IPAS	-4	IPAS	-6	IPAS	-4
Fuentes de trabajo	IPBS		IPBS		IPBS	
Fallas operacionales	II	-3	II	-4	II	-3
Seguimiento O&M preventivo y correctivo	IPBS		IPBS		IPBS	
<b>TOTAL</b>		<b>-23</b>		<b>-27</b>		<b>-22</b>

***Fuente: Propia***

Del análisis del cuadro se concluye que desde el punto de vista ambiental la alternativa más favorable es la N° 3, correspondiente al diseño de un sistema de alcantarillado mixto.

### **3.6.3.- Resumen de la Comparación de las Alternativas**

En las secciones anteriores se ha realizado un análisis que determina la selección de la alternativa favorable, para cada uno de los criterios analizados.

La tabla N° 3.16 resume las alternativas seleccionadas según los diferentes criterios analizados previamente. El orden de prelación se lo realiza de la más favorable a la menos favorable.

Los pesos dados para determinar este orden de preferencia se lo realiza para las siguientes subcategorías:

***Subcategoría Inversión (40%).***- Esta se define en base al valor presente de las inversiones a ser realizadas para las diversas alternativas, a la de menor inversión se le asigna un valor ponderado más alto y a las restantes se las castiga por un factor que toma como base la relación matemática entre la de menor valor y la analizada.

***Subcategoría Operación y Mantenimiento (30%).***- La concepción de las alternativas permitió definir las acciones de operación y mantenimiento para las alternativas 1 y 2 son un poco más elevadas en comparación a la alternativa 3. Con este antecedente, se procedió a dar un puntaje alto a la que presenta menor costo. El factor de afectación tiene la misma expresión matemática que la que se explicó para las inversiones.

***Subcategoría Ambiental (30%).***- La elaboración de la matriz de Impactos Ambientales, permite concluir luego del análisis de 9 potenciales afectaciones que existe un rango de prelación entre las alternativas, procediéndose a la adjudicación de puntajes con el concepto que se viene utilizando y se observa que para este caso la

alternativa seleccionada por inversión no es también la primera desde el concepto ambiental.

A continuación se presenta el análisis realizado:

**Tabla N° 3.15: Valores de Operación y Mantenimiento**

DESCRIPCIÓN	ALT 1 (Combinado)	ALT 2 (Separado)	ALT 3 (Mixto)
Inversión	895450,00	1220061,62	551878,32
Valor Costo de O & M	1900,00	1850,00	1800,00

*Fuente: Propia*

**Tabla N° 3.16: Orden de Preferencia de las Alternativas Según Criterios**

DESCRIPCIÓN	ALT 1 (Combinado)	ALT 2 (Separado)	ALT 3 (Mixto)
Inversión	2,94	4,00	1,81
Valor Costo de O & M	3,00	2,92	2,84
Ambiental	2,56	3,00	2,44
<b>TOTAL</b>	<b>8,49</b>	<b>9,92</b>	<b>7,10</b>

*Fuente: Propia*

Conforme a la evaluación realizada, la alternativa 3 sigue siendo la más conveniente.

### 3.7.- CONCLUSIÓN

Desde el punto de vista de inversiones, de operación y mantenimiento y ambientales, la alternativa 3 es la más óptima razón por la cual, se procede en el capítulo V con el diseño sanitario, hidráulico y estructural a nivel definitivo de las redes de alcantarillado y tratamiento del barrio “Las Palmas”.