

CAPITULO II

ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO POBLACIONAL Y CALCULO DE CAUDALES DE DISEÑO

2.1 Criterios de diseño para el predimensionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua

2.1.1 Período de diseño

El período de diseño estará influenciado por diversos factores, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Vida útil de los equipos electromecánicos
- Duración probable de las instalaciones civiles e hidromecánicas.
- Monto de la inversión que requiere la ejecución de las obras.
- Población futura a servir.

Para disminuir el riesgo de un error en la estimación de la población futura y la posibilidad de que la capacidad de las instalaciones sea superada rápidamente en un período muy corto de tiempo, se ha adoptado como período de diseño 15 años, contados a partir del año 2001, compatible con lo recomendado por [3].

2.1.2 Crecimiento Histórico y Población Actual

La población total a servir de la localidad de El Alto de Talara, de acuerdo al Censo Nacional de 1993, es de 6774 habitantes, con una tasa de crecimiento anual de 1.89% según [1].

2.1.3 Cálculo de la Población de Diseño

Para el cálculo de la población futura se han utilizado, según [4], los siguientes métodos de crecimiento: método aritmético, método de interés compuesto y el método geométrico, elegidos según el tipo de población y dependiendo de las características socio-económicas de la misma.

2.1.3.1 Método Aritmético

Es un método de proyección completamente teórico y rara vez se da el caso de que una población presente este tipo de crecimiento. En la estimación de la población de diseño, a través de este método, sólo se necesita el tamaño de la población en dos tiempos distintos.

La población futura a través de este método se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$Pd = Pa + r.t \quad (2.1)$$

Donde: Pd = Población de diseño (hab.)
Pa = Población actual (hab.)
r = Tasa de crecimiento (hab./año)
t = Período de diseño (años)

Tabla N° 2.1.- Tasa de crecimiento de la población.

Localidad	Tasa promedio (hab./año)
El Alto	121.9

Tabla 2.2.- Población de diseño según el método aritmético.

Localidad	Años		
El Alto	1993	2001	2016
	6774(*)	7749	9578

(*) Población según [1]

En la tabla 2.2 se aprecian los resultados de la población futura para la localidad de El Alto. En este caso, el número estimado es de 9578 habitantes.

2.1.3.2 Método Geométrico

Mediante este método, se asume que el crecimiento de la población es proporcional al tamaño de ésta. En este caso el patrón de crecimiento es el mismo que el usado para el método aritmético.

Con la siguiente fórmula se calcula la población futura a través del método geométrico:

$$Pd = Pa(1 + r)^t \quad (2.2)$$

Donde: Pd = Población de diseño (hab.)
Pa = Población actual (hab.)
r = Tasa de crecimiento anual
t = Período de diseño (años)

Tabla 2.3.- Tasa de crecimiento de la población.

Localidad	Tasa de crecimiento anual (%)
El Alto	1.89

Tabla 2.4.- Población de diseño según el método de interés compuesto.

Localidad	Años		
El Alto	1990	2001	2016
	6774	7869	10420

En la tabla 2.4 se aprecian los resultados de la población futura para la localidad de El Alto. En el caso del método geométrico, el número de habitantes estimado es de 9578.

2.1.3.3 Método Exponencial

Para el uso de este método, se asume que el crecimiento de la población se ajusta al tipo exponencial y la población de diseño se puede calcular con la ecuación 2.3. La aplicación de este método requiere el conocimiento de por lo menos tres censos, ya que para el cálculo del valor de k promedio se requieren al menos de dos valores.

$$Pd = Pa.e^{k.t} \quad (2.3)$$

Donde: Pd = Población de diseño (hab.)
Pa = Población actual (hab.)
k = Constante
t = Período de diseño (años)

En base de los censos de los años 1972, 1981 y 1993 se puede obtener la constante promedio, la cual se presenta en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5.- Tabla de constantes

Localidad	Constante promedio (K)
El Alto	0.0151

Con el valor de la constante promedio se presenta la población estimada, haciendo uso de la fórmula 2.3. Los resultados se presentan en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6.- Población de diseño según el método geométrico.

Localidad	Años		
El Alto	1993	2001	2016
	6774	7644	9578

En la tabla 2.6 se aprecian, los resultados de las población futura para la localidad de El Alto. En este caso, el numero estimado es de 9578 habitantes.

A continuación, en la Tabla 2.7, se presenta el resumen de los cálculos efectuados en cada método.

Tabla 2.7.- Resumen de los cálculos de población de diseño.

Métodos de cálculo	Años		
	1993	2001	2016
Método de crecimiento aritmético	6774	7749	9578
Método de crecimiento geométrico	6774	7869	10420
Método de crecimiento exponencial	6774	7644	9587

2.1.3.4 Interpretación de los Resultados

Según los análisis de crecimiento de población realizados anteriormente, podemos notar que el método aritmético nos da una buena aproximación debido a que considera un crecimiento lineal con tendencia a la estabilización de la tasa de crecimiento. Mientras que, con los métodos de crecimiento geométrico e interés compuesto, se obtienen valores bastante conservadores, dado que se asume un crecimiento rápido en los próximos años.

En consecuencia, teniendo en cuenta los factores que podrían afectar el valor de la población futura, aceptamos el método aritmético que arroja una población de diseño igual a 9578, para el año 2016.

2.2 Dotaciones

El consumo de agua por habitante sólo puede determinarse en base de estadísticas permanentes, y, de esta manera, establecer los valores de las dotaciones correspondientes a los consumos futuros.

En el caso de la localidad de El Alto, los datos disponibles son incompletos y no representativos del consumo promedio unitario, en condiciones satisfactorias, de un sistema de abastecimiento adecuado. En tal sentido, de acuerdo a la información proporcionada por PRONAP y SAMEPEL, para el predimensionamiento de las variantes de abastecimiento de agua de la localidad de El Alto se ha adoptado una dotación promedio estimada de 111 lt./hab./día., dotación que coincide en líneas generales con el análisis de demanda de [4]. Teniendo en cuenta la problemática de abastecimiento de agua de la localidad de El Alto, esta dotación adoptada, permitirá el dimensionamiento de los diferentes elementos de las variantes de abastecimiento de agua.

2.3 Variaciones de consumo

Considerando las limitaciones para determinar las variaciones de consumo en las condiciones actuales, se adoptarán las siguientes variaciones diarias y horarias según [6].

- Máximo anual de la demanda diaria (K_1) = 1.3
- Máximo anual de la demanda horaria (K_2) = 2.0

Coeficientes para poblaciones menores de 10000 hab.

2.4 Caudales de diseño

Con el fin de diseñar las estructuras de los elementos que conforman los sistemas de abastecimiento de agua, es necesario calcular el caudal apropiado, el cual debe combinar las necesidades de la población de diseño. Normalmente, se trabaja con tres tipos de caudales:

a) Caudal promedio ($Q_{promedio}$)

Es el caudal promedio obtenido de una año de registros y es la base para la estimación del caudal máximo diario y el caudal máximo horario. Este caudal está expresado en litros por segundo y se obtiene así:

$$Q_{promedio} = \frac{Consumo(l / hab.dia) \times Población(hab)}{86400} \quad (2.4)$$

b) Caudal máximo diario (Qmax diario)

Es la demanda máxima que se presenta en un día del año, es decir, representa el día de mayor consumo en el año, y se calcula según la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{Máximo_diario}} = K_1 * Q_{\text{promedio}} \quad (2.5)$$

c) Caudal máximo horario (Qmax)

Corresponde a la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo, y en general, se determina como:

$$Q_{\text{Máximo_horario}} = K_2 * Q_{\text{promedio}} \quad (2.6)$$

Para el cálculo de los caudales de diseño, que serán utilizados para definir las características hidráulicas de los elementos que permitirán captar agua para el sistema de abastecimiento de la localidad de El Alto, se ha tenido en consideración una dotación diaria de 111 lt/hab. y además una población futura a servir de 7749 habitantes. Estos datos han sido tomados según las consideraciones descritas en los acápites 2.2 y 2.3. Haciendo uso de las fórmulas 2.4, 2.5 y 2.6, se han calculado los caudales de diseño, los cuales se presentan en la tabla 2.8.

Tabla N° 2.8.- Resultados de las demandas futuras de consumo de agua de la población de la localidad de El Alto

Año	Población	Dotación (lt/hab./día)	Qpromedio (l/s)	Qmax Diario (l/s)	Qmax Horario (l/s)
2016	9578	111	12.31	16.00	24.62

En la tabla 2.8, se muestran los resultados de los caudales de diseño para el año 2016, de acuerdo al período de diseño propuesto que, según [3], en este caso es 15 años.