

ÍNDICE

1	Antecedentes	1
1.1	Justificación	1
1.2	Reseña sobre la reserva de volúmenes de agua	1
1.3	Localización y acceso	3
1.4	Esquema hidrológico	4
1.5	Estudios hidrológicos anteriores	5
2	Determinación de las avenidas de diseño para la presa Arcediano	8
2.1	Antecedentes	8
2.2	Información	10
2.3	Período de retorno	10
2.4	Determinación de las avenidas de diseño mediante el análisis probabilística de gastos máximos anuales	10
2.4.1	Análisis de los gastos máximos registrados	11
2.4.2	Análisis de los gastos máximos afectados	15
2.4.3	Forma de la avenida	22
2.5	Determinación de las avenidas de diseño mediante el procedimiento de gastos medios diarios para diferentes duraciones	23
2.5.1	Información	23
2.5.2	Volumen máximo	24
2.5.3	Ajuste probabilística de los volúmenes máximos para diferentes duraciones ..	24
2.5.4	Formación del hidrograma	25
2.6	Comparación de resultados	31
2.7	Conclusión	32
3	Escurremientos disponibles en el río Verde	33
3.1	Antecedentes	33
3.2	Validación de la información	36
3.3	Determinación de los escurremientos disponibles	43
3.3.1	Variables hidrológicas	43
3.3.2	Escurreimiento virgen restituido	45
3.3.3	Escurremientos disponibles	50
3.3.4	Distribución mensual	50
4	Escurremientos disponibles en el río Santiago hasta el sitio del proyecto Arcediano	54
4.1	Antecedentes	54
4.2	Validación de la información	54
4.3	Determinación de los escurremientos disponibles	58
4.3.1	Variables hidrológicas	58
4.3.2	Escurreimiento virgen restituido	58

4.3.3	Escurrimientos disponibles.....	59
4.3.4	Distribución mensual.....	62
5	Integración de los Escurrimientos	66
5.1	Volumen reservado en actividades pecuarias.....	67
5.2	Entradas a la presa El Salto	68
5.3	Integración del escurrimiento	68
5.4	Análisis del escurrimiento	72
6	Evaporación neta	75
6.1	Proyecto San Nicolás.....	75
6.2	Presa El Salto.....	75
6.3	Proyecto Arcediano	78
7	Azolves y Naminos	82
7.1	Proyecto San Nicolás.....	82
7.2	Presa El Salto.....	82
7.3	Proyecto Arcediano	82
8	Funcionamiento analítico de vasos.....	85
8.1	Proyecto San Nicolás.....	86
8.2	Presa El Salto.....	92
8.3	Integración de los escurrimientos regulados por San Nicolás y El Salto hasta Arcediano	98
8.4	Proyecto Arcediano	103
8.5	Análisis complementario.....	116
9	Tránsito de avenidas	118
10	Bordo libre.....	124
11	Dimensionamiento de esquemas de cortina, vertedor, obra de toma y obra de desvío ...	127
11.1	Antecedentes	127
11.2	Elaboración de esquemas	127
11.2.1	Esquema de obra con cortina de materiales graduados (MG).....	128
11.2.2	Esquema de obra con cortina de enrocamiento (EN).....	130
11.2.3	Esquema de obra con cortina de concreto gravedad CG y compactado con rodillo CCR.....	130
11.3	Comparación económica de alternativas	130
11.4	Conclusiones	132

Cuadros

1.1	Cuenca del río Verde	2
1.2	Distribución de los volúmenes reservados	3
2.1	Gastos máximos en la estación hidrométrica Puente Arcediano.....	11
2.2	Prueba de ajuste del error cuadrático mínimo (gastos máximos sin afectar)	12
2.3	Gastos de diseño asociados a diferentes Tr (gastos máximos sin afectar)	14
2.4	Gastos Máximos Anuales	17
2.5	Tiempo de concentración entre las estaciones hidrométricas Corona y Puente..... Arcediano	18
2.6	Gastos máximos afectados por la política actual del Lago de Chapala.....	19
2.7	Prueba de ajuste del error cuadrático mínimo (gastos máximos afectados).....	20
2.8	Gastos de diseño asociados a diferentes Tr (gastos máximos afectados).....	21
2.9	Volúmenes máximos para diferentes duraciones y representativos de la situación actual en el sitio Puente Arcediano	27
2.10	Prueba del error cuadrático mínimo al ajuste de los volúmenes para diferentes duraciones.....	28
2.11	Volúmenes determinados para diferentes duraciones	30
2.12	Resumen de resultados	32
3.1	Superficie de la cuenca del río Verde por Estado.....	33
3.2	Subcuencas del río Verde	34
3.3	Escurrecimiento medio anual en las Estaciones Hidrométricas	38
3.4	Escurrecimientos mensuales en la Estación Hidrométrica Puente Arcediano (Mm ³) ..	39
3.5	Escurrecimientos mensuales en la Estación Hidrométrica Las Juntas (Mm ³)	40
3.6	Escurrecimientos mensuales en la Estación Hidrométrica Valle de Guadalupe (Mm ³)	41
3.7	Escurrecimientos mensuales en la subcuenca V11 “El Salto” (Mm ³)	42
3.8	Escurrecimientos disponibles al sitio del proyecto San Nicolás (Mm ³)	44
3.9	Demanda actual en la cuenca del río Verde (2001).....	45
3.10	Escurrecimiento disponible en la subcuenca V10 “San Miguel”	46
3.11	Escurrecimiento disponible en la subcuenca V11 “El Salto”	47
3.12	Escurrecimiento disponible en la subcuenca V12 “La Cuña”	48
3.13	Escurrecimiento disponible en la subcuenca V13 “El Purgatorio”	49
3.14	Porcentaje promedio mensual de las entradas a los almacenamientos de la cuenca baja del río Verde y al escurrecimiento aforado	51
3.15	Factor de escurrecimiento para determinar la distribución mensual del escurrecimiento en el sitio del proyecto de la presa Arcediano	52
3.16	Escurrecimiento neto disponible en el sitio del proyecto Arcediano (Mm ³)	53

4.1	Escurrecimiento virgen por cuenca propia (Mm ³)	56
4.2	Registro mensual en la estación hidrométrica Las Juntas (Mm ³).....	57
4.3	Determinación del escurrecimiento disponible (Mm ³)	60
4.4	Registro mensual en la Estación Hidrométrica Corona (Mm ³)	61
4.5	Criterios para la distribución mensual del escurrecimiento	63
4.6	Factor de escurrecimientos para determinar la distribución mensual del escurrecimiento en el sitio del proyecto de la presa Arcediano.....	64
4.7	Escurrecimiento disponible en el río Santiago (Mm ³)	65
5.1	Distribución del volumen reservado para usos pecuarios	67
5.2	Traslado de la información hidrométrica de la estación Valle de Guadalupe al sitio de la presa El Salto (Mm ³).....	69
5.3	Entradas a la presa El Salto (Mm ³).....	70
5.4	Escurrecimiento por cuenca propia al sitio del proyecto Arcediano una vez deducido el volumen para usos pecuarios (Mm ³)	71
5.5	Escurrecimiento disponible total al sitio del proyecto Arcediano una vez deducido el volumen para usos pecuarios (Mm ³)	73
6.1	Evaporación neta en el vaso del proyecto San Nicolás (mm)	76
6.2	Evaporación neta de la presa El Salto (mm)	77
6.3	Precipitación de la estación climatológica Puente Arcediano.....	79
6.4	Evaporación en la estación climatológica Puente Arcediano.....	80
6.5	Evaporación neta en el proyecto Arcediano.....	81
7.1	Coefficiente de azolves.....	84
8.1	Curva - Elevaciones – Áreas – Capacidades del proyecto San Nicolás	86
8.2	Alturas de NAMO con demanda 5,6 m ³ /s y NAMínO 1665 msnm.....	87
8.3	Demandas y déficit para el NAMO 1690 msnm y NAMínO 1665 msnm.....	87
8.4	Derrames del proyecto San Nicolás para la demanda de 5,6 m ³ /s	89
8.5	Derrames del proyecto San Nicolás para la demanda de 4,7 m ³ /s	90
8.6	Extracciones del proyecto San Nicolás con demanda de 5,6 m ³ /s y deficiencia de 2,79%	91
8.7	Curva - Elevaciones – Áreas Capacidades de la presa El Salto	93
8.8	Demandas y déficit resultantes para la presa El Salto, Jal.	93
8.9	Derrames de la presa El Salto para la demanda de 1,20 m ³ /s.....	95
8.10	Derrames de la presa El Salto para la demanda de 1,65 m ³ /s.....	96
8.11	Extracciones de la presa El Salto con demanda de 1,65 m ³ /s y deficiencia del 2,77%.....	97
8.12	Aportaciones del río Verde al sitio de Arcediano con gasto firme de 4,70 m ³ /s en el proyecto San Nicolás y de 1,20 m ³ /s en la presa El Salto.....	99
8.13	Aportaciones del río Verde al sitio de Arcediano con demanda de 5,60 m ³ /s en el proyecto San Nicolás y de 1,65 m ³ /s en la presa El Salto (déficit del 2,8%) ..	100
8.14	Aportaciones de los ríos Verde y Santiago al sitio de Arcediano con gasto firme de 4,70 m ³ /s en San Nicolás y de 1,20 m ³ /s en la presa El Salto.....	101
8.15	Aportaciones de los ríos Verde y Santiago al sitio de Arcediano con demanda de 5,60 m ³ /s en San Nicolás y de 1,65 m ³ /s en El Salto (déficit del 2,8%).....	102
8.16	Curva Elevaciones – Áreas – Capacidades del proyecto Arcediano.....	104
8.17	Alturas de NAMO en Arcediano simuladas en cascada con San Nicolás y El Salto, para gasto firme y demanda con déficit medio anual del 2,8%	105

8.18	Demanda con gasto firme en los tres proyectos del sistema integral del río Verde..	107
8.19	Demanda con déficit medio anual del 6% en los tres proyectos del sistema integral del río Verde	107
8.20	Demanda con déficit medio anual del 2,8% en los tres proyectos del sistema (San Nicolás transfiere 1,8 m ³ /s para Arcediano).....	108
8.21	Demanda con déficit medio anual del 2,8% en los tres proyectos del sistema (San Nicolás transfiere 0,84 m ³ /s para Arcediano).....	109
8.22	Demanda con gasto firme en los tres proyectos del sistema e incluyendo las aportaciones del río Santiago en Arcediano	110
8.23	Demanda con déficit medio anual del 1% en los tres proyectos e incluyendo las aportaciones del río Santiago en Arcediano	111
8.24	Demanda con déficit medio anual del 2,8% en los tres proyectos e incluyendo las aportaciones del río Santiago en Arcediano	111
8.25	Características generales de los vasos simulados.....	113
9.1	Resumen de los resultados del tránsito de la avenida para un vertedor de cresta libre.....	119
9.2	Resumen de los resultados del tránsito de la avenida para un vertedor controlado.....	119
9.3	Resultados del tránsito de la avenida regularizada para un vertedor de cresta libre .	122
9.4	Resultados del tránsito de la avenida regularizada para un vertedor de cresta libre .	123
10.1	Principales niveles y capacidades del vaso de la presa Arcediano.....	126
ANEXO I		134
ANEXO II Tránsito de avenidas		135
ANEXO III Antepresupuesto		136
ANEXO IV Esquemas.....		143

Figuras

1.1	Localización del proyecto Arcediano	4
2.1	Sistema hidrológico del Proyecto Arcediano	9
2.2	Comparación entre las funciones Doble Gumbel, LogPearson III y GVE	15
2.3	Registro de gastos máximos antes y después de cerrar el Lago de Chapala	16
2.4	Hidrograma unitario adimensional	22
2.5	Avenidas de diseño	23
2.6	Hidrogramas de las avenidas registradas en la estación Puente Arcediano	25
2.7	Hidrograma unitario adimensional	31
2.8	Hidrogramas de diseño	31
3.1	Subcuencas del río Verde	35
3.2	Cuenca drenada de la subcuenca El Salto	37
4.1	Infraestructura hidráulica en la subcuenca del río Santiago (Chapala-Arcediano) ...	55
5.1	Integración de los escurrimientos en el sitio del proyecto Arcediano.....	66
5.2	Escurrimiento anual disponible en el proyecto Arcediano, sin agregar las salidas de los proyectos aguas arriba	74
5.2	Escurrimiento medio mensual disponible en el proyecto Arcediano, sin agregar las salidas de los proyectos aguas arriba.....	74
8.1	Comparación de la capacidad de almacenaje de los vasos San Nicolás, El Salto y Arcediano	104
8.2	Funcionamiento analítico del vaso de Arcediano para la demanda con déficit medio anual de 2,8% en los tres proyectos del sistema del río Verde y en donde San Nicolás transfiere 0,84 m ³ /s para Arcediano (Aportaciones del río Verde)	114
8.3	Funcionamiento analítico del vaso de Arcediano con demanda de 9,6 m ³ /s y la ofertada en San Nicolás y El Salto para un déficit medio anual del 2,8% (Aportaciones de los ríos Verde y Santiago).....	115
9.1	Tránsito de la avenida de diseño para el vertedor propuesto.....	120
9.2	Hidrograma de la avenida de diseño de San Nicolás	121
9.3	Hidrograma de la avenida de diseño de Arcediano con San Nicolás	122

1 ANTECEDENTES

1.1 JUSTIFICACIÓN

Ante el crecimiento poblacional, comercial e industrial de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) se presenta un incremento en la demanda del servicio de agua potable, lo cual aunado al estado crítico de las actuales fuentes de suministro, Lago de Chapala y pozos artesianos, es apremiante la necesidad de utilizar una nueva fuente de abastecimiento. De las alternativas existentes se considera con mayor soporte técnico el aprovechamiento de las aguas del río Verde.

Por otro lado, existe un acuerdo de Coordinación entre el ejecutivo Federal y los ejecutivos de los Estados de Guanajuato y Jalisco con el propósito de realizar los estudios para el aprovechamiento integral de las aguas de la cuenca del río Verde.

El presente estudio busca, con el dimensionamiento de la Presa Arcediano, dar una respuesta satisfactoria al abastecimiento de la demanda futura de agua potable de la ZMG y de manera paralela forma parte de los esfuerzos encaminados a estructurar una política de asignación anual de las aguas superficiales del sistema hidrológico de la cuenca del río Verde, para lograr una distribución equitativa entre el sistema de usuarios establecidos, de tal forma que se asegure el desarrollo sustentable de la cuenca.

Para lograr dichos objetivos se requiere conocer con precisión la disponibilidad en términos de oferta y demanda del agua superficial en la cuenca del río Verde y Santiago. De manera específica, en este estudio se analiza la parte baja de la cuenca del río Verde y la subcuenca del río Santiago formada a partir de su origen, en el lago de Chapala, y hasta el sitio del proyecto de la Presa Arcediano.

1.2 RESEÑA SOBRE LA RESERVA DE VOLÚMENES DE AGUA

La superficie de 20 500 km² de la cuenca del río Verde abarca cuatro estados del país. En el cuadro 1.1 se muestra la distribución estatal de esta área desde el origen del colector principal y sus afluentes, hasta su confluencia del primero con el río Santiago.

Con fecha 28 de noviembre de 1994 se publican en el Diario Oficial de la Federación los RESULTADOS de estudios técnicos para determinar la disponibilidad y usos de las aguas superficiales de la cuenca del río Verde.

“..... la disponibilidad media no comprometida en la cuenca del río Verde asciende a 901,5 Mm³ por año, los cuales se distribuyen de la manera siguiente:

En la porción alta de la cuenca se cuenta en promedio anual con 316 Mm³, que representan el 35% de la disponibilidad total; en la parte media de la cuenca el volumen disponible

medio anual es de 385,5 Mm³, que equivale al 43% del total, y por último el 22% restante corresponde a 200 Mm³ anuales que ocurren en promedio en la parte baja de la cuenca.”

Cuadro 1.1 Cuenca del río Verde

Estados	Área	
	km ²	%
Zacatecas	3 086	15,1
Aguascalientes	4 300	21,0
Guanajuato	1 450	7,1
Jalisco	11 664	56,9
Total	20 500	100,0

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 28 de noviembre de 1994

Con fecha 7 de abril de 1995 se publica en el Diario Oficial de la Federación el Decreto en el cual se declara la Reserva de las Aguas Nacionales Superficiales de la cuenca del río Verde para usos domésticos y público urbano.

“..., el volumen anual máximo que se reserva será de 504 576 000 m³ de agua.

Para el Estado de Guanajuato se reservará un volumen anual máximo de 119 837 000 m³ de agua y para el Estado de Jalisco un volumen anual máximo de 384 739 000 m³ de agua.”

Estos volúmenes reservados a los Estados de Guanajuato y Jalisco, que representan gastos de 3,8 m³/s y 12,2 m³/s, corresponden al 23,75% y al 76,25%, respectivamente. Es importante destacar el carácter de la reserva, se refiere a un volumen anual máximo y no medio.

Con fecha 17 de noviembre de 1997 se publica en el Diario Oficial de la Federación el Decreto en el cual se manifiesta una reducción al volumen anual máximo reservado al Estado de Jalisco.

“..., el volumen anual máximo que se reserva será de 491 976 000 m³ de agua.

Para el Estado de Guanajuato se reservará un volumen anual máximo de 119 837 000 m³ de agua y para el Estado de Jalisco un volumen anual máximo de 372 139 000 m³ de agua.”

Estos volúmenes reservados a los Estados de Guanajuato y Jalisco, ahora representan gastos de 3,8 m³/s y 11,8 m³/s, respectivamente. Es decir una reducción al gasto de Jalisco de 0,4 m³/s, con la finalidad de atender actividades pecuarias dentro del mismo Estado.

Posteriormente a este Decreto, en el mismo año, tuvo efecto un Acuerdo de Coordinación celebrado entre el ejecutivo Federal, por conducto de la Comisión Nacional del Agua y los Estados de Guanajuato y Jalisco para lograr el aprovechamiento integral de las aguas del río Verde. Con la información de este acuerdo y la de los decretos antes citados se genera el resumen de distribución de los volúmenes reservados y las fuentes de abastecimiento de donde habrá de obtenerse el vital líquido, véase el cuadro 1.2.

Cuadro 1.2 Distribución de los volúmenes reservados

Uso	Fuente de abastecimiento	Volumen (m ³)	Gasto (m ³ /s)
Público urbano de la Cd. de León, Gto.	Proyecto San Nicolás	119 837 000	3,80
Poblaciones rurales de los altos de Jal.	Proyecto San Nicolás	56 767 000	1,80
Tepatitlán y Valle de Guadalupe, Jal.	Presa El Salto	12 600 000	0,40
Actividades pecuarias	Bordos	12 600 000	0,40
Público urbano de la ZMG, Jal.	Proyecto Arcediano	302 772 000	9,60
Total		504 576 000	16,00

1.3 LOCALIZACIÓN Y ACCESO

El proyecto de la presa Arcediano está localizado en el Estado de Jalisco, en las inmediaciones de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), sobre el cauce principal del río Santiago, a 500 m aguas abajo de la confluencia de éste con su afluente el río Verde. En línea recta desde el centro de Guadalajara hasta el lugar del proyecto, dirección noreste, se tiene una distancia aproximada de 10 km. En la figura 1.1 se muestra la ubicación del proyecto.

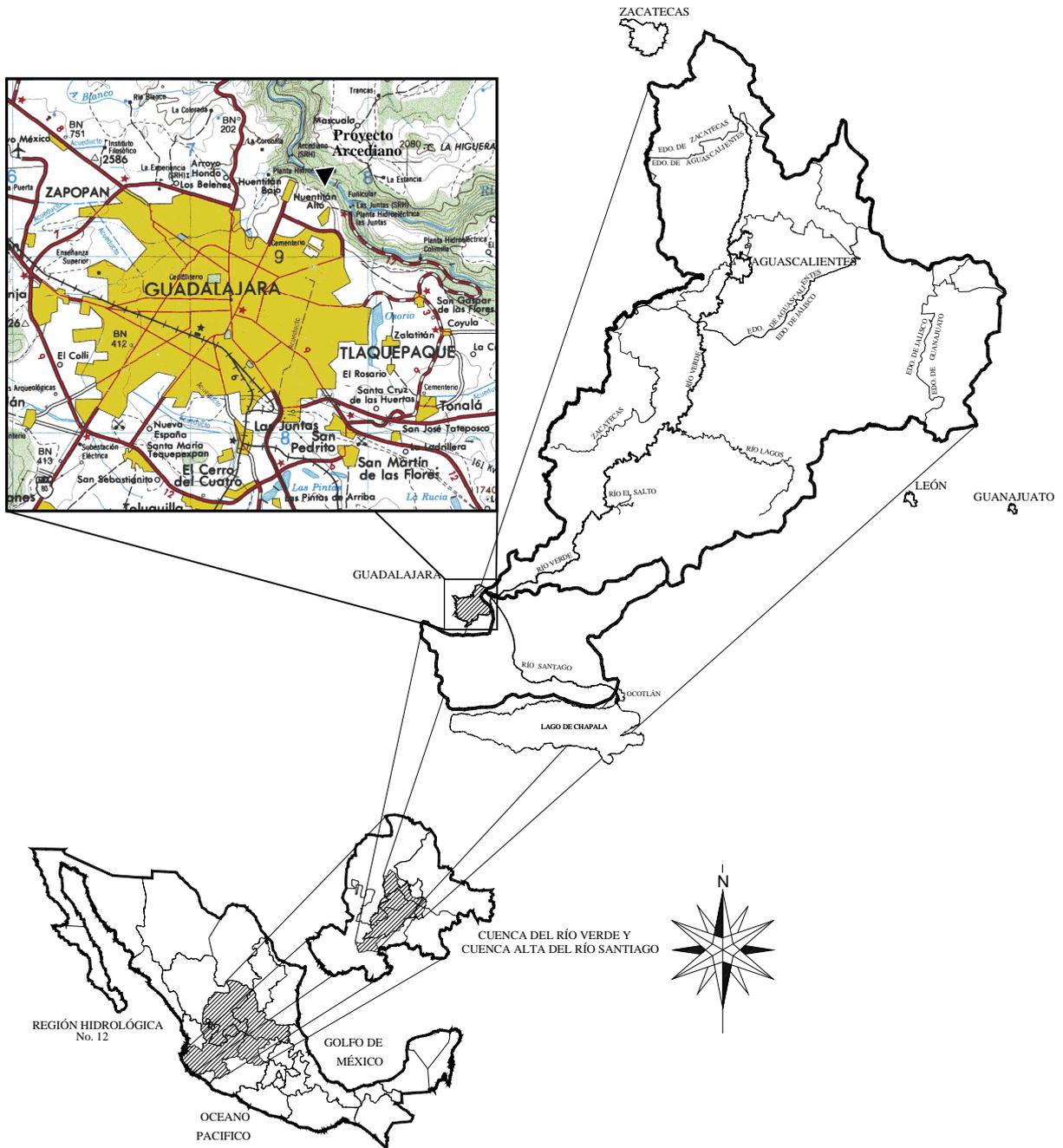
El área de interés queda limitada geográficamente por las coordenadas 103° 15' a 103° 18' de longitud oeste y 20° 43' a 20° 46' de latitud norte, dentro del municipio de Guadalajara, en el lugar llamado Barranca de Oblatos.

El acceso a la obra se logra a través de la calle Pablo Valdez del Sector Libertad de la ciudad de Guadalajara, esta calle corre a partir de la Calzada Independencia en dirección oriente y continúa por un camino empedrado de 24 km de longitud que conduce a las plantas hidroeléctricas Colimilla, Intermedia y Las Juntas, y llega hasta el poblado de Arcediano.

Actualmente se cuenta con el paso peatonal hacia margen derecha a través del puente llamado Puente Arcediano, ubicado a menos de 1 km aguas arriba del sitio del proyecto.

Otro acceso, aunque de mayor kilometraje, por la margen derecha, se realiza a través de la carretera a Saltillo, al llegar a Ixtlahuacán del Río, existe una desviación hacia Mascuala, que pasa por la localidad de Trejos, y continúa hasta La Estancia a través de un camino de terracería en general mal conservado, transitable en tiempo de estiaje o con vehículo de doble tracción en toda época, de esta última localidad se continúa a pie o con bestia por el camino real que conduce a Guadalajara.

Figura 1.1 Localización del Proyecto Arcediano



1.4 ESQUEMA HIDROLÓGICO

En el sitio del proyecto Arcediano se reciben las aguas del cauce del río Santiago, que a su vez capta las aportaciones del río Verde, afluente más importante en este tramo de cauce. Históricamente y de una forma mucho más acentuada en la actualidad, las principales aportaciones provienen del río Verde (véase la figura 1.1).

Esta situación es una repercusión de la política de conservación del lago de Chapala, donde a partir de 1980 se contienen las descargas de este lago hacia el río Santiago. Por lo tanto, únicamente se cuenta con los escurrimientos originados por cuenca propia. Además de esta situación con respecto a los caudales disponibles, existe un decreto de reserva de los volúmenes en este tramo del río Santiago, para ser dispuestos en usos no consuntivos aguas abajo del proyecto de Arcediano.

En seguida se presenta una breve descripción del sistema hidrográfico de estos dos ríos:

El río Santiago perteneciente a la región hidrológica No. 12 tiene un desarrollo de aproximadamente 95 km desde su origen en el lago de Chapala hasta la estación hidrométrica puente Arcediano, su pendiente media en este tramo es de 0,0055. El área drenada hasta al sitio del proyecto es de aproximadamente 2 700 km². La superficie de esta cuenca se encuentra en territorio del Estado de Jalisco.

Por su parte, la cuenca del río Verde tiene su origen a 20 km al sur de Zacatecas, a una altitud de 2 400 msnm, presenta una dirección preferente suroeste y una pendiente media moderada de 0,00037, resultado del desnivel que alcanza en su confluencia con el Río Grande de Santiago a los 1 100 msnm, después de un recorrido aproximado de 350 km, drena una superficie de 20 500 km² que representa aproximadamente el 1,3% del territorio nacional. Su área de aportación toca en sus orígenes al estado de Zacatecas, Aguascalientes, Guanajuato y finalmente capta el escurrimiento generado en Jalisco hasta su confluencia al río Santiago.

Desde el punto de vista hidrográfico la cuenca del río Verde forma parte del sistema hidrológico Lerma-Santiago, considerándose el primer aportador importante que confluye al río Santiago. A su vez, los principales formadores del río Verde son los ríos Encarnación, Lagos y El Salto.

1.5 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS ANTERIORES

En este inciso se expondrá brevemente algunos hallazgos sobre los estudios de hidrología del río Verde elaborados hasta la fecha y en forma más precisa con referencia al sitio del proyecto de la presa Arcediano. La búsqueda de estos hallazgos, más que una revisión de resultados, se refiere a la verificación de los criterios utilizados.

Tanto la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Gobierno del Estado de Jalisco (CEAS) como la Comisión Nacional del Agua (CNA) han indicado las directrices que debe seguir el presente estudio, por lo tanto, en la verificación se confrontan éstas con el desarrollo de los estudios existentes, sin que esto llegue a significar incumplimiento por parte de la empresa responsable, sino, en su momento diferencias en los requerimientos y alcances de sus contratos.

Además, el presente estudio tiene la finalidad de utilizar la información hidrológica más reciente registrada en las diferentes estaciones involucradas en la zona de estudio.

En el estudio elaborado por SIHASA¹ se hace una comparación, en términos de volúmenes aprovechados para el suministro de una demanda de agua determinada, entre los sitios Loma Larga y Arcediano, resultando este último el más conveniente. En este análisis, la muestra de escurrimientos utilizada en el sitio Arcediano considera a la aportación del río Santiago como un volumen disponible.

Aunque en las simulaciones del funcionamiento del vaso de Arcediano, se consideró una muestra de escurrimientos menos favorable (período 1978 – 1999) de lo que significaría utilizar la muestra completa (1952 – 1999), no fue el resultado de un balance hidráulico en la cuenca.

El estudio elaborado por MEPPEN² determina el volumen anual de retorno de los usos del agua en la cuenca del río Santiago, aguas arriba del Sitio Arcediano. La finalidad es conocer los volúmenes que en el futuro no llegarán a este tramo del cauce, puesto que serán captados para su tratamiento y disposición en la central hidroeléctrica de Agua Prieta.

La estimación de los usos históricos del agua se determinó en función de la información de zonas de riego para el año 1990, editada por CNA; y estimada para otros años de acuerdo a los datos de crecimiento de la población, obtenidos de la base de datos de CONAPO.

Sin embargo, los cauces donde serán captados los volúmenes de retorno tienen el registro actual de estos escurrimientos, por lo tanto es más conveniente la utilización de información medida en campo que la estimada indirectamente.

En el “Estudio hidrológico y disponibilidad de agua superficial en la cuenca del río Verde”, en general no se utiliza la metodología establecida por la CNA³. En un caso más específico, se estimaron las demandas actuales para el uso urbano, industrial y agrícola, en base a los censos de población e industrial; siendo el sector agrícola el más representativo en esta cuenca.

En los estudios elaborados por Infraestructura Hidráulica y Servicios S. A. de C. V. e IEPSA⁴ se utiliza la metodología establecida por la CNA, sin embargo la variable de la demanda actual

¹ Sistemas Hidráulicos y Ambientales S. A. de C. V., “Evaluación Técnica Económica de los sitios Arcediano y Loma Larga en los municipios de Guadalajara y Tepatlán de Morelos en el Estado de Jalisco”. CEAS, diciembre 2002.

² MEPPEN, “Análisis hidrológico y tránsito de avenidas que permitan proponer el dimensionamiento preliminar de las diferentes estructuras de regulación, almacenamiento y control de los sistemas de presas sobre el río Verde para su aprovechamiento con fines de agua potable”. CEAS.

³ Norma Oficial Mexicana (NOM-011-CNA-2000) “Conservación del recurso Agua que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales”.

⁴ Infraestructura Hidráulica y Servicios S. A. de C. V., “Estudio de Disponibilidad y Balance Hidráulico Actualizado de Aguas Superficiales de la Cuenca del Río Verde y Juchipila”. CNA, diciembre de 1999.

Ingeniería de Evaluación y Prospección S. A. de C. V., “Estudio de Disponibilidad y Balance Hidráulico Actualizado de Aguas Superficiales de la Región Hidrológica No. 12 Cuenca del Río Santiago”. CNA, 2000

utilizada en el balance hidráulico corresponde a un promedio histórico⁵ de esta variable y no al uso real actual. Por otro lado, los resultados obtenidos se encontraban a nivel anual, siendo requeridos en la simulación de los vasos de almacenamientos a nivel mensual.

En particular, el estudio de IEPSA no consideró la captación de escurrimientos de los arroyos Osorio, San Andrés y los de la cuenca de la presa del Ahogado; los primeros, en el futuro serán tratados y enviados para su aprovechamiento en la central hidroeléctrica de Agua Prieta, localizada agua abajo del sitio del proyecto Arcediano; respecto a las aguas de la cuenca del ahogado, éstas serán recicladas para usos propios de las industrias existentes en esa zona.

⁵ La demanda histórica del uso del agua se determinó como el promedio anual obtenido a partir de la información del Registro Público de Derechos del Agua (REPDA) de Aguascalientes para el año de 1997 e indexada en los años anteriores de acuerdo al crecimiento de la población, según el INEGI. Hubiese sido más conveniente utilizar la información del año de 1997 como demanda actual.

2 DETERMINACIÓN DE LAS AVENIDAS DE DISEÑO PARA LA PRESA ARCEDIANO

2.1 ANTECEDENTES

La Presa Arcediano recibe los escurrimientos de los ríos Verde y Santiago (véase la figura 2.1), por consiguiente la formación de sus avenidas corresponde a los eventos extraordinarios suscitados en las cuencas de ambos ríos.

El río Santiago nace en el lago de Chapala, históricamente las salidas de este lago hacia el río Santiago son bastante significativas, sin embargo a partir del año 1980, con la finalidad de preservar el lago de Chapala, se determinó suspender las salidas del lago hacia este río.

Por lo tanto, el comportamiento del río Santiago antes de 1980 es sustancialmente diferente al régimen de escurrimiento presentado actualmente. En consecuencia, es importante considerar estos aspectos dentro del análisis para la determinación de las avenidas de diseño.

Por otra parte, en lo referente a las aportaciones y a la formación de avenidas en la cuenca del río Verde, no existe históricamente un suceso que haya modificado significativamente el régimen de escurrimientos.

Sin embargo, aguas arriba del proyecto de la Presa Arcediano, sobre el río Verde, se tiene el proyecto de la Presa de San Nicolás⁶, que variará las condiciones actuales del régimen de escurrimiento. Por lo tanto, es conveniente considerar la influencia de esta presa en la determinación de las avenidas de diseño.

Al respecto, dada la incertidumbre sobre cual de los almacenamientos será construido en primer lugar, se procederá a considerar la influencia de la Presa de San Nicolás únicamente para la determinación de la avenida de diseño de la obra de excedencias, en el caso de la obra de desvío se trabaja bajo el supuesto de que no habrá obra alguna que modifique el comportamiento histórico del río.

Sin embargo, a solicitud de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos, en este informe se presenta el análisis sin considerar el efecto que tendría la Presa de San Nicolás en lo referente a las avenidas de diseño.

⁶ La Presa San Nicolás está proyectada para suministrar de Agua a la ciudad de León, Guanajuato y algunas poblaciones rurales de los Altos de Jalisco. La construcción de esta presa se considera debe iniciar en breve tiempo, aunque se desconoce si ésta tendrá efecto antes, al mismo tiempo o después de la Presa de Arcediano.

2.2 INFORMACIÓN

Próxima al sitio donde ha de construirse la Presa Arcediano se cuenta con la estación hidrométrica Puente Arcediano (véase la figura 2.1) que tiene registrado los gastos máximos para un período de 1952 al 2001, muestra suficiente para realizar un análisis probabilístico con grado de confiabilidad aceptable.

Las estaciones hidrométricas de Corona y Las Juntas también tienen un registro similar, éstas tienen la finalidad de ser utilizadas para conocer la magnitud de las avenidas generadas en el río Santiago y por correspondencia las del río Verde, así como el impacto del lago Chapala en la formación de avenidas.

En cuanto a gastos medios en las estaciones Puente Arcediano y Corona también se tienen registros prácticamente continuos desde las fechas de inicio. Los únicos años incompletos son 1973 y 1974, donde la avenida del 73 se llevó consigo la estación hidrométrica.

2.3 PERÍODO DE RETORNO

El período de retorno (Tr) asignado a la obra de desvío, debe seleccionarse, en primer lugar, considerando que las obras están expuestas durante la etapa de construcción, de tal forma que las estructuras iniciales de un proyecto queden económicamente protegidas de inundación y daños. En segundo lugar, son considerados los siguientes aspectos: hidrología de la cuenca, topografía y geología de la boquilla, tipo de cortina, programa de constructivo y análisis de los daños y atrasos potenciales.

En general, en este tipo de obras se asigna un Tr de 10 a 25 años. Sin embargo, según la normatividad de la Comisión Nacional del Agua (CNA) el Tr debe estar entre 50 y 100 años para grandes presas, categoría correspondiente al proyecto en estudio.

El gasto para la avenida diseño de la obra de desvío se determina para un período de retorno de 100 años, de acuerdo a lo establecido durante la reunión llevada a cabo el 25 de julio de 2003 en las oficinas de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos.

En cuanto al período de retorno de la obra de excedencias se consideran 10 000 años, por ser una obra con período prolongado de funcionamiento y por las grandes consecuencias que originaría la falla o ruptura de la presa.

2.4 DETERMINACIÓN DE LAS AVENIDAS DE DISEÑO MEDIANTE EL ANÁLISIS PROBABILÍSTICO DE GASTOS MÁXIMOS ANUALES

Para el dimensionamiento de las obras de desvío y de excedencias es necesario determinar el gasto máximo y la forma de la avenida

Para sensibilizarse con los resultados del análisis correspondiente a la determinación de la avenida de diseño, en primer lugar se realizará el análisis con los gastos máximos registrados en la estación hidrométrica Puente Arcediano sin ser afectados y después se considera el impacto que pudiese tener en la formación de avenidas sobre el río Santiago, dada la disposición para que el lago de Chapala no descargue en su cauce.

2.4.1 Análisis de los gastos máximos registrados

La estación hidrométrica Arcediano cuenta con un registro de gastos máximos del año de 1952 al 2001 (véase la cuadro 2.1), que al considerar los años sin información constituye una muestra de 48 valores.

Cuadro 2.1 Gastos máximos en la estación hidrométrica Puente Arcediano

Número	Año	Gasto (m ³ /seg)	Número	Año	Gasto (m ³ /seg)
1	1952	540,10	26	1977	584,00
2	1953	580,20	27	1978	396,00
3	1954	187,90	28	1979	323,00
4	1955	896,70	29	1980	315,00
5	1956	425,00	30	1981	328,00
6	1957	267,00	31	1982	271,00
7	1958	1 060,00	32	1983	563,00
8	1959	490,70	33	1984	600,00
9	1960	514,00	34	1985	880,00
10	1961	499,80	35	1986	991,00
11	1962	386,00	36	1987	232,00
12	1963	862,40	37	1988	1 350,00
13	1964	299,00	38	1989	171,00
14	1965	1 170,00	39	1990	830,00
15	1966	766,00	40	1991	1 569,00
16	1967	1 965,00	41	1992	1 600,00
17	1968	S/D	42	1993	394,00
18	1969	228,00	43	1994	217,00
19	1970	856,00	44	1995	475,00
20	1971	853,00	45	1996	214,00
21	1972	221,00	46	1997	114,00
22	1973	3 329,00	47	1998	530,00
23	1974	S/D	48	1999	522,00
24	1975	749,00	49	2000	105,00
25	1976	1 258,00	50	2001	366,00

La estación hidrométrica mencionada se encuentra prácticamente en el sitio donde habrá de construirse la Presa Arcediano, después y muy próxima a la confluencia de los ríos Verde y Santiago. Por lo tanto, se considera que el registro de esta hidrométrica representa el comportamiento histórico de las avenidas presentadas.

Para determinar el gasto pico de la avenida se utilizan diferentes funciones de distribución de probabilidad teórica, la que se ajuste mejor a los datos corresponderá a la de mejor extrapolación. Las funciones empleadas son las siguientes.

1. Normal
2. Lognormal con 2 parámetros
3. Lognormal con 3 parámetros
4. Exponencial
5. Gumbel
6. Gamma con 2 parámetros
7. Gamma con 3 parámetros o Pearson III
8. Doble Gumbel

El criterio de selección de la función de distribución de probabilidad teórica, está en función del error cuadrático obtenido en cada una de ellas, la de menor error será la adecuada. En el cuadro 2.2 se presentan los valores obtenidos.

Cuadro 2.2 Prueba de ajuste del error cuadrático mínimo (gastos máximos sin afectar)

Función	Momentos		Máxima verosimilitud	
	2p	3p	2p	3p
Normal	297,507	-----	297,507	-----
Lognormal	154,926	158,118	159,058	168,265
Gumbel	205,515	-----	258,331	-----
Exponencial	153,876	-----	152,708	-----
Gamma	174,222	168,759	217,5	179,0
Doble Gumbel	140,499			

La función con menor error cuadrático es la Doble Gumbel. Para soportar el resultado es importante verificar mediante un gráfico que el comportamiento de la distribución teórica sea consistente con la distribución de los datos de la muestra. En el cuadro 2.3 se grafica el comportamiento de algunas de las diferentes funciones de distribución de probabilidad. En ella se verifica que a la función con menor error cuadrático corresponde a una distribución consistente con los datos de la muestra.

Finalmente se extrapola para diferentes períodos de retorno el gasto máximo. En el mismo cuadro 2.3 se presentan los valores extrapolados para cada función de probabilidad. Para la función seleccionada corresponde un gasto de 2 932 m³/s para un Tr de 100 años y de 5 521 m³/s para un Tr de 10 000 años.

Al análisis anterior se incorporaron las funciones de distribución de probabilidad LogPearson III y General de Valores Extremos. En el cuadro 2.3 se muestran los resultados obtenidos con estas funciones y en la figura 2.2 se presenta su comportamiento frente a la función Doble Gumbel.

De la figura 2.2 se extraen las siguientes observaciones. La función LogPearson III en general tiene un comportamiento adecuado al de la muestra, su deficiencia estriba en que la tendencia tiene una variación significativa en lo que se refiere a los últimos dos datos de la muestra. Es importante mencionar la evidente existencia de dos poblaciones, y la pendiente de este último tramo ya no pertenece a ninguna de ellas.

Esta deficiencia no aparece en la función General de Valores Extremos, incluso describe un comportamiento acorde a las dos poblaciones existentes en la muestra y en ciertos datos de la población no ciclónica muestra un mejor ajuste que la función Doble Gumbel. Sin embargo, en la población de origen ciclónica, y aunque las dos funciones tienen un adecuado ajuste a la muestra, la Doble Gumbel tiene un mejor comportamiento. Este última tendencia a de regir la extrapolación de los gastos.

Por lo tanto se mantiene la función de distribución de probabilidad Doble Gumbel para determinar los gastos de las avenidas de diseño. En el análisis siguiente aplica la misma conclusión, dado que los valores analizados no tienen una variación sustancial.

Cuadro 2.3 Gastos de diseño asociados a diferentes Tr (gastos máximos sin afectar)

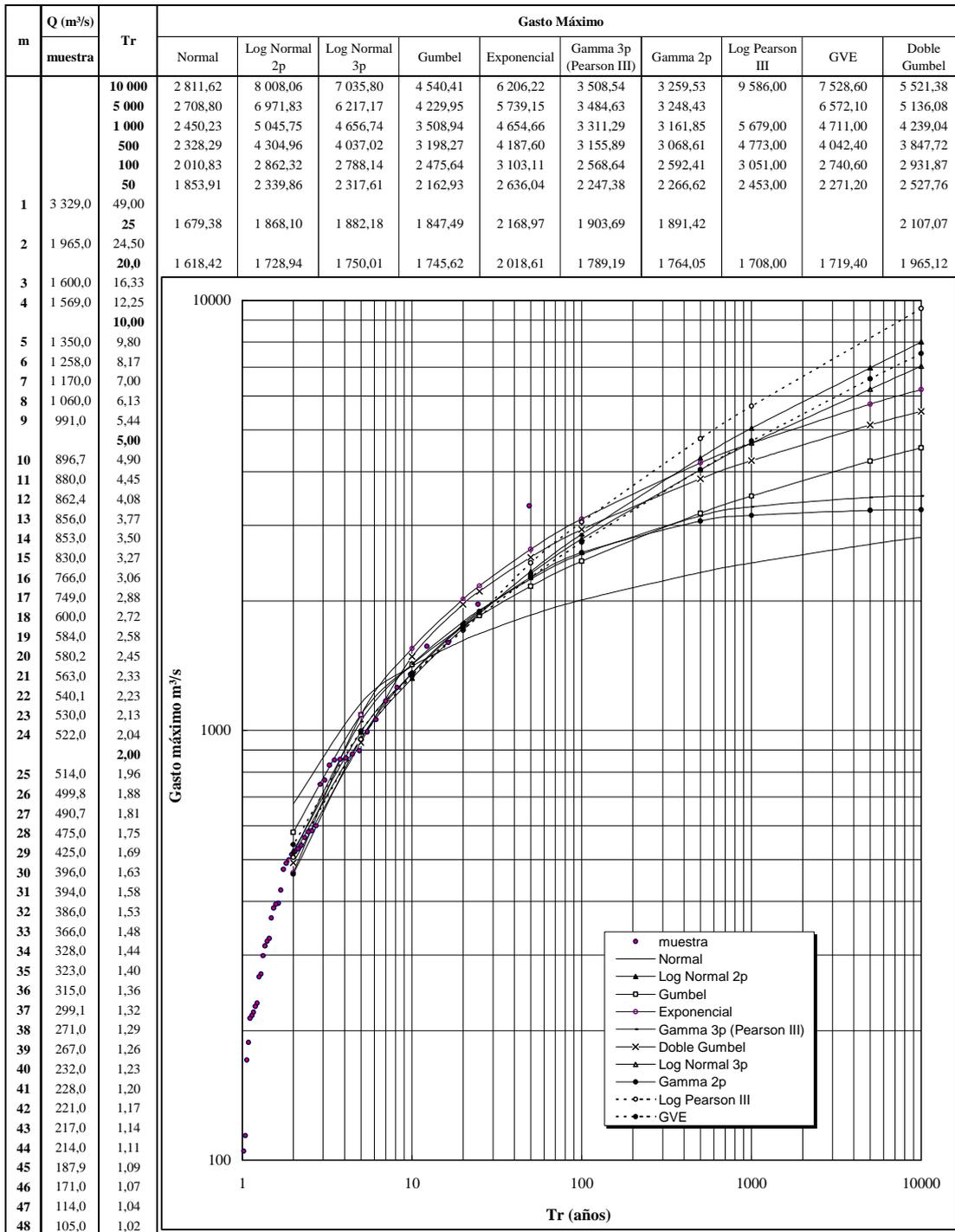
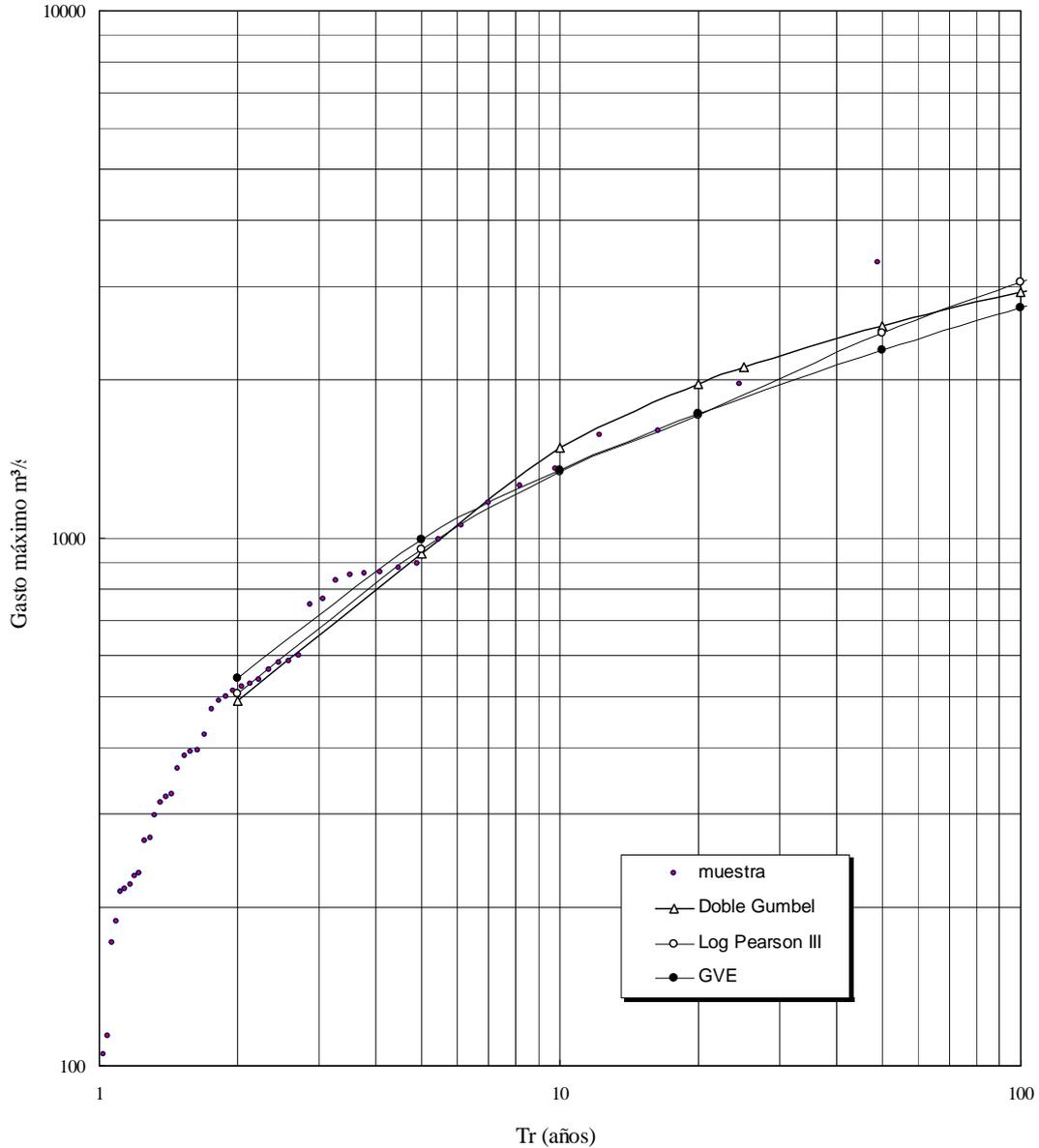


Figura 2.2 Comparación entre las funciones Doble Gumbel, LogPearson III y General de Valores Extremos

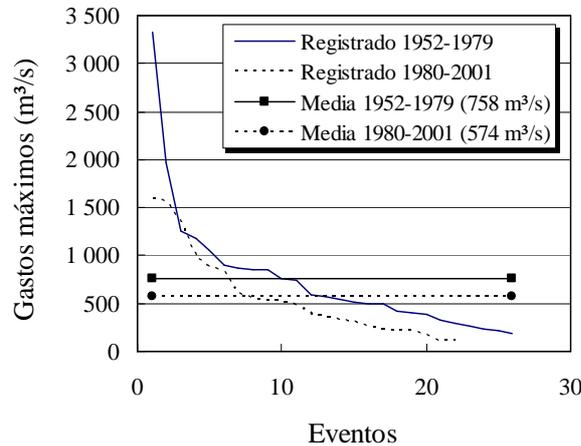


2.4.2 Análisis de los gastos máximos afectados

Como fue explicado en los antecedentes de este capítulo, los gastos máximos en el sitio del proyecto de la Presa Arcediano tiene dos importantes componentes: el río Verde y el río Santiago, este último, a partir de 1980, ha perdido la contribución correspondiente al lago de Chapala. Por lo tanto, es necesario considerar las condiciones actuales del río Santiago y en consecuencia la disminución del gasto pico de las avenidas presentadas.

En la figura 2.3 se muestran graficados los gastos máximos para los dos períodos antes y después del año de 1980. Se puede observar una reducción en el gasto pico a partir de 1980.

Figura 2.3 Registro de gastos máximos antes y después de cerrar el Lago de Chapala



Es importante mencionar que los niveles actuales del lago de Chapala se encuentran muy por abajo de su cota de rebosamiento, entre el nivel inferior promedio actual y el nivel superior de rebosamiento podría contenerse una avenida procedente del río Lerma con volumen aproximado de seis mil millones de metros cúbicos.

Para conocer la magnitud del impacto ocasionado por la falta de aportaciones del lago de Chapala en la formación de avenidas mayores se buscó la reducción del gasto máximo anual en la estación hidrométrica Arcediano.

En el análisis se utilizaron tres estaciones hidrométricas. Fue necesario utilizar la estación Las Juntas para conocer el gasto que correspondía al río Santiago del gasto máximo presentado en la estación Arcediano. El registro de la estación Corona representa las aportaciones del lago de Chapala hacía el río Santiago.

Para simplificar el modelo se consideró que la reducción en el gasto máximo entre las estaciones Las Juntas y Corona, corresponde a la ocurrida entre el sitio de la Presa Arcediano a consecuencia de la indisponibilidad de escurrimientos del lago de Chapala para con el río Santiago. El supuesto es válido dada la cercanía de la estación de la estación Las Juntas con la de Puente Arcediano (véase la figura 2.1).

Es importante mencionar que el gasto máximo de cada año, presentado en la estación Puente Arcediano, no necesariamente se presenta en la misma fecha del gasto máximo anual correspondiente a la estación ubicada aguas arriba, ya sea Las Juntas o Corona. En el cuadro 2.4 se muestra esta situación.

Cuadro 2.4 Gastos Máximos Anuales

Año	Estación Hidrométrica Corona				Estación Hidrométrica Las Juntas				Estación Hidrométrica Arcediano			
	Mes	Día	Hora	Q (m³/s)	Mes	Día	Hora	Q (m³/s)	Mes	Día	Hora	Q (m³/s)
1926				D / I								
1927				D / I								
1928	Ene	1	0	169,50								
1929				D / I								
1930	Nov	14	12	53,70								
1931				D / I								
1932				D / I								
1933				D / I								
1934	Oct	20	6	207,70								
1935	Sep	28	18	620,40								
1936	Ene	1	0	192,90								
1937	Jul	12	6	252,30								
1938	Ago	19	1	112,80								
1939	Jul	26	18	47,96								
1940	Sep	14	16	31,50								
1941	Nov	19	12	206,00								
1942	Jul	10	4	124,00								
1943	Sep	18	6	108,00								
1944	Oct	1	0	106,40								
1945	Jun	22	18	67,10								
1946	Ene	25	16	28,60								
1947	Ago	2	16	35,00								
1948	Dic	7	10	53,60								
1949	Ene	24	12	51,90								
1950	Ene	11	10	31,20								
1951	Oct	28	8	31,30				D / I				
1952	Sep	17	12	48,20	Jul	24	3	155,36	Ago	23		540,10
1953	Sep	11	20	47,90	Ago	20	4	198,00	Sep	1		580,20
1954	Sep	8	20	63,90	Jul	29	2	168,50	Jun	29		187,90
1955	Oct	17	1	124,00	Sep	16	4	470,00	Sep	26		896,70
1956	Oct	22	11	48,00	Jul	11	24	166,91	Jul	17		425,00
1957	Abr	30	6	46,40	Sep	29	16	69,40	Sep	21		267,00
1958	Nov	4	8	39,30	Jul	4	7	517,00	Jul	24		1 060,00
1959	Sep	3	6	175,00	Varios			256,86	Ago	22		490,70
1960	May	12	18	120,00	Ago	27	8	337,00	Ago	27		514,00
1961	Mar	24	14	52,20	Jul	8	22	187,80	Jul	8		499,80
1962	Abr	28	10	39,40	Jul	16	14	136,10	Sep	13		386,00
1963	Nov	29	13	57,00	Jul	29	12	170,70	Jul	29		862,40
1964	May	4	7	50,70	Jul	22	4	54,76	Sep	22		299,00
1965	Oct	12	18	227,00	Ago	14	9	394,75	Ago	15		1 170,00
1966	Sep	19	6	205,85	Ago	26	10	314,75	Ago	31		766,00
1967	Oct	18	6	386,50	Sep	23	1	887,00	Sep	7		1 965,00
1968	Sep	21	12	231,40	Jul	30	24	481,20	S/D	S/D		431,40
1969	Dic	22	13	49,40	Sep	17	2	100,80	Sep	24		228,00
1970	Jul	9	12	62,65	Ago	12	5	190,22	Sep	29		856,00
1971	Oct	16	12	326,75	Sep	30	15	400,00	Ago	17		853,00
1972	Jun	12	8	92,18	Jul	12	6	121,52	Sep	23		221,00
1973	Sep	11	18	378,90	Ago	17	4	883,75	Ago	17		3 329,00
1974	Jul	18	13	123,60	Ago	12	6	188,00	S/D	S/D		313,50
1975	Sep	13	1	124,08	Ago	31	7	586,16	Jul	24		749,00
1976	Nov	1	6	353,00	Sep	4	2	464,57	Jul	13		1 258,00
1977	Jul	4	12	182,20	Jul	9	3	458,00	Sep	12		584,00
1978	Oct	25	19	110,80	Oct	8	7	192,25	Oct	8		396,00
1979	Jul	26	6	42,90	Jun	28	20	92,90	Ago	16		323,00
1980	Nov	20	12	34,85	Ago	31	12	99,00	Ago	19		315,00
1981	Jul	28	9	32,60	Jul	1	1	142,80	Jun	22		328,00
1982	Sep	4	10	34,55	Ago	25	11	162,08	Jul	20		271,00
1983	Ago	9	12	46,70	Jul	28	10	167,60	Jul	4		563,00
1984	Ago	1	14	22,02				D / I	Jul	17		600,00
1985				D / I				D / I	Jun	28		880,00
1986	Jul	22	12	9,16				D / I	Jul	14		991,00
1987	Varios			4,50	Jul	9	9	176,00	Jul	10		232,00
1988	Sep	5	18	22,80				D / I	Ago	23		1 350,00
1989	Sep	23	13	16,04				S / D	Sep	14		171,00
1990	Jul	16	12	7,33				S / D	Ago	16		830,00
1991	Jul	22	12	90,60				S / D	Jul	16		1 569,00
1992	Ago	5	2	28,13				S / D	Oct	10		1 600,00
1993	Jul	3	11	17,15				S / D	Jul	16		394,00
1994	Oct	29	8	3,00				D / I	Sep	3		217,00
1995				28,6				D / I	Ago	20		475,00
1996								D / I	Oct	7		214,00
1997								D / I	Jul	10		114,00
1998								D / I	Oct	2		530,00
1999								D / I	Ago	31		522,00
2000									Jun			105,00
2001									Sep	3		366,00

Por lo tanto, fue necesario investigar cual fue el gasto ocurrido en las estaciones Las Juntas y Corona, cuando se presentó el gasto máximo anual en Puente Arcediano. Para llevar a cabo esta operación, primero se requiere conocer el tiempo de concentración entre las estaciones Corona y Puente Arcediano.

Por la corta distancia que existe entre las estaciones Las Juntas y Puente Arcediano, no se consideró significativo determinar el tiempo de concentración entre ellas, sólo se buscó el gasto máximo de la avenida inmediata anterior a la presentada en Puente Arcediano. En el cuadro 2.5 se muestra el tiempo de concentración obtenido bajo los diferentes criterios:

Cuadro 2.5 Tiempo de concentración entre las estaciones hidrométricas Corona y Puente Arcediano

Tramos	H (m)	L (km)	Tiempo de concentración (Tc) en horas			
			Velocidad de onda	Rowe	F.R.D.	E. Basso
Presa Corona	12	25	34,0	14,9	14,5	15,1
Sitio Juanacatlan	110	13,7	3,4	3,2	3,1	3,2
P.H. Puente Grande	310	43,5	11,7	8,1	8,0	8,2
P.H. Colimilla	93	12,3	3,2	3,0	2,9	3,0
P. Arcediano						
Total	525	94,5	52,4	29,2	28,5	29,6

Los resultados muestran un tiempo mínimo de poco más de un día (28,5 horas) y el máximo de más de dos días (52,4 horas). Puesto que se desconoce la hora a la cual ocurrió el evento máximo en la estación Puente Arcediano, se es flexible en la definición de la avenida presentada en la estación Corona. Es decir, en Puente Arcediano pudo ocurrir a las 24 horas y por lo tanto en Corona ocurrir a las 19,5 horas del día anterior (24 – 28,5); en el otro caso extremo, en Puente Arcediano pudo ocurrir a las 0 horas, en tanto que en Corona a las 19,6 de tres días atrás (0 – 52,4).

Entonces para la estación Corona, se consideró el gasto máximo presentado entre 1 y 3 días anteriores al evento ocurrido en la estación Puente Arcediano.

Es importante comentar que para las presas hidroeléctricas, existentes aguas arriba de la estación Puente Arcediano, no se consideró una regulación sobre el gasto analizado por dos razones: en primer lugar, la fecha en que se presentan estos gastos, temporada de precipitaciones, es común

que estas presas se encuentren derramando y operando simultáneamente; en segundo lugar y como se observará mas adelante, los gastos hallados aguas arriba no son valores importantes.

En el Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales se dispone de información de gastos máximos continuos para la estaciones Las Juntas y Corona. La utilización de la información de la estación Las Juntas, se debe básicamente a la intención de conocer el impacto real aproximado en el sitio del proyecto de la presa de Puente Arcediano. La estación Corona nos indica los gastos provenientes del lago de Chapala.

En el cuadro 2.6 se muestra la estimación del impacto la política de operación del lago de Chapala en el sitio del proyecto de la presa Arcediano. En las tres primeras columnas se refieren a la información de los gastos máximos en la estación hidrométrica Puente Arcediano, las columnas 4 y 5 son los gastos en las estaciones Las Juntas y Corona, respectivamente, simultáneos a los presentados en Puente Arcediano, hallados de acuerdo a los criterios mencionados en párrafos anteriores.

Cuadro 2.6 Gastos máximos afectados por la política actual del Lago de Chapala

Año	Arcediano		Gastos correspondientes (m ³ /s)		Las Juntas afectado		Arcediano afectado	
	Fecha	Gasto máximo (m ³ /s)	Las Juntas	Corona	Gasto (m ³ /s)	Variación	Gasto (m ³ /s)	Variación
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1952	AGO./23	540,10	118,21	48,20	70,01	40,8%	491,90	8,9%
1953	SEP./1	580,20	104,85	26,70	78,15	25,5%	553,50	4,6%
1954	JUN./29	187,90	25,70	9,50	16,20	37,0%	178,40	5,1%
1955	SEP./26	896,70	294,16	27,60	266,56	9,4%	869,10	3,1%
1956	JUL./17	425,00	144,61	6,71	137,90	4,6%	418,29	1,6%
1957	SEP./21	267,00	31,95	23,30	8,65	72,9%	243,70	8,7%
1958	JUL./24	1060,00	131,19	29,30	101,89	22,3%	1030,70	2,8%
1959	AGO./22	490,70	204,80	148,00	56,80	72,3%	342,70	30,2%
1960	AGO./27	514,00	337,00	25,80	311,20	7,7%	488,20	5,0%
1961	JUL./8	499,80	187,80	7,81	179,99	4,2%	491,99	1,6%
1962	SEP./13	386,00	31,78	15,80	15,98	49,7%	370,20	4,1%
1963	JUL./29	862,40	170,70	20,20	150,50	11,8%	842,20	2,3%
1964	SEP./22	299,00	24,64	3,18	21,46	12,9%	295,82	1,1%
1965	AGO./15	1170,00	228,28	32,50	195,78	14,2%	1137,50	2,8%
1966	AGO./31	766,00	292,25	175,35	116,90	60,0%	590,65	22,9%
1967	SEP./7	1965,00	346,63	229,85	116,78	66,3%	1735,15	11,7%
1968								
1969	SEP./24	228,00	98,40	30,00	68,40	30,5%	198,00	13,2%
1970	SEP./29	856,00	88,40	28,76	59,64	32,5%	827,24	3,4%
1971	AGO./17	853,00	123,50	27,40	96,10	22,2%	825,60	3,2%
1972	SEP./23	221,00	58,49	27,62	30,87	47,2%	193,38	12,5%
1973	AGO./17	3329,00	883,76	71,50	812,26	8,1%	3257,50	2,1%
1974								
1975	JUL./24	749,00	579,67	27,85	551,82	4,8%	721,15	3,7%
1976	JUL./13	1258,00	275,60	76,88	198,72	27,9%	1181,12	6,1%
1977	SEP./12	584,00	288,11	60,43	227,68	21,0%	523,57	10,3%
1978	OCT./08	396,00	192,25	27,50	164,75	14,3%	368,50	6,9%
1979	AGO./16	323,00	66,73	13,10	53,63	19,6%	309,90	4,1%
1980	AGO./19	315,00	16,58	15,46	1,12	93,2%	299,54	4,9%
						30,8%		6,9%

En el río Santiago, representado en este caso por la estación Las Juntas, se tiene una variación promedio del 30,8 %, al disminuirle los gastos de la estación Corona que representan las salidas del lago de Chapala.

Sin embargo, con respecto a los gastos máximos en la estación Puente Arcediano, esta variación se reduce al 6,9 %, lo cual indica que el río Verde es quien más aporta en la formación de los mayores eventos registrados en la estación Puente Arcediano.

Por lo tanto, estos gastos (columna 8) y los registrados en la estación Puente Arcediano después de 1980 son la muestra representativa de lo acontecido al sitio del proyecto de la presa Arcediano, descontado el efecto que tiempo atrás tenía el lago de Chapala sobre el río Santiago.

Análisis probabilístico de gastos máximos

Con la muestra de gastos máximos representativa para las condiciones actuales del río Santiago hasta el sitio de Puente Arcediano (48 datos), se lleva a cabo el análisis descrito en el inciso 2.4.1.

La función de distribución de probabilidad teórica con menor error cuadrático. En la cuadro 2.7 se presentan los valores obtenidos.

Cuadro 2.7 Prueba de ajuste del error cuadrático mínimo (gastos máximos afectados)

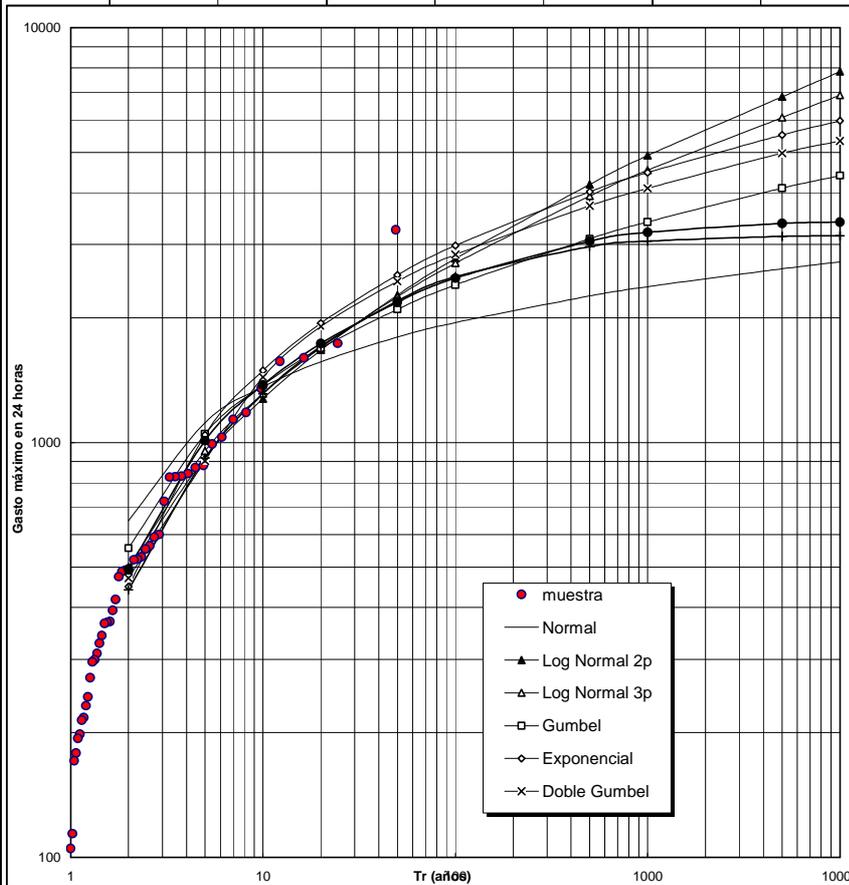
Función	Momentos		Máxima verosimilitud	
	2p	3p	2p	3p
Normal	292,250	-----	292,250	-----
Lognormal	156,061	158,685	163,024	174,897
Gumbel	204,012	-----	255,114	-----
Exponencial	154,464	-----	152,619	-----
Gamma	173,178	168,874	215,2	11111,0
Doble Gumbel		143,921		

La función con menor error cuadrático, nuevamente, es la Doble Gumbel. Para soportar el resultado es importante verificar mediante un gráfico que el comportamiento de la distribución teórica sea consistente con la distribución de los datos de la muestra. En el cuadro 2.8 se presenta el comportamiento de las diferentes funciones de distribución de probabilidad. En ella se verifica que la función con menor error cuadrático corresponde a una distribución consistente con los datos de la muestra.

Finalmente se extrapola para diferentes períodos de retorno el gasto máximo. En el cuadro 2.8 se presentan los valores extrapolados para cada función de probabilidad. Para la función seleccionada corresponde un gasto de 2 838 m³/s asociado a un Tr de 100 años y de 5 332 m³/s para un Tr de 10 000 años.

Cuadro 2.8 Gastos de diseño asociados a diferentes Tr (gastos máximos afectados)

m	Q (m ³ /s)	Tr	Gasto Máximo							
	muestra		Normal	Log Normal 2p	Log Normal 3p	Gumbel	Exponencial	Gamma 2p	Gamma 3p (Pearson III)	Doble Gumbel
		10 000	2 724,9	7 838,0	6 879,6	4 404,5	5 966,6	3 398,0	3 151,1	5 332,1
		5 000	2 625,0	6 816,1	6 074,8	4 102,9	5 517,5	3 374,6	3 140,2	4 982,8
		1 000	2 373,7	4 920,1	4 538,6	3 402,4	4 474,9	3 210,2	3 059,4	4 100,8
		500	2 255,3	4 192,3	3 930,2	3 100,5	4 025,9	3 057,6	2 969,8	3 722,4
		100	1 946,8	2 778,2	2 706,5	2 398,4	2 983,3	2 490,6	2 511,0	2 838,3
		50	1 794,4	2 267,4	2 246,5	2 094,6	2 534,3	2 178,1	2 194,3	2 447,5
1	3 257,5	49,00								
2	1 735,2	24,50								
		20	1 565,6	1 671,5	1 692,8	1 689,2	1 940,7	1 731,7	1 704,9	1 903,5
3	1 600,0	16,33								
4	1 569,0	12,25								
		10	1 362,2	1 275,2	1 310,9	1 375,9	1 491,6	1 377,1	1 309,7	1 437,4
5	1 350,0	9,80								
6	1 181,1	8,17								
7	1 137,5	7,00								
8	1 030,7	6,13								
9	991,0	5,44								
		5	1 116,1	918,8	954,4	1 049,4	1 042,6	1 009,9	916,6	903,0
10	880,0	4,90								
11	869,1	4,45								
12	842,2	4,08								
13	830,0	3,77								
14	827,2	3,50								
15	825,6	3,27								
16	721,2	3,06								
17	600,0	2,88								
18	590,7	2,72								
19	563,0	2,58								
20	553,5	2,45								
21	530,0	2,33								
22	523,6	2,23								
23	522,0	2,13								
24	492,0	2,00								
25	491,9	1,92								
26	488,2	1,85								
27	475,0	1,78								
28	418,3	1,71								
29	394,0	1,66								
30	370,2	1,60								
31	368,5	1,55								
32	366,0	1,50								
33	342,7	1,45								
34	328,0	1,41								
35	309,9	1,37								
36	299,5	1,33								
37	295,8	1,30								
38	271,0	1,26								
39	243,7	1,23								
40	232,0	1,20								
41	217,0	1,17								
42	214,0	1,14								
43	198,0	1,12								
44	193,4	1,09								
45	178,4	1,07								
46	171,0	1,04								
47	114,0	1,02								
48	105,0	1,00								

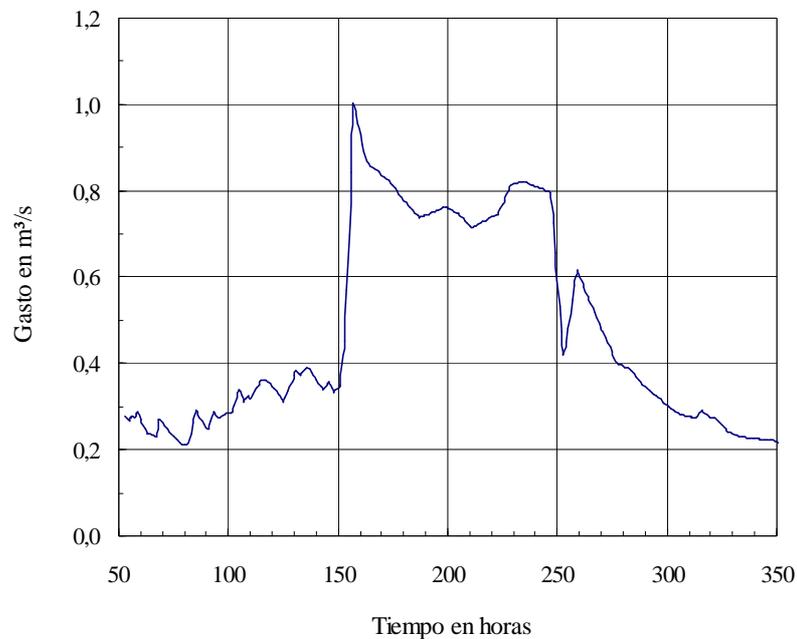


2.4.3 Forma de la avenida

Para determinar la forma de la avenida de diseño se tomó el hidrograma de la avenida máxima ocurrida en el año de 1967, la selección de éste corresponde al criterio conservador de utilizar el de características más desfavorables y no así el de mayor pico, que corresponde al de la avenida presentada en el año de 1973 y de la cual no se tiene mayor información que el gasto pico.

A partir del hidrograma seleccionado se obtiene el hidrograma unitario adimensional, para lo cual únicamente se requiere dividir las ordenadas entre el gasto pico. Las abscisas no se alteran, suponiendo el mismo tiempo de duración de la tormenta. El hidrograma adimensional se presenta en la figura 2.4.

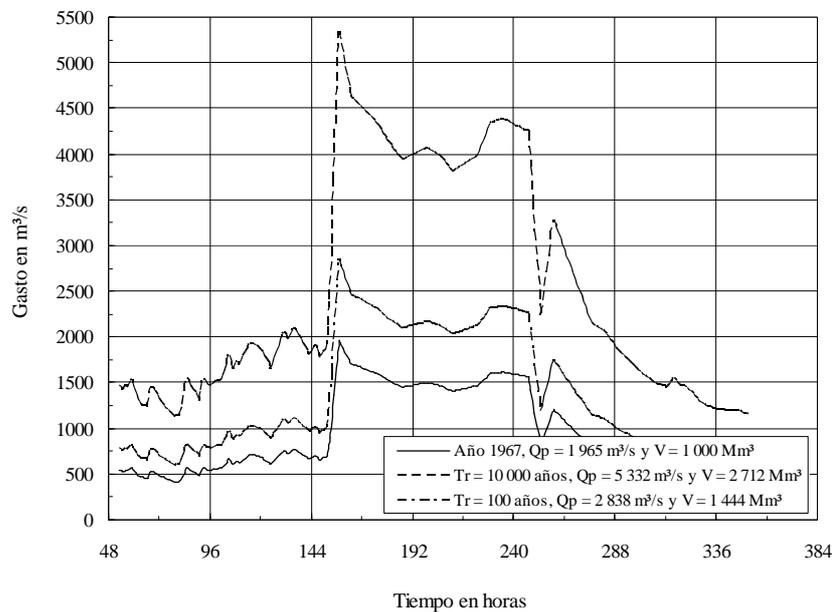
Figura 2.4 Hidrograma unitario adimensional



Al mayorar el pico de la avenida del año seleccionado con el gasto máximo de la avenida de diseño de la obra de desvío para un Tr de 100 años se obtiene un volumen de 1 444 Mm³. El volumen de la avenida de diseño de la obra de excedencias es de 2 712 Mm³.

En la figura 2.5 se presentan las avenidas de diseño obtenidas para las obras de desvío y excedencias.

Figura 2.5 Avenidas de diseño



2.5 DETERMINACIÓN DE LAS AVENIDAS DE DISEÑO MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO DE GASTOS MEDIOS DIARIOS PARA DIFERENTES DURACIONES⁷

El análisis desarrollado en el apartado 2.4 supone la existencia de una proporción directa entre el gasto pico y el volumen de la avenida, suposición que se contradice con los hechos registrados.

La ventaja del procedimiento a desarrollar en este apartado radica en permitir que se cumplan simultáneamente las relaciones estadísticas entre gastos máximos y volúmenes máximos, lo cual evita los errores inherentes al método tradicional.

La propuesta consiste en realizar un análisis estadístico de la sucesión de volúmenes máximos registrados para duraciones de uno, dos, tres hasta n días, y asociarlos con valores de probabilidad de ocurrencia.

2.5.1 Información

La información hidrométrica utilizada, es la contenida en los registros de la estación Puente Arcediano, ubicada en el sitio del proyecto en estudio y la de la estación Corona, como representativa de las aportaciones por parte del lago de Chapala al río Santiago y que ya no se cuenta con ellas en forma definitiva a partir de 1989. Desde 1980 se redujeron en forma importante las salidas del lago y el año de 1988 fue el último que se permitió la salida de algún volumen hacía el río Santiago.

⁷ Método desarrollado por Raúl de la Peña Salazar, Ramón Domínguez Mora, Jaime Kajomovitz Rubinstein y Heraclio Salvador Acha. Ingeniería Hidráulica en México / septiembre – diciembre de 1988.

En primer lugar se verificó que la información de gastos medios fuera consistente con los datos de gastos máximos instantáneos, siendo confiable la información recopilada.

Las características de las avenidas presentadas en el sitio del proyecto, principalmente en cuanto a su forma y duración, se determinaron con los hidrogramas de las avenidas presentadas en 1955, 1958, 1963, 1965 y 1967. En este sitio se tuvieron otros cinco eventos meteorológicos de mayor magnitud a los mencionados, pero no se consiguió información sobre éstos. En la figura 2.6 se muestran las avenidas registradas.

2.5.2 Volumen máximo

A partir del registro de gastos medios diarios de cada año, se encuentra el máximo volumen en un día, después en dos días sucesivos, en tres consecutivos hasta llegar a n días. Este procedimiento se realiza tanto para el registro de la estación Puente Arcediano como el de Corona.

El valor de n depende de las condiciones de cada cuenca, y puede ser observado en los eventos que ahí se presentan. En este caso, con la información presentada en la figura 2.6 se puede esperar que las avenidas tengan duraciones inferiores a los 15 días, sin embargo el análisis se extiende hasta 30 días.

Como se trata de un análisis en esencia estadístico, no es necesario que el volumen sucesivo para diferentes duraciones corresponda a la misma avenida. En el cuadro 2.9 se presenta los volúmenes máximos hallados para diferentes duraciones, una vez descontado al registro de la estación Puente Arcediano el de la estación Corona.

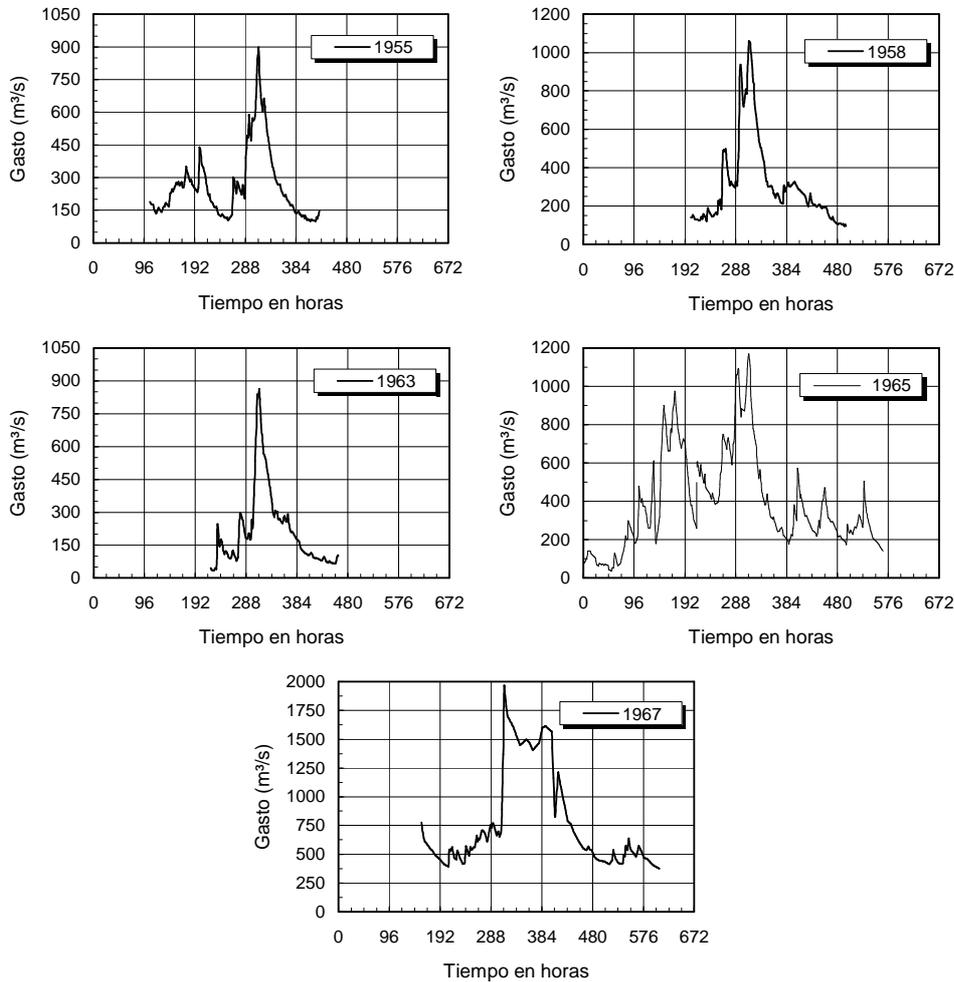
2.5.3 Ajuste probabilístico de los volúmenes máximos para diferentes duraciones

En cada día se realiza el análisis probabilístico de los volúmenes determinados en el inciso anterior. Las funciones de distribución de probabilidad a los cuales se ajustan los volúmenes son las utilizadas en el apartado 2.4.

En el cuadro 2.10 se presentan las pruebas por mínimo error cuadrático al ajuste encontrado en las diferentes funciones de probabilidad. Salvo dos excepciones (duraciones de 10 y 11 días), la función de distribución de probabilidad con mejor ajuste es la Doble Gumbel.

Por lo tanto, se adopta esta función para determinar los volúmenes extrapolados a 100 y 10 000 años, períodos de retorno asociados a las avenidas de diseño de la obra de desvío y de la obra de excedencias, respectivamente. En el cuadro 2.11 se muestran los volúmenes asociados a los períodos de retorno mencionados.

Figura 2.6 Hidrogramas de las avenidas registradas en la estación Puente Arcediano



2.5.4 Formación del hidrograma

El siguiente paso consiste en pasar a las ordenadas del hidrograma de la avenida, los volúmenes acumulados correspondientes al período de retorno seleccionado.

En primer lugar, se desagregan los volúmenes, reduciendo el volumen obtenido para una duración de 1 día al volumen con duración de dos días, el de dos al de tres y así sucesivamente. Véanse los resultados en la segunda parte del cuadro 2.11, en la tercera parte de este cuadro únicamente se ordenan los volúmenes en orden descendente.

Posteriormente, para acomodar los volúmenes se recurre a la forma típica de la avenida presentada en el sitio. En este sentido no se tiene una forma que pueda considerarse típica, véase la figura 2.7. Por lo tanto se determinó un hidrograma unitario adimensional promedio de las avenidas con información.

Este procedimiento consiste en dividir las ordenadas del hidrograma de la avenida entre el gasto máximo presentado en ésta. Posteriormente se hacen coincidir el gasto adimensional pico, ya en este caso con valor de uno, de todos los hidrogramas.

Por último, se promedian las ordenas de todos las avenidas para cada intervalo de tiempo. En la figura 2.8 se presenta el hidrograma unitario adimensional obtenido y que será utilizado para acomodar los volúmenes determinados.

Es importante mencionar que la adopción de esta forma de la avenida, no repercute en la determinación del gasto pico, únicamente es útil para acomodar los volúmenes ya determinados para cada duración.

En la sección 4 del cuadro 2.11 se muestra como quedan ordenados los volúmenes. En la sección 5 del mismo cuadro se obtienen los gastos de los hidrogramas de las avenidas de diseño de las obras de excedencias y desvío, respectivamente, y graficados en la figura 2.8.

El gasto máximo de la avenida de diseño de la obra de excedencias sería de 5 478 m³/s, el volumen de la avenida es de 3 064 Mm³ para una duración de la tormenta de 30 días y de 2 314 Mm³ para 15 días, que es la duración aproximada de estos eventos presentados en el sitio.

En el caso de la obra de desvío, el gasto máximo es de 2 542 m³/s, el volumen de la avenida es de 1 556 Mm³ para una duración de la tormenta de 30 días y de 1 171 Mm³ para 15 días.

Cuadro 2.9 Volúmenes máximos para diferentes duraciones y representativos de la situación actual en el sitio Puente Arcediano

Año	Duración (días)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30
1952	29	54	76	87	95	105	113	120	126	131	138	149	157	162	166	209	233	256
1953	30	55	79	107	127	143	158	172	184	198	210	219	227	252	273	354	377	391
1954	7	14	21	24	27	28	30	31	33	35	38	40	42	45	47	65	82	98
1955	49	88	128	170	203	227	262	291	317	340	362	373	383	394	405	485	557	597
1956	27	45	63	83	102	127	141	147	153	158	164	173	180	192	199	237	269	283
1957	10	15	20	27	32	37	42	50	55	59	62	64	66	67	68	72	80	82
1958	73	140	195	228	255	276	291	302	311	318	325	338	361	387	411	484	564	663
1959	21	39	52	70	86	97	110	122	135	147	160	173	185	195	205	231	260	293
1960	19	34	48	61	71	90	107	120	129	135	140	144	148	152	166	219	250	299
1961	27	54	80	102	123	139	152	164	170	180	191	200	207	213	217	239	290	322
1962	21	35	49	61	72	79	87	92	98	104	112	117	120	124	128	158	201	220
1963	43	82	104	130	157	178	196	224	248	269	283	295	302	313	324	410	454	500
1964	18	32	44	54	66	78	85	90	95	102	110	119	127	132	137	161	190	212
1965	61	118	155	177	200	234	256	271	278	320	362	384	394	404	410	449	458	478
1966	39	68	93	117	138	161	180	197	212	224	236	245	253	260	267	303	356	392
1967	100	194	295	379	454	496	526	551	573	586	598	613	715	790	853	966	1 012	1 162
1968	20	36	51	64	78	99	112	129	153	170	181	195	205	215	227	315	395	400
1969	11	16	22	29	32	33	34	35	39	41	45	49	51	52	52	54	58	65
1970	63	107	134	159	176	190	202	213	225	235	242	248	253	258	262	343	377	402
1971	32	64	91	110	133	149	168	185	199	212	223	234	257	279	302	401	461	514
1972	4	7	10	13	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	35	41	48	56
1973	178	304	420	535	592	627	650	681	701	708	708	707	702	696	696	747	723	687
1974	13	22	32	43	55	64	69	73	75	82	90	95	100	105	110	121	149	178
1975	39	71	102	133	164	193	217	238	263	283	295	308	320	329	334	369	481	587
1976	63	113	154	165	198	238	280	317	352	388	410	441	476	502	519	579	631	649
1977	27	43	63	82	97	115	137	161	188	211	231	244	253	265	274	299	312	306
1978	18	32	42	50	63	77	100	119	136	156	170	177	183	190	201	249	291	343
1979	16	33	42	50	58	63	68	70	74	77	79	81	82	84	88	111	125	135
1980	16	29	42	50	57	62	68	74	83	88	91	94	97	101	103	108	129	150
1981	16	27	38	44	47	50	56	61	67	74	79	87	94	100	106	135	157	192
1982	11	19	25	31	36	39	44	48	52	54	57	59	61	63	65	74	84	89
1983	31	56	80	95	110	122	132	140	152	168	186	194	202	210	217	246	280	325
1984	36	65	90	112	132	146	159	172	184	195	208	219	230	238	246	300	339	370
1985	30	51	67	77	86	95	103	110	117	125	133	144	152	159	165	203	258	310
1986	50	96	116	136	153	167	178	187	196	203	212	222	229	242	253	327	403	443
1987	12	22	31	39	45	52	61	69	76	79	84	91	97	101	106	130	148	168
1988	99	189	255	289	312	340	363	376	389	399	408	414	421	428	434	484	552	609
1989	10	17	23	29	36	39	42	45	47	49	51	53	57	60	63	80	99	115
1990	65	118	165	208	240	263	285	299	311	321	330	338	346	353	363	424	468	506
1991	118	235	352	448	536	615	701	784	851	926	1 016	1 103	1 191	1 271	1 356	1 653	1 775	1 839
1992	91	123	153	186	206	222	237	248	258	266	273	300	320	337	351	397	422	440
1993	19	36	51	61	71	80	87	99	115	130	143	153	161	170	177	203	232	252
1994	14	26	38	46	51	55	59	63	73	82	89	94	99	105	109	136	151	168
1995	34	59	82	102	117	131	142	152	162	171	183	195	206	215	224	336	375	399
1996	15	30	40	49	58	64	70	74	78	81	84	88	92	95	99	115	124	136
1997	6	11	15	19	22	25	28	31	33	36	38	40	44	49	52	64	75	89
1998	25	42	58	70	91	108	124	136	148	161	172	182	191	200	209	282	357	399
1999	26	48	62	72	80	90	103	113	122	130	139	159	171	179	187	234	253	262
2000	6	12	15	17	20	22	24	26	28	29	31	33	36	40	42	52	62	73
2001	21	39	53	65	73	80	84	89	95	100	104	110	115	120	124	140	149	158
2002	32	60	92	117	136	151	165	177	188	198	205	210	215	220	223	241	266	290

Cuadro 2.10 Prueba del error cuadrático mínimo al ajuste de los volúmenes para diferentes duraciones

Duración: 1 día					Duración: 2 días				
Función	Momentos		Máxima Verosimilitud		Función	Momentos		Máxima Verosimilitud	
	2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros		2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros
Normal	119		119		Normal	210		210	
Lognormal	55	58	51	11111	Lognormal	96	102	84	103
Gumbel	78		103		Gumbel	136		183	
Exponencial	52		49		Exponencial	88		80	
Gamma	59	55	79	66	Gamma	100	95	138	112
Doble Gumbel			43		Doble Gumbel			70	

Duración: 3 días					Duración: 4 días				
Función	Momentos		Máxima Verosimilitud		Función	Momentos		Máxima Verosimilitud	
	2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros		2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros
Normal	308		308		Normal	398		398	
Lognormal	145	153	135	161	Lognormal	190	200	189	217
Gumbel	204		270		Gumbel	271		351	
Exponencial	137		128		Exponencial	188		181	
Gamma	152	144	207	11111	Gamma	206	194	276	11111
Doble Gumbel			101		Doble Gumbel			137	

Duración: 5 días					Duración: 6 días				
Función	Momentos		Máxima Verosimilitud		Función	Momentos		Máxima Verosimilitud	
	2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros		2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros
Normal	453		453		Normal	485		485	
Lognormal	227	237	223	251	Lognormal	251	260	233	261
Gumbel	311		399		Gumbel	333		425	
Exponencial	222		214		Exponencial	243		233	
Gamma	246	230	316	11111	Gamma	266	253	338	11111
Doble Gumbel			172		Doble Gumbel			199	

Duración: 7 días					Duración: 8 días				
Función	Momentos		Máxima Verosimilitud		Función	Momentos		Máxima Verosimilitud	
	2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros		2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros
Normal	516		516		Normal	554		554	
Lognormal	261	271	232	262	Lognormal	276	287	242	275
Gumbel	350		448		Gumbel	376		479	
Exponencial	254		242		Exponencial	273		261	
Gamma	280	267	355	11111	Gamma	303	288	382	11111
Doble Gumbel			211		Doble Gumbel			226	

Duración: 9 días					Duración: 10 días				
Función	Momentos		Máxima Verosimilitud		Función	Momentos		Máxima Verosimilitud	
	2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros		2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros
Normal	581		581		Normal	607		607	
Lognormal	288	299	248	282	Lognormal	300	311	253	287
Gumbel	394		500		Gumbel	412		520	
Exponencial	288		277		Exponencial	303		294	
Gamma	321	306	402	11111	Gamma	339	325	419	11111
Doble Gumbel			238		Doble Gumbel			257	

Cuadro 2.10 Prueba del error cuadrático mínimo al ajuste de los volúmenes para diferentes duraciones

Duración: 11 días					Duración: 12 días				
Función	Momentos		Máxima Verosimilitud		Función	Momentos		Máxima Verosimilitud	
	2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros		2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros
Normal	650		650		Normal	697		697	
Lognormal	326	336	283	318	Lognormal	360	368	323	356
Gumbel	446		557		Gumbel	488		599	
Exponencial	335		329		Exponencial	376		373	
Gamma	373	362	456	11111	Gamma	414	407	500	11111
Doble Gumbel			286		Doble Gumbel			319	

Duración: 13 días					Duración: 14 días				
Función	Momentos		Máxima Verosimilitud		Función	Momentos		Máxima Verosimilitud	
	2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros		2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros
Normal	769		769		Normal	830		830	
Lognormal	406	415	385	419	Lognormal	438	447	430	491
Gumbel	548		667		Gumbel	596		723	
Exponencial	427		423		Exponencial	466		461	
Gamma	466	459	562	11111	Gamma	506	499	612	11111
Doble Gumbel			355		Doble Gumbel			380	

Duración: 15 días					Duración: 20 días				
Función	Momentos		Máxima Verosimilitud		Función	Momentos		Máxima Verosimilitud	
	2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros		2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros
Normal	897		897		Normal	1072		1072	
Lognormal	481	490	482	544	Lognormal	615	621	609	669
Gumbel	653		785		Gumbel	803		937	
Exponencial	517		512		Exponencial	665		667	
Gamma	558	553	670	11111	Gamma	709	724	821	11111
Doble Gumbel			447		Doble Gumbel			553	

Duración: 25 días					Duración: 30 días				
Función	Momentos		Máxima Verosimilitud		Función	Momentos		Máxima Verosimilitud	
	2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros		2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros
Normal	1100		1100		Normal	1133		1133	
Lognormal	659	661	634	690	Lognormal	683	686	657	717
Gumbel	828		952		Gumbel	848		976	
Exponencial	702		729		Exponencial	723		773	
Gamma	751	780	848	756	Gamma	777	797	872	772
Doble Gumbel			614		Doble Gumbel			647	

Cuadro 2.11 Volúmenes determinados para diferentes duraciones

Duración en días	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
	Extrapolación		Desagregación		Orden descendente		Orden de acuerdo a forma típica		Gastos (m³/s)	
	10 000	100	10 000	100	10 000	100	10 000	100	10 000	100
1	291,4	159,4	291,4	159,4	473,3	219,6	77,8	42,9	900,5	496,5
2	524,3	286,1	232,9	126,7	291,4	159,4	92,5	52,4	1 070,6	606,5
3	769,6	412,1	245,3	126,0	245,3	126,7	148,6	74,2	1 719,9	858,8
4	997,0	524,0	227,4	111,9	232,9	126,0	232,9	126,0	2 695,6	1 458,3
5	1 144,0	601,3	147,0	77,3	227,4	111,9	157,2	86,9	1 819,4	1 005,8
6	1 247,3	657,7	103,3	56,4	157,2	86,9	147,0	68,2	1 701,4	789,4
7	1 339,3	710,7	92,0	53,0	156,8	79,1	103,3	53,0	1 195,6	613,4
8	1 457,5	767,4	118,2	56,7	151,2	77,3	227,4	111,9	2 631,9	1 295,1
9	1 550,0	813,4	92,5	46,0	148,6	74,2	245,3	126,7	2 839,1	1 466,4
10	1 627,8	856,3	77,8	42,9	147,0	68,2	473,3	219,6	5 478,0	2 541,7
11	1 731,1	908,7	103,3	52,4	126,3	65,6	291,4	159,4	3 372,7	1 844,9
12	1 857,4	962,8	126,3	54,1	119,5	56,7	156,8	79,1	1 814,8	915,5
13	2 014,6	1 037,0	157,2	74,2	118,2	56,4	151,2	77,3	1 750,0	894,7
14	2 165,8	1 102,6	151,2	65,6	103,3	54,1	119,5	56,7	1 383,1	656,2
15	2 314,4	1 170,8	148,6	68,2	103,3	53,0	103,3	54,1	1 195,6	626,2
20	2 787,7	1 390,4	473,3	219,6	92,5	52,4	118,2	56,4	1 368,1	652,8
25	2 944,5	1 477,3	156,8	86,9	92,0	46,0	126,3	65,6	1 461,8	759,3
30	3 064,0	1 556,4	119,5	79,1	77,8	42,9	92,0	46,0	1 064,8	532,4

Figura 2.7 Hidrograma unitario adimensional

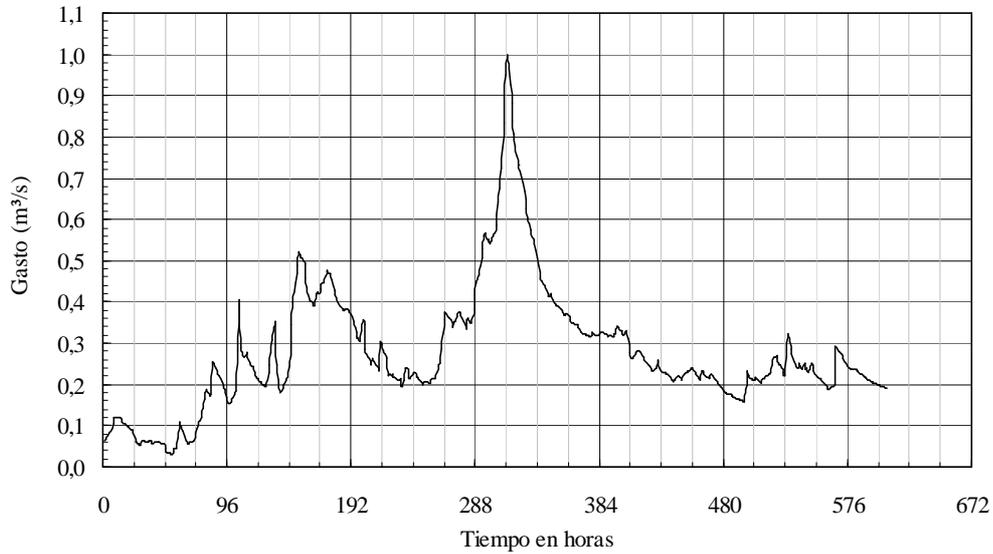
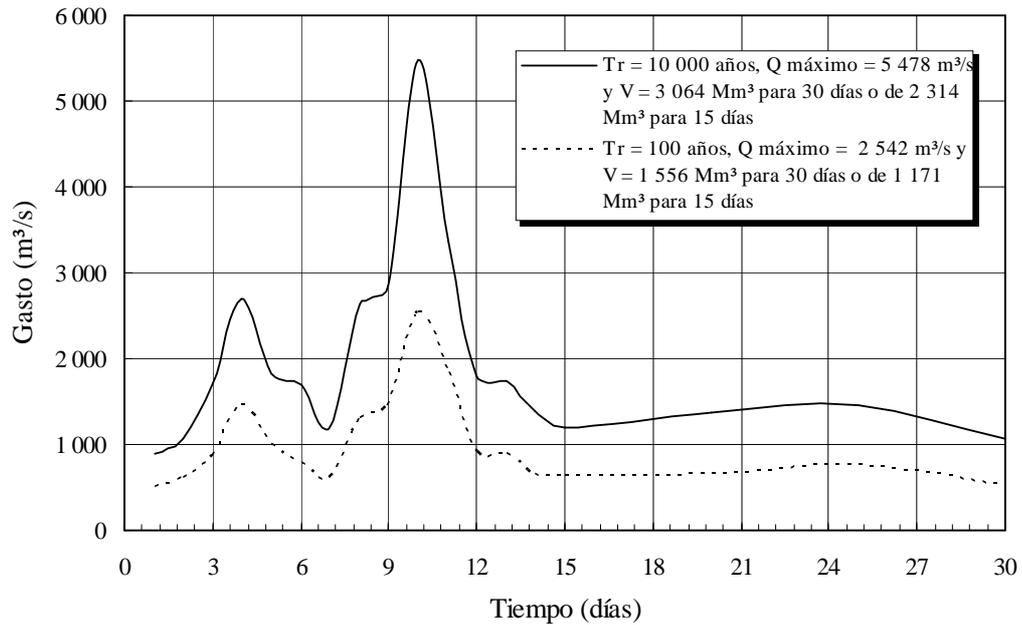


Figura 2.8 Hidrogramas de diseño



2.6 COMPARACIÓN DE RESULTADOS

En el cuadro 2.12 se resumen los resultados obtenidos en el estudio. Se consideran básicamente dos resultados, ambos han considerado el impacto, en la formación de avenidas, al no existir la aportación del lago de Chapala hacia el río Santiago.

Cuadro 2.12 Resumen de resultados

Criterio de análisis	Gasto máximo (m ³ /s)	Volumen (Mm ³)	Tr (años)
Análisis probabilístico de gastos máximos anuales y volumen de la avenida mediante mayoración	5 332	2 712	10 000
	2 838	1 444	100
Análisis de volúmenes medios diarios para diferentes duraciones	5 478	2 314	10 000
	2 542	1 171	100

El criterio más desfavorable en cuenta al gasto máximo se refiere, corresponde al análisis de volúmenes medios diarios para la obra de excedencias y el análisis probabilístico de gastos máximos para la obra de desvío. En el caso del volumen de la avenida, en ambas obras el criterio de mayoración resultan valores más altos.

2.7 CONCLUSIÓN

En general, los resultados obtenidos en ambos criterios son consistentes con la información y entre ellos mismos.

Dado que la información utilizada en la mayoración del gasto máximo corresponde a un solo año y el criterio de análisis de volúmenes medios diarios abarco un período de 51 años, situación favorable para cumplir con las relaciones estadísticas entre gastos máximos y volúmenes máximos, se recomienda adoptar los del análisis de volúmenes medios diarios para diferentes duraciones.

Por lo tanto, el gasto máximo de la obra de excedencias es de 5 478 m³/s con un volumen de 2 314 Mm³ y para la obra de desvío de 2 542 m³/s con un volumen de 1 171 Mm³.

3 ESCURRIMIENTOS DISPONIBLES EN EL RÍO VERDE

3.1 ANTECEDENTES

Para determinar los escurrimientos en el río Verde se utilizó la metodología establecida por la Comisión Nacional del Agua⁸. En general, esta metodología consiste en la aplicación de la ecuación de continuidad, mediante la identificación y la relación adecuada de las variables hidrológicas que intervienen en el proceso del balance.

La cuenca del río Verde forma parte de la región hidrológica Lerma-Santiago, dentro de la clasificación hidrológica pertenece a la región número 12. El río Verde fluye por margen derecha al río Santiago y el área de su cuenca es de 20 500 km². La integración estatal de la superficie de esta cuenca se muestra en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1 Superficie de la cuenca del río Verde por Estado

Estado	Área (km ²)	%
Zacatecas	3 086	15,05
Aguascalientes	4 300	20,98
Guanajuato	1 450	7,07
Jalisco	11 664	56,9
Total	20 500	100,00

Fuente: Diario Oficial, lunes 28 de noviembre de 1994.

Los orígenes del río Verde se encuentran en el Estado de Zacatecas, en la parte más elevada de la cuenca y su desembocadura ocurre a 10 km al noreste del centro de la Ciudad de Guadalajara. La longitud del cauce es de aproximadamente 350 km y la pendiente media es de 0,0037.

Las aguas superficiales constituyen la mayor parte tanto de los recursos hídricos como de requerimientos de agua en nuestro país (aproximadamente el 87% y el 67%, respectivamente).

La competencia por las aguas superficiales origina problemas de distribución los cuales requieren, para su solución, de criterios que permitan ofrecer los volúmenes apropiados. Dichos criterios deben considerar fundamentalmente la cantidad de agua que las cuencas pueden generar como escurrimiento virgen.

⁸ Norma Oficial Mexicana (NOM-011-CNA-2000) “*Conservación del recurso Agua que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales*”.

Escorrimento virgen por cuenca propia es el gasto generado por una cuenca en la cual no existen aprovechamientos. Representa la máxima cantidad de agua superficial que una cuenca puede producir. Su valor medio anual es considerado, dentro de la planeación hidráulica, como parámetro fundamental del potencial de los recursos hidráulicos superficiales.

Las actividades consideradas en presente análisis parten de los resultados contenidos en el *estudio de disponibilidad y balance hidráulico actualizado de aguas superficiales de las cuencas de los Ríos Verde y Juchipila*. La adecuación de este estudio consiste básicamente en obtener los escurrimientos a nivel mensual en el sitio del proyecto de la presa Puente Arcediano.

En este estudio el interés radica en el análisis presentado para el río Verde, ya que de esta corriente se obtiene la aportación al proyecto de la presa Arcediano, la cual suministrará de agua para uso público urbano de la Zona Metropolitana de Guadalajara, 9,6 m³/s.

Su relevancia es mayor, ya que aguas arriba de este proyecto, sobre el río Verde se tiene considerado el proyecto de la presa San Nicolás de uso público urbano para la ciudad de León, Gto., con 3,8 m³/s y para poblaciones rurales del estado de Jalisco, con 1,8 m³/s.

Además, de las cantidades especificadas, se manejan otras dos volúmenes de reserva en el estado de Jalisco: 0,4 m³/s para las poblaciones de Tepatitlán y Valle de Guadalupe, abastecidas por la presa El Salto, y 0,4 m³/s para usos pecuarios, también en el estado de Jalisco, mediante la construcción de bordos.

Cuadro 3.2 Subcuencas del río Verde

No.	Subcuenca
V1	San Francisco de los Romo
V2	Presa Calles
V3	Presa Niágara
V4	Presa El Cuarenta
V5	San Gaspar
V6	Presa Ajojucar
V7	Presa Agostadero
V8	Río Encarnación
V9	Paso del Sabino
V10	San Miguel
V11	El Salto
V12	La Cuña
V13	Purgatorio

En el estudio citado, para fines de análisis, se dividió en 13 subcuencas la cuenca del río Verde (véase el cuadro 3.2 y la figura 3.1). De esta división el escurrimiento generado por las primeras nueve subcuencas corresponde al volumen disponible al sitio de la presa San Nicolás, por lo

tanto, estas subcuencas deberían tener la capacidad para suministrar un gasto firme de 5,6 m³/s (3,8 m³/s asignados a la ciudad de León, Gto.+ 1,8 para poblaciones rurales del estado de Jalisco).

Figura 3.1 Subcuencas del río Verde



En tanto, las últimas cuatro cuencas deberían generar un gasto firme de 10,4 m³/s en el sitio de la presa Arcediano y sin contar los escurrimientos del río Santiago, que están comprometidos para usos aguas abajo de este aprovechamiento. Este gasto se compone por los 9,6 m³/s para uso público urbano de la Zona Metropolitana de Guadalajara más 0,4 m³/s para las poblaciones de Tepatitlán y Valle de Guadalupe más 0,4 m³/s para usos pecuarios en el estado de Jalisco.

Entonces el objetivo de este estudio es determinar los escurrimientos disponibles en el proyecto de la presa Arcediano. Por lo tanto, es necesario conocer los escurrimientos disponibles en el sitio del proyecto de la presa San Nicolás y realizar el balance hidráulico de los escurrimientos en la parte baja de la cuenca, es decir de las últimas cuatro subcuencas.

3.2 VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Es necesario validar la información utilizada en el balance hidráulico de las subcuencas: V9, V10, V11 y V12. La validación corresponde a los volúmenes escurridos utilizados en el estudio de disponibilidad, que son los registrados por las estaciones hidrométricas La Cuña, Puente Arcediano y Las Juntas. El registro de las dos primeras son parte de las variables hidrológicas usadas dentro del balance hidráulico y la tercera sirve para reducir en el sitio del proyecto de la presa de Arcediano los escurrimientos provenientes del río Santiago.

El registro de escurrimientos medio anual de las estaciones mencionadas, utilizado en el estudio de disponibilidad, se muestra en el cuadro 3.3. Se señalan con letra *itálica* los valores que fueron inferidos. En el mismo cuadro se presenta la actualización de esta información, se somborean los datos que cambiaron de valor.

La actualización de la estación La Cuña consistió en complementar y en su caso sustituir los datos con los registros contenidos en el Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) con información al año de 1999. Este registro únicamente se requiere a nivel anual.

En el caso de la estación Puente Arcediano la información se actualizó a nivel mensual (véase el cuadro 3.4), parte de ella se cotejó y es su caso se cambió por los datos contenidos en el BANDAS. La otra parte, los años 1973 y 1974 (8 meses), se obtuvieron mediante la correlación de escurrimientos con la estación hidrométrica Las Juntas.

El registro original de la estación Las Juntas, también a nivel mensual, únicamente tiene información hasta 1987, la mayor parte de los datos faltantes antes de este año y después del mismo se obtuvieron al correlacionar su información con la de la estación Arcediano.

El coeficiente de correlación mensual promedio entre ambas estaciones es 0,93, bastante aceptable para inferir información hidrométrica. Se verificaron las siguientes funciones de ajuste: lineal, logarítmica, exponencial y potencial. De estas funciones se seleccionó la de mayor coeficiente de correlación.

Sin embargo, los resultados fueron sujetos a revisión para conocer su consistencia con la información de la estación hidrométrica Puente Arcediano. El criterio de revisión es que no puede existir, dada la cercanía entre estaciones, un escurrimiento menor aguas abajo al de aguas arriba. Cuando se presentaba esta situación, se procedía de alguna de las dos siguientes formas:

Primera, de existir otra función con un coeficiente de correlación aceptable, igual o mayor de 0,8, se calculaban nuevamente los escurrimientos y después se revisaron.

Segunda, de no existir otra función aceptable o de prevalecer la inconsistencia, se adoptó el valor registrado por la estación Puente Arcediano.

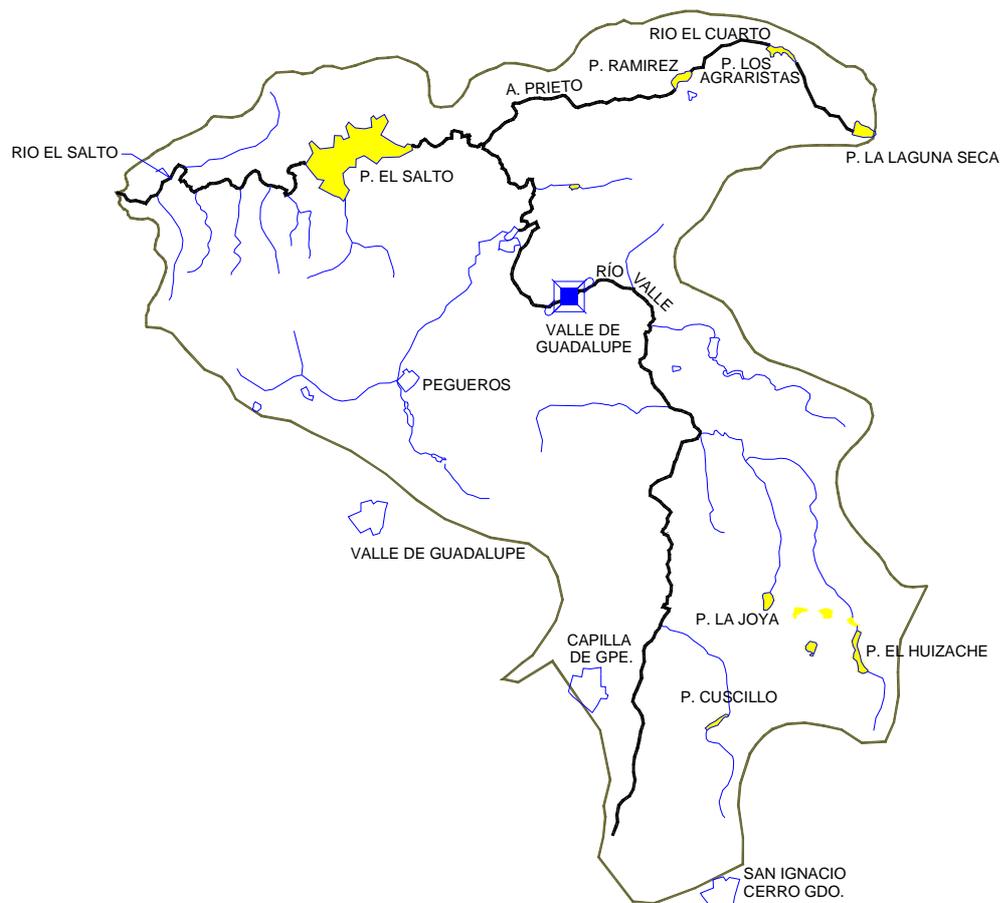
En el cuadro 3.5 se muestra la matriz de escurrimientos de la estación hidrométrica Las Juntas.

Por otra parte, se anexa a los registros hidrométricos útiles para el balance, la información de la estación hidrométrica Valle de Guadalupe (véase el cuadro 3.6). Con estos escurrimientos se generan los correspondientes a la subcuenca El Salto.

Se empleó el método directo de transporte de información hidrométrica que se fundamenta en similitudes climáticas y fisiográficas entre cuencas para estimar los volúmenes escurridos en una cuenca a partir de la información registrada en otra.

Los registros mensuales en la estación hidrométrica Valle de Guadalupe en el período 1942-1999 para una cuenca drenada de 396 km² presentan una media anual de 60,54 Mm³. El área drenada por la subcuenca El Salto tiene una superficie de 716 km², (véase la figura 3.2), se obtiene un factor de traslado de 1,8081 adimensional y con los datos mensuales de Valle de Guadalupe resulta un escurrimiento medio anual a la salida de la subcuenca de 109,45 Mm³ en el período 1942 – 2001, véase el cuadro 3.7, y de 118,29 Mm³ en el período 1952 – 2001.

Figura 3.2 Cuenca drenada de la subcuenca El Salto



Cuadro 3.3 Esguerrimiento anual en las estaciones hidrométricas

Año	Registro histórico			Información actualizada		
	La Cuña	Arcediano	Las Juntas	La Cuña	Arcediano	Las Juntas
1945	<i>473 591</i>	<i>1 655 171</i>	<i>886 435</i>	473 591	1 655 171	886 435
1946	<i>454 634</i>	<i>1 615 611</i>	<i>857 783</i>	454 634	1 615 611	857 783
1947	<i>565 194</i>	<i>1 846 328</i>	<i>1 024 884</i>	565 194	1 846 328	1 024 884
1948	<i>757 539</i>	<i>2 247 711</i>	<i>1 315 594</i>	<i>757 539</i>	<i>2 247 711</i>	<i>1 315 594</i>
1949	<i>388 014</i>	<i>1 476 590</i>	<i>757 094</i>	388 014	1 476 590	757 094
1950	413 237	<i>1 529 225</i>	<i>795 216</i>	413 237	1 529 225	795 216
1951	437 659	<i>1 580 189</i>	<i>832 128</i>	437 659	1 580 189	832 128
1952	548 992	1 268 609	620 329	548 992	1 268 609	620 331
1953	518 656	1 282 963	643 469	518 656	1 282 963	643 469
1954	302 673	1 015 446	704 861	302 673	1 015 446	704 862
1955	973 118	2 177 662	876 077	973 118	2 177 662	876 075
1956	492 605	1 349 886	738 343	492 605	1 349 886	738 343
1957	171 576	873 190	687 819	171 576	873 190	687 819
1958	1 570 235	3 127 290	985 347	1 570 235	3 127 290	985 347
1959	527 715	2 570 634	1 995 222	527 715	2 570 634	1 995 223
1960	325 349	1 293 685	855 067	325 349	1 293 685	855 067
1961	358 296	1 253 766	760 020	358 296	1 253 766	760 021
1962	437 504	1 196 204	640 843	437 504	1 196 204	640 841
1963	922 081	1 786 559	701 301	922 081	1 786 859	701 301
1964	410 200	1 122 287	610 908	410 200	1 122 287	610 909
1965	1 241 029	3 165 144	1 596 342	1 241 029	3 165 144	1 592 364
1966	602 290	2 684 020	1 922 565	602 290	2 684 020	1 922 566
1967	1 899 260	6 711 220	4 476 153	1 899 260	6 711 220	4 476 153
1968	593 079	4 248 658	2 764 821	593 079	3 542 507	2 739 692
1969	195 763	1 490 573	767 222	195 763	956 730	762 118
1970	872 967	1 525 892	792 802	872 967	1 853 782	792 801
1971	1 366 076	4 377 231	2 857 942	1 366 076	4 609 905	2 857 941
1972	274 666	2 090 453	1 201 697	274 666	1 594 967	1 201 698
1973	1 969 912	4 495 224	2 943 401	1 969 912	6 436 696	2 914 617
1974	364 506	2 462 044	1 470 829	364 506	1 872 319	1 446 770
1975	864 459	2 326 336	1 372 540	864 459	2 343 165	1 329 199
1976	1 448 454	5 154 023	3 420 550	1 448 454	4 605 986	3 372 182
1977	570 023	2 698 908	1 642 383	570 023	2 296 418	1 628 275
1978	462 136	1 890 836	1 057 120	462 136	1 641 854	1 057 121
1979	216 733	1 433 045	725 556	216 733	1 040 943	725 555
1980	494 958	1 040 980	441 595	285 571	829 084	412 150
1981	278 494	883 166	327 295	270 888	672 952	266 212
1982	243 262	758 684	237 136	143 917	295 676	194 753
1983	487 071	857 850	308 959	487 071	958 029	234 942
1984	451 211	747 838	229 281	451 211	959 242	272 441
1985	353 309	826 613	286 335	353 309	743 674	192 633
1986	793 196	832 203	290 384	814 682	1 038 713	241 729
1987	255 701	774 787	248 799	251 971	531 033	227 343
1988	694 856	2 116 904	1 220 855	694 856	1 261 812	485 378
1989	226 291	1 139 108	512 666	226 291	327 962	161 271
1990	784 321	2 303 600	1 356 073	806 182	1 136 969	512 297
1991	1 723 019	4 262 465	2 774 821	1 723 019	2 508 225	956 850
1992	946 124	2 641 249	1 600 622	946 124	1 592 207	1 044 793
1993	325 676	1 346 504	662 877	325 676	628 792	301 058
1994	243 092	1 174 168	538 059	243 092	499 519	258 832
1995	457 311	1 621 198	861 830	454 585	762 915	239 464
1996	218 399	1 122 639	500 738	352 928	455 850	89 970
1997	126 766	931 420	362 244	127 959	343 137	200 291
1998				344 680	803 131	406 325
1999				254 588	645 880	294 674
2000				609 979	292 294	169 088
2001				609 979	530 014	240 779
Promedio de todo el período	624 401	1 969 887	1 114 363	621 690	1 757 939	988 683
Promedio en el período 1952 - 2001	643 552	2 009 851	1 143 306	625 578	1 669 825	940 839

Notas:

Los valores con símbolos en *itálicas* representan la información inferida en el estudio del Balance Hidráulica de los ríos Verde y Juchipila
 Los valores sombreados representan la información modificada y/o actualizada para utilizarse en la presente Adecuación Hidrológica.

Cuadro 3.4 Escurrimientos mensuales en la estación hidrométrica Puente Arcediano (Mm³)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Annual
1952	41,353	39,984	37,247	44,858	43,778	113,162	261,759	283,542	179,875	122,739	52,200	48,112	1 268,609
1953	52,944	51,519	54,170	54,592	47,971	87,006	140,233	333,608	267,098	71,931	63,759	58,132	1 282,963
1954	59,954	57,304	65,682	60,061	53,357	109,080	173,327	142,340	86,276	87,568	59,330	61,167	1 015,446
1955	68,437	48,781	49,520	28,905	28,763	49,902	211,450	680,455	573,079	310,457	71,551	56,362	2 177,662
1956	47,861	48,022	49,594	48,659	69,379	118,919	356,931	293,378	123,604	68,116	62,735	62,688	1 349,886
1957	64,240	55,255	63,451	60,416	61,589	64,419	87,623	88,216	128,204	81,952	58,914	58,911	873,190
1958	57,073	51,950	63,110	57,658	59,915	135,830	715,395	361,380	679,196	416,448	433,297	96,038	3 127,290
1959	81,347	67,824	73,846	76,865	69,858	134,074	315,624	629,138	404,522	342,744	292,327	82,465	2 570,634
1960	74,726	74,561	76,454	71,010	82,609	56,383	170,638	326,568	175,254	70,162	55,001	60,319	1 293,685
1961	63,973	50,762	52,414	50,858	60,400	83,509	381,719	211,267	106,882	66,946	63,502	61,534	1 253,766
1962	59,700	52,014	54,494	56,790	54,416	87,459	251,768	94,914	237,284	141,982	56,841	48,542	1 196,204
1963	51,747	45,802	46,544	40,599	47,821	98,969	541,957	453,644	231,686	100,035	58,083	69,972	1 786,859
1964	66,864	61,184	62,259	57,916	62,614	93,229	124,791	155,695	216,852	106,389	56,253	58,241	1 122,287
1965	58,520	57,561	55,076	48,047	46,612	58,584	125,427	968,544	605,211	870,249	197,309	74,004	3 165,144
1966	70,734	72,832	90,337	108,038	185,500	339,559	355,986	523,594	643,368	125,758	85,640	82,674	2 684,020
1967	82,988	76,645	86,476	88,198	77,396	147,790	601,324	733,629	1 868,290	1 317,627	1 000,438	630,419	6 711,220
1968	265,176	210,668	286,761	249,697	261,579	151,452	631,697	697,420	514,428	103,144	80,206	90,279	3 542,507
1969	90,052	81,103	72,671	66,003	57,234	60,159	113,589	69,231	133,319	82,072	64,085	67,212	956,730
1970	58,312	54,995	55,631	59,426	67,952	181,619	317,780	313,157	421,547	188,928	62,169	72,266	1 853,782
1971	70,752	64,642	71,325	59,686	69,951	170,691	234,578	901,453	1 090,279	1 195,862	538,948	141,738	4 609,905
1972	115,044	114,221	115,782	117,963	123,477	256,260	239,040	157,925	140,171	77,422	65,123	72,539	1 594,967
1973	72,680	60,896	66,833	68,178	69,909	77,926	666,224	1 551,007	2 504,011	971,108	199,232	128,693	6 436,696
1974	118,076	106,215	106,268	109,800	115,156	150,182	350,292	429,719	176,817	80,043	60,494	69,258	1 872,319
1975	68,856	58,611	57,361	58,586	99,437	124,384	434,128	731,138	501,083	82,097	57,460	70,024	2 343,165
1976	70,708	64,723	60,435	71,577	82,916	71,280	1 251,848	947,033	663,893	649,903	420,505	251,165	4 605,986
1977	82,860	81,216	123,379	126,142	149,817	271,294	450,404	171,158	525,227	109,553	98,321	107,047	2 296,418
1978	93,916	89,164	102,463	70,414	75,687	111,628	126,142	161,396	274,149	367,891	87,180	81,824	1 641,854
1979	77,503	70,935	75,688	67,394	72,832	70,932	88,818	179,192	124,329	72,058	68,685	72,577	1 040,943
1980	58,586	58,221	58,841	57,755	56,218	55,222	131,930	179,281	137,287	33,865	24,707	16,506	829,084
1981	20,130	23,069	16,631	13,262	8,229	72,988	210,092	130,322	125,539	23,916	16,663	12,111	672,952
1982	12,322	12,103	11,061	7,242	8,713	6,914	95,822	74,437	31,780	15,632	7,978	11,672	295,676
1983	10,178	7,287	7,255	5,834	7,085	15,092	308,628	297,208	240,024	32,553	17,936	8,949	958,029
1984	9,401	8,580	7,388	6,310	6,964	74,608	379,588	275,644	141,343	25,845	11,811	11,760	959,242
1985	11,028	9,432	8,710	7,153	6,778	79,675	245,591	231,323	78,545	39,359	14,125	11,955	743,674
1986	10,784	8,959	8,688	8,055	8,961	148,061	359,318	125,976	184,850	127,961	26,260	20,840	1 038,713
1987	21,697	15,738	15,807	12,729	12,764	24,665	23,855	25,253	18,487	26,888	26,698	18,357	531,033
1988	18,588	17,195	17,349	12,125	13,284	16,528	340,199	617,893	154,214	25,178	13,408	13,444	1 261,812
1989	13,046	12,752	15,443	10,372	7,147	10,849	36,453	103,578	82,501	14,764	8,909	12,148	327,962
1990	15,072	13,186	12,419	9,060	8,948	32,165	103,734	509,014	226,094	128,050	50,555	28,672	1 136,969
1991	14,775	14,011	13,386	11,074	10,857	17,485	1 798,667	261,377	252,176	62,704	26,173	25,540	2 508,225
1992	364,823	120,966	28,370	14,655	24,098	41,992	92,659	269,319	179,814	377,832	50,465	27,214	1 592,207
1993	17,719	18,202	15,375	14,201	12,196	38,114	251,709	66,247	126,093	35,545	19,068	14,323	628,792
1994	18,592	15,431	15,198	14,629	13,794	69,612	46,721	78,432	157,301	37,943	18,807	13,059	499,519
1995	12,823	13,373	15,721	11,572	10,753	17,928	90,671	25,537	25,399	24,904	28,308	28,359	762,915
1996	13,186	13,901	13,107	9,437	11,177	27,383	44,663	52,527	122,032	118,120	16,526	13,791	455,850
1997	15,867	17,088	18,058	22,714	19,860	42,304	84,775	34,449	34,293	28,946	12,901	11,882	343,137
1998	15,700	15,366	14,321	9,767	10,132	14,572	49,224	143,069	269,136	218,841	26,790	16,213	803,131
1999	13,362	16,251	14,763	9,195	10,558	26,700	141,997	155,029	192,102	31,863	16,895	17,165	645,880
2000	15,440	16,395	13,283	8,785	10,378	62,675	45,572	32,955	37,318	23,551	12,893	13,049	292,294
2001	12,594	9,661	11,459	6,839	7,532	33,467	148,278	101,202	146,994	27,404	12,816	11,768	530,014
Promedio	58,55	48,47	50,22	46,82	51,29	87,97	296,97	335,40	337,00	195,58	98,07	63,49	1 669,82
Q medio m ³ /s	21,86	19,86	18,75	18,06	19,15	33,94	110,88	125,23	130,02	73,02	37,83	23,70	52,91

Dato deducido de la correlación realizada entre los registros mensuales de escurrimiento de la presente estación y los datos mensuales de la estación hidrométrica Las Juntas, en el período común 1964-1987, empleando las funciones de ajuste lineal, logarítmica, potencial, exponencial y polinomial.

Dato obtenido del BANDAS

Cuadro 3.5 Escurrecimientos mensuales en la estación hidrométrica Las Juntas (Mm³)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Annual
1952	37,573	35,905	34,747	32,517	42,954	37,280	92,925	91,743	62,550	57,686	43,979	50,472	620,331
1953	49,164	48,658	50,974	49,593	47,103	44,614	52,106	95,452	63,887	49,704	45,338	46,876	643,469
1954	56,602	58,497	67,603	63,138	54,080	59,403	71,576	55,096	54,565	51,724	54,174	58,404	704,862
1955	62,555	46,797	48,691	27,363	26,070	37,265	54,514	112,114	242,429	120,888	49,132	48,257	876,075
1956	43,838	45,946	46,521	49,349	51,420	64,317	102,375	94,415	62,392	59,330	59,254	59,186	738,343
1957	62,453	54,323	63,222	60,256	61,535	56,256	60,478	54,561	54,991	54,239	51,196	54,309	687,819
1958	48,678	46,401	60,981	57,869	60,682	61,812	158,156	91,744	169,709	83,093	85,776	60,446	985,347
1959	60,268	57,572	66,911	66,896	62,555	86,807	184,545	402,666	334,252	307,898	290,772	74,081	1 995,223
1960	68,174	68,392	71,380	70,051	79,616	52,102	90,526	118,330	68,150	61,184	51,112	56,050	855,067
1961	59,649	48,051	49,123	46,659	58,574	48,892	92,009	114,271	67,917	57,990	57,656	59,230	760,021
1962	56,861	48,736	52,651	53,990	52,109	36,347	87,126	50,266	63,679	58,605	42,679	37,792	640,841
1963	46,460	43,198	43,463	38,413	44,842	41,411	89,091	102,676	75,631	64,434	52,800	58,882	701,301
1964	55,222	56,174	59,060	54,857	59,625	51,913	48,528	43,863	41,017	43,786	44,650	52,214	610,909
1965	51,937	52,499	54,759	44,260	43,555	41,522	54,323	179,544	219,028	619,783	168,318	62,836	1 592,364
1966	64,809	65,273	87,172	103,764	183,777	288,214	271,021	236,526	425,917	58,928	67,400	69,765	1 922,566
1967	61,341	69,996	80,920	86,458	70,628	78,553	402,459	205,400	840,184	#####	918,534	614,864	4 476,153
1968	242,945	189,694	277,859	247,498	253,681	143,848	403,945	495,439	253,823	76,244	74,090	85,626	2 739,692
1969	86,663	79,269	71,890	64,554	53,265	58,822	45,951	42,546	72,275	65,849	58,498	62,536	762,118
1970	48,041	45,522	47,153	54,680	63,501	67,241	104,122	115,501	68,372	61,136	53,874	63,658	792,801
1971	64,350	57,549	65,106	53,803	63,935	59,023	64,805	251,001	621,189	950,454	487,676	119,050	2 857,941
1972	93,077	96,317	103,344	109,084	114,269	207,153	170,286	63,052	60,763	57,051	58,968	68,334	1 201,698
1973	70,774	54,495	62,572	64,051	65,696	63,087	135,041	441,658	#####	660,316	163,797	119,426	2 914,617
1974	105,954	96,268	101,305	104,968	109,153	141,358	238,563	286,659	77,713	75,947	40,105	68,777	1 446,770
1975	67,066	52,389	53,269	54,621	94,657	98,680	141,331	208,937	356,206	76,919	56,909	68,216	1 329,199
1976	67,733	58,022	56,288	67,392	78,453	68,835	445,919	900,618	584,312	403,295	396,906	244,408	3 372,182
1977	72,090	76,087	121,861	121,034	144,068	203,830	323,399	96,674	198,896	84,507	84,996	100,833	1 628,275
1978	89,642	82,706	98,013	67,079	71,296	96,917	74,703	74,198	96,259	165,574	69,578	71,156	1 057,121
1979	68,737	62,628	68,278	59,153	66,480	63,172	70,059	65,999	45,850	49,619	51,678	53,902	725,555
1980	52,788	57,845	68,658	77,686	78,236	57,789	79,702	25,866	48,138	12,989	8,328	6,824	412,150
1981	8,962	17,364	15,010	6,731	6,555	28,628	85,196	26,720	44,111	11,012	8,101	7,822	266,212
1982	11,687	6,673	6,640	6,286	7,161	6,404	56,336	63,681	16,155	4,887	4,162	4,681	194,753
1983	4,623	4,033	4,329	4,239	4,811	5,484	77,487	73,742	37,503	8,778	5,624	4,289	234,942
1984	4,413	4,364	4,239	4,256	4,452	17,409	75,523	90,497	42,941	11,608	6,055	6,684	272,441
1985	7,225	6,205	5,931	4,414	4,282	17,538	43,486	46,241	33,347	12,668	5,232	6,064	192,633
1986	6,208	6,040	5,086	5,436	5,027	18,521	49,587	59,816	45,958	27,809	6,288	5,953	241,729
1987	6,061	5,890	6,090	5,405	5,945	66,542	81,355	84,346	82,866	11,288	13,869	12,968	227,343
1988	10,355	14,213	13,970	8,946	10,160	7,237	135,380	202,695	58,405	10,639	6,849	6,033	485,378
1989	8,474	10,117	12,097	7,223	4,141	3,526	29,306	43,942	30,782	5,819	4,234	1,607	161,271
1990	10,355	10,517	9,127	5,933	5,907	17,456	52,802	171,704	86,416	66,874	32,635	42,570	512,297
1991	10,079	11,278	10,077	7,913	7,780	7,863	644,703	97,051	96,636	29,839	15,044	18,588	956,850
1992	354,964	109,865	24,794	11,434	20,766	23,879	48,935	99,570	68,352	227,187	32,567	42,482	1 044,793
1993	12,811	15,141	12,031	10,987	9,093	21,344	104,478	29,973	47,526	15,709	10,365	11,600	301,058
1994	13,622	12,587	11,857	11,408	10,660	41,929	32,892	34,634	59,603	88,900	10,198	11,343	258,832
1995	8,267	10,690	12,371	8,403	7,678	8,152	48,240	85,516	89,965	3,874	3,196	3,118	239,464
1996	11,877	11,811	11,676	11,841	11,081	11,874	12,081	11,818	17,931	12,899	11,181	11,421	89,970
1997	11,093	14,114	14,666	19,356	16,610	24,082	46,181	17,125	12,529	12,455	6,546	5,534	200,291
1998	10,938	12,527	10,995	6,628	7,069	5,959	33,766	57,938	103,296	122,552	15,462	19,195	406,325
1999	8,768	13,343	11,430	6,066	7,486	13,885	66,164	62,060	73,138	13,883	8,990	9,462	294,674
2000	10,696	13,475	9,976	5,663	7,310	37,395	32,491	16,487	13,662	9,865	6,541	5,526	169,088
2001	8,055	7,268	8,184	3,750	4,519	18,307	68,358	43,078	55,607	11,708	6,495	5,450	240,779
Promedio	50,596	42,902	46,130	42,977	47,329	52,147	119,882	130,446	147,187	121,827	77,878	54,516	940,839
Q medio m³/s	18,891	15,577	17,223	16,581	17,671	18,276	44,759	48,710	56,785	46,232	30,046	19,101	29,813

NOTA: La información hidrométrica se recabó del boletín hidrológico No. 52 correspondiente a la Región Hidrológica No. 12 Parcial. Cuenca del río Santiago, Tomo I (1951 - 1971) publicado por la extinta Secretaría de Recursos Hidráulicos. Los registros del período 1972 - 1979 fueron obtenidos de información proporcionada por la misma dependencia. La información correspondiente a los meses de Julio Diciembre 1980 fue proporcionada por la División Hidrométrica de Michoacán perteneciente a la Comisión Federal de Electricidad. Asimismo los datos de Enero 1981 - Mayo 1987 se recopilaron de los boletines hidrométricos Nos. 16 (1981), 18 (1982), 19 (1983), 20 (1984), 21 (1985), 22 (1986) y 23 (1987) editados por el Departamento de Hidrometeorología de la misma CFE.

Notas:

 Dato obtenido del BANDAS

 Dato deducido de la correlación realizada entre los registros mensuales de escurrecimiento de la presente estación y los datos mensuales de la estación hidrométrica Arcediano, en el período común 1952-1987, empleando las funciones de ajuste lineal, logarítmico, potencial y exponencial.

 Después de la correlación se verificó y modificó para que también fuera consistente con los escurrecimientos registrados en la Cuña (se utilizó un factor de 2,67)

Cuadro 3.6 Escurrecimientos mensuales en la estación hidrométrica Valle de Guadalupe (Mm³)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Annual
1942	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,13	9,53	7,30	10,59	0,91	0,00	0,00	34,46
1943	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	7,05	18,05	10,40	33,46	1,56	0,02	0,00	70,63
1944	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,12	30,46	14,96	19,74	1,90	0,00	0,00	70,18
1945	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,61	12,01	1,85	0,51	0,00	0,00	0,00	27,98
1946	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	8,20	16,09	4,74	5,94	0,00	0,00	35,64
1947	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	0,11	12,34	12,20	0,51	0,01	0,00	25,88
1948	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	6,11	20,45	5,59	7,32	0,85	0,00	0,00	40,43
1949	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	7,26	4,51	0,06	0,20	0,00	0,00	12,19
1950	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	8,82	1,20	6,41	0,42	0,00	0,00	17,35
1951	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,49	13,19	5,92	0,28	0,40	0,00	0,00	26,28
1952	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,81	7,00	11,52	13,90	4,43	0,95	0,00	40,61
1953	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	1,03	9,83	5,05	0,88	1,08	0,00	17,95
1954	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,69	4,40	2,21	0,18	0,08	0,00	0,00	9,56
1955	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	3,85	24,29	29,01	6,58	0,56	0,00	64,32
1956	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,89	28,86	24,14	5,06	0,88	0,00	0,00	62,83
1957	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	0,74	0,27	0,01	0,00	0,00	1,77
1958	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,68	35,89	38,30	39,96	15,10	11,45	2,09	145,48
1959	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	2,74	6,60	25,69	12,96	2,93	0,57	0,06	51,92
1960	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,92	11,31	7,75	0,11	0,41	0,00	26,50
1961	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,92	44,26	10,01	1,25	0,08	0,40	0,00	57,92
1962	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	5,32	0,32	12,35	7,61	0,71	0,00	26,52
1963	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,54	49,50	41,32	23,22	3,22	0,57	0,24	121,62
1964	1,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,94	1,43	7,17	12,04	2,94	0,35	0,00	25,96
1965	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	8,60	72,64	23,31	13,28	0,50	0,01	118,38
1966	0,01	0,01	0,01	0,00	0,25	1,89	3,04	13,71	7,15	5,68	0,17	0,01	31,92
1967	1,24	0,07	0,00	0,00	0,05	6,19	7,74	36,09	49,37	8,56	0,71	0,04	110,06
1968	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,38	27,26	27,81	0,75	0,00	0,00	75,19
1969	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,29	0,58	3,28	0,17	0,00	0,00	6,31
1970	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,96	24,90	14,40	30,23	4,82	0,00	0,00	81,30
1971	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,45	13,98	37,69	22,07	21,77	0,02	0,00	97,99
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,07	4,58	4,67	1,30	0,02	0,00	0,00	13,65
1973	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,46	97,14	19,43	4,15	0,71	0,00	143,89
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,78	10,34	2,04	0,00	0,00	0,00	18,16
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,35	30,77	43,62	11,50	0,00	0,00	0,00	87,24
1976	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	89,47	18,19	12,32	15,80	0,20	0,00	135,99
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,36	17,27	10,33	35,16	0,91	0,00	0,00	67,03
1978	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,63	13,18	40,09	30,72	0,21	0,02	87,86
1979	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,29	8,94	0,00	0,00	0,00	31,23
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,99	16,49	21,94	2,00	0,93	0,00	48,35
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,61	25,92	8,88	5,53	0,00	0,00	0,00	41,94
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,88	4,25	0,02	0,00	0,00	0,00	6,16
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,61	36,57	28,31	0,61	0,00	0,00	104,10
1984	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,96	49,39	34,67	23,74	0,42	0,00	0,00	113,19
1985	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,97	17,16	15,01	7,07	0,40	0,00	0,00	44,61
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,48	40,47	10,12	16,32	6,39	0,18	0,03	83,99
1987	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,12	9,62	4,98	0,69	0,00	0,00	20,42
1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,08	24,42	19,39	5,19	0,21	0,08	74,37
1989	0,08	0,04	0,02	0,01	0,02	1,59	25,48	24,70	19,61	5,23	0,18	0,07	77,03
1990	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	1,58	25,89	24,98	19,83	5,28	0,16	0,07	77,94
1991	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	1,57	26,29	25,26	20,05	5,32	0,13	0,06	78,85
1992	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	1,56	26,69	25,54	20,27	5,36	0,10	0,06	79,76
1993	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	1,56	27,10	25,82	20,50	5,40	0,08	0,05	80,66
1994	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	1,55	27,50	26,10	20,72	0,61	0,29	0,09	77,01
1995	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	1,54	27,90	9,34	3,25	0,79	0,26	0,09	43,33
1996	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	1,53	28,31	26,66	21,16	5,53	0,00	0,04	83,38
1997	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	1,53	28,71	26,94	21,38	5,57	0,00	0,04	84,32
1998	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	1,52	29,11	27,22	21,61	5,61	0,00	0,03	85,25
1999	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	1,51	29,52	27,50	21,83	5,65	0,00	0,03	86,18
2000	0,07	0,01	0,01	0,00	0,01	1,79	20,06	22,07	16,55	4,53	0,46	0,07	65,63
2001	0,07	0,01	0,01	0,00	0,01	1,79	20,06	22,07	16,55	4,53	0,46	0,07	65,63
Promedio	0,07	0,01	0,01	0,00	0,01	1,79	20,06	22,07	16,55	4,53	0,46	0,07	65,63
Q medio m ³ /s	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	7,49	8,24	6,39	1,69	0,18	0,03	2,08

Cuadro 3.7 Ecurrimientos mensuales en la subcuenca V11 "El Salto" (Mm³)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Annual
1942	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,08	17,23	13,20	19,15	1,65	0,00	0,00	62,31
1943	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	12,75	32,64	18,80	60,50	2,82	0,04	0,00	127,71
1944	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,64	55,07	27,05	35,69	3,44	0,00	0,00	126,89
1945	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,61	21,72	3,34	0,92	0,00	0,00	0,00	50,59
1946	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	14,83	29,09	8,57	10,74	0,00	0,00	64,44
1947	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,28	0,20	22,31	22,06	0,92	0,02	0,00	46,79
1948	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	11,05	36,98	10,11	13,24	1,54	0,00	0,00	73,10
1949	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	13,13	8,15	0,11	0,36	0,00	0,00	22,04
1950	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	15,95	2,17	11,59	0,76	0,00	0,00	31,37
1951	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,73	23,85	10,70	0,51	0,72	0,00	0,00	47,52
1952	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,08	12,65	20,83	25,13	8,02	1,72	0,00	73,44
1953	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	1,87	17,78	9,12	1,60	1,95	0,00	32,45
1954	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,86	7,96	3,99	0,33	0,15	0,00	0,00	17,29
1955	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	6,96	43,93	52,45	11,90	1,01	0,00	116,29
1956	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,03	52,18	43,64	9,15	1,60	0,00	0,00	113,60
1957	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,35	1,33	0,50	0,02	0,00	0,00	3,20
1958	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,84	64,90	69,26	72,26	27,31	20,71	3,78	263,05
1959	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	4,96	11,93	46,45	23,43	5,30	1,03	0,10	93,88
1960	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,52	20,45	14,01	0,20	0,73	0,00	47,91
1961	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,47	80,03	18,11	2,26	0,15	0,72	0,00	104,73
1962	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	9,63	0,58	22,33	13,76	1,29	0,00	47,95
1963	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,41	89,50	74,71	41,98	5,83	1,03	0,44	219,90
1964	1,91	0,06	0,01	0,00	0,00	1,69	2,58	12,97	21,77	5,31	0,64	0,00	46,95
1965	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	15,55	131,35	42,14	24,02	0,90	0,02	214,04
1966	0,01	0,01	0,01	0,00	0,45	3,42	5,50	24,79	12,92	10,27	0,31	0,03	57,72
1967	2,24	0,13	0,00	0,00	0,09	11,20	14,00	65,25	89,26	15,48	1,28	0,08	199,00
1968	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35,03	49,29	50,28	1,36	0,00	0,00	135,96
1969	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,13	1,04	5,93	0,30	0,00	0,00	11,40
1970	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,58	45,01	26,03	54,66	8,71	0,00	0,00	147,01
1971	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,43	25,27	68,15	39,90	39,37	0,05	0,00	177,17
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,56	8,28	8,45	2,35	0,04	0,00	0,00	24,69
1973	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,61	175,63	35,14	7,51	1,28	0,01	260,17
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,45	18,69	3,69	0,00	0,00	0,00	32,84
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,44	55,64	78,87	20,79	0,00	0,00	0,00	157,75
1976	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	161,78	32,90	22,28	28,57	0,36	0,00	245,89
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,08	31,22	18,67	63,57	1,64	0,00	0,00	121,19
1978	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,56	23,84	72,50	55,55	0,37	0,04	158,86
1979	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,30	16,16	0,01	0,00	0,00	56,47
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,64	29,82	39,68	3,61	1,67	0,00	87,43
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,92	46,86	16,05	10,00	0,00	0,00	0,00	75,83
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,41	7,69	0,03	0,00	0,00	0,00	11,13
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,81	66,12	51,19	1,11	0,00	0,00	188,22
1984	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,97	89,30	62,69	42,93	0,77	0,00	0,00	204,66
1985	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,98	31,03	27,14	12,79	0,73	0,00	0,00	80,66
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,95	73,18	18,29	29,52	11,55	0,33	0,05	151,87
1987	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,26	17,39	9,01	1,25	0,01	0,00	36,92
1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,35	44,16	35,05	9,39	0,38	0,14	134,47
1989	0,14	0,06	0,04	0,02	0,03	2,87	46,07	44,66	35,46	9,46	0,33	0,13	139,29
1990	0,14	0,06	0,04	0,02	0,03	2,85	46,80	45,17	35,86	9,54	0,28	0,12	140,93
1991	0,14	0,06	0,04	0,02	0,03	2,84	47,53	45,68	36,26	9,62	0,24	0,11	142,57
1992	0,13	0,06	0,04	0,02	0,03	2,83	48,26	46,18	36,66	9,69	0,19	0,11	144,21
1993	0,13	0,06	0,04	0,02	0,03	2,81	48,99	46,69	37,06	9,77	0,14	0,10	145,84
1994	0,13	0,06	0,04	0,02	0,03	2,80	49,72	47,20	37,46	1,10	0,53	0,16	139,25
1995	0,13	0,06	0,04	0,02	0,03	2,79	50,45	16,90	5,87	1,42	0,48	0,17	78,35
1996	0,13	0,06	0,04	0,02	0,03	2,77	51,18	48,21	38,26	10,00	0,00	0,07	150,77
1997	0,12	0,06	0,04	0,02	0,02	2,76	51,91	48,72	38,66	10,07	0,00	0,06	152,45
1998	0,12	0,06	0,04	0,02	0,02	2,75	52,64	49,22	39,07	10,15	0,00	0,06	154,14
1999	0,12	0,06	0,04	0,02	0,02	2,73	53,37	49,73	39,47	10,22	0,00	0,05	155,83
2000	0,11	0,02	0,01	0,00	0,01	4,07	34,01	35,52	27,74	7,18	0,69	0,10	109,45
2001	0,11	0,02	0,01	0,00	0,01	4,07	34,01	35,52	27,74	7,18	0,69	0,10	109,45
Promedio	0,11	0,02	0,01	0,00	0,01	4,07	34,01	35,52	27,74	7,18	0,69	0,10	109,45
Q medio m ³ /s	0,04	0,01	0,00	0,00	0,01	1,57	12,70	13,26	10,70	2,68	0,27	0,04	3,47

3.3 DETERMINACIÓN DE LOS ESCURRIMIENTOS DISPONIBLES

Como se mencionó el objetivo de este balance hidráulico en la parte baja de la cuenca del río Verde es conocer el escurrimiento disponible en el sitio del proyecto Arcediano, sin embargo para conocerlo se requiere determinar el escurrimiento disponible en el sitio del proyecto San Nicolás.

El resultado del balance hidráulico hasta el sitio del proyecto San Nicolás se presenta en el cuadro 3.8. El escurrimiento disponible medio anual en este sitio es de 251,13 Mm³, es decir un gasto medio de 7,96 m³/s.

Por lo tanto, el presente análisis parte de que el escurrimiento disponible al sitio de San Nicolás será utilizado para satisfacer su demanda de 5,6 m³/s. Entonces el escurrimiento disponible al sitio Arcediano se determina mediante el balance de las últimas 4 subcuencas.

3.3.1 Variables hidrológicas

Además del escurrimiento aguas arriba y aguas abajo en las subcuencas en estudio y de acuerdo al estudio de disponibilidad y balance hidráulico, se identificaron las siguientes variables representativas del balance de los escurrimientos: evaporación, exportación, importación, usos consuntivos, retornos y variación del volumen.

En general, estas variables hidrológicas comprenden el manejo de las aguas en diversos aprovechamientos (presas, bordos, canales y drenes) con la finalidad de satisfacer diferentes usos (agrícola, doméstico, pecuario, público urbano, servicios, hidroelectricidad y múltiples).

Se completó la información faltante al 2001 para las variables hidrológicas indicadas, con la finalidad de tener todos los elementos necesarios para determinar los escurrimientos disponibles en el período 1952 – 2001 y tener de esta forma el registro común con los escurrimientos en el río Santiago.

No se tiene información sobre la variación del volumen en los embalses en estas subcuencas. Por otro lado, en el estudio de disponibilidad, la evaporación y los retornos están en función del uso consuntivo, por lo tanto únicamente se modificó éste y se mantiene la relación existente con las otras variables para su determinación.

Para encontrar el uso consuntivo de los años faltantes se llevan a cabo interpolaciones entre el último valor del registro (1997) y la demanda actual (2001, véase el cuadro A.3.9) proporcionada por CNA.

Cuadro 3.8 Escurrecimientos disponibles al sitio del proyecto San Nicolás (Mm³)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Annual
1952	1,27	1,11	1,01	0,67	0,55	10,10	24,81	38,56	29,77	21,15	2,19	1,55	132,74
1953	1,87	1,56	1,43	0,93	0,69	10,25	25,32	52,85	57,51	12,78	6,17	2,15	173,52
1954	1,08	0,94	0,86	0,57	0,47	5,95	17,20	22,12	14,20	9,70	1,63	1,16	75,88
1955	4,43	3,86	3,54	2,32	1,92	11,38	64,68	156,90	68,59	57,80	10,20	5,63	391,25
1956	1,67	1,38	1,27	0,83	1,83	10,74	43,83	38,12	26,94	9,02	2,77	2,16	140,55
1957	0,38	0,28	0,26	0,14	0,11	0,59	2,88	5,56	6,68	2,06	0,79	0,30	20,04
1958	8,25	7,22	6,53	4,28	3,53	29,50	138,41	146,23	214,14	125,22	147,90	16,83	848,04
1959	5,34	1,91	1,32	1,61	1,07	11,13	25,18	46,58	23,68	18,30	6,66	2,40	145,18
1960	1,83	1,34	1,18	0,78	0,64	3,25	16,10	34,40	20,78	8,09	1,92	1,61	91,92
1961	0,68	0,60	0,54	0,35	0,29	4,48	12,90	11,99	9,39	4,08	0,94	0,69	46,94
1962	1,70	1,48	1,36	0,89	0,74	12,60	44,93	30,40	35,39	15,06	2,89	2,42	149,87
1963	1,72	1,26	1,11	0,66	0,51	5,74	63,84	47,91	28,97	8,16	2,26	1,67	163,81
1964	0,62	0,65	0,49	0,30	0,33	10,52	15,44	20,40	32,66	14,16	1,95	1,54	99,07
1965	3,63	2,96	1,95	2,60	1,93	2,64	24,74	141,94	163,78	136,01	7,59	4,51	494,28
1966	3,32	2,45	2,05	2,57	1,44	15,40	19,38	114,34	89,55	16,09	9,00	5,36	280,94
1967	9,77	4,58	4,13	2,60	3,05	25,56	33,91	187,71	480,76	74,81	14,77	6,51	848,17
1968	4,52	3,80	6,55	2,42	2,07	3,85	45,38	21,23	50,47	7,53	3,52	3,53	154,86
1969	2,50	2,21	1,85	1,30	1,14	2,34	11,72	3,78	5,73	3,00	1,83	2,13	39,53
1970	4,92	4,53	4,30	2,26	1,27	20,81	40,86	76,29	117,29	51,12	6,23	5,40	335,28
1971	4,94	4,05	3,22	2,20	2,52	87,23	74,51	309,39	271,58	80,70	9,28	7,11	856,74
1972	2,61	1,94	1,96	1,26	1,44	11,20	12,95	11,96	7,93	3,50	2,12	1,52	60,40
1973	3,77	3,81	2,54	2,09	1,29	4,02	236,18	588,03	70,41	32,08	9,83	7,14	961,18
1974	1,72	1,33	1,02	0,74	0,78	0,75	18,27	23,04	19,78	2,55	0,91	1,21	72,08
1975	4,06	2,84	2,78	1,68	1,42	3,89	72,80	201,49	39,56	5,07	3,93	4,50	344,01
1976	3,95	3,17	3,04	2,03	1,65	2,26	575,99	61,65	67,91	182,15	27,28	15,12	946,18
1977	5,10	3,25	2,67	2,25	1,73	22,03	21,25	25,49	93,95	7,47	4,42	4,14	193,76
1978	3,20	2,95	2,64	1,14	1,28	7,62	15,50	37,03	49,53	59,09	5,55	3,38	188,90
1979	0,94	0,78	0,65	0,40	0,29	0,53	1,97	11,74	10,48	1,03	0,84	1,04	30,69
1980	1,97	1,48	0,62	0,16	0,10	0,59	5,76	99,29	34,84	4,60	1,58	1,11	152,08
1981	0,81	0,67	0,55	0,44	0,25	1,26	4,91	8,28	11,54	2,92	1,35	0,74	33,72
1982	0,35	0,27	0,20	0,10	0,08	0,42	4,27	5,75	2,75	2,75	0,34	0,32	17,60
1983	1,63	1,36	1,21	0,77	0,63	4,17	36,03	41,82	42,65	9,38	2,25	1,75	143,66
1984	2,27	1,97	1,75	1,12	0,91	5,24	42,61	56,07	29,15	12,26	3,07	2,50	158,92
1985	1,16	1,00	0,87	0,56	0,46	5,45	15,85	30,23	15,58	7,82	1,61	1,23	81,81
1986	2,30	1,93	1,77	1,41	1,85	48,34	67,26	5,73	16,94	34,53	3,83	1,77	187,65
1987	2,63	1,97	2,44	1,67	1,34	12,14	55,06	54,09	44,83	4,46	2,08	2,19	184,90
1988	1,65	1,75	2,01	0,38	0,10	0,96	55,02	182,04	29,44	7,62	3,49	2,91	287,36
1989	0,67	0,53	0,37	0,22	0,42	1,50	5,45	29,11	16,49	3,22	0,77	0,66	59,39
1990	2,03	1,72	1,44	0,93	0,77	6,95	51,67	128,16	48,96	27,26	6,60	2,48	278,97
1991	9,86	8,54	7,56	4,94	4,08	21,14	536,41	187,98	187,90	61,38	13,93	11,33	1 055,06
1992	74,36	28,37	6,92	3,01	2,32	19,27	48,72	86,59	67,08	58,15	9,47	6,71	410,97
1993	3,80	2,64	2,10	1,58	0,45	6,49	64,87	11,94	21,92	4,10	2,82	2,00	124,70
1994	1,30	0,91	0,77	0,31	0,09	7,40	5,41	10,71	34,31	7,97	1,41	1,21	71,79
1995	1,59	1,88	0,98	0,84	0,48	0,72	16,93	41,34	42,04	5,10	1,05	1,03	113,99
1996	0,68	0,51	0,48	0,34	0,23	1,92	5,20	3,06	22,24	27,41	1,64	1,34	65,05
1997	2,00	1,58	1,18	0,86	0,61	4,42	22,13	21,25	17,49	6,98	1,72	1,44	81,66
1998	3,12	2,67	2,46	1,57	1,27	6,74	34,70	69,90	104,45	105,43	6,17	3,45	341,93
1999	3,18	2,77	2,37	1,56	2,55	7,66	37,41	53,81	42,23	16,38	3,95	3,29	177,16
2000	1,15	0,98	0,88	0,55	0,44	8,85	13,93	18,87	14,36	6,06	1,55	1,22	68,84
2001	2,10	1,72	1,18	0,72	0,89	13,04	40,59	33,24	66,98	6,83	2,44	3,91	173,65
Promedio	4,21	2,71	2,05	1,32	1,13	10,42	57,42	72,93	60,43	27,81	7,37	3,35	251,13
Q medio m ³ /s	1,57	1,11	0,76	0,51	0,42	4,02	21,44	27,23	23,31	10,38	2,84	1,25	7,96

Cuadro 3.9 Demanda actual en la cuenca del río Verde (2001)

Subcuenca	Riego	Pecuario	Publico urbano	Suma
v1	12,9	2,12	0,02	15,04
v2	2,27	0,34	0,2	2,81
v3	79,53	3,79	1,93	85,25
v4	23,3	1,12	0	24,42
v5	54,44	3,94	0	58,38
v6	14,81	0,66	0	15,47
v7	1,21	0,56	0,01	1,78
v8	32,32	2,89	0	35,21
v9	8,92	0,96	0,01	9,89
v10	2,6	1,6	0	4,2
v11	1,43	0,53	0,01	1,97
v12	8,39	3,29	0,01	11,69
v13	18,45	2,49	0	20,94
Total	260,57	24,29	2,19	287,05

Fuente: Comisión Nacional del Agua

3.3.2 Esguerrimiento virgen restituído

El esguerrimiento virgen se obtiene mediante la restitución de los volúmenes utilizados históricamente en la cuenca, aplicando la ecuación de continuidad.

$$A_b = C_p + A_r + R + I_m - (U_c + E_v + E_x + \Delta v)$$

Donde

- A_b Esguerrimiento aguas abajo
- C_p Esguerrimiento por cuenca propia
- A_r Esguerrimiento aguas arriba
- R Retornos
- I_m Importaciones
- U_c Usos consuntivos
- E_v Evaporación de vasos
- E_x Exportaciones
- Δv Variación en el volumen de agua superficial almacenada (V₂ – V₁)

En los cuadros 3.10 a 3.13 se muestran las variables con información y que son las empleadas en estas subcuencas (columnas 2 a 9). De acuerdo con esta información, la expresión de continuidad para determinar el esguerrimiento virgen por cuenca propia queda de la siguiente manera.

$$C_p = A_b - A_r - R - I_m + U_c + E_v + E_x + \Delta v$$

Cuadro 3.10 Ecurrimiento disponible en la subcuenca V10 “San Miguel”

(1)	(2)	(3) Salidas históricas (Mm³)			(5)	(6) Entradas históricas (Mm³)			(9)	(10)	Demandas actuales (Mm³):					(17)	Capacidad de almacenamiento (Mm³):		(20)
		Ab	Ex	Ev		Uc	Ar	Im			R	CP+Esc. disp. Ar	menos usos actuales	excedente	almacenado		deficit	derrames	
(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
1945	70,262		0.112	1,488			0.408		71,454	71,454	67,142	67,142	91,500	-	-	4,200	1,151	68,089	
1946	68,155		0.114	1,518			0.416		69,371	69,371	65,056	65,056	91,500	-	65,056	4,200	1,151	66,006	
1947	69,234		0.117	1,548			0.424		70,474	70,474	66,158	66,158	91,500	-	66,158	4,200	1,151	67,110	
1948	90,746		0.119	1,579			0.433		92,011	92,011	87,692	87,692	91,500	-	87,692	4,200	1,151	88,646	
1949	61,485		0.121	1,611			0.441		62,775	62,775	58,454	58,454	91,500	-	58,454	4,200	1,151	59,410	
1950	70,415		0.124	1,643			0.450		71,731	71,731	67,408	67,408	91,500	-	67,408	4,200	1,151	68,366	
1951	70,244		0.126	1,676			0.459		71,587	71,587	67,261	67,261	91,500	-	67,261	4,200	1,151	68,222	
1952	67,615		0.129	1,709			0.469		68,985	68,985	64,656	64,656	91,500	-	64,656	4,200	1,151	65,620	
1953	69,252		0.131	1,743			0.478		70,649	70,649	66,318	66,318	91,500	-	66,318	4,200	1,151	67,284	
1954	65,388		0.134	1,778			0.487		66,813	66,813	62,479	62,479	91,500	-	62,479	4,200	1,151	63,448	
1955	100,166		0.137	1,814			0.497		101,619	101,619	97,283	97,283	91,500	-	97,283	4,200	1,151	98,254	
1956	68,809		0.139	1,850			0.507		70,292	70,292	65,952	65,952	91,500	-	65,952	4,200	1,151	66,927	
1957	54,415		0.142	1,887			0.517		55,926	55,926	51,584	51,584	91,500	-	51,584	4,200	1,151	52,561	
1958	148,951		0.145	1,925			0.528		150,493	150,493	146,148	146,148	91,500	-	146,148	4,200	1,151	147,128	
1959	64,010		0.148	1,963			0.538		65,583	65,583	61,235	61,235	91,500	-	61,235	4,200	1,151	62,218	
1960	60,153		0.151	2,003			0.549		61,758	61,758	57,407	57,407	91,500	-	57,407	4,200	1,151	58,393	
1961	23,454		0.154	2,043			0.560		25,090	25,090	20,737	20,737	91,500	-	20,737	4,200	1,151	21,725	
1962	95,077		0.157	2,083			0.571		96,746	96,746	92,389	92,389	91,500	-	92,389	4,200	1,151	93,381	
1963	137,269		0.160	2,125			0.583		138,971	138,971	134,611	134,611	91,500	-	134,611	4,200	1,151	135,606	
1964	72,769		0.163	2,168			0.594		74,505	74,505	70,142	70,142	91,500	-	70,142	4,200	1,151	71,140	
1965	88,065		0.166	2,211			0.606		89,836	89,836	85,470	85,470	91,500	-	85,470	4,200	1,151	86,471	
1966	34,543		0.170	2,255			0.618		36,350	36,350	31,980	31,980	91,500	-	31,980	4,200	1,151	32,985	
1967	229,948		0.173	2,300			0.631		231,791	231,791	227,418	227,418	91,500	-	227,418	4,200	1,151	228,426	
1968	90,712		0.177	2,346			0.643		92,592	92,592	88,215	88,215	91,500	-	88,215	4,200	1,151	89,227	
1969	75,119		0.180	2,393			0.656		77,036	77,036	72,656	72,656	91,500	-	72,656	4,200	1,151	73,671	
1970	72,439		0.184	2,441			0.669		74,395	74,395	70,011	70,011	91,500	-	70,011	4,200	1,151	71,030	
1971	95,011		0.187	2,490			0.683		97,006	97,006	92,619	92,619	91,500	-	92,619	4,200	1,151	93,641	
1972	27,508		0.191	2,540			0.696		29,543	29,543	25,152	25,152	91,500	-	25,152	4,200	1,151	26,178	
1973	204,406		0.195	2,591			0.710		206,481	206,481	202,086	202,086	91,500	-	202,086	4,200	1,151	203,116	
1974	17,148		0.199	2,642			0.724		19,265	19,265	14,866	14,866	91,500	-	14,866	4,200	1,151	15,900	
1975	19,295		0.203	2,695			0.739		21,455	21,455	17,052	17,052	91,500	-	17,052	4,200	1,151	18,090	
1976	77,745		0.207	2,749			0.754		79,948	79,948	75,541	75,541	91,500	-	75,541	4,200	1,151	76,583	
1977	71,710		0.211	2,804			0.769		73,957	73,957	69,546	69,546	91,500	-	69,546	4,200	1,151	70,592	
1978	38,308		0.215	2,860			0.784		40,599	40,599	36,184	36,184	91,500	-	36,184	4,200	1,151	37,234	
1979	44,345		0.220	2,917			0.800		46,682	46,682	42,263	42,263	91,500	-	42,263	4,200	1,151	43,317	
1980	74,652		0.224	2,976			0.816		77,036	77,036	72,612	72,612	91,500	-	72,612	4,200	1,151	73,671	
1981	0,543		0.229	3,035			0.832		2,974	2,974	(1,454)	-	90,046	-	-	4,200	1,151	0,543	
1982	74,556		0.233	3,096			0.849		77,036	77,036	72,603	72,603	91,500	-	72,603	4,200	1,151	72,217	
1983	83,486		0.238	3,158			0.866		86,016	86,016	81,578	81,578	91,500	-	81,578	4,200	1,151	82,651	
1984	73,395		0.243	3,221			0.883		75,976	75,976	71,533	71,533	91,500	-	71,533	4,200	1,151	72,611	
1985	44,645		0.247	3,285			0.901		47,278	47,278	42,830	42,830	91,500	-	42,830	4,200	1,151	43,913	
1986	167,855		0.252	3,351			0.919		170,540	170,540	166,088	166,088	91,500	-	166,088	4,200	1,151	167,175	
1987	34,188		0.257	3,418			0.937		36,927	36,927	32,469	32,469	91,500	-	32,469	4,200	1,151	33,562	
1988	71,193		0.263	3,486			0.956		73,986	73,986	69,524	69,524	91,500	-	69,524	4,200	1,151	70,621	
1989	44,340		0.268	3,556			0.975		47,189	47,189	42,721	42,721	91,500	-	42,721	4,200	1,151	43,824	
1990	70,520		0.273	3,627			0.994		73,426	73,426	68,953	68,953	91,500	-	68,953	4,200	1,151	70,061	
1991	162,534		0.279	3,700			1.014		165,498	165,498	161,020	161,020	91,500	-	161,020	4,200	1,151	162,134	
1992	98,221		0.284	3,774			1.034		101,245	101,245	96,761	96,761	91,500	-	96,761	4,200	1,151	97,880	
1993	46,313		0.290	3,849			1.055		49,397	49,397	44,907	44,907	91,500	-	44,907	4,200	1,151	46,032	
1994	43,818		0.296	3,926			1.076		46,964	46,964	42,468	42,468	91,500	-	42,468	4,200	1,151	43,599	
1995	51,072		0.299	3,965			1.087		54,249	54,249	49,750	49,750	91,500	-	49,750	4,200	1,151	50,884	
1996	43,419		0.302	4,005			1.098		46,627	46,627	42,125	42,125	91,500	-	42,125	4,200	1,151	43,262	
1997	46,069		0.304	4,044			1.108		49,309	49,309	44,804	44,804	91,500	-	44,804	4,200	1,151	45,944	
1998	74,434		0.307	4,083			1.119		77,705	77,705	73,197	73,197	91,500	-	73,197	4,200	1,151	74,340	
1999	74,434		0.310	4,122			1.130		77,736	77,736	73,226	73,226	91,500	-	73,226	4,200	1,151	74,371	
2000	74,434		0.313	4,161			1.141		77,767	77,767	73,254	73,254	91,500	-	73,254	4,200	1,151	74,402	
2001	74,434		0.316	4,200			1.151		77,799	77,799	73,283	73,283	91,500	-	73,283	4,200	1,151	74,434	
	74,434	-	0.316	2,709	-	-	0.743		76,604	76,604	72,122							73,230	

Cuadro 3.11 Esgurrimento disponible en la subcuenca V11 “El Salto”

(1)	(2)	(3) Salidas históricas (Mm³)			(4) Entradas históricas (Mm³)			(9) D V	(10) Cp	(11) Demandas actuales (Mm³):					(12) Capacidad de almacenamiento (Mm³):			(17) D V'	(18) Usos actuales (Mm³)		(20) Esgurrimento disponible (Mm³)
		Ab	Ex	Ev	Uc	Ar	Im			R	riego	pecuario	urbano	total	mínima	máxima	Uc real		R real		
																				1.43	
(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)												
1945	62,307		3,603	0,697			0,394	66,212	66,212	60,640	60,640	7,600	-	-	-	1,970	1,115	55,170			
1946	127,706		3,675	0,711			0,402	131,689	131,689	126,045	126,045	7,600	-	126,045	-	1,970	1,115	120,647			
1947	126,874		3,748	0,725			0,410	130,937	130,937	125,219	125,219	7,600	-	125,219	-	1,970	1,115	119,895			
1948	50,591		3,823	0,739			0,418	54,735	54,735	48,942	48,942	7,600	-	48,942	-	1,970	1,115	43,693			
1949	64,441		3,899	0,754			0,427	68,668	68,668	62,798	62,798	7,600	-	62,798	-	1,970	1,115	57,626			
1950	46,794		3,977	0,769			0,435	51,105	51,105	45,158	45,158	7,600	-	45,158	-	1,970	1,115	40,063			
1951	72,740		4,057	0,785			0,444	77,138	77,138	71,111	71,111	7,600	-	71,111	-	1,970	1,115	66,096			
1952	73,436		4,138	0,800			0,453	77,922	77,922	71,813	71,813	7,600	-	71,813	-	1,970	1,115	66,880			
1953	32,448		4,221	0,816			0,462	37,023	37,023	30,833	30,833	7,600	-	30,833	-	1,970	1,115	25,982			
1954	17,287		4,305	0,833			0,471	21,954	21,954	15,679	15,679	7,600	-	15,679	-	1,970	1,115	10,912			
1955	116,290		4,391	0,849			0,481	121,050	121,050	114,688	114,688	7,600	-	114,688	-	1,970	1,115	110,008			
1956	113,601		4,479	0,866			0,490	118,456	118,456	112,007	112,007	7,600	-	112,007	-	1,970	1,115	107,415			
1957	3,199		4,569	0,884			0,500	8,151	8,151	1,612	1,612	7,600	-	1,612	-	1,970	1,115	-			
1958	263,050		4,660	0,901			0,510	268,101	268,101	261,471	261,471	7,600	-	261,471	-	1,970	1,115	257,059			
1959	93,884		4,753	0,919			0,520	99,036	99,036	92,313	92,313	7,600	-	92,313	-	1,970	1,115	87,994			
1960	47,913		4,849	0,938			0,531	53,168	53,168	46,350	46,350	7,600	-	46,350	-	1,970	1,115	42,127			
1961	104,734		4,945	0,956			0,541	110,095	110,095	103,179	103,179	7,600	-	103,179	-	1,970	1,115	99,053			
1962	47,951		5,044	0,976			0,552	53,419	53,419	46,404	46,404	7,600	-	46,404	-	1,970	1,115	42,377			
1963	219,899		5,145	0,995			0,563	225,477	225,477	218,361	218,361	7,600	-	218,361	-	1,970	1,115	214,435			
1964	46,947		5,248	1,015			0,574	52,636	52,636	45,418	45,418	7,600	-	45,418	-	1,970	1,115	41,594			
1965	214,039		5,353	1,035			0,586	219,842	219,842	212,519	212,519	7,600	-	212,519	-	1,970	1,115	208,800			
1966	57,720		5,460	1,056			0,597	63,639	63,639	56,208	56,208	7,600	-	56,208	-	1,970	1,115	52,597			
1967	199,005		5,569	1,077			0,609	205,042	205,042	197,503	197,503	7,600	-	197,503	-	1,970	1,115	194,000			
1968	135,960		5,681	1,099			0,622	142,118	142,118	134,467	134,467	7,600	-	134,467	-	1,970	1,115	131,076			
1969	11,404		5,794	1,121			0,634	17,685	17,685	9,920	9,920	7,600	-	9,920	-	1,970	1,115	6,643			
1970	147,008		5,910	1,143			0,647	153,414	153,414	145,534	145,534	7,600	-	145,534	-	1,970	1,115	142,372			
1971	177,172		6,029	1,166			0,660	183,707	183,707	175,708	175,708	7,600	-	175,708	-	1,970	1,115	172,665			
1972	24,690		6,149	1,189			0,673	31,355	31,355	23,236	23,236	7,600	-	23,236	-	1,970	1,115	20,313			
1973	260,167		6,272	1,213			0,686	266,966	266,966	258,724	258,724	7,600	-	258,724	-	1,970	1,115	255,924			
1974	32,835		6,398	1,237			0,700	39,770	39,770	31,402	31,402	7,600	-	31,402	-	1,970	1,115	28,728			
1975	157,746		6,525	1,262			0,714	164,819	164,819	156,324	156,324	7,600	-	156,324	-	1,970	1,115	153,777			
1976	245,891		6,656	1,287			0,728	253,106	253,106	244,480	244,480	7,600	-	244,480	-	1,970	1,115	242,064			
1977	121,193		6,789	1,313			0,743	128,552	128,552	119,793	119,793	7,600	-	119,793	-	1,970	1,115	117,511			
1978	158,858		6,925	1,339			0,758	166,364	166,364	157,469	157,469	7,600	-	157,469	-	1,970	1,115	155,322			
1979	56,467		7,063	1,366			0,773	64,123	64,123	55,090	55,090	7,600	-	55,090	-	1,970	1,115	53,082			
1980	87,429		7,205	1,393			0,788	95,238	95,238	86,064	86,064	7,600	-	86,064	-	1,970	1,115	84,197			
1981	75,830		7,349	1,421			0,804	83,796	83,796	74,477	74,477	7,600	-	74,477	-	1,970	1,115	72,754			
1982	11,131		7,496	1,450			0,820	19,256	19,256	9,790	9,790	7,600	-	9,790	-	1,970	1,115	8,214			
1983	188,223		7,646	1,479			0,837	196,511	196,511	186,895	186,895	7,600	-	186,895	-	1,970	1,115	185,469			
1984	204,661		7,799	1,508			0,853	213,114	213,114	203,345	203,345	7,600	-	203,345	-	1,970	1,115	202,072			
1985	80,659		7,955	1,538			0,870	89,282	89,282	79,357	79,357	7,600	-	79,357	-	1,970	1,115	78,240			
1986	151,870		8,114	1,569			0,888	160,664	160,664	150,581	150,581	7,600	-	150,581	-	1,970	1,115	149,622			
1987	36,923		8,276	1,600			0,906	45,894	45,894	35,648	35,648	7,600	-	35,648	-	1,970	1,115	34,852			
1988	134,468		8,441	1,632			0,924	143,618	143,618	133,206	133,206	7,600	-	133,206	-	1,970	1,115	132,576			
1989	139,287		8,610	1,665			0,942	148,620	148,620	138,040	138,040	7,600	-	138,040	-	1,970	1,115	137,578			
1990	140,926		8,782	1,698			0,961	150,446	150,446	139,694	139,694	7,600	-	139,694	-	1,970	1,115	139,404			
1991	142,566		8,958	1,732			0,980	152,276	152,276	141,348	141,348	7,600	-	141,348	-	1,970	1,115	141,234			
1992	144,205		9,137	1,767			1,000	154,110	154,110	143,002	143,002	7,600	-	143,002	-	1,970	1,115	143,068			
1993	145,845		9,320	1,802			1,020	155,947	155,947	144,657	144,657	7,600	-	144,657	-	1,970	1,115	144,905			
1994	139,250		9,506	1,838			1,040	149,555	149,555	138,078	138,078	7,600	-	138,078	-	1,970	1,115	138,513			
1995	78,350		9,604	1,857			1,051	88,760	88,760	77,187	77,187	7,600	-	77,187	-	1,970	1,115	77,718			
1996	150,767		9,701	1,876			1,062	161,282	161,282	149,612	149,612	7,600	-	149,612	-	1,970	1,115	150,240			
1997	152,455		9,798	1,895			1,072	163,075	163,075	151,307	151,307	7,600	-	151,307	-	1,970	1,115	152,033			
1998	154,142		9,895	1,914			1,083	164,868	164,868	153,003	153,003	7,600	-	153,003	-	1,970	1,115	153,826			
1999	155,830		9,992	1,932			1,093	166,661	166,661	154,699	154,699	7,600	-	154,699	-	1,970	1,115	155,619			
2000	109,450		10,089	1,951			1,104	120,387	120,387	108,327	108,327	7,600	-	108,327	-	1,970	1,115	109,345			
2001	109,450		10,187	1,970			1,115	120,492	120,492	108,335	108,335	7,600	-	108,335	-	1,970	1,115	109,450			
	113,438		10,187	1,269			0,718	120,550	120,550	110,579	110,579							109,558			

Cuadro 3.12 Escurrimiento disponible en la subcuenca V12 “La Cuña”

(1)	(2)	(3) Salidas históricas (Mm³)			(4) Entradas históricas (Mm³)			(5) D V	(6) Cp	(7) Demandas actuales (Mm³):				(8) Capacidad de almacenamiento (Mm³):				
		Ab	Ex	Ev	Uc	Ar	Im			R	riego		pecuario		urbano		total	
											8,39	3,29	0,01	11,69	mínima	máxima		
(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)									
Año	Salidas históricas (Mm³)				Entradas históricas (Mm³)			D V	Cp	Escurrimiento (Mm³)				D V'	Usos actuales (Mm³)		Escurrimiento disponible (Mm³)	
	Ab	Ex	Ev	Uc	Ar	Im	R			CP+Esc. disp. Ar	menos usos actuales	excedente	almacenado		deficit	derrames		Uc real
1945	473,591		0,242	4,149	332,278		1,024	144,678	355,128	343,196	343,196	14,000	-	-	-	11,690	2,886	345,644
1946	454,634		0,246	4,232	317,089		1,045	140,978	382,655	129,042	129,042	14,000	-	129,042	-	11,690	2,886	131,494
1947	565,194		0,251	4,316	394,464		1,066	174,232	522,653	510,712	510,712	14,000	-	510,712	-	11,690	2,886	513,169
1948	757,539		0,256	4,403	544,661		1,087	216,449	628,856	616,910	616,910	14,000	-	616,910	-	11,690	2,886	619,372
1949	388,014		0,261	4,491	282,799		1,109	108,858	289,392	277,441	277,441	14,000	-	277,441	-	11,690	2,886	279,908
1950	413,237		0,267	4,580	330,062		1,131	86,891	308,131	296,174	296,174	14,000	-	296,174	-	11,690	2,886	298,647
1951	437,659		0,272	4,672	327,795		1,154	113,654	365,199	353,237	353,237	14,000	-	353,237	-	11,690	2,886	355,715
1952	548,992		0,277	4,766	357,674		1,177	195,184	460,427	448,460	448,460	14,000	-	448,460	-	11,690	2,886	450,943
1953	518,656		0,283	4,861	387,216		1,200	135,384	402,173	390,200	390,200	14,000	-	390,200	-	11,690	2,886	392,689
1954	302,673		0,289	4,958	283,328		1,224	23,367	173,602	161,624	161,624	14,000	-	161,624	-	11,690	2,886	164,118
1955	973,118		0,294	5,057	674,350		1,249	302,871	902,383	890,398	890,398	14,000	-	890,398	-	11,690	2,886	892,898
1956	492,605		0,300	5,158	350,153		1,274	146,637	461,533	449,542	449,542	14,000	-	449,542	-	11,690	2,886	452,049
1957	171,576		0,306	5,262	201,250		1,299	(25,405)	47,201	35,205	35,205	14,000	-	35,205	-	11,690	2,886	37,717
1958	1 570,235		0,312	5,367	1 217,233		1,325	357,356	1 609,584	1 597,582	1 597,582	14,000	-	1 597,582	-	11,690	2,886	1 570,235
1959	527,715		0,319	5,474	364,083		1,352	168,074	463,469	451,460	451,460	14,000	-	451,460	-	11,690	2,886	453,984
1960	325,349		0,325	5,584	253,599		1,379	76,280	268,718	256,703	256,703	14,000	-	256,703	-	11,690	2,886	259,233
1961	358,296		0,332	5,695	170,743		1,406	192,174	359,888	347,866	347,866	14,000	-	347,866	-	11,690	2,886	350,404
1962	437,504		0,338	5,809	350,301		1,434	91,916	377,540	365,511	365,511	14,000	-	365,511	-	11,690	2,886	368,055
1963	922,081		0,345	5,925	463,993		1,463	462,895	976,749	964,714	964,714	14,000	-	964,714	-	11,690	2,886	922,081
1964	410,200		0,352	6,044	305,633		1,492	109,470	321,275	309,234	309,234	14,000	-	309,234	-	11,690	2,886	311,791
1965	1 241,029		0,359	6,165	778,479		1,522	467,551	1 257,104	1 245,055	1 245,055	14,000	-	1 245,055	-	11,690	2,886	1 241,029
1966	602,290		0,366	6,288	435,142		1,553	172,249	538,775	526,719	526,719	14,000	-	526,719	-	11,690	2,886	529,291
1967	1 899,260		0,373	6,414	1 312,468		1,584	591,995	1 862,594	1 850,531	1 850,531	14,000	-	1 850,531	-	11,690	2,886	1 853,110
1968	593,079		0,381	6,542	365,558		1,615	232,828	607,990	595,919	595,919	14,000	-	595,919	-	11,690	2,886	593,079
1969	195,763		0,389	6,673	159,896		1,648	41,281	161,124	149,045	149,045	14,000	-	149,045	-	11,690	2,886	151,640
1970	872,967		0,396	6,806	518,184		1,681	360,305	908,990	896,904	896,904	14,000	-	896,904	-	11,690	2,886	872,967
1971	1 366,076		0,404	6,942	1 124,775		1,714	246,933	1 369,981	1 357,887	1 357,887	14,000	-	1 357,887	-	11,690	2,886	1 360,497
1972	274,666		0,412	7,081	173,500		1,749	106,911	213,805	201,703	201,703	14,000	-	201,703	-	11,690	2,886	204,321
1973	1 969,912		0,421	7,223	1 405,006		1,783	570,766	1 990,989	1 978,878	1 978,878	14,000	-	1 978,878	-	11,690	2,886	1 969,912
1974	364,506		0,429	7,367	188,838		1,819	181,645	298,358	286,239	286,239	14,000	-	286,239	-	11,690	2,886	288,873
1975	864,459		0,438	7,515	466,738		1,856	403,817	919,691	907,563	907,563	14,000	-	907,563	-	11,690	2,886	864,459
1976	1 448,454		0,446	7,665	1 198,803		1,893	255,870	1 520,699	1 508,563	1 508,563	14,000	-	1 508,563	-	11,690	2,886	1 448,454
1977	570,023		0,455	7,818	408,321		1,931	168,045	549,904	537,759	537,759	14,000	-	537,759	-	11,690	2,886	540,420
1978	462,136		0,464	7,975	343,414		1,969	125,192	506,648	494,494	494,494	14,000	-	494,494	-	11,690	2,886	462,136
1979	216,733		0,474	8,134	190,525		2,008	32,807	159,900	147,736	147,736	14,000	-	147,736	-	11,690	2,886	150,416
1980	285,571		0,483	8,297	357,378		2,049	(65,076)	244,875	232,702	232,702	14,000	-	232,702	-	11,690	2,886	235,391
1981	270,888		0,493	8,463	110,296		2,090	167,458	274,472	262,290	262,290	14,000	-	262,290	-	11,690	2,886	264,988
1982	143,917		0,503	8,632	151,747		2,131	(0,826)	97,205	85,013	85,013	14,000	-	85,013	-	11,690	2,886	87,721
1983	392,270		0,513	8,805	388,118		2,174	11,296	423,079	410,877	410,877	14,000	-	410,877	-	11,690	2,886	392,270
1984	403,770		0,523	8,981	291,613		2,218	119,443	553,047	540,834	540,834	14,000	-	540,834	-	11,690	2,886	403,770
1985	217,050		0,533	9,160	259,942		2,262	(35,460)	168,504	156,281	156,281	14,000	-	156,281	-	11,690	2,886	159,020
1986	814,682		0,544	9,344	508,101		2,307	314,162	818,611	806,377	806,377	14,000	-	806,377	-	11,690	2,886	809,127
1987	251,971		0,555	9,531	286,033		2,353	(26,330)	226,984	214,739	214,739	14,000	-	214,739	-	11,690	2,886	217,499
1988	704,370		0,566	9,721	481,882		2,400	230,375	720,933	708,677	708,677	14,000	-	708,677	-	11,690	2,886	704,370
1989	226,291		0,577	9,916	180,295		2,448	54,040	294,837	282,569	282,569	14,000	-	282,569	-	11,690	2,886	226,291
1990	806,182		0,589	10,114	492,439		2,497	321,949	810,379	798,101	798,101	14,000	-	798,101	-	11,690	2,886	800,895
1991	1 723,019		0,601	10,316	1 381,152		2,547	350,236	1 708,665	1 696,374	1 696,374	14,000	-	1 696,374	-	11,690	2,886	1 699,181
1992	946,124		0,613	10,522	615,066		2,598	339,595	991,509	979,206	979,206	14,000	-	979,206	-	11,690	2,886	946,124
1993	325,676		0,625	10,733	237,159		2,650	97,225	412,863	400,549	400,549	14,000	-	400,549	-	11,690	2,886	325,676
1994	243,092		0,637	10,948	187,108		2,703	64,866	318,772	306,444	306,444	14,000	-	306,444	-	11,690	2,886	243,092
1995	454,585		0,644	11,054	259,731		2,729	203,822	446,415	434,081	434,081	14,000	-	434,081	-	11,690	2,886	436,930
1996	352,928		0,650	11,160	182,073		2,756	179,909	438,465	426,125	426,125	14,000	-	426,125	-	11,690	2,886	352,928
1997	127,959		0,656	11,266	157,294		2,782	(20,195)	259,440	247,094	247,094	14,000	-	247,094	-	11,690	2,886	127,959
1998	344,680		0,662	11,372	443,505		2,808	(89,599)	480,493	468,141	468,141	14,000	-	468,141	-	11,690	2,886	344,680
1999	254,588		0,668	11,478	443,505		2,834	(179,605)	227,545	215,187	215,187	14,000	-	215,187	-	11,690	2,886	218,061
2000	609,979		0,675	11,584	443,505		2,860	175,871	428,459	416,094	416,094	14,000	-	416,094	-	11,690	2,886	418,975
2001	609,979		0,681	11,690	443,505		2,886	175,957	533,493	521,123	521,123	14,000	-	521,123	-	11,690	2,886	524,009
	605,259		0,681	7,553	443,505		1,865	167,882	586,354	582,425	582,425	14,000	-	582,425	-	11,690	2,886	555,083

Cuadro 3.13 Escurrimiento disponible en la subcuenca V13 “El Purgatorio”

(1)	(2)	(3) Salidas históricas (Mm³)			(4) Entradas históricas (Mm³)				(9) D V	(10) Cp	(11) Demandas actuales (Mm³):					(17) D V'	(18) Capacidad de almacenamiento (Mm³):					
		Ab	Ex	Ev	Uc	Ar	Im	R			riego	pecuario	urbano	total	mínima		máxima					
											18,45	2,49	0	20,94								
											(11) CP+Esc. disp. Ar	(12) menos usos actuales	(13) excedente	(14) almacenado	(15) deficit	(16) derrames	(19) Uc real	(20) R real	Escurrimiento disponible (Mm³)			
1945	768,736		0,746	7,461	473,591		1,296		302,055	647,699	626,013	626,013	4,000	-	-	20,940	3,638	628,304				
1946	757,828		0,761	7,610	454,634		1,322		310,243	441,737	288,542	288,542	4,000	-	288,542	20,940	3,638	290,848				
1947	821,443		0,776	7,762	565,194		1,348		263,439	776,608	754,892	754,892	4,000	-	754,892	20,940	3,638	757,213				
1948	932,117		0,791	7,917	757,539		1,375		181,911	801,283	779,551	779,551	4,000	-	779,551	20,940	3,638	781,887				
1949	719,496		0,807	8,076	388,014		1,403		338,962	618,870	597,123	597,123	4,000	-	597,123	20,940	3,638	599,474				
1950	734,009		0,823	8,237	413,237		1,431		328,401	627,048	605,285	605,285	4,000	-	605,285	20,940	3,638	607,653				
1951	748,061		0,840	8,402	437,659		1,460		318,184	673,899	652,119	652,119	4,000	-	652,119	20,940	3,638	654,504				
1952	655,947		0,857	8,570	548,992		1,489		114,893	565,836	544,039	544,039	4,000	-	544,039	20,940	3,638	546,441				
1953	639,494		0,874	8,741	518,656		1,519		128,934	521,623	499,809	499,809	4,000	-	499,809	20,940	3,638	502,228				
1954	329,146		0,891	8,916	302,673		1,549		34,731	198,850	177,018	177,018	4,000	-	177,018	20,940	3,638	179,454				
1955	1 301,587		0,909	9,094	973,118		1,580		336,893	1 229,791	1 207,942	1 207,942	4,000	-	1 207,942	20,940	3,638	1 210,396				
1956	615,392		0,927	9,276	492,605		1,611		131,379	583,428	561,560	561,560	4,000	-	561,560	20,940	3,638	564,032				
1957	185,371		0,946	9,462	171,576		1,644		22,559	60,276	38,390	38,390	4,000	-	38,390	20,940	3,638	40,881				
1958	2 146,026		0,965	9,651	1 570,235		1,677		584,730	2 154,965	2 133,060	2 133,060	4,000	-	2 133,060	20,940	3,638	2 135,570				
1959	575,411		0,984	9,844	527,715		1,710		56,814	510,798	488,874	488,874	4,000	-	488,874	20,940	3,638	491,403				
1960	438,618		1,004	10,041	325,349		1,744		122,569	381,803	359,859	359,859	4,000	-	359,859	20,940	3,638	362,407				
1961	493,745		1,024	10,242	358,296		1,779		144,935	495,339	473,375	473,375	4,000	-	473,375	20,940	3,638	475,944				
1962	555,363		1,044	10,447	437,504		1,815		127,535	495,590	473,606	473,606	4,000	-	473,606	20,940	3,638	476,195				
1963	1 085,558		1,065	10,656	922,081		1,851		173,347	1 095,428	1 073,422	1 073,422	4,000	-	1 073,422	20,940	3,638	1 076,032				
1964	511,378		1,086	10,869	410,200		1,888		111,245	423,036	401,010	401,010	4,000	-	401,010	20,940	3,638	403,641				
1965	1 572,780		1,108	11,086	1 241,029		1,926		342,019	1 583,048	1 561,000	1 561,000	4,000	-	1 561,000	20,940	3,638	1 563,653				
1966	761,454		1,130	11,308	602,290		1,964		169,638	698,929	676,858	676,858	4,000	-	676,858	20,940	3,638	679,533				
1967	2 235,067		1,153	11,534	1 899,260		2,004		346,490	2 199,600	2 177,507	2 177,507	4,000	-	2 177,507	20,940	3,638	2 180,205				
1968	802,815		1,176	11,765	593,079		2,044		220,633	813,712	791,596	791,596	4,000	-	791,596	20,940	3,638	794,317				
1969	194,612		1,199	12,000	195,763		2,085		9,964	161,603	139,464	139,464	4,000	-	139,464	20,940	3,638	142,208				
1970	1 060,981		1,223	12,240	872,967		2,126		199,351	1 072,318	1 050,155	1 050,155	4,000	-	1 050,155	20,940	3,638	1 052,923				
1971	1 751,964		1,248	12,485	1 366,076		2,169		397,452	1 757,948	1 735,761	1 735,761	4,000	-	1 735,761	20,940	3,638	1 738,553				
1972	393,269		1,273	12,734	274,666		2,212		130,398	334,719	312,506	312,506	4,000	-	312,506	20,940	3,638	315,324				
1973	3 522,079		1,298	12,989	1 969,912		2,256		1 564,198	3 534,110	3 511,872	3 511,872	4,000	-	3 511,872	20,940	3,638	3 514,715				
1974	425,549		1,324	13,249	364,506		2,302		73,315	362,188	339,924	339,924	4,000	-	339,924	20,940	3,638	342,793				
1975	1 013,966		1,351	13,514	864,459		2,348		162,024	1 026,483	1 004,192	1 004,192	4,000	-	1 004,192	20,940	3,638	1 007,088				
1976	1 233,804		1,378	13,784	1 448,454		2,395		(201,883)	1 246,571	1 224,253	1 224,253	4,000	-	1 224,253	20,940	3,638	1 227,176				
1977	668,143		1,405	14,060	570,023		2,442		111,143	651,563	629,218	629,218	4,000	-	629,218	20,940	3,638	632,168				
1978	584,733		1,433	14,341	462,136		2,491		135,880	598,016	575,643	575,643	4,000	-	575,643	20,940	3,638	578,621				
1979	315,388		1,462	14,628	216,733		2,541		112,204	262,619	240,217	240,217	4,000	-	240,217	20,940	3,638	243,224				
1980	416,934		1,491	14,920	285,571		2,592		145,183	380,574	358,142	358,142	4,000	-	358,142	20,940	3,638	361,178				
1981	406,740		1,521	15,219	270,888		2,644		149,948	414,936	392,475	392,475	4,000	-	392,475	20,940	3,638	395,541				
1982	100,923		1,552	15,523	143,917		2,697		(28,616)	59,105	36,614	36,614	4,000	-	36,614	20,940	3,638	39,710				
1983	723,087		1,583	15,834	392,270		2,751		345,483	737,753	715,230	715,230	4,000	-	715,230	20,940	3,638	718,357				
1984	686,801		1,614	16,150	403,770		2,806		297,990	701,760	679,206	679,206	4,000	-	679,206	20,940	3,638	682,365				
1985	551,041		1,647	16,473	217,050		2,862		349,249	508,269	485,683	485,683	4,000	-	485,683	20,940	3,638	488,874				
1986	796,984		1,679	16,803	814,682		2,919		(2,135)	806,992	784,373	784,373	4,000	-	784,373	20,940	3,638	787,597				
1987	303,690		1,713	17,139	251,971		2,977		67,594	285,093	262,440	262,440	4,000	-	262,440	20,940	3,638	265,698				
1988	776,434		1,747	17,482	704,370		3,037		88,256	792,626	769,939	769,939	4,000	-	769,939	20,940	3,638	773,231				
1989	166,691		1,782	17,831	226,291		3,098		(43,084)	183,207	160,485	160,485	4,000	-	160,485	20,940	3,638	163,812				
1990	643,813		1,818	18,188	806,182		3,160		(145,523)	655,372	632,614	632,614	4,000	-	632,614	20,940	3,638	635,977				
1991	1 551,375		1,854	18,552	1 723,019		3,223		(154,461)	1 544,720	1 521,926	1 521,926	4,000	-	1 521,926	20,940	3,638	1 525,325				
1992	573,630		1,891	18,923	946,124		3,287		(354,967)	591,157	568,326	568,326	4,000	-	568,326	20,940	3,638	571,762				
1993	327,734		1,929	19,301	325,676		3,353		19,936	345,612	322,743	322,743	4,000	-	322,743	20,940	3,638	326,216				
1994	240,687		1,968	19,687	243,092		3,420		15,830	258,922	236,014	236,014	4,000	-	236,014	20,940	3,638	239,527				
1995	523,451		1,986	19,866	454,585		3,451		87,267	524,197	501,272	501,272	4,000	-	501,272	20,940	3,638	504,802				
1996	365,880		2,004	20,045	352,928		3,482		31,518	384,446	361,503	361,503	4,000	-	361,503	20,940	3,638	365,051				
1997	142,846		2,021	20,224	127,959		3,513		33,619	161,578	138,617	138,617	4,000	-	138,617	20,940	3,638	142,183				
1998	403,124		2,039	20,403	344,680		3,544		77,342	422,022	399,042	399,042	4,000	-	399,042	20,940	3,638	402,626				
1999	351,206		2,057	20,582	254,588		3,576		115,682	333,743	310,746	310,746	4,000	-	310,746	20,940	3,638	314,348				
2000	123,206		2,075	20,761	98,565		3,607		43,871	462,846	439,830	439,830	4,000	-	439,830	20,940	3,638	123,206				
2001	289,235		2,093	20,940	231,388		3,638		77,242	601,252	578,219	578,219	4,000	-	578,219	20,940	3,638	289,235				
	737,138		2,093	13,576	589,645		2,358		160,067	715,149	710,061							682,695				
											Arcediano (1952-2001)					691,87			Escurrimiento neto al sitio de la presa Arcediano (1952-2001)			440,74

En la columna 10 de los cuadros 3.10 a 3.13 se presenta el escurrimiento virgen por cuenca propia para cada una de las subcuencas.

3.3.3 Escurrimientos disponibles

Antes es necesario considerar en la ecuación de continuidad que el escurrimiento agua arriba (Ar) debe ser el escurrimiento disponible en la subcuenca aguas arriba después de haber realizado su propio balance hidráulico en el que se considere su demanda actual de agua. En la columna 11 se tiene el escurrimiento por cuenca propia más el escurrimiento disponible agua arriba.

El escurrimiento disponible resulta de reducir al escurrimiento virgen en cada año (columna 11) la utilización actual del agua en la subcuenca. Estos valores están dados por el último registro, que es el máximo, de las variables hidrológicas: evaporación, exportación, importación, uso consuntivo, retornos y variación del volumen en los embalses.

Las columnas 12 a 19 se previeron en el caso de que la cuenca no fuera capaz de suministrar la demanda solicitada, ante esta situación se tomaría en cuenta la capacidad de los almacenamientos para subsanar el déficit encontrado, después se determinaría el uso consuntivo que realmente es capaz de satisfacer la subcuenca y una vez realizado es procedimiento se determinaría el escurrimiento disponible. En las subcuencas analizadas satisfacen su demanda, por lo tanto esta parte del procedimiento no influye en el resultado obtenido.

Finalmente en la columna 20 de los cuadros 3.10 a 3.13 se presentan los escurrimientos disponibles obtenidos mediante la siguiente ecuación.

$$A_{\text{disponible}} = C_p + A_{\text{disponible}} + R + I_m - (U_c + E_v + E_x + \Delta v)$$

El escurrimiento medio anual obtenido después de llevar a cabo este procedimiento es de 691,87 Mm³, que representa un gasto medio anual de 21,92 m³/s. Al reducir a este escurrimiento el correspondiente al sitio del proyecto San Nicolás, el escurrimiento neto disponible para el proyecto de la presa Arcediano es de 440,74 Mm³ y un gasto de 13,97 m³/s.

3.3.4 Distribución mensual

Por otro lado, en este estudio se requiere determinar los escurrimientos mensuales a partir del valor anual obtenido.

La modificación del régimen de escurrimiento, en términos simples y sin considerar infraestructura hidráulica, es consecuencia del cambio de régimen de un río por la utilización del escurrimiento para la atención de una demanda inmediata. Sin embargo, cuando se tienen los aprovechamientos hidráulicos no es necesario sobre explotar un régimen de escurrimientos cuando los recursos son escasos, y en el otro extremo, subutilizarlos cuando los hay de sobra.

Es decir, para hacer la distribución mensual de los escurrimientos es necesario considerar el comportamiento de operación de los almacenamientos. En el cuadro 3.14 se muestra el porcentaje promedio mensual de las entradas a los almacenamientos de la cuenca baja del río Verde.

Sin embargo, también este comportamiento se manifiesta con el porcentaje promedio obtenido a través del escurrimiento aforado. En el mismo cuadro 3.14 se muestra la relación entre el escurrimiento aforado mensualmente y el anual. Puede observarse que los valores de ambas relaciones son muy parecidos. Se adoptó la distribución a través de la relación de los escurrimientos aforados, ya que se tiene información en todos los años (véase el cuadro 3.15).

Cuadro 3.14 Porcentaje promedio mensual de las entradas a los almacenamientos de la cuenca baja del río Verde y del escurrimiento aforado

Mes	Porcentaje promedio de las entradas a los almacenamientos	Porcentaje promedio del escurrimiento aforado
Enero	2,71	1,64
Febrero	0,65	1,22
Marzo	0,80	0,98
Abril	0,65	0,89
Mayo	2,34	0,89
Junio	9,39	5,66
Julio	18,27	23,89
Agosto	25,53	26,70
Septiembre	24,53	24,54
Octubre	11,53	9,33
Noviembre	1,79	2,58
Diciembre	1,80	1,69

En el cuadro 3.16 se muestra el escurrimiento disponible mensual una vez realizado el procedimiento descrito en los párrafos anteriores, el escurrimiento neto disponible para el proyecto de la presa Arcediano es de 440,74 Mm³ y un gasto de 13,97 m³/s.

Posteriormente se integraran estos escurrimientos, conforme a la operación simultánea de los aprovechamientos de San Nicolás y El Salto, a los determinados para el río Santiago (capítulo siguiente).

Cuadro 3.15 Factor de escurrimiento para determinar la distribución mensual del escurrimiento en el sitio del proyecto de la presa Arcediano

(Relación entre el escurrimiento aforado mensual y anual en el río Verde)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	diciembre	Anual
1952	0,006	0,006	0,004	0,019	0,001	0,116	0,257	0,292	0,179	0,099	0,013	0,008	1,000
1953	0,006	0,004	0,005	0,008	0,001	0,066	0,138	0,372	0,318	0,035	0,029	0,018	1,000
1954	0,010	0,011	0,009	0,008	0,008	0,151	0,309	0,265	0,096	0,109	0,016	0,008	1,000
1955	0,005	0,002	0,001	0,001	0,002	0,010	0,121	0,437	0,254	0,146	0,017	0,006	1,000
1956	0,007	0,003	0,005	0,005	0,029	0,089	0,414	0,323	0,099	0,014	0,006	0,006	1,000
1957	0,010	0,005	0,001	0,001	0,000	0,044	0,146	0,182	0,395	0,150	0,042	0,025	1,000
1958	0,004	0,003	0,001	0,001	0,001	0,034	0,260	0,126	0,237	0,155	0,162	0,017	1,000
1959	0,037	0,018	0,012	0,017	0,013	0,082	0,228	0,394	0,122	0,061	0,003	0,015	1,000
1960	0,015	0,014	0,012	0,002	0,007	0,010	0,183	0,475	0,244	0,020	0,009	0,010	1,000
1961	0,009	0,005	0,007	0,009	0,004	0,070	0,587	0,196	0,079	0,018	0,012	0,005	1,000
1962	0,005	0,006	0,003	0,005	0,004	0,092	0,296	0,080	0,313	0,150	0,026	0,019	1,000
1963	0,005	0,002	0,003	0,002	0,003	0,053	0,417	0,323	0,144	0,033	0,005	0,010	1,000
1964	0,023	0,010	0,006	0,006	0,006	0,081	0,149	0,219	0,344	0,122	0,023	0,012	1,000
1965	0,004	0,003	0,000	0,002	0,002	0,011	0,045	0,502	0,246	0,159	0,018	0,007	1,000
1966	0,008	0,010	0,004	0,006	0,002	0,067	0,112	0,377	0,286	0,088	0,024	0,017	1,000
1967	0,010	0,003	0,002	0,001	0,003	0,031	0,089	0,236	0,460	0,121	0,037	0,007	1,000
1968	0,028	0,026	0,011	0,009	0,010	0,009	0,284	0,252	0,325	0,034	0,008	0,006	1,000
1969	0,017	0,009	0,004	0,007	0,020	0,007	0,348	0,137	0,314	0,083	0,029	0,024	1,000
1970	0,010	0,009	0,008	0,004	0,004	0,108	0,201	0,186	0,333	0,120	0,008	0,008	1,000
1971	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,064	0,097	0,371	0,268	0,140	0,029	0,013	1,000
1972	0,056	0,046	0,032	0,023	0,023	0,125	0,175	0,241	0,202	0,052	0,016	0,011	1,000
1973	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,004	0,151	0,315	0,423	0,088	0,010	0,003	1,000
1974	0,028	0,023	0,012	0,011	0,014	0,021	0,263	0,336	0,233	0,010	0,048	0,001	1,000
1975	0,002	0,006	0,004	0,004	0,005	0,025	0,289	0,515	0,143	0,005	0,001	0,002	1,000
1976	0,002	0,005	0,003	0,003	0,004	0,002	0,653	0,038	0,065	0,200	0,019	0,005	1,000
1977	0,016	0,008	0,002	0,008	0,009	0,101	0,190	0,111	0,488	0,037	0,020	0,009	1,000
1978	0,007	0,011	0,008	0,006	0,008	0,025	0,088	0,149	0,304	0,346	0,030	0,018	1,000
1979	0,028	0,026	0,023	0,026	0,020	0,025	0,059	0,359	0,249	0,071	0,054	0,059	1,000
1980	0,061	0,042	0,031	0,024	0,018	0,004	0,125	0,368	0,214	0,050	0,039	0,023	1,000
1981	0,027	0,014	0,004	0,016	0,004	0,109	0,307	0,255	0,200	0,032	0,021	0,011	1,000
1982	0,006	0,054	0,044	0,009	0,015	0,005	0,391	0,107	0,155	0,106	0,038	0,069	1,000
1983	0,008	0,005	0,004	0,002	0,003	0,013	0,320	0,309	0,280	0,033	0,017	0,006	1,000
1984	0,007	0,006	0,005	0,003	0,004	0,083	0,443	0,270	0,143	0,021	0,008	0,007	1,000
1985	0,007	0,006	0,005	0,005	0,005	0,113	0,367	0,336	0,082	0,048	0,016	0,011	1,000
1986	0,006	0,004	0,005	0,003	0,005	0,163	0,389	0,083	0,174	0,126	0,025	0,019	1,000
1987	0,051	0,032	0,032	0,024	0,022	0,014	0,266	0,272	0,168	0,065	0,026	0,027	1,000
1988	0,013	0,004	0,004	0,004	0,004	0,012	0,264	0,535	0,123	0,019	0,008	0,010	1,000
1989	0,027	0,016	0,020	0,019	0,018	0,044	0,043	0,358	0,310	0,054	0,028	0,063	1,000
1990	0,007	0,004	0,005	0,005	0,005	0,023	0,079	0,524	0,217	0,095	0,028	0,008	1,000
1991	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,006	0,744	0,106	0,100	0,021	0,007	0,004	1,000
1992	0,052	0,019	0,006	0,006	0,006	0,032	0,076	0,296	0,194	0,263	0,031	0,019	1,000
1993	0,015	0,009	0,010	0,010	0,009	0,051	0,449	0,111	0,240	0,061	0,027	0,008	1,000
1994	0,021	0,012	0,014	0,013	0,013	0,115	0,057	0,182	0,406	0,124	0,036	0,007	1,000
1995	0,009	0,005	0,006	0,006	0,006	0,019	0,081	0,379	0,403	0,052	0,017	0,017	1,000
1996	0,027	0,027	0,026	0,019	0,022	0,060	0,089	0,118	0,286	0,260	0,036	0,028	1,000
1997	0,033	0,021	0,024	0,024	0,023	0,128	0,270	0,121	0,152	0,115	0,044	0,044	1,000
1998	0,012	0,007	0,008	0,008	0,008	0,021	0,038	0,211	0,411	0,239	0,028	0,008	1,000
1999	0,013	0,008	0,009	0,009	0,009	0,036	0,216	0,265	0,339	0,051	0,023	0,022	1,000
2000	0,039	0,024	0,027	0,025	0,025	0,205	0,106	0,134	0,192	0,111	0,052	0,061	1,000
2001	0,016	0,008	0,011	0,011	0,010	0,052	0,276	0,201	0,316	0,054	0,022	0,022	1,000
Promedio	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,24	0,27	0,25	0,09	0,03	0,02	1,00
%	1,64	1,22	0,98	0,89	0,89	5,06	23,89	26,70	24,54	9,33	2,58	1,69	100,00

Cuadro 3.16 Escurrecimientos neto disponible en el sitio del proyecto Arcediano (Mm³)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Annual
1952	2,384	2,573	1,577	7,783	0,520	47,858	106,481	120,965	73,995	41,028	5,185	3,348	413,70
1953	1,943	1,471	1,643	2,570	0,446	21,790	45,298	122,414	104,452	11,425	9,469	5,786	328,70
1954	1,055	1,151	0,943	0,786	0,786	15,633	32,020	27,455	9,979	11,280	1,623	0,869	103,58
1955	3,702	1,249	0,522	0,970	1,695	7,953	98,767	357,682	208,093	119,304	14,109	5,101	819,15
1956	2,768	1,429	2,115	2,174	12,358	37,574	175,171	136,915	42,123	6,046	2,395	2,410	423,48
1957	0,201	0,105	0,026	0,018	0,006	0,918	3,051	3,783	8,229	3,115	0,867	0,517	20,84
1958	5,037	3,329	1,277	0,973	0,890	44,408	334,321	161,771	305,672	200,000	208,499	21,354	1 287,53
1959	12,683	6,169	4,173	5,998	4,394	28,440	78,869	136,267	42,281	20,967	0,936	5,045	346,22
1960	4,041	3,804	3,129	0,591	1,846	2,640	49,404	128,417	66,049	5,537	2,398	2,633	270,49
1961	3,757	2,356	2,860	3,648	1,587	30,078	251,725	84,278	33,856	7,782	5,080	2,002	429,01
1962	1,668	1,926	1,083	1,645	1,356	30,033	96,743	26,235	102,010	48,992	8,322	6,317	326,33
1963	4,443	2,188	2,589	1,837	2,503	48,367	380,554	294,926	131,137	29,916	4,439	9,319	912,22
1964	6,934	2,984	1,905	1,822	1,780	24,607	45,421	66,606	104,725	37,286	6,911	3,590	304,57
1965	4,476	3,442	0,216	2,575	2,079	11,601	48,345	536,460	262,575	170,298	19,712	7,593	1 069,37
1966	3,101	3,957	1,657	2,237	0,902	26,877	44,476	150,268	113,826	34,983	9,548	6,757	398,59
1967	12,901	3,963	3,311	1,037	4,034	41,263	118,517	314,808	612,720	161,395	48,812	9,270	1 332,03
1968	17,707	16,706	7,091	5,734	6,291	6,057	181,409	160,882	207,577	21,426	4,872	3,706	639,46
1969	1,788	0,968	0,412	0,765	2,094	0,705	35,686	14,079	32,207	8,559	2,948	2,467	102,68
1970	6,947	6,407	5,734	3,210	3,011	77,365	144,517	133,693	238,885	86,438	5,611	5,822	717,64
1971	3,222	3,570	3,130	2,961	3,028	56,206	85,451	327,390	236,106	123,521	25,807	11,419	881,81
1972	14,239	11,606	8,062	5,755	5,969	31,832	44,567	61,498	51,473	13,205	3,990	2,726	254,92
1973	1,382	4,641	3,089	2,992	3,054	10,758	385,112	804,286	#####	225,326	25,690	6,719	2 553,53
1974	7,711	6,327	3,157	3,074	3,819	5,613	71,075	91,006	63,044	2,606	12,970	0,306	270,71
1975	1,171	4,069	2,676	2,593	3,126	16,809	191,474	341,492	94,742	3,386	0,360	1,182	663,08
1976	0,678	1,526	0,944	0,953	1,016	0,557	183,547	10,571	18,124	56,164	5,375	1,539	280,99
1977	7,067	3,365	0,996	3,352	3,772	44,267	83,336	48,874	214,127	16,434	8,743	4,077	438,41
1978	2,849	4,304	2,966	2,223	2,927	9,805	34,284	58,117	118,563	134,843	11,732	7,110	389,72
1979	5,907	5,598	4,993	5,553	4,280	5,229	12,641	76,277	52,885	15,121	11,461	12,585	212,53
1980	12,839	8,709	6,518	5,054	3,853	0,744	26,193	76,938	44,709	10,469	8,214	4,856	209,09
1981	9,935	5,075	1,442	5,810	1,489	39,461	111,104	92,161	72,436	11,479	7,616	3,815	361,82
1982	0,139	1,190	0,968	0,209	0,340	0,112	8,650	2,356	3,423	2,354	0,836	1,532	22,11
1983	4,415	2,586	2,326	1,268	1,807	7,636	183,706	177,606	160,959	18,896	9,785	3,704	574,69
1984	3,802	3,213	2,400	1,565	1,915	43,594	231,742	141,109	74,997	10,851	4,387	3,869	523,44
1985	2,809	2,384	2,053	2,023	1,844	45,901	149,298	136,723	33,388	19,717	6,569	4,352	407,06
1986	3,445	2,197	2,711	1,972	2,961	97,514	233,156	49,803	104,554	75,391	15,034	11,206	599,95
1987	4,160	2,620	2,585	1,949	1,814	1,095	21,470	21,941	13,574	5,236	2,134	2,221	80,80
1988	6,348	1,866	2,115	1,989	1,955	5,814	128,170	259,819	59,954	9,098	4,104	4,638	485,87
1989	2,864	1,650	2,096	1,973	1,883	4,587	4,477	37,357	32,398	5,603	2,928	6,603	104,42
1990	2,616	1,480	1,825	1,734	1,686	8,156	28,243	187,047	77,455	33,924	9,937	2,907	357,01
1991	1,423	0,828	1,003	0,958	0,933	2,917	349,798	49,812	47,148	9,962	3,374	2,107	470,26
1992	8,370	3,112	1,002	0,903	0,934	5,077	12,257	47,583	31,244	42,228	5,017	3,069	160,80
1993	3,018	1,882	2,056	1,976	1,908	10,311	90,529	22,304	48,309	12,196	5,352	1,674	201,52
1994	3,464	1,982	2,328	2,245	2,184	19,292	9,637	30,523	68,085	20,797	6,000	1,196	167,73
1995	3,401	2,003	2,501	2,366	2,296	7,299	31,679	148,102	157,676	20,255	6,652	6,580	390,81
1996	8,166	7,961	7,733	5,799	6,676	18,046	26,728	35,513	85,927	78,082	10,857	8,510	300,00
1997	2,023	1,260	1,437	1,423	1,377	7,721	16,352	7,340	9,221	6,987	2,693	2,690	60,52
1998	0,717	0,428	0,501	0,473	0,461	1,297	2,328	12,819	24,971	14,499	1,706	0,502	60,70
1999	1,795	1,136	1,302	1,222	1,200	5,006	29,622	36,316	46,470	7,023	3,088	3,009	137,19
2000	2,093	1,288	1,459	1,378	1,354	11,155	5,772	7,267	10,438	6,039	2,803	3,320	54,37
2001	1,814	0,956	1,309	1,234	1,204	6,058	31,937	23,227	36,520	6,272	2,526	2,525	115,58
Promedio	4,63	3,34	2,44	2,43	2,43	20,63	101,90	128,02	117,48	40,87	11,79	4,73	440,74
Q medio (m ³ /s)	1,73	1,37	0,91	0,94	0,91	7,98	38,05	47,80	45,32	15,26	4,55	1,77	13,97

4 ESCURRIMIENTOS DISPONIBLES EN EL RÍO SANTIAGO HASTA EL SITIO DEL PROYECTO ARCEDIANO

4.1 ANTECEDENTES

Para determinar los escurrimientos en el río Santiago, correspondientes a la cuenca formada entre el origen de este río (salidas del Lago de Chapala, registradas por la estación hidrométrica Corona) y el sitio de la presa Arcediano (estación hidrométrica Las Juntas), se utilizó la metodología establecida por la Comisión Nacional del Agua⁹.

En general, esta metodología consiste en la aplicación de la ecuación de continuidad, mediante la identificación y la relación adecuada de las variables hidrológicas que intervienen en el proceso del balance.

El río Santiago nace en el lago de Chapala, históricamente las salidas de este lago hacia el río Santiago son bastante significativas, sin embargo a partir del año 1980, con la finalidad de preservar el lago de Chapala, se determinó suspender las salidas del lago hacia este río.

Por lo tanto, el comportamiento del río Santiago antes de 1980 es sustancialmente diferente al régimen de escurrimiento presentado actualmente. En consecuencia, es importante considerar estos aspectos dentro del análisis para la determinación de los escurrimientos mensuales.

Las actividades consideradas en el presente análisis parten de los resultados contenidos en el *estudio de disponibilidad y balance hidráulico actualizado de aguas superficiales de la región hidrológica No. 12 Cuenca del Río Santiago*. La adecuación de este estudio consiste básicamente en obtener los escurrimientos a nivel mensual en la subcuenca número uno, el área comprendida por esta subcuenca representa la zona de interés por analizar. En la figura 4.1 se presenta la región analizada en el presente estudio.

4.2 VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN

En primer lugar, es necesario validar la información utilizada en el estudio mencionado. La validación corresponde principalmente a los datos hidrométricos de las estaciones Las Juntas y Corona, escurrimientos aguas abajo (Ab) y aguas arriba (Ar), respectivamente, véanse las columnas 2 y 6 del cuadro 4.1.

Con respecto a la estación hidrométrica Las Juntas (véase el cuadro 4.2), el registro comprende el período de 1951 a 1995. Para conocer la consistencia de la información de este registro, se utilizó como base comparativa la matriz de escurrimientos de la estación hidrométrica Puente

⁹ Norma Oficial Mexicana (NOM-011-CNA-2000) “*Conservación del recurso Agua que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales*”.

Cuadro 4.1 Escurrimiento virgen por cuenca propia (Mm³)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Año	Ab	Ev	Ex	Uc	Ar	Im	R	Δv	Cp
	Juntas	Calderon	Ac. Calderon		Corona				
1960	855,1			59,5	493,7				420,9
1961	760,0			66,6	434,0				392,6
1962	640,8			66,4	465,7				241,5
1963	701,3			66,6	315,0				452,9
1964	610,9			63,0	344,4				329,5
1965	1596,3			66,6	1028,9				634,0
1966	1922,6			66,6	1587,5				401,7
1967	4476,2			66,6	3814,7				728,1
1968	2764,8			66,6	2323,4				508,0
1969	767,2			57,3	581,5				243,0
1970	792,8			66,6	475,1				384,3
1971	2857,9			66,6	2436,1				488,4
1972	1201,7			66,6	1041,9				226,4
1973	2943,4			101,4	2229,3				815,5
1974	1470,8			99,2	1260,3				309,7
1975	1372,5			107,2	912,7				567,0
1976	3420,6			127,5	2867,3				680,8
1977	1642,4			107,5	1239,6				510,3
1978	1057,1			119,1	729,1				447,1
1979	725,6			102,7	564,1				264,2
1980	441,6			119,2	282,6				278,2
1981	327,3			104,4	75,8				355,9
1982	237,1			118,0	53,1				302,0
1983	309,0			129,6	35,1				403,5
1984	242,7			133,9	18,7				357,9
1985	516,2			148,8	263,7				401,3
1986	234,3			135,2	11,2				358,3
1987	248,8			141,3	16,6				373,5
1988	252,5			127,5	27,5				352,5
1989	234,0			118,7	10,9				341,8
1990	871,1			77,0	581,5				366,6
1991	274,9			100,7	47,6				328,0
1992	257,1	14,9		92,6	31,6			6,6	339,6
1993	248,0	14,5		123,7	23,4			-23,6	339,2
1994	239,9	12,1	38,5	122,1	16,2			-14,1	382,3
1995	254,9	10,3	41,8	130,5	29,6			19,1	427,0
1996	258,5	10,3	40,2	142,2	32,8			-30,5	387,9
1997	250,8	7,0	21,8	136,5	26,0			-9,7	380,4
Media	1007,3	11,5	35,6	100,3	703,4			-8,7	408,5
Máximo	4476,2	14,9	41,8	148,8	3814,7	0,0	0,0	19,1	815,5
Mínimo	234,0	7,0	21,8	57,3	10,9	0,0	0,0	-30,5	226,4

Fuente: Estudio de disponibilidad y balance hidráulico actualizado de aguas superficiales de la región hidrológica No. 12 Cuenca del Río Santiago.

Cuadro 4.2 Registro mensual en la estación hidrométrica Las Juntas (Mm³)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
1952	37,573	35,905	34,747	32,517	42,954	37,280	92,925	91,743	62,550	57,686	43,979	50,472	620,331
1953	49,164	48,658	50,974	49,593	47,103	44,614	52,106	95,452	63,887	49,704	45,338	46,876	643,469
1954	56,602	58,497	67,603	63,138	54,080	59,403	71,576	55,096	54,565	51,724	54,174	58,404	704,862
1955	62,555	46,797	48,691	27,363	26,070	37,265	54,514	112,114	242,429	120,888	49,132	48,257	876,075
1956	43,838	45,946	46,521	49,349	51,420	64,317	102,375	94,415	62,392	59,330	59,254	59,186	738,343
1957	62,453	54,323	63,222	60,256	61,535	56,256	60,478	54,561	54,991	54,239	51,196	54,309	687,819
1958	48,678	46,401	60,981	57,869	60,682	61,812	158,156	91,744	169,709	83,093	85,776	60,446	985,347
1959	60,268	57,572	66,911	66,896	62,555	86,807	184,545	402,666	334,252	307,898	290,772	74,081	1 995,223
1960	68,174	68,392	71,380	70,051	79,616	52,102	90,526	118,330	68,150	61,184	51,112	56,050	855,067
1961	59,649	48,051	49,123	46,659	58,574	48,892	92,009	114,271	67,917	57,990	57,656	59,230	760,021
1962	56,861	48,736	52,651	53,990	52,109	36,347	87,126	50,266	63,679	58,605	42,679	37,792	640,841
1963	46,460	43,198	43,463	38,413	44,842	41,411	89,091	102,676	75,631	64,434	52,800	58,882	701,301
1964	55,222	56,174	59,060	54,857	59,625	51,913	48,528	43,863	41,017	43,786	44,650	52,214	610,909
1965	51,937	52,499	54,759	44,260	43,555	41,522	54,323	179,544	219,028	619,783	168,318	62,836	1 592,364
1966	64,809	65,273	87,172	103,764	183,777	288,214	271,021	236,526	425,917	58,928	67,400	69,765	1 922,566
1967	61,341	69,996	80,920	86,458	70,628	78,553	402,459	205,400	840,184	1 046,82	918,534	614,864	4 476,153
1968	242,945	189,694	277,859	242,498	253,681	143,848	403,945	495,439	253,823	76,244	74,090	85,626	2 739,692
1969	86,663	79,269	71,890	64,554	53,265	58,822	45,951	42,546	72,275	65,849	58,498	62,536	762,118
1970	48,041	45,522	47,153	54,680	63,501	67,241	104,122	115,501	68,372	61,136	53,874	63,658	792,801
1971	64,350	57,549	65,106	53,803	63,935	59,023	64,805	251,001	621,189	950,454	487,676	119,050	2 857,941
1972	93,077	96,317	103,344	109,084	114,269	207,153	170,286	63,052	60,763	57,051	58,968	68,334	1 201,698
1973	70,774	54,495	62,572	64,051	65,696	63,087	135,041	441,658	1 013,70	660,316	163,797	119,426	2 914,617
1974	105,954	96,268	101,305	104,968	109,153	141,358	238,563	286,659	77,713	75,947	40,105	68,777	1 446,770
1975	67,066	52,389	53,269	54,621	94,657	98,680	141,331	208,937	356,206	76,919	56,909	68,216	1 329,199
1976	67,733	58,022	56,288	67,392	78,453	68,835	445,919	900,618	584,312	403,295	396,906	244,408	3 372,182
1977	72,090	76,087	121,861	121,034	144,068	203,830	323,399	96,674	198,896	84,507	84,996	100,833	1 628,275
1978	89,642	82,706	98,013	67,079	71,296	96,917	74,703	74,198	96,259	165,574	69,578	71,156	1 057,121
1979	68,737	62,628	68,278	59,153	66,480	63,172	70,059	65,999	45,850	49,619	51,678	53,902	725,555
1980	57,758	58,555	78,557	78,688	78,459	78,459	79,702	25,866	48,138	12,989	8,328	6,824	412,150
1981	8,962	17,364	15,010	6,731	6,555	28,628	85,196	26,720	44,111	11,012	8,101	7,822	266,212
1982	11,687	6,673	6,640	6,286	7,161	6,404	56,336	63,681	16,155	4,887	4,162	4,681	194,753
1983	4,623	4,033	4,329	4,239	4,811	5,484	77,487	73,742	37,503	8,778	5,624	4,289	234,942
1984	4,413	4,364	4,239	4,256	4,452	17,409	75,523	90,497	42,941	11,608	6,055	6,684	272,441
1985	7,225	6,205	5,931	4,414	4,282	17,538	43,486	46,241	33,347	12,668	5,232	6,064	192,633
1986	6,208	6,040	5,086	5,436	5,027	18,521	49,587	59,816	45,958	27,809	6,288	5,953	241,729
1987	6,061	5,890	6,090	5,405	5,945	18,521	49,587	59,816	45,958	27,809	6,288	5,953	241,729
1988	10,855	14,213	13,970	8,946	10,160	7,237	135,380	202,695	58,405	10,639	6,849	6,033	485,378
1989	8,474	10,117	12,097	7,223	4,141	3,526	29,306	43,942	30,782	5,819	4,234	1,607	161,271
1990	10,355	10,517	9,127	5,933	5,907	17,456	52,802	171,704	86,416	66,874	32,635	42,570	512,297
1991	10,079	11,278	10,077	7,913	7,780	7,863	644,703	97,051	96,636	29,839	15,044	18,588	956,850
1992	334,964	109,865	24,794	11,434	20,766	23,879	48,935	99,570	68,352	227,187	32,567	42,482	1 044,793
1993	12,811	15,141	12,031	10,987	9,093	21,344	104,478	29,973	47,526	15,709	10,365	11,600	301,058
1994	13,622	12,587	11,857	11,408	10,660	41,929	32,892	34,634	59,603	5,466	10,198	11,343	258,832
1995	8,267	10,690	12,371	8,403	7,678	8,152	48,240	85,578	59,905	5,874	5,906	5,118	239,464
1996	8,604	11,176	9,803	6,304	8,094	14,331	32,173	24,573	45,959	61,043	8,759	9,099	239,919
1997	11,093	14,114	14,666	19,356	16,610	24,082	46,181	17,125	12,529	12,455	6,546	5,534	200,291
1998	10,938	12,527	10,995	6,628	7,069	5,959	33,766	57,938	103,296	122,552	15,462	19,195	406,325
1999	8,768	13,343	11,430	6,066	7,486	13,885	66,164	62,060	73,138	13,883	8,990	9,462	294,674
2000	10,696	13,475	9,976	5,663	7,310	37,395	32,491	16,487	13,662	9,865	6,541	5,526	169,088
2001	8,055	7,268	8,184	3,750	4,519	18,307	68,358	43,078	55,607	11,708	6,495	5,450	240,779
Promedio	50,704	45,042	46,253	43,056	47,430	55,026	120,284	130,773	147,762	114,096	77,988	61,630	943,8
Q medio m³/s	18,931	17,024	17,269	16,011	17,708	21,845	44,909	45,022	57,007	40,517	30,088	28,138	29,908

NOTA: La información hidrométrica se recabó del **boletín hidrológico No. 52** correspondiente a la **Región Hidrológica No. 12 Parcial**. Cuenca del río Santiago, Tomo I (1951 - 1971) publicado por la extinta **Secretaría de Recursos Hídricos**. Los registros del período 1972 - 1979 fueron obtenidos de información proporcionada por la misma dependencia. La información correspondiente a los meses de Julio - Diciembre 1980 fue proporcionada por la División Hidrométrica de Michoacán perteneciente a la **Comisión Federal de Electricidad**. Asimismo los datos de Enero 1981 - Mayo 1987 se recopilaron de los **boletines hidrométricos Nos. 16** (1981), **18** (1982), **19** (1983), **20** (1984), **21** (1985), **22** (1986) y **23** (1987) editados por el **Departamento de Hidrometeorología** de la misma CFE.

 Dato obtenido del BANDAS

 Dato deducido de la correlación realizada entre los registros mensuales de escurrimiento de la presente estación y los datos mensuales de la estación hidrométrica Arcediano, en el período común 1952-1987, empleando las funciones de ajuste lineal, logarítmico, potencial y exponencial

En el cuadro 4.3 se muestra el registro utilizado bajo el concepto aguas abajo (Ab), a éste ya se agregó la información requerida para hacer un registro común con la matriz de escurrimientos del río Verde (1952 – 2001). El valor promedio anual de escurrimientos varió de 1 007,3 a 943,8 Mm³ en el período 1960 – 1997.

Con referencia a la estación hidrométrica Corona se tiene registrado el período 1926 – 2001, sin embargo se maneja el período señalado anteriormente (1952 – 2001), véase el cuadro 4.4. No existen estaciones próximas a ésta, con la más cercana de ellas hay una serie de aprovechamientos hidráulicos que no permiten obtener una correlación confiable.

Por lo tanto, se consideró válida la información en la estación hidrométrica Corona. Al comparar el escurrimiento anual de este registro con los datos de la columna 6 del cuadro 4.1 se hallaron dos años con diferencias, en 1985 la variación se debía a la falta de datos en tres meses, estos valores fueron generados correlacionando meses consecutivos de información.

La variación promedio anual entre del registro obtenido y el presentado en la columna 6 de el cuadro 4.1 fue de 21,6 Mm³ (de 703,4 a 681,8 Mm³) en el período 1960 – 1997.

4.3 DETERMINACIÓN DE LOS ESCURRIMIENTOS DISPONIBLES (*Río Santiago*)

4.3.1 Variables hidrológicas

Además del escurrimiento aguas arriba y aguas abajo en la subcuenca del río Santiago bajo estudio y de acuerdo al estudio de disponibilidad y balance hidráulico, se han identificado las siguientes variables representativas del balance de los escurrimientos (véase el cuadro 4.3): evaporación, exportación, usos consuntivos y variación del volumen.

En general, las variables de evaporación, exportación y variación del volumen se refieren a lo acontecido a partir de 1992 en la presa Calderón y los usos consuntivos comprenden el manejo de las aguas en diversos aprovechamientos (presas, bordos, canales y drenes) y para diferentes usos (agrícola, doméstico, pecuario, público urbano, servicios, hidroelectricidad y múltiples).

En primer lugar, de 1952 a 1959 se consideró el mismo uso consuntivo de lo reportado en el año de 1960. De 1997 a 2001 en la evaporación, exportación y variación en el volumen almacenado, se utilizó la media de los años con registro y para el uso consuntivo se consideró el valor máximo registrado en 1985. En el cuadro A.4.3 se muestra la información completa, obtenida con los criterios mencionados.

4.3.2 Escurrimiento virgen restituido

El escurrimiento virgen se obtiene mediante la restitución de los volúmenes utilizados históricamente en la cuenca, aplicando la ecuación de continuidad.

$$Ab = Cp + Ar + R + Im - (Uc + Ev + Ex + \Delta v)$$

Donde

Ab	Escorrentamiento aguas abajo
Cp	Escorrentamiento por cuenca propia
Ar	Escorrentamiento aguas arriba
R	Retornos
Im	Importaciones
Uc	Usos consuntivos
Ev	Evaporación de vasos
Ex	Exportaciones
Δv	Variación en el volumen de agua superficial almacenada ($V_2 - V_1$)

En los cuadros 4.1 y 4.3 se muestran las variables con información y que son las empleadas en esta subcuenca (columnas 2 a 9). De acuerdo con esta información la expresión de continuidad para determinar el escurrimiento virgen por cuenca propia queda de la siguiente manera.

$$C_p = A_b - A_r - R - I_m + U_c + E_v + E_x + \Delta v$$

En la columna 10 del cuadro 1.3 se presenta el escurrimiento virgen por cuenca propia para esta subcuenca. El volumen medio anual por cuenca propia resulta de 443,8, es decir 14,064 m³/s.

4.3.3 Escorrentamientos disponibles

El escurrimiento disponible resulta de reducir al escurrimiento virgen en cada año (columna 10) la utilización actual del agua en la subcuenca. En la evaporación, exportación y variación del volumen en los embalses se utiliza como valor representativo la media de los datos y en el uso consuntivo se usa el máximo valor de los datos registrados,

En realidad el escurrimiento aguas arriba (A_r) no es considerado como parte del escurrimiento disponible en el sitio de la Presa Arcediano, dada la política actual que impide extraer agua del Lago de Chapala como aportación hacia el río Santiago.

Es decir, el escurrimiento disponible en el sitio del proyecto de la presa Arcediano en lo concerniente al río Santiago, es igual al escurrimiento presentado en este sitio (representado por la estación hidrométrica Las Juntas¹⁰) menos los escurrimientos aportados por el Lago de Chapala al río Santiago (representado por la estación hidrométrica Corona) menos usos consuntivos, evaporaciones, exportaciones y variaciones en los embalses.

¹⁰ La estación hidrométrica Puente Arcediano registra los escurrimientos de los ríos Santiago y Verde. Aguas arriba, sobre el río Santiago y muy próxima a esta estación se localiza la estación hidrométrica Las Juntas. Esta estación ya no registra las aportaciones del río Verde y por eso es considerada como representativa de los escurrimientos del río Santiago hasta el sitio del proyecto de la presa Arcediano.

Cuadro 4.3 Determinación del escurrimiento disponible (Mm³)

(1) Año	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
	Ab Juntas	Ev Calderon	Ex Ac. Calderon	Uc	Ar Corona	Im	R	Δv	Cp	Escorrentamiento disponible
1952	620,3			59,5	257,3				422,5	152,9
1953	643,5			59,5	416,1				286,8	17,2
1954	704,9			59,5	433,8				330,5	60,9
1955	876,1			59,5	345,4				590,2	320,6
1956	738,3			59,5	411,5				386,3	116,7
1957	687,8			59,5	424,9				322,4	52,7
1958	985,3			59,5	341,0				703,9	434,2
1959	1995,2			59,5	1612,0				442,7	173,1
1960	855,1			59,5	493,7				420,9	151,2
1961	760,0			66,6	434,0				392,6	123,0
1962	640,8			66,4	465,7				241,5	0,0
1963	701,3			66,6	315,0				452,9	183,3
1964	610,9			63,0	344,4				329,5	59,9
1965	1592,4			66,6	1028,9				630,1	360,4
1966	1922,6			66,6	1587,5				401,7	132,0
1967	4476,2			66,6	3814,7				728,1	458,4
1968	2739,7			66,6	2323,4				482,9	213,3
1969	762,1			57,3	581,5				237,9	0,0
1970	792,8			66,6	475,1				384,3	114,7
1971	2857,9			66,6	2436,1				488,4	218,8
1972	1201,7			66,6	1041,9				226,4	0,0
1973	2914,6			101,4	2229,3				786,7	517,1
1974	1446,8			99,2	1260,3				285,7	16,0
1975	1329,2			107,2	912,7				523,7	254,1
1976	3372,2			127,5	2867,3				632,4	362,8
1977	1628,3			107,5	1239,6				496,2	226,5
1978	1057,1			119,1	729,1				447,1	177,5
1979	725,6			102,7	564,1				264,2	0,0
1980	412,2			119,2	282,6				248,8	0,0
1981	266,2			104,4	75,8				294,8	25,2
1982	194,8			118,0	53,1				259,7	0,0
1983	234,9			129,6	35,1				329,4	59,8
1984	272,4			133,9	18,7				387,6	118,0
1985	192,6			148,8	20,0				321,5	51,8
1986	241,7			135,2	11,2				365,7	96,1
1987	227,3			141,3	16,6				352,0	82,4
1988	485,4			127,5	27,5				585,4	315,7
1989	161,3			118,7	10,9				269,1	0,0
1990	512,3			77,0	5,6				583,7	314,0
1991	956,9			100,7	47,6				1010,0	740,3
1992	1044,8	14,9		92,6	31,6			6,6	1127,3	857,7
1993	301,1	14,5		123,7	23,4			-23,6	392,3	122,6
1994	258,8	12,1	38,5	122,1	16,2			-14,1	401,2	131,6
1995	239,5	10,3	41,8	130,5	29,8			19,1	411,4	141,8
1996	239,9	10,3	40,2	142,2	32,8			-30,5	369,3	99,7
1997	200,3	7,0	21,8	136,5	26,0			-9,7	329,9	60,3
1998	406,3	11,5	35,6	148,8	19,8			-8,7	573,7	304,1
1999	294,7	11,5	35,6	148,8	14,6			-8,7	467,3	197,7
2000	169,1	11,5	35,6	148,8	6,4			-8,7	349,8	80,2
2001	240,8	11,5	35,6	148,8	8,3			-8,7	419,7	150,1
Media	943,8	11,5	35,6	97,7	604,0			-8,7	443,8	176,9
Máximo	4476,2	14,9	41,8	148,8	3814,7	0,0	0,0	19,1	1127,3	857,7
Mínimo	161,3	7,0	21,8	57,3	5,6	0,0	0,0	-30,5	226,4	0,0

La modificación y complementación de información se llevó a cabo de la siguiente manera:

Gasto	14,064	5,606
-------	--------	-------

- Complementación o cambio de información por la obtenida del BANDAS y de la CNA.
- Correlación con la información de la e. h. Arcediano para determinar registros faltantes en Las Juntas.
- Verificación de consistencia (comparación de la información entre las estaciones utilizadas en la correlación) de información y de no ser conforme, se utiliza otra función de correlación o se adopta el valor de la estación Arcediano.
- Se completa la información hidrométrica en función de registros existentes, las otras variables hidráulicas conforme a la media o valor máximo, o el mínimo para el caso de los Uc de 1952 a 1959.

Cuadro 4.4 Registro mensual en la estación hidrométrica Corona (Mm³)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Annual
1952	20,63	21,35	20,67	24,57	31,96	16,00	6,77	8,36	26,61	35,09	20,15	25,15	257,32
1953	27,52	26,79	36,39	39,09	37,90	28,06	40,80	34,55	60,60	42,37	20,98	21,09	416,13
1954	36,20	41,42	42,67	34,23	29,50	20,13	25,24	28,05	78,56	39,01	32,19	26,65	433,85
1955	26,69	21,65	19,43	16,73	21,16	28,02	23,43	19,58	36,98	66,35	36,39	28,94	345,35
1956	29,57	28,59	33,12	26,01	31,73	31,74	14,22	9,96	23,27	54,23	71,45	57,61	411,50
1957	34,51	28,15	40,38	36,65	44,53	38,36	36,67	28,92	23,02	41,74	39,69	32,34	424,95
1958	32,72	33,78	47,16	39,36	40,46	23,25	12,41	16,98	8,65	22,30	27,10	36,80	340,97
1959	41,75	42,75	49,63	46,71	44,69	68,94	113,90	336,19	275,55	288,61	253,59	49,70	1 612,01
1960	50,31	51,97	58,16	50,81	64,17	36,98	22,55	25,22	27,44	40,96	31,25	33,92	493,73
1961	35,99	29,06	33,86	36,34	44,86	29,19	19,98	25,67	35,88	42,97	43,29	56,89	433,96
1962	50,22	43,79	50,51	54,94	50,08	27,71	28,86	37,81	24,31	29,10	36,19	32,23	465,72
1963	36,54	30,06	30,60	26,29	31,80	24,98	10,47	7,83	18,22	29,42	33,97	34,86	315,03
1964	36,85	38,79	38,35	38,24	42,74	29,33	23,68	14,21	8,45	16,70	28,71	28,32	344,38
1965	26,54	31,71	29,68	26,07	22,97	14,17	13,71	12,50	123,96	550,87	133,31	43,43	1 028,92
1966	42,32	47,94	72,71	89,08	184,53	280,69	231,40	136,58	371,45	28,55	51,03	51,22	1 587,51
1967	39,70	55,01	65,04	72,92	55,81	61,08	359,38	91,69	644,55	924,13	881,23	564,22	3 814,75
1968	239,02	180,69	268,51	256,34	263,85	118,35	289,96	360,06	176,40	46,54	55,47	68,23	2 323,41
1969	69,40	64,47	59,78	57,23	47,38	44,74	31,14	28,63	29,21	44,37	50,94	54,25	581,52
1970	39,29	35,22	34,53	47,88	56,97	44,65	26,48	27,84	27,36	31,59	46,27	57,00	475,08
1971	55,60	49,26	55,12	49,24	60,01	44,00	20,31	204,02	537,60	825,32	426,55	109,11	2 436,14
1972	83,57	86,67	99,58	102,72	110,01	198,80	140,96	34,04	33,30	46,50	48,60	57,13	1 041,89
1973	55,04	48,43	53,47	63,53	63,63	53,62	45,62	220,83	842,38	544,36	128,47	109,88	2 229,26
1974	94,33	87,26	92,68	95,22	99,53	129,62	203,78	237,07	47,88	63,07	54,74	55,11	1 260,29
1975	55,68	49,71	55,27	61,48	97,68	71,69	34,85	82,46	240,97	57,46	48,59	56,89	912,74
1976	55,14	54,19	56,03	64,70	80,92	52,18	310,14	759,95	451,31	411,73	349,03	222,01	2 867,33
1977	60,34	66,35	105,32	115,49	145,30	172,31	232,76	49,13	66,76	65,99	72,48	87,40	1 239,62
1978	73,77	69,46	83,58	57,89	59,04	84,69	31,33	35,35	35,42	83,57	56,11	58,90	729,10
1979	57,30	50,11	59,30	50,41	55,42	43,00	46,46	26,36	24,08	52,13	48,76	50,80	564,13
1980	53,63	35,34	27,09	25,79	24,93	41,53	41,57	8,95	10,68	6,25	3,65	3,15	282,56
1981	4,28	8,71	4,88	3,75	6,39	5,88	12,03	5,83	6,90	5,20	6,71	5,21	75,76
1982	6,32	4,74	4,97	6,48	6,10	4,35	5,31	5,48	3,18	2,91	2,04	1,26	53,12
1983	2,06	1,45	1,21	1,22	1,65	0,73	10,21	4,92	2,53	3,74	2,97	2,41	35,10
1984	1,34	0,45	0,18	0,45	0,67	1,25	2,24	4,85	1,73	1,97	1,85	1,71	18,67
1985	2,09	0,59	0,57	0,70	0,64	1,20	1,99	1,63	2,86	2,754	2,419	2,535	19,97
1986	2,64	0,94	0,66	1,13	0,70	0,73	1,23	1,44	0,55	0,37	0,33	0,44	11,17
1987	1,05	1,36	1,10	1,20	1,35	0,86	1,79	1,33	2,06	1,63	1,41	1,46	16,61
1988	1,40	1,36	0,49	1,09	1,23	1,00	1,25	3,72	7,04	1,72	2,40	4,77	27,46
1989	1,21	0,96	1,92	0,77	0,54	0,60	0,66	0,69	2,31	0,35	0,38	0,53	10,90
1990	0,66	0,44	0,33	0,22	0,17	0,23	0,52	0,62	0,59	0,65	0,60	0,61	5,64
1991	0,65	0,60	0,77	0,16	0,17	0,17	39,53	4,69	0,49	0,10	0,08	0,14	47,56
1992	4,06	0,57	0,31	0,20	0,34	1,11	2,93	9,48	5,89	6,33	0,25	0,11	31,57
1993	0,20	0,17	0,49	0,94	0,69	1,18	10,87	2,57	1,60	1,66	1,48	1,56	23,40
1994	1,78	1,57	2,13	2,87	1,26	0,82	0,93	1,00	1,00	1,24	1,07	0,55	16,22
1995	1,21	1,00	1,11	1,08	0,75	2,25	1,00	13,49	5,75	1,18	0,41	0,55	29,77
1996	0,92	0,98	1,10	1,16	4,14	1,92	2,58	2,78	6,67	8,81	1,28	0,50	32,81
1997	0,93	0,75	0,92	1,07	12,82	2,61	3,31	0,42	1,21	0,74	0,61	0,56	25,95
1998	0,78	0,78	0,88	0,74	1,02	0,61	0,54	2,28	8,43	2,81	0,56	0,40	19,82
1999	0,69	0,81	0,78	0,61	0,70	2,06	0,63	2,68	4,64	0,48	0,20	0,31	14,58
2000	0,48	0,44	0,31	0,45	0,37	0,20	1,38	0,18	0,50	0,57	1,02	0,54	6,44
2001	0,21	0,17	0,12	0,16	0,31	0,25	1,12	3,06	1,95	0,45	0,18	0,31	8,27
Promedio	60,01	57,46	60,15	57,32	59,50	60,26	80,93	69,26	119,33	64,03	102,57	58,92	604,0
Q medio m ³ /s	22,40	23,54	22,46	22,11	22,21	13,25	30,22	24,45	46,04	30,04	39,57	25,17	19,14

Dato deducido de la correlación realizada entre los registros mensuales de escurrimiento de la presente estación y los datos mensuales de la estación hidrométrica Arcediano, en el período común 1952-1987, empleando las funciones de ajuste lineal, logarítmico, potencial y exponencial.

Por otro lado, en el tramo del río analizado actualmente son descargadas las aguas residuales de la cuenca El Ahogado (E_{ahogado}) y de los Arroyos: San Andrés, Osorio y San Gaspar (E_{arroyos}). Existe un programa de saneamiento de la zona conurbana de Guadalajara que contempla captar estas aguas antes de su descarga al cauce del río Santiago para ser tratadas y utilizadas. El uso destinado a los volúmenes captados no considera su incorporación nuevamente al río Santiago, al menos no antes del sitio del proyecto de la presa Arcediano.

Por lo tanto, también es necesario considerar estos volúmenes en la reducción de los escurrimientos al sitio del proyecto de la presa Arcediano. Los gastos de 1,435 m³/s y 0,626 m³/s son, respectivamente, las actuales aportaciones de los arroyos y de la cuenca del Ahogado hacia el río Santiago.

Finalmente en la columna 11 del cuadro 4.3 se presentan los escurrimientos disponibles obtenidos mediante la siguiente ecuación.

$$Ab_{\text{disponible}} = Cp + Ar + R + Im - (Uc + Ev + Ex + \Delta v) - E_{\text{ahogado}} - E_{\text{arroyos}}$$

El escurrimiento medio anual obtenido después de llevar a cabo este procedimiento es de 176,927 Mm³, que representa un gasto medio anual de 5,606 m³/s.

4.3.4 Distribución mensual

Por otro lado, en este estudio se requiere determinar los escurrimientos mensuales y en el estudio citado únicamente se tienen a nivel anual.

La modificación del régimen de escurrimiento, en términos simples y sin considerar infraestructura hidráulica, es consecuencia del cambio de régimen de un río por la utilización del escurrimiento para la atención de una demanda inmediata. Sin embargo, cuando se tienen los aprovechamientos hidráulicos no es necesario sobre explotar un régimen de escurrimientos cuando los recursos son escasos, y en el otro extremo, subutilizarlos cuando los hay de sobra.

Es decir, para hacer la distribución mensual de los escurrimientos es necesario considerar el comportamiento de operación de los almacenamientos. En el cuadro 4.5 se muestra el porcentaje promedio mensual de las entradas a los almacenamientos de la cuenca baja del río Verde.

En esta subcuenca no se cuenta con el registro de la operación de las presas y bordos existentes, por lo tanto se utiliza como información representativa el resumen de la operación de los vasos en la cuenca baja del río Verde, en los datos contenidos en este cuadro se observa un comportamiento típico de la operación de las presas en la región analizada.

Sin embargo, también este comportamiento se manifiesta con el porcentaje promedio obtenido mediante la relación del escurrimiento aforado mensual y el anualmente, en el cuadro 4.5 se muestra el resultado de esta relación. Puede observarse que ambos valores son parecidos. Se

adoptó la distribución a través de la relación de los escurrimientos aforados, ya que se tiene información en todos los años (véase el cuadro 4.6).

Cuadro 4.5 Criterios para la distribución mensual del escurrimiento

Mes	Porcentaje promedio de las entradas a los almacenamientos	Porcentaje promedio del escurrimiento aforado
Enero	2,71	4,73
Febrero	0,65	4,17
Marzo	0,80	3,75
Abril	0,65	2,99
Mayo	2,34	2,63
Junio	9,39	6,18
Julio	18,27	20,47
Agosto	25,53	21,10
Septiembre	24,53	17,33
Octubre	11,53	8,50
Noviembre	1,79	4,16
Diciembre	1,80	4,00

De acuerdo con el factor de escurrimiento obtenido para un mes específico y el escurrimiento disponible anual para el mismo año, se determina el escurrimiento disponible mensual. En el cuadro 4.7 se muestra el escurrimiento disponible mensual.

En el siguiente capítulo estos escurrimientos son integrados a los escurrimientos disponibles en el río Verde conforme a la operación simultánea de los aprovechamientos de San Nicolás y El Salto.

Cuadro 4.6 Factor de escurrimiento para determinar la distribución mensual del escurrimiento en el sitio del proyecto de la presa Arcediano

(Relación entre el escurrimiento aforado mensual y anual de los volúmenes en el río Santiago)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
1952	0,047	0,040	0,039	0,022	0,030	0,059	0,237	0,230	0,099	0,062	0,066	0,070	1,000
1953	0,095	0,096	0,064	0,046	0,040	0,073	0,050	0,268	0,014	0,032	0,107	0,113	1,000
1954	0,069	0,058	0,085	0,098	0,083	0,133	0,157	0,092	0,000	0,043	0,075	0,108	1,000
1955	0,068	0,047	0,055	0,020	0,009	0,017	0,059	0,174	0,387	0,103	0,024	0,036	1,000
1956	0,042	0,051	0,040	0,069	0,058	0,096	0,260	0,249	0,115	0,015	0,000	0,005	1,000
1957	0,106	0,100	0,087	0,090	0,065	0,068	0,091	0,098	0,122	0,048	0,044	0,084	1,000
1958	0,025	0,020	0,021	0,029	0,031	0,060	0,226	0,116	0,250	0,094	0,091	0,037	1,000
1959	0,048	0,039	0,045	0,053	0,047	0,047	0,184	0,173	0,153	0,050	0,097	0,064	1,000
1960	0,049	0,045	0,037	0,053	0,043	0,042	0,188	0,258	0,113	0,056	0,055	0,061	1,000
1961	0,073	0,058	0,047	0,032	0,042	0,060	0,221	0,272	0,098	0,046	0,044	0,007	1,000
1962	0,038	0,028	0,012	0,000	0,012	0,049	0,331	0,071	0,224	0,168	0,037	0,032	1,000
1963	0,026	0,034	0,033	0,031	0,034	0,043	0,204	0,246	0,149	0,091	0,049	0,062	1,000
1964	0,069	0,065	0,078	0,062	0,063	0,085	0,093	0,111	0,122	0,102	0,060	0,090	1,000
1965	0,045	0,037	0,045	0,032	0,037	0,049	0,072	0,296	0,169	0,122	0,062	0,034	1,000
1966	0,067	0,052	0,043	0,044	0,000	0,022	0,118	0,298	0,162	0,090	0,049	0,055	1,000
1967	0,033	0,023	0,024	0,020	0,022	0,026	0,065	0,172	0,296	0,19	0,056	0,077	1,000
1968	0,009	0,020	0,021	0,000	0,000	0,058	0,259	0,307	0,176	0,067	0,042	0,040	1,000
1969	0,096	0,082	0,067	0,041	0,033	0,078	0,082	0,077	0,238	0,119	0,042	0,046	1,000
1970	0,028	0,032	0,040	0,021	0,021	0,071	0,244	0,276	0,129	0,093	0,024	0,021	1,000
1971	0,021	0,020	0,024	0,011	0,009	0,036	0,105	0,111	0,198	0,297	0,145	0,024	1,000
1972	0,059	0,060	0,024	0,040	0,027	0,052	0,183	0,182	0,172	0,066	0,065	0,070	1,000
1973	0,023	0,009	0,013	0,001	0,003	0,014	0,130	0,322	0,25	0,169	0,052	0,014	1,000
1974	0,058	0,045	0,043	0,048	0,048	0,058	0,173	0,247	0,148	0,064	0,000	0,068	1,000
1975	0,027	0,006	0,000	0,000	0,000	0,063	0,249	0,295	0,269	0,045	0,019	0,026	1,000
1976	0,024	0,007	0,000	0,005	0,000	0,032	0,263	0,273	0,258	0,000	0,093	0,043	1,000
1977	0,030	0,025	0,042	0,014	0,000	0,081	0,232	0,122	0,339	0,047	0,032	0,034	1,000
1978	0,048	0,040	0,044	0,028	0,037	0,037	0,132	0,118	0,185	0,250	0,041	0,037	1,000
1979	0,070	0,076	0,055	0,053	0,067	0,123	0,144	0,242	0,133	0,000	0,018	0,019	1,000
1980	0,017	0,019	0,013	0,015	0,027	0,079	0,294	0,131	0,289	0,052	0,036	0,028	1,000
1981	0,025	0,045	0,053	0,016	0,001	0,119	0,384	0,110	0,195	0,031	0,007	0,014	1,000
1982	0,038	0,014	0,012	0,000	0,007	0,015	0,360	0,410	0,092	0,014	0,015	0,024	1,000
1983	0,013	0,013	0,016	0,015	0,016	0,024	0,337	0,344	0,175	0,025	0,013	0,009	1,000
1984	0,012	0,015	0,016	0,015	0,015	0,064	0,289	0,338	0,162	0,038	0,017	0,020	1,000
1985	0,030	0,033	0,031	0,022	0,021	0,095	0,240	0,258	0,177	0,057	0,016	0,020	1,000
1986	0,015	0,022	0,019	0,019	0,019	0,077	0,210	0,253	0,197	0,119	0,026	0,024	1,000
1987	0,024	0,021	0,024	0,020	0,022	0,074	0,187	0,348	0,144	0,074	0,031	0,031	1,000
1988	0,021	0,028	0,029	0,017	0,020	0,014	0,293	0,435	0,112	0,019	0,010	0,003	1,000
1989	0,048	0,061	0,068	0,043	0,024	0,019	0,191	0,288	0,189	0,036	0,026	0,007	1,000
1990	0,019	0,020	0,017	0,011	0,011	0,034	0,103	0,338	0,169	0,131	0,063	0,083	1,000
1991	0,010	0,012	0,010	0,009	0,008	0,008	0,666	0,102	0,106	0,033	0,016	0,020	1,000
1992	0,327	0,108	0,024	0,011	0,020	0,022	0,045	0,089	0,062	0,218	0,032	0,042	1,000
1993	0,045	0,054	0,042	0,036	0,030	0,073	0,337	0,099	0,165	0,051	0,032	0,036	1,000
1994	0,049	0,045	0,040	0,035	0,039	0,169	0,132	0,139	0,242	0,028	0,038	0,044	1,000
1995	0,034	0,046	0,054	0,035	0,033	0,028	0,225	0,344	0,163	0,013	0,013	0,012	1,000
1996	0,037	0,049	0,042	0,025	0,019	0,060	0,143	0,105	0,190	0,252	0,036	0,042	1,000
1997	0,058	0,077	0,079	0,105	0,022	0,123	0,246	0,096	0,065	0,067	0,034	0,029	1,000
1998	0,026	0,030	0,026	0,015	0,016	0,014	0,086	0,144	0,245	0,310	0,039	0,049	1,000
1999	0,029	0,045	0,038	0,019	0,024	0,042	0,234	0,212	0,245	0,048	0,031	0,033	1,000
2000	0,063	0,080	0,059	0,032	0,043	0,229	0,191	0,100	0,081	0,057	0,034	0,031	1,000
2001	0,034	0,031	0,035	0,015	0,018	0,078	0,289	0,172	0,231	0,048	0,027	0,022	1,000
Promedio	0,047	0,044	0,037	0,030	0,026	0,062	0,205	0,211	0,173	0,096	0,042	0,044	1,0
%	4,73%	4,17%	3,75%	2,99%	2,63%	6,18%	20,47%	21,10%	17,33%	6,50%	4,16%	4,00%	100,00%

Cuadro 4.7 Ecurrimiento disponible en el río Santiago (Mm³)

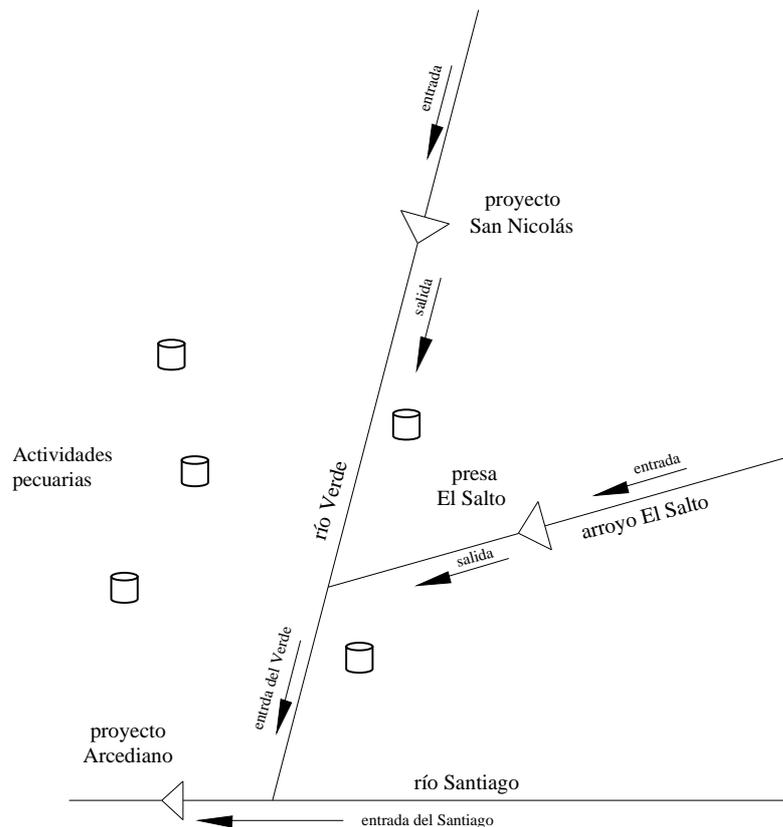
Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Annual
1952	8,407	6,021	5,105	3,955	3,610	7,856	31,062	31,808	27,128	14,877	6,866	6,187	152,883
1953	0,946	0,678	0,575	0,445	0,406	0,884	3,497	3,581	3,054	1,675	0,773	0,696	17,210
1954	3,348	2,398	2,033	1,575	1,438	3,129	12,370	12,667	10,803	5,925	2,734	2,464	60,884
1955	17,629	12,627	10,705	8,294	7,569	16,474	65,136	66,701	56,885	31,197	14,399	12,973	320,589
1956	6,418	4,597	3,897	3,020	2,756	5,998	23,714	24,283	20,710	11,357	5,242	4,723	116,714
1957	2,900	2,077	1,761	1,364	1,245	2,710	10,715	10,973	9,358	5,132	2,369	2,134	52,739
1958	23,879	17,103	14,500	11,234	10,253	22,315	88,229	90,348	77,053	42,257	19,503	17,572	434,247
1959	9,518	6,817	5,780	4,478	4,087	8,894	35,167	36,012	30,712	16,843	7,774	7,004	173,085
1960	8,316	5,957	5,050	3,913	3,571	7,772	30,727	31,466	26,835	14,717	6,792	6,120	151,235
1961	6,763	4,844	4,107	3,182	2,904	6,320	24,988	25,589	21,823	11,968	5,524	4,977	122,989
1962	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1963	10,078	7,218	6,120	4,741	4,327	9,418	37,236	38,131	32,519	17,834	8,231	7,416	183,269
1964	3,293	2,358	1,999	1,549	1,414	3,077	12,166	12,458	10,625	5,827	2,689	2,423	59,877
1965	19,820	14,196	12,035	9,325	8,510	18,522	73,231	74,991	63,955	35,074	16,188	14,585	360,433
1966	7,261	5,200	4,409	3,416	3,117	6,785	26,826	27,471	23,428	12,848	5,930	5,343	132,034
1967	25,209	18,055	15,307	11,860	10,824	23,557	93,140	95,378	81,342	44,61	20,589	18,551	458,421
1968	11,727	8,400	7,121	5,517	5,035	10,959	43,329	44,370	37,841	20,752	9,578	8,630	213,260
1969	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	6,306	4,516	3,829	2,967	2,707	5,893	23,298	23,858	20,347	11,158	5,150	4,640	114,669
1971	12,032	8,618	7,306	5,661	5,166	11,244	44,457	45,525	38,825	21,292	9,827	8,854	218,809
1972	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1973	28,435	20,366	17,266	13,378	12,209	26,572	105,059	107,583	91,75	50,318	23,224	20,925	517,085
1974	0,882	0,632	0,536	0,415	0,379	0,824	3,259	3,337	2,846	1,561	0,720	0,649	16,038
1975	13,971	10,007	8,484	6,573	5,999	13,056	51,620	52,861	45,082	24,723	11,411	10,281	254,067
1976	19,948	14,287	12,113	9,385	8,565	18,641	73,702	75,473	64,366	35,299	16,292	14,679	362,750
1977	12,458	8,923	7,565	5,861	5,349	11,642	46,028	47,134	40,198	22,045	10,175	9,167	226,543
1978	9,760	6,991	5,927	4,592	4,191	9,121	36,062	36,928	31,494	17,271	7,972	7,182	177,489
1979	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1980	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1981	1,385	0,992	0,841	0,651	0,595	1,294	5,116	5,239	4,468	2,450	1,131	1,019	25,180
1982	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	3,289	2,356	1,997	1,547	1,412	3,074	12,152	12,444	10,613	5,820	2,686	2,420	59,810
1984	6,489	4,648	3,940	3,053	2,786	6,064	23,977	24,553	20,939	11,483	5,300	4,775	118,009
1985	2,850	2,041	1,731	1,341	1,224	2,664	10,531	10,784	9,197	5,044	2,328	2,097	51,831
1986	5,284	3,785	3,209	2,486	2,269	4,938	19,525	19,994	17,051	9,351	4,316	3,889	96,097
1987	4,532	3,246	2,752	2,132	1,946	4,235	16,744	17,146	14,623	8,019	3,701	3,335	82,411
1988	17,363	12,436	10,543	8,169	7,455	16,226	64,152	65,693	56,026	30,725	14,181	12,777	315,746
1989	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1990	17,268	12,368	10,486	8,124	7,414	16,137	63,802	65,335	55,720	30,558	14,104	12,707	314,023
1991	40,710	29,158	24,720	19,153	17,479	38,043	150,415	154,029	131,362	72,040	33,250	29,958	740,318
1992	47,163	33,780	28,638	22,189	20,250	44,073	174,256	178,443	152,183	83,459	38,520	34,706	857,661
1993	6,743	4,830	4,095	3,172	2,895	6,301	24,915	25,513	21,759	11,933	5,507	4,962	122,626
1994	7,237	5,183	4,394	3,405	3,107	6,763	26,738	27,380	23,351	12,806	5,911	5,325	131,600
1995	7,796	5,583	4,734	3,668	3,347	7,285	28,803	29,495	25,154	13,795	6,367	5,737	141,762
1996	5,481	3,926	3,328	2,579	2,353	5,122	20,253	20,739	17,687	9,700	4,477	4,034	99,680
1997	3,316	2,375	2,014	1,560	1,424	3,099	12,253	12,547	10,701	5,868	2,709	2,440	60,306
1998	16,720	11,976	10,153	7,866	7,179	15,625	61,778	63,262	53,952	29,588	13,656	12,304	304,061
1999	10,869	7,785	6,600	5,114	4,667	10,157	40,159	41,123	35,072	19,234	8,877	7,998	197,655
2000	4,411	3,159	2,678	2,075	1,894	4,122	16,297	16,688	14,232	7,805	3,602	3,246	80,210
2001	8,252	5,910	5,011	3,882	3,543	7,712	30,490	31,222	26,627	14,603	6,740	6,073	150,065
Promedio	9,729	6,969	5,908	4,577	4,177	9,092	35,947	36,811	31,394	17,217	7,946	7,166	176,927
Q medio m ³ /s	3,632	2,685	2,206	1,766	1,560	3,506	13,421	13,744	12,112	6,438	3,066	2,673	5,606

5 INTEGRACIÓN DE LOS ESCURRIMIENTOS

Una vez determinados los escurrimientos disponibles en los dos ríos que confluyen al sitio del proyecto de la Presa Arcediano, es necesario estimar la modificación del escurrimiento disponible por parte del río Verde hasta este sitio, dada la integración de la operación de los aprovechamientos del proyecto San Nicolás y de la presa El Salto, además del uso de agua destinado a actividades pecuarias.

En la figura 5.1 se muestra en forma esquemática los aprovechamientos hidráulicos que intervienen en la integración del escurrimiento disponible al sitio de proyecto de la presa Arcediano.

Figura 5.1 Integración del escurrimiento en el sitio de proyecto Arcediano



En primer lugar, es necesario reducir al escurrimiento neto del río Verde hasta el sitio del proyecto Arcediano (cuadro 3.16) el volumen anual reservado para actividades pecuarias y las

entradas a la presa El Salto. Es importante recordar que ya se consideró en el capítulo 3 la reducción de las entradas del proyecto San Nicolás a los escurrimientos del río Verde.

Para cumplir con el esquema completo representado en la figura 5.1, únicamente hará falta incrementar el volumen aportado en Arcediano por las salidas de la presas San Nicolás y El Salto. Dado que existen varias alternativas para la operación de estos proyectos, existen igual número de posibilidades de salidas de estos almacenamientos, por lo tanto, esta operación se lleva a cabo una vez efectuadas la simulaciones de sus vasos en el capítulo 8.

5.1 VOLUMEN RESERVADO EN ACTIVIDADES PECUARIAS

En el Diario Oficial de la Federación el 17 de diciembre de 1997 (primera sección) se estableció una reducción de agua al volumen anual máximo asignado al Estado de Jalisco:

..... el Gobierno del Estado de Jalisco solicitó a la Comisión Nacional del Agua apoyos en materia de aguas para principalmente a los productores ganaderos de los municipios ubicados en la cuenca del río Verde, a efecto de fomentar la producción de cárnicos y fortalecer su exportación;

Que en virtud de que la Ley de Aguas Nacionales no contempla la posibilidad de reservar volúmenes de agua para uso pecuario, resulta necesario modificar el volumen de agua que tienen reservado el Estado de Jalisco, para que los productores pecuarios de los municipios ubicados en la cuenca del río Verde puedan disponer de un volumen anual de 12 600 000 metros cúbicos del vital líquido para sus actividades productivas;

Para distribuir mensualmente este volumen se consideró el comportamiento de la operación de los aprovechamientos hidráulicos. En el cuadro 5.1 se muestra el porcentaje promedio mensual de las entradas a los almacenamientos de la cuenca baja del río Verde¹¹.

Cuadro 5.1 Distribución del volumen reservado para usos pecuarios

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
Porcentaje promedio de las entradas a los almacenamientos	2,71%	0,65%	0,80%	0,65%	2,34%	9,39%	18,27%	25,53%	24,53%	11,53%	1,79%	1,80%	100,0%
Volumen distribuido para usos pecuarios	0,342	0,081	0,101	0,082	0,295	1,184	2,302	3,217	3,091	1,453	0,225	0,227	12,600

¹¹ Estudio de disponibilidad y balance hidráulico actualizado de aguas superficiales de las cuencas de los Ríos Verde y Juchipila.

5.2 ENTRADAS A LA PRESA EL SALTO

La presa El Salto tiene como finalidad controlar el río Valle de Guadalupe, afluente de la subcuenca del río Verde, éste perteneciente a la región hidrológica número 12 “Cuenca del río Lerma”.

Como fuente de información se tiene la estación hidrométrica Valle de Guadalupe (véase en el capítulo 3 el cuadro 3.6) que drena una superficie de 396 km². En el período observado de 58 años (1942 a 1999) se tiene un escurrimiento medio anual de 60,536 Mm³, es decir un gasto de 1,918 m³/s.

La ubicación de la presa se encuentra aguas abajo de estación hidrométrica Valle de Guadalupe, el área drenada por esta presa es de 683 km².

Para generar los escurrimientos mensuales al sitio de la presa se empleó el método directo de transporte de información hidrométrica que se fundamenta en similitudes climáticas y fisiográficas entre cuencas para estimar los volúmenes escurridos en una cuenca a partir de la información registrada en otra.

El factor de traslado obtenido mediante la relación del área de la cuenca drenada por la presa y la correspondiente ala estación hidrométrica (683/396) es de 1,7247 adimensional, el volumen medio anual obtenido en el período 1952-2001 es de 113,255 Mm³, es decir 3,589 m³/s, véase el cuadro 5.2. Para tener un período común al resto de la información utilizada en presente estudio, se complementó la información hasta el año 2001, utilizando la media del escurrimiento mensual para los dos años faltantes.

En la matriz de escurrimientos anterior se observaron algunos meses con un volumen mayor al determinado en el sitio de proyecto Arcediano, que daban origen escurrimientos mayores en este mismo sitio al sumar los derrames del Salto al escurrimiento por cuenca propia del proyecto Arcediano. Para corregir esta anomalía se procede a asumir como valor máximo del escurrimiento en la presa El Salto el determinado al sitio de Arcediano por cuenca. En el cuadro 5.3 se presentan las entradas a la presa El Salto.

5.3 INTEGRACIÓN DEL ESCURRIMIENTO

Al escurrimiento neto del río Verde hasta el sitio del proyecto Arcediano (cuadro 3.16) se resta el correspondiente volumen mensual reservado para actividades pecuarias (cuadro 5.1) y la matriz de volúmenes que representan las entradas a la presa El Salto (cuadro 5.3). De esta forma se obtiene el cuadro 5.4, que representa el escurrimiento mensual por cuenca propia del proyecto Arcediano una vez deducido el volumen reservado para atender actividades pecuarias.

Al efectuar esta operación algunos valores resultaban negativos, asignando en estos casos un valor de cero.

Cuadro 5.2 Traslado de la información hidrométrica de la estación
Valle de Guadalupe al sitio de la presa El Salto (Mm³)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Annual
1952	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,853	12,079	19,882	23,988	7,650	1,639	0,000	70,092
1953	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,114	1,786	16,973	8,708	1,527	1,862	0,000	30,971
1954	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,637	7,599	3,807	0,311	0,147	0,000	0,000	16,500
1955	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,038	6,646	41,926	50,064	11,357	0,963	0,000	110,994
1956	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,708	49,805	41,653	8,738	1,524	0,000	0,000	108,428
1957	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,286	1,270	0,475	0,022	0,000	0,000	3,053
1958	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,622	61,943	66,104	68,968	26,064	19,765	3,605	251,071
1959	0,647	0,000	0,000	0,000	0,000	4,734	11,383	44,337	22,366	5,058	0,987	0,097	89,608
1960	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11,951	19,518	13,371	0,190	0,701	0,000	45,731
1961	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,308	76,386	17,282	2,159	0,142	0,689	0,000	99,965
1962	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,349	9,188	0,557	21,310	13,136	1,227	0,000	45,767
1963	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,116	85,429	71,305	40,067	5,564	0,982	0,423	209,885
1964	1,819	0,053	0,012	0,003	0,000	1,615	2,464	12,381	20,782	5,069	0,611	0,000	44,809
1965	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,055	14,842	125,365	40,222	22,927	0,859	0,021	204,292
1966	0,010	0,010	0,012	0,000	0,426	3,263	5,246	23,662	12,334	9,806	0,297	0,024	55,091
1967	2,135	0,128	0,000	0,000	0,083	10,689	13,363	62,276	85,197	14,771	1,225	0,076	189,943
1968	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	33,438	47,048	47,988	1,294	0,000	0,000	129,769
1969	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,945	0,994	5,657	0,288	0,000	0,000	10,884
1970	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12,011	42,965	24,849	52,175	8,313	0,000	0,000	140,313
1971	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,230	24,121	65,051	38,084	37,575	0,043	0,000	169,104
1972	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,305	7,907	8,064	2,247	0,041	0,000	0,000	23,565
1973	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	38,759	167,634	33,537	7,165	1,218	0,005	248,320
1974	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9,977	17,837	3,526	0,000	0,000	0,000	31,340
1975	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,330	53,105	75,281	19,846	0,000	0,000	0,000	150,562
1976	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	154,411	31,400	21,270	27,270	0,342	0,000	234,693
1977	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,807	29,800	17,822	60,678	1,567	0,000	0,000	115,674
1978	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,261	22,752	69,194	53,022	0,356	0,038	151,624
1979	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	38,469	15,421	0,005	0,000	0,000	53,896
1980	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12,063	28,466	37,870	3,450	1,598	0,000	83,447
1981	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,784	44,728	15,321	9,543	0,000	0,000	0,000	72,377
1982	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,251	7,340	0,033	0,000	0,000	0,000	10,624
1983	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	66,630	63,106	48,856	1,058	0,002	0,000	179,652
1984	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,562	85,230	59,839	40,976	0,733	0,000	0,000	195,341
1985	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,570	29,614	25,907	12,203	0,692	0,000	0,000	76,986
1986	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18,089	69,843	17,460	28,171	11,026	0,312	0,052	144,954
1987	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,843	16,598	8,603	1,191	0,007	0,000	35,242
1988	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43,281	42,147	33,458	8,961	0,364	0,134	128,344
1989	0,135	0,061	0,039	0,022	0,026	2,736	43,977	42,630	33,841	9,034	0,318	0,126	132,944
1990	0,133	0,060	0,039	0,022	0,026	2,724	44,673	43,114	34,223	9,106	0,272	0,118	134,509
1991	0,131	0,059	0,038	0,022	0,025	2,711	45,369	43,597	34,606	9,179	0,226	0,110	136,074
1992	0,129	0,058	0,038	0,022	0,025	2,698	46,065	44,081	34,989	9,251	0,180	0,101	137,638
1993	0,126	0,058	0,038	0,022	0,025	2,686	46,761	44,565	35,372	9,324	0,134	0,093	139,203
1994	0,124	0,057	0,038	0,021	0,025	2,673	47,458	45,048	35,755	1,049	0,507	0,154	132,909
1995	0,122	0,056	0,038	0,021	0,024	2,661	48,154	16,127	5,602	1,360	0,457	0,160	74,782
1996	0,120	0,055	0,037	0,021	0,024	2,648	48,850	46,015	36,520	9,541	0,000	0,069	143,901
1997	0,118	0,054	0,037	0,021	0,024	2,635	49,546	46,499	36,903	9,613	0,000	0,061	145,512
1998	0,116	0,053	0,037	0,021	0,023	2,623	50,242	46,983	37,286	9,686	0,000	0,053	147,123
1999	0,114	0,053	0,037	0,021	0,023	2,610	50,939	47,466	37,669	9,758	0,000	0,044	148,734
2000	0,125	0,017	0,009	0,005	0,016	3,087	34,617	38,079	28,566	7,823	0,795	0,116	113,255
2001	0,125	0,017	0,009	0,005	0,016	3,087	34,617	38,079	28,566	7,823	0,795	0,116	113,255
Promedio	0,125	0,017	0,009	0,005	0,016	3,087	34,617	38,079	28,566	7,823	0,795	0,116	113,255
Q medio m ³ /s	0,047	0,007	0,003	0,002	0,006	1,191	12,924	14,217	11,021	2,921	0,307	0,043	3,589

Cuadro 5.3 Entradas a la presa El Salto (Mm³)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
1952	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,853	12,079	19,882	23,988	7,650	1,639	0,000	70,092
1953	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,114	1,786	16,973	8,708	1,527	1,862	0,000	30,971
1954	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,637	7,599	3,807	0,311	0,147	0,000	0,000	16,500
1955	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,038	6,646	41,926	50,064	11,357	0,963	0,000	110,994
1956	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,708	49,805	41,653	8,738	1,524	0,000	0,000	108,428
1957	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,286	1,270	0,475	0,022	0,000	0,000	3,053
1958	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,622	61,943	66,104	68,968	26,064	19,765	3,605	251,071
1959	0,647	0,000	0,000	0,000	0,000	4,734	11,383	44,337	22,366	5,058	0,936	0,097	89,557
1960	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11,951	19,518	13,371	0,190	0,701	0,000	45,731
1961	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,308	76,388	17,282	2,159	0,142	0,689	0,000	99,965
1962	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,349	9,188	0,557	21,310	13,136	1,227	0,000	45,767
1963	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,116	85,429	71,305	40,067	5,564	0,982	0,423	209,885
1964	1,819	0,053	0,012	0,003	0,000	1,615	2,464	12,381	20,782	5,069	0,611	0,000	44,809
1965	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,055	14,842	125,365	40,222	22,927	0,859	0,021	204,292
1966	0,010	0,010	0,012	0,000	0,426	3,263	5,246	23,662	12,334	9,806	0,297	0,024	55,091
1967	2,135	0,128	0,000	0,000	0,083	10,689	13,363	62,276	85,197	14,771	1,225	0,076	189,943
1968	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	33,438	47,048	47,988	1,294	0,000	0,000	129,769
1969	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,945	0,994	5,657	0,288	0,000	0,000	10,884
1970	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12,011	42,965	24,849	52,175	8,313	0,000	0,000	140,313
1971	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,230	24,121	65,051	38,084	37,575	0,043	0,000	169,104
1972	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,305	7,907	8,064	2,247	0,041	0,000	0,000	23,565
1973	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	38,759	167,634	33,537	7,165	1,218	0,005	248,320
1974	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9,977	17,837	3,526	0,000	0,000	0,000	31,340
1975	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,330	53,105	75,281	19,846	0,000	0,000	0,000	150,562
1976	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	154,411	10,571	18,124	27,270	0,342	0,000	210,718
1977	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,807	29,800	17,822	60,678	1,567	0,000	0,000	115,674
1978	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,261	22,752	69,194	53,022	0,356	0,038	151,624
1979	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	38,469	15,421	0,005	0,000	0,000	53,896
1980	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12,063	28,466	37,870	3,450	1,598	0,000	83,447
1981	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,784	44,728	15,321	9,543	0,000	0,000	0,000	72,377
1982	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,251	2,356	0,033	0,000	0,000	0,000	5,640
1983	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	66,630	63,106	48,856	1,058	0,002	0,000	179,652
1984	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,562	85,230	59,839	40,976	0,733	0,000	0,000	195,341
1985	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,570	29,614	25,907	12,203	0,692	0,000	0,000	76,986
1986	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18,089	69,843	17,460	28,171	11,026	0,312	0,052	144,954
1987	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,843	16,598	8,603	1,191	0,007	0,000	35,242
1988	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43,281	42,147	33,458	8,961	0,364	0,134	128,344
1989	0,135	0,061	0,039	0,022	0,026	2,736	4,477	37,357	32,398	5,603	0,318	0,126	83,296
1990	0,133	0,060	0,039	0,022	0,026	2,724	28,243	43,114	34,223	9,106	0,272	0,118	118,079
1991	0,131	0,059	0,038	0,022	0,025	2,711	45,369	43,597	34,606	9,179	0,226	0,110	136,074
1992	0,129	0,058	0,038	0,022	0,025	2,698	12,257	44,081	31,244	9,251	0,180	0,101	100,085
1993	0,126	0,058	0,038	0,022	0,025	2,686	46,761	22,304	35,372	9,324	0,134	0,093	116,942
1994	0,124	0,057	0,038	0,021	0,025	2,673	9,637	30,523	35,755	1,049	0,507	0,154	80,563
1995	0,122	0,056	0,038	0,021	0,024	2,661	31,679	16,127	5,602	1,360	0,457	0,160	58,308
1996	0,120	0,055	0,037	0,021	0,024	2,648	26,728	35,513	36,520	9,541	0,000	0,069	111,277
1997	0,118	0,054	0,037	0,021	0,024	2,635	16,352	7,340	9,221	6,987	0,000	0,061	42,851
1998	0,116	0,053	0,037	0,021	0,023	1,297	2,328	12,819	24,971	9,686	0,000	0,053	51,403
1999	0,114	0,053	0,037	0,021	0,023	2,610	29,622	36,316	37,669	7,023	0,000	0,044	113,531
2000	0,125	0,017	0,009	0,005	0,016	3,087	5,772	7,267	10,438	6,039	0,795	0,116	33,686
2001	0,125	0,017	0,009	0,005	0,016	3,087	31,937	23,227	28,566	6,272	0,795	0,116	94,173
Promedio	0,125	0,017	0,009	0,005	0,016	3,061	28,615	33,909	27,237	7,581	0,794	0,116	101,483
Q medio m ³ /s	0,047	0,007	0,003	0,002	0,006	1,181	10,683	12,660	10,508	2,830	0,306	0,043	3,216

Nota: Se verifica la consistencia con los datos de la estación Arcediano.

Cuadro 5.4 Escurrecimiento por cuenca propia al sitio del proyecto Arcediano una vez deducido el volumen para usos pecuarios (Mm³)

9	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
1952	2,042	2,491	1,476	7,701	0,225	41,821	92,101	97,866	46,916	31,925	3,320	3,121	331,005
1953	1,601	1,389	1,542	2,487	0,152	20,492	41,210	102,224	92,652	8,445	7,381	5,559	285,134
1954	0,713	1,069	0,842	0,704	0,491	9,812	22,119	20,431	6,577	9,680	1,397	0,643	74,479
1955	3,360	1,167	0,421	0,888	1,400	6,731	89,819	312,540	154,937	106,494	12,921	4,874	695,552
1956	2,427	1,347	2,014	2,091	12,064	29,682	123,064	92,045	30,294	3,069	2,170	2,183	302,450
1957	0,000	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,663	1,640	0,642	0,290	7,259
1958	4,695	3,248	1,176	0,891	0,595	38,603	270,076	92,450	233,612	172,483	188,508	17,522	1 023,858
1959	11,694	6,087	4,072	5,916	4,100	22,523	65,184	88,713	16,824	14,456	0,000	4,721	244,289
1960	3,699	3,723	3,028	0,509	1,551	1,456	35,151	105,682	49,587	3,894	1,472	2,406	212,158
1961	3,415	2,274	2,758	3,566	1,292	25,586	173,037	63,780	28,606	6,187	4,165	1,775	316,443
1962	1,327	1,845	0,982	1,563	1,061	28,501	85,253	22,461	77,609	34,403	6,869	6,090	267,962
1963	4,101	2,107	2,488	1,754	2,209	41,068	292,823	220,405	87,978	22,900	3,232	8,669	689,734
1964	4,773	2,849	1,792	1,736	1,486	21,808	40,655	51,008	80,852	30,764	6,074	3,363	247,161
1965	4,134	3,359	0,114	2,492	1,784	10,362	31,202	407,879	219,262	145,918	18,627	7,346	852,479
1966	2,749	3,865	1,544	2,155	0,181	22,430	36,927	123,389	98,401	23,724	9,026	6,506	330,898
1967	10,425	3,753	3,210	0,955	3,656	29,390	102,853	249,316	524,431	145,171	47,362	8,967	1 129,489
1968	17,366	16,625	6,990	5,652	5,997	4,873	145,669	110,617	156,498	18,679	4,646	3,479	497,090
1969	1,446	0,886	0,311	0,682	1,800	0,000	29,439	9,868	23,459	6,818	2,722	2,240	79,673
1970	6,606	6,326	5,633	3,128	2,716	64,170	59,250	105,627	183,619	76,672	5,385	5,595	564,727
1971	2,881	3,489	3,029	2,879	2,733	50,792	59,028	259,123	194,931	84,493	25,538	11,193	700,108
1972	13,898	11,524	7,961	5,673	5,674	25,343	34,358	50,216	46,135	11,710	3,764	2,499	218,756
1973	1,040	4,559	2,988	2,910	2,760	9,573	344,051	633,436	1 043,86	216,708	24,246	6,486	2 292,613
1974	7,370	6,246	3,056	2,991	3,524	4,430	58,796	69,952	56,427	1,153	12,745	0,079	226,768
1975	0,829	3,988	2,575	2,510	2,832	13,296	136,067	262,994	71,805	1,933	0,135	0,955	499,919
1976	0,336	1,445	0,843	0,871	0,722	0,000	26,834	0,000	0,000	27,441	4,807	1,312	64,610
1977	6,725	3,284	0,895	3,269	3,478	37,277	51,234	27,835	150,358	13,414	8,518	3,850	310,137
1978	2,507	4,223	2,865	2,140	2,632	8,621	25,721	32,148	46,277	80,368	11,151	6,845	225,498
1979	5,565	5,516	4,892	5,471	3,986	4,046	10,339	34,592	34,372	13,663	11,235	12,358	146,035
1980	12,497	8,628	6,416	4,971	3,558	0,000	11,828	45,255	3,747	5,567	6,391	4,629	113,487
1981	9,593	4,994	1,341	5,727	1,195	35,494	64,073	73,623	59,801	10,026	7,391	3,588	276,847
1982	0,000	1,108	0,867	0,127	0,045	0,000	3,097	0,000	0,299	0,901	0,610	1,305	8,360
1983	4,073	2,505	2,224	1,185	1,513	6,453	114,774	111,283	109,012	16,385	9,558	3,477	382,442
1984	3,460	3,132	2,299	1,483	1,620	33,849	144,210	78,054	30,929	8,664	4,161	3,642	315,503
1985	2,468	2,302	1,952	1,941	1,549	36,148	117,382	107,599	18,094	17,572	6,344	4,125	317,475
1986	3,103	2,116	2,610	1,889	2,667	78,241	161,011	29,127	73,291	62,913	14,496	10,928	442,391
1987	3,818	2,539	2,484	1,866	1,520	0,000	10,325	2,126	1,879	2,592	1,902	1,994	33,045
1988	6,006	1,785	2,014	1,907	1,660	4,630	82,587	214,455	23,405	0,000	3,515	4,277	346,241
1989	2,387	1,508	1,956	1,868	1,562	0,667	0,000	0,000	0,000	0,000	2,385	6,250	18,584
1990	2,142	1,338	1,686	1,629	1,366	4,249	0,000	140,716	40,141	23,365	9,440	2,563	228,634
1991	0,951	0,688	0,864	0,854	0,613	0,000	302,127	2,998	9,451	0,000	2,922	1,771	323,237
1992	7,900	2,972	0,863	0,799	0,614	1,195	0,000	0,285	0,000	31,524	4,612	2,741	53,504
1993	2,549	1,743	1,917	1,872	1,589	6,442	41,465	0,000	9,846	1,420	4,992	1,354	75,189
1994	2,998	1,844	2,190	2,141	1,865	15,435	0,000	0,000	29,239	18,295	5,267	0,815	80,088
1995	2,937	1,866	2,363	2,262	1,977	3,454	0,000	128,758	148,983	17,443	5,969	6,192	322,206
1996	7,704	7,825	7,594	5,696	6,357	14,214	0,000	0,000	46,315	67,088	10,632	8,214	181,640
1997	1,563	1,124	1,299	1,319	1,059	3,902	0,000	0,000	0,000	0,000	2,467	2,402	15,136
1998	0,259	0,293	0,363	0,369	0,143	0,000	0,000	0,000	0,000	3,360	1,480	0,223	6,491
1999	1,339	1,002	1,164	1,119	0,882	1,212	0,000	0,000	5,709	0,000	2,863	2,737	18,028
2000	1,627	1,190	1,349	1,290	1,043	6,884	0,000	0,000	0,000	0,000	1,783	2,977	18,143
2001	1,348	0,858	1,198	1,147	0,893	1,787	0,000	0,000	4,862	0,000	1,506	2,182	15,781
Promedio	4,169	3,241	2,330	2,341	2,128	16,539	71,503	91,618	87,519	32,026	10,775	4,386	328,575
Q medio (m³/s)	1,557	1,328	0,870	0,903	0,794	6,381	26,696	34,206	33,765	11,957	4,157	1,638	10,412

También es necesario considerar como alternativa el manejo del volumen aportado por el río Santiago. Aunque estos escurrimientos están reservados en aprovechamientos localizados aguas abajo del sitio del proyecto Arcediano, es importante analizar su inclusión al volumen aportado a este sitio y determinar el impacto en cuanto al dimensionamiento de la presa más que en su utilización para satisfacer la demanda.

En este caso únicamente se suman los escurrimientos disponibles en el río Santiago (cuadro 4.7) al volumen obtenido por cuenca propia ya descontados los usos pecuarios (cuadro 5.4). En el cuadro 5.5 se presenta el escurrimiento disponible incluyendo la aportación por cuenca propia del río Verde, la del río Santiago y la disminución del volumen reservado para usos pecuarios en la cuenca del río Verde.

Por lo tanto, sin considerar el incremento producido por los derrames de los proyectos San Nicolás y El Salto en el volumen final disponible en el sitio del proyecto Arcediano, el escurrimiento medio anual disponible es de 328,575 Mm³, es decir un gasto de 10,412 m³/s, sin el agua del río Santiago, y con éstas de 505,502 Mm³, es decir un gasto de 16,018 m³/s.

El volumen final disponible en el proyecto Arcediano se maneja de acuerdo a las diferentes políticas analizadas para la simulación del funcionamiento del vaso de los proyectos aguas arriba. En el capítulo A.8 se presentan estos resultados.

5.4 ANÁLISIS DEL ESCURRIMIENTO

Aunque ya mencionamos que no es el escurrimiento final disponible, pero conviene hacer algunas observaciones sobre los valores citados en el inciso anterior y que de alguna forma son aplicables al escurrimiento final disponible. De igual manera las precisiones se realizan para el caso del escurrimiento disponible sin considerar el agua del río Santiago, sin embargo son válidas en ambos casos.

La distribución del escurrimiento tiene una distribución en el tiempo con variaciones importantes, lo que hacen de este volumen susceptible a no ser aprovechado enteramente. En la figura 5.2 se observa la variación de escurrimientos a nivel anual, 35 años de los 50 simulados se encuentran por abajo de la media anual de 328,575 Mm³.

Inclusive dentro de esta muestra se identifican períodos críticos en el régimen de escurrimiento, por ejemplo: a finales de la décadas de los 70's y principio de los 80's, otro es a partir de 1992 y hasta el final del período registrado (2001).

Por otro lado, en la figura 5.3 se presenta la distribución mensual, en ella se puede observar que el 86 % del volumen escurrido se localiza en 4 meses. Además, el escurrimiento medio mensual es de 27,381 Mm³, es decir un gasto de 1,668 m³/s.

Cuadro 5.5 Ecurrimiento disponible total al sitio del proyecto Arcediano una vez deducido el volumen para usos pecuarios (Mm³)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
1952	10,449	8,513	6,581	11,656	3,835	49,678	123,163	129,674	74,044	46,802	10,186	9,308	483,888
1953	2,548	2,067	2,116	2,932	0,558	21,377	44,706	105,805	95,706	10,119	8,154	6,255	302,344
1954	4,061	3,467	2,875	2,279	1,929	12,941	34,490	33,098	17,381	15,605	4,132	3,106	135,363
1955	20,989	13,794	11,126	9,182	8,970	23,206	154,955	379,241	211,822	137,691	27,319	17,847	1 016,141
1956	8,845	5,944	5,911	5,111	14,820	35,680	146,777	116,329	51,004	14,427	7,412	6,906	419,164
1957	2,900	2,101	1,761	1,364	1,245	2,710	10,715	10,973	14,021	6,772	3,011	2,424	59,998
1958	28,574	20,351	15,676	12,125	10,848	60,918	358,305	182,799	310,665	214,739	208,011	35,094	1 458,105
1959	21,212	12,904	9,851	10,394	8,186	31,417	100,351	124,725	47,536	31,298	7,774	11,725	417,374
1960	12,015	9,679	8,078	4,422	5,122	9,228	65,878	137,148	76,422	18,611	8,265	8,526	363,393
1961	10,179	7,118	6,865	6,748	4,196	31,906	198,026	89,369	50,429	18,156	9,689	6,752	439,433
1962	1,327	1,845	0,982	1,563	1,061	28,501	85,253	22,461	77,609	34,403	6,869	6,090	267,962
1963	14,179	9,325	8,608	6,496	6,536	50,485	330,059	258,535	120,498	40,734	11,463	16,086	873,003
1964	8,066	5,207	3,791	3,285	2,899	24,885	52,820	63,466	91,477	36,591	8,763	5,786	307,038
1965	23,955	17,555	12,150	11,817	10,294	28,884	104,433	482,870	283,217	180,992	34,815	21,931	1 212,911
1966	10,010	9,065	5,952	5,571	3,299	29,215	63,753	150,860	121,829	36,572	14,956	11,849	462,932
1967	35,633	21,809	18,517	12,814	14,480	52,947	195,993	344,694	605,773	189,781	67,951	27,518	1 587,910
1968	29,093	25,024	14,111	11,169	11,032	15,832	188,998	154,988	194,338	39,432	14,224	12,109	710,350
1969	1,446	0,886	0,311	0,682	1,800	0,000	29,439	9,868	23,459	6,818	2,722	2,240	79,673
1970	12,911	10,842	9,462	6,094	5,423	70,062	122,548	129,485	203,966	87,830	10,535	10,236	679,396
1971	14,913	12,107	10,335	8,539	7,900	62,036	103,485	304,648	233,756	105,785	35,365	20,047	918,917
1972	13,898	11,524	7,961	5,673	5,674	25,343	34,358	50,216	46,135	11,710	3,764	2,499	218,756
1973	29,475	24,926	20,254	16,287	14,968	36,145	449,110	741,019	1 135,61	267,026	47,470	27,411	2 809,698
1974	8,252	6,878	3,592	3,406	3,903	5,254	62,055	73,289	59,273	2,714	13,465	0,728	242,807
1975	14,800	13,994	11,058	9,083	8,830	26,352	187,687	315,855	116,886	26,657	11,546	11,237	753,986
1976	20,284	15,732	12,956	10,255	9,287	18,641	100,536	75,473	64,366	62,740	21,100	15,991	427,360
1977	19,183	12,207	8,460	9,130	8,827	48,918	97,262	74,969	190,555	35,459	18,693	13,018	536,680
1978	12,267	11,213	8,791	6,732	6,823	17,742	61,782	69,076	77,771	97,640	19,122	14,028	402,987
1979	5,565	5,516	4,892	5,471	3,986	4,046	10,339	34,592	34,372	13,663	11,235	12,358	146,035
1980	12,497	8,628	6,416	4,971	3,558	0,000	11,828	45,255	3,747	5,567	6,391	4,629	113,487
1981	10,978	5,985	2,182	6,379	1,789	36,788	69,189	78,862	64,269	12,476	8,522	4,607	302,027
1982	0,000	1,108	0,867	0,127	0,045	0,000	3,097	0,000	0,299	0,901	0,610	1,305	8,360
1983	7,362	4,860	4,222	2,733	2,925	9,526	126,926	123,727	119,625	22,205	12,244	5,897	442,252
1984	9,949	7,780	6,239	4,536	4,406	39,913	168,187	102,606	51,869	20,148	9,462	8,417	433,512
1985	5,318	4,344	3,683	3,282	2,773	38,811	127,913	118,383	27,291	22,616	8,672	6,222	369,307
1986	8,387	5,901	5,819	4,375	4,936	83,179	180,535	49,121	90,343	72,264	18,812	14,816	538,489
1987	8,350	5,785	5,236	3,998	3,465	4,235	27,069	19,272	16,502	10,612	5,603	5,329	115,456
1988	23,369	14,221	12,557	10,075	9,115	20,856	146,739	280,149	79,431	30,725	17,696	17,054	661,988
1989	2,387	1,508	1,956	1,868	1,562	0,667	0,000	0,000	0,000	0,000	2,385	6,250	18,584
1990	19,410	13,706	12,171	9,753	8,780	20,386	63,802	206,051	95,861	53,922	23,543	15,270	542,657
1991	41,662	29,846	25,584	20,007	18,092	38,043	452,542	157,026	140,813	72,040	36,172	31,729	1 063,555
1992	55,063	36,752	29,501	22,987	20,864	45,269	174,256	178,728	152,183	114,983	43,132	37,447	911,165
1993	9,293	6,573	6,012	5,044	4,484	12,743	66,380	25,513	31,604	13,353	10,499	6,316	197,815
1994	10,234	7,027	6,584	5,545	4,972	22,198	26,738	27,380	52,590	31,101	11,177	6,141	211,688
1995	10,733	7,449	7,096	5,930	5,324	10,739	28,803	158,253	174,138	31,238	12,336	11,929	463,968
1996	13,186	11,751	10,923	8,275	8,711	19,336	20,253	20,739	64,002	76,788	15,108	12,248	281,319
1997	4,879	3,500	3,313	2,880	2,483	7,001	12,253	12,547	10,701	5,868	5,176	4,842	75,442
1998	16,980	12,268	10,516	8,236	7,322	15,625	61,778	63,262	53,952	32,948	15,137	12,527	310,552
1999	12,208	8,787	7,764	6,233	5,549	11,369	40,159	41,123	40,781	19,234	11,740	10,736	215,683
2000	6,038	4,349	4,027	3,365	2,937	11,006	16,297	16,688	14,232	7,805	5,385	6,223	98,352
2001	9,600	6,768	6,209	5,029	4,437	9,498	30,490	31,222	31,490	14,603	8,246	8,254	165,846
Promedio	13,898	10,210	8,238	6,918	6,305	25,631	107,450	128,429	118,913	49,243	18,721	11,546	505,502
Q medio (m³/s)	5,189	4,183	3,076	2,669	2,354	9,888	40,117	47,950	45,877	18,385	7,223	4,311	16,018

Figura 5.2 Esgurrimientos anual disponible en el proyecto Arcediano, sin agregar las salidas de los proyectos aguas arriba

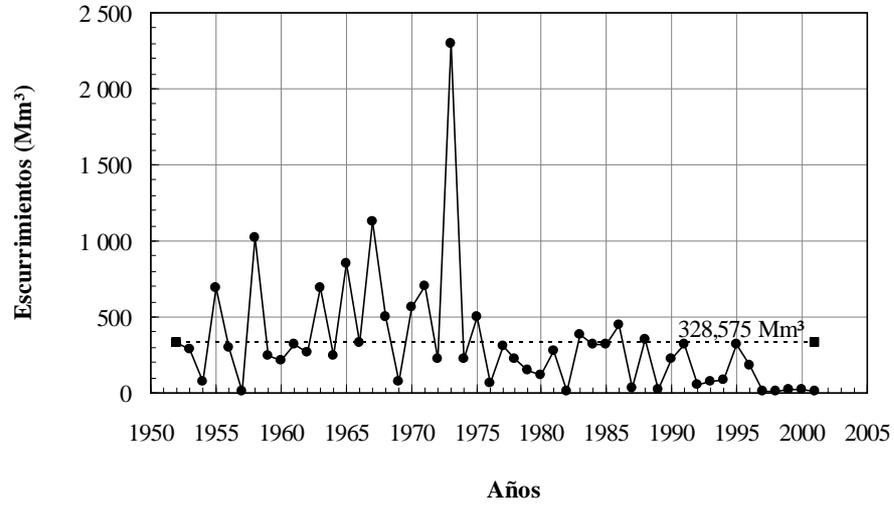
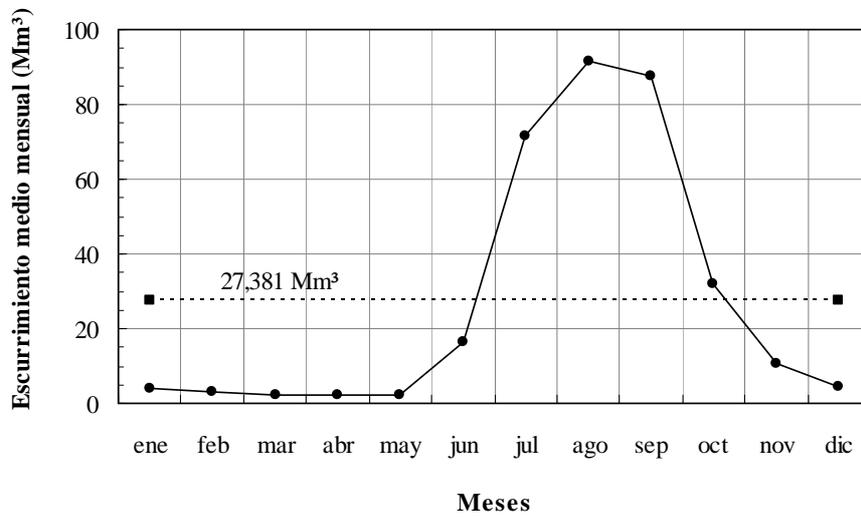


Figura 5.3 Esgurrimientos medio mensual disponible en el proyecto Arcediano, sin agregar las salidas de los proyectos aguas arriba



6 EVAPORACIÓN NETA

6.1 PROYECTO SAN NICOLÁS ¹²

El cálculo de la evaporación neta¹³ en este sitio se determinó mediante la siguiente expresión:

$$En_j = \sum_{i=1}^{12} (0,77E_i - P_i(1 - Ce_j))$$

donde:

En_j	evaporación neta en el año j del registro;
E_i	evaporación ponderada promedio en el mes i del año j ;
P_i	precipitación ponderada para el sitio en el mes i del año j y
Ce_j	Coefficiente de escurrimiento anual del año j .

Es decir, las dos variables involucradas en la ecuación son modificadas. La evaporación bruta se multiplica por 0,77, que es la constante de evaporómetro. La precipitación tiene que afectarse de acuerdo al coeficiente de escurrimiento anual, que a su vez está en función del tipo y uso del suelo.

La información de precipitación y evaporación corresponde a la registrada por las estaciones climatológicas San Gaspar de los Reyes y Teocaltiche en el estado de Jalisco, ambas en la zona de influencia del vaso de almacenamiento. Se ponderó esta información de acuerdo al área de influencia del vaso de almacenamiento.

Con la información representativa en el vaso de almacenamiento y la aplicación de la ecuación citada anteriormente, se obtiene la evaporación neta mostrada en el cuadro 6.1. Los resultados fueron complementados con sus valores medios mensuales para generar un período de datos común al establecido por la matriz de escurrimientos disponibles en cada sitio (1952–2001).

6.2 PRESA EL SALTO

Debido a que este aprovechamiento se encuentra actualmente construido y disponible a una futura operación que se le asigne, fue necesario solicitar a la CNA Regional y a la CEAS de Jalisco las características generales de esta presa e información hidrológica con la que fue diseñada, para poder observar el funcionamiento de su vaso de acuerdo a la demanda de agua que se le determine.

¹² Revisión de los estudios hidrológicos del río Verde, CNA, 2003.

¹³ Evaporación menos lluvia

Entre la información hidrológica proporcionada por esta dependencia, se encuentra la matriz de evaporaciones netas mensuales para el período 1961–1999 que se muestra en el cuadro 6.2; también fue complementada con sus valores medios mensuales para generar un período de datos común al establecido por la matriz de escurrimientos disponibles en cada sitio (1952–2001).

Cuadro 6.1 Evaporación neta en el vaso del proyecto San Nicolás (mm)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
1952	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1953	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1954	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1955	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1956	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1957	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1958	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1959	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1960	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1961	80,859	129,052	175,830	212,905	198,535	62,070	-33,782	10,228	74,052	104,622	96,376	98,522	1 209,269
1962	102,143	109,894	183,414	200,333	230,076	97,777	52,766	70,430	61,684	35,907	107,565	78,793	1 330,782
1963	120,929	134,224	182,680	208,221	198,436	38,825	-110,040	-10,652	16,125	93,291	97,174	13,866	983,079
1964	56,185	145,012	183,761	214,516	202,686	56,092	-41,101	24,272	-9,514	93,419	93,133	52,646	1 071,105
1965	93,319	100,772	182,529	178,448	203,049	106,816	11,198	-152,541	-16,338	71,280	87,577	65,035	931,142
1966	79,623	81,223	128,269	145,490	174,079	50,999	28,645	-48,010	79,774	35,438	99,061	92,117	946,707
1967	83,362	117,178	150,729	192,183	145,226	48,951	63,921	-118,634	-91,689	17,690	75,676	85,192	769,785
1968	94,334	73,525	92,718	168,848	196,951	96,301	-78,866	7,158	52,099	56,018	85,101	68,041	912,228
1969	99,357	125,652	189,197	218,559	234,812	122,474	13,333	-2,476	39,105	92,321	97,865	84,321	1 314,520
1970	103,758	69,121	179,641	203,165	227,689	-22,368	-15,784	13,412	-97,893	83,522	69,735	87,665	901,661
1971	89,464	126,704	163,009	196,273	174,196	-31,378	-3,503	-126,177	-20,025	62,789	84,200	86,134	801,685
1972	83,804	118,157	152,292	194,194	161,283	39,054	12,607	-135,144	-6,031	89,704	71,252	91,412	872,584
1973	71,616	110,176	207,169	219,258	188,392	107,838	-171,695	-186,424	63,40	22,082	91,938	85,855	809,604
1974	95,900	116,273	171,749	178,239	167,044	128,614	-45,574	-52,960	22,173	66,487	75,979	58,663	982,588
1975	41,399	112,151	192,539	200,778	202,550	74,437	-50,342	-79,396	67,048	99,193	91,322	58,815	1 010,493
1976	86,707	109,302	172,358	171,399	200,888	117,186	-210,728	6,722	6,348	22,681	3,029	51,233	737,124
1977	79,276	103,373	162,201	152,901	169,150	-8,284	-10,974	-9,641	15,323	47,027	64,478	58,352	823,179
1978	81,828	95,899	156,734	176,845	142,860	92,416	-46,193	-21,963	-41,160	20,415	58,085	67,234	783,000
1979	82,621	77,574	151,772	175,945	181,063	132,933	-14,738	-52,542	17,618	100,716	74,928	29,390	957,282
1980	82,574	100,287	152,768	153,918	186,581	82,716	39,924	99,354	97,778	48,183	53,268	43,602	1 140,955
1981	27,691	78,113	137,637	157,142	146,470	120,807	-21,151	-80,342	67,944	47,788	68,101	60,401	810,601
1982	71,627	101,114	156,580	165,318	164,704	159,339	-57,499	58,361	79,287	72,899	38,955	48,017	1 058,701
1983	37,558	99,292	157,612	195,503	154,285	56,129	-111,555	-32,001	-96,528	67,742	34,835	65,027	627,898
1984	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1985	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1986	80,196	99,297	157,658	167,860	166,490	-85,293	-74,061	42,402	-35,976	62,007	55,942	60,841	697,361
1987	81,061	70,224	130,378	134,646	166,819	73,431	1,447	1,425	28,393	92,959	72,681	44,817	898,280
1988	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1989	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1990	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1991	66,678	80,224	156,784	164,618	176,161	54,569	-293,846	58,698	-39,618	60,209	61,836	30,275	576,589
1992	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1993	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1994	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1995	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1996	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1997	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1998	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
1999	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
2000	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
2001	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469
Promedio	79,764	103,224	162,616	182,596	183,095	68,171	-44,907	-27,555	12,822	64,092	73,465	64,087	921,469

Cuadro 6.2 Evaporación neta de la Presa El Salto (mm)

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
1952	55,872	89,895	143,338	163,000	153,695	-6,808	-132,387	-91,731	-41,987	35,010	59,697	54,913	482,508
1953	55,872	89,895	143,338	163,000	153,695	-6,808	-132,387	-91,731	-41,987	35,010	59,697	54,913	482,508
1954	55,872	89,895	143,338	163,000	153,695	-6,808	-132,387	-91,731	-41,987	35,010	59,697	54,913	482,508
1955	55,872	89,895	143,338	163,000	153,695	-6,808	-132,387	-91,731	-41,987	35,010	59,697	54,913	482,508
1956	55,872	89,895	143,338	163,000	153,695	-6,808	-132,387	-91,731	-41,987	35,010	59,697	54,913	482,508
1957	55,872	89,895	143,338	163,000	153,695	-6,808	-132,387	-91,731	-41,987	35,010	59,697	54,913	482,508
1958	55,872	89,895	143,338	163,000	153,695	-6,808	-132,387	-91,731	-41,987	35,010	59,697	54,913	482,508
1959	55,872	89,895	143,338	163,000	153,695	-6,808	-132,387	-91,731	-41,987	35,010	59,697	54,913	482,508
1960	55,872	89,895	143,338	163,000	153,695	-6,808	-132,387	-91,731	-41,987	35,010	59,697	54,913	482,508
1961	25,300	110,900	142,300	191,000	164,200	-36,300	-207,800	-4,700	10,200	44,500	80,500	73,300	593,400
1962	90,200	113,500	191,700	164,000	211,600	-10,300	-65,100	-3,400	-165,900	-65,900	69,400	59,300	589,100
1963	92,400	97,500	150,700	187,900	165,000	-114,900	-301,200	-166,700	-92,600	50,400	80,100	-8,500	140,100
1964	20,000	123,200	156,200	185,500	170,500	-16,100	-66,500	-61,900	-93,200	36,500	65,000	58,500	577,700
1965	64,500	71,500	167,900	147,700	190,500	19,500	-103,000	-278,200	-59,100	24,300	52,400	30,000	328,000
1966	54,900	55,000	96,200	94,400	108,800	-46,400	-54,400	-168,300	-27,300	-42,400	59,300	39,100	168,900
1967	-37,300	90,200	110,800	159,200	98,200	-82,500	-24,200	-204,200	-171,400	-44,100	43,400	56,700	-5,200
1968	70,400	34,200	66,400	131,600	171,900	6,900	-171,800	-93,500	-80,100	21,500	75,500	44,400	277,400
1969	61,200	97,200	147,900	168,300	178,300	112,100	-91,600	-108,000	-15,000	77,700	69,300	56,200	753,600
1970	60,800	62,400	159,400	199,400	201,900	-52,200	-141,300	-44,500	-125,300	83,900	49,400	71,600	525,500
1971	42,200	92,400	151,700	175,600	155,000	-9,900	-64,300	-121,000	-134,700	45,300	63,900	61,500	457,700
1972	72,500	109,300	147,800	182,500	131,000	14,000	-34,000	-105,100	-49,400	37,900	39,200	55,600	601,300
1973	48,700	93,300	171,700	189,400	146,800	-27,400	-207,900	-229,800	-26,50	16,500	72,400	77,800	325,000
1974	97,800	87,000	97,800	100,900	54,000	31,100	-134,300	-169,000	26,700	92,400	87,800	88,600	460,800
1975	68,100	83,900	105,500	97,800	74,700	-104,400	-199,800	-87,100	39,800	91,900	92,400	94,100	356,900
1976	99,100	87,100	104,700	78,600	109,700	76,000	-379,200	-69,300	-46,200	3,900	25,500	78,500	168,400
1977	68,400	96,300	157,100	137,900	153,200	-102,600	-154,400	-46,100	-122,700	47,000	49,700	45,000	328,800
1978	73,900	72,200	144,800	184,000	159,700	31,900	-85,700	-132,500	-105,600	-82,700	53,300	59,500	372,800
1979	76,700	62,100	149,400	181,700	191,700	100,700	-11,400	-44,000	-4,900	100,900	73,500	9,100	885,500
1980	70,500	97,200	142,500	162,600	186,300	100,900	-152,200	91,600	79,900	29,300	15,900	35,400	859,900
1981	8,300	97,200	121,700	168,300	155,500	129,200	-146,000	-54,000	79,900	62,900	83,800	58,700	765,500
1982	0,000	120,400	189,400	203,300	189,900	164,200	-60,800	-29,300	64,600	41,700	30,900	64,700	979,000
1983	25,500	96,300	164,200	208,700	157,600	81,900	-229,900	-140,900	-69,600	59,900	27,600	59,900	441,200
1984	46,500	94,900	157,500	199,400	125,400	-124,700	-153,300	-70,700	-30,800	64,100	73,200	51,400	432,900
1985	76,000	102,400	153,200	158,600	194,500	-164,400	-56,500	-40,200	-50,900	18,300	59,000	52,600	502,600
1986	70,800	103,200	163,200	170,200	146,100	-168,200	-171,100	-78,300	-13,100	35,000	59,700	54,900	372,400
1987	60,800	76,300	158,900	172,500	157,700	8,000	-106,600	-18,000	49,700	94,700	59,700	54,900	768,600
1988	55,900	89,900	143,300	163,000	153,700	-6,800	-132,400	-91,700	-42,000	35,000	59,700	54,900	482,500
1989	55,900	89,900	143,300	163,000	153,700	-6,800	-132,400	-91,700	-42,000	35,000	59,700	54,900	482,500
1990	55,900	89,900	143,300	163,000	153,700	-6,800	-132,400	-91,700	-42,000	35,000	59,700	54,900	482,500
1991	55,900	89,900	143,300	163,000	153,700	-6,800	-132,400	-91,700	-42,000	35,000	59,700	54,900	482,500
1992	55,900	89,900	143,300	163,000	153,700	-6,800	-132,400	-91,700	-42,000	35,000	59,700	54,900	482,500
1993	55,900	89,900	143,300	163,000	153,700	-6,800	-132,400	-91,700	-42,000	35,000	59,700	54,900	482,500
1994	55,900	89,900	143,300	163,000	153,700	-6,800	-132,400	-91,700	-42,000	35,000	59,700	54,900	482,500
1995	55,900	89,900	143,300	163,000	153,700	-6,800	-132,400	-91,700	-42,000	35,000	59,700	54,900	482,500
1996	55,900	89,900	143,300	163,000	153,700	-6,800	-132,400	-91,700	-42,000	35,000	59,700	54,900	482,500
1997	55,900	89,900	143,300	163,000	153,700	-6,800	-132,400	-91,700	-42,000	35,000	59,700	54,900	482,500
1998	55,900	89,900	143,300	163,000	153,700	-6,800	-132,400	-91,700	-42,000	35,000	59,700	54,900	482,500
1999	55,900	89,900	143,300	163,000	153,700	-6,800	-132,400	-91,700	-42,000	35,000	59,700	54,900	482,500
2000	55,872	89,895	143,338	163,000	153,695	-6,808	-132,387	-91,731	-41,987	35,010	59,697	54,913	482,508
2001	55,872	89,895	143,338	163,000	153,695	-6,808	-132,387	-91,731	-41,987	35,010	59,697	54,913	482,508
Promedio	55,872	89,895	143,338	163,000	153,695	-6,808	-132,387	-91,731	-41,987	35,010	59,697	54,913	482,508

6.3 PROYECTO ARCEDIANO

Para la determinación de las evaporaciones netas medias mensuales representativas del vaso de esta presa en estudio, se utilizaron los datos de precipitación y evaporación registrados en la estación climatológica Arcediano durante el período de 1968 a 1999; ubicada en la cercanía del sitio de la misma estación hidrométrica Puente de Arcediano.

En los cuadros 6.3 y 6.4 se presentan los datos mensuales y anuales de estas dos variables hidrológicas para el período 1968–1999; en estos se observa que la precipitación y la evaporación media anual representativa del sitio de la presa Arcediano tienen los valores de 881,60 mm y 1732,65 mm, respectivamente.

Debido a que el vaso de la presa Arcediano quedará totalmente alojado en los cañones profundos de los ríos Verde y Santiago, no se hizo intervenir el coeficiente de escurrimiento en la determinación de la evaporación neta mensual; por lo tanto, estas se obtuvieron simplemente al restar las láminas de precipitación del cuadro 6.3 al valor correspondiente al 70 por ciento de la evaporación del cuadro A.6.4. El cuadro 6.5 muestra las medias mensuales y anuales de la evaporación neta para el período 1968–1999.

También se completa la información para un período común al establecido para los escurrimientos de los aprovechamientos en estudio (1952–2001), por lo tanto, fue necesario complementarlo con los valores de las medias mensuales deducidas para el registro del período 1968–1999. En el cuadro 6.5 se presenta la matriz de evaporaciones netas mensuales y anuales para el período completo 1952–2001. Cuadro

6.3 Precipitación en la estación climatológica Puente Arcediano

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
1968	15,519	4,335	2,800	4,219	13,500	170,000	323,500	261,500	86,900	25,500	0,400	26,400	934,574
1969	2,300	0,000	0,000	0,000	15,500	86,900	85,700	196,200	190,900	52,600	0,000	3,200	633,300
1970	0,000	18,000	0,000	0,000	26,300	291,100	236,100	163,400	156,800	91,700	23,200	0,000	1 006,600
1971	2,900	0,000	0,000	0,000	34,400	165,500	187,300	200,500	165,300	45,300	0,000	7,700	808,900
1972	1,800	0,000	0,000	0,000	54,800	214,600	172,300	256,300	119,500	11,600	29,100	0,000	860,000
1973	13,600	6,900	0,000	0,000	17,800	290,500	300,000	337,500	109,30	158,700	0,000	0,000	1 234,300
1974	0,000	0,000	0,000	10,900	74,400	186,300	193,200	188,100	163,600	12,600	0,300	12,900	842,300
1975	17,300	1,200	0,000	0,000	6,600	266,300	295,100	296,100	99,000	0,000	0,000	4,900	986,500
1976	0,000	0,000	0,000	12,000	25,000	78,600	271,800	155,300	98,100	40,800	64,600	17,000	763,200
1977	0,000	0,000	0,000	13,300	19,800	253,100	172,900	200,000	140,900	23,000	24,000	15,600	862,600
1978	0,000	9,500	0,200	0,000	10,800	147,700	270,300	109,900	251,700	70,500	7,000	12,400	890,000
1979	1,300	20,900	0,000	0,000	2,600	66,700	245,400	172,200	92,000	0,000	0,000	29,900	631,000
1980	86,700	6,600	0,000	11,900	4,500	122,400	168,100	146,600	224,600	43,000	47,900	12,200	874,500
1981	44,900	15,800	1,500	1,400	1,700	294,900	237,700	172,000	80,900	19,900	16,700	8,800	896,200
1982	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	85,100	233,100	249,300	55,700	76,200	77,500	39,100	816,000
1983	22,900	0,000	0,000	0,000	49,700	125,200	321,900	139,200	92,700	42,700	22,900	0,000	817,200
1984	16,900	11,800	0,000	0,000	12,100	389,600	179,800	167,300	102,600	50,900	0,000	4,200	935,200
1985	14,000	0,000	0,000	0,000	39,000	284,800	177,700	135,500	175,100	72,000	19,000	1,000	918,100
1986	0,000	5,200	0,000	9,400	15,300	384,600	148,200	260,400	84,100	125,000	17,000	0,400	1 049,600
1987	5,100	19,200	0,400	2,300	44,200	180,500	289,100	274,200	130,000	0,000	0,700	8,732	954,432
1988	0,000	0,000	11,300	1,700	0,000	139,800	80,700	192,900	120,400	21,700	1,000	4,700	574,200
1989	0,000	0,700	0,000	0,000	10,500	58,500	210,500	309,500	123,200	30,800	4,700	29,300	777,700
1990	6,000	6,300	12,000	0,000	11,200	133,100	327,900	281,500	127,900	106,300	0,000	0,000	1 012,200
1991	1,300	5,800	0,000	0,000	0,000	189,100	415,400	102,800	126,300	33,700	1,400	13,500	889,300
1992	226,900	3,900	1,900	9,900	12,300	113,100	288,200	278,800	160,200	70,100	13,000	13,100	1 191,400
1993	14,100	0,000	0,000	1,400	1,600	254,000	319,470	184,700	191,700	52,200	0,000	0,000	1 019,170
1994	1,800	0,000	0,000	6,500	1,500	169,500	87,700	191,700	189,000	120,400	14,800	0,000	782,900
1995	0,000	1,500	0,000	0,500	28,500	180,400	158,400	240,500	103,500	0,200	1,100	14,400	729,000
1996	0,000	1,000	0,000	0,000	39,400	112,000	212,600	204,700	333,500	58,800	7,900	0,000	969,900
1997	1,300	0,100	59,500	49,600	65,200	138,000	193,000	195,000	102,300	81,700	26,000	0,000	911,700
1998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	66,400	309,200	193,600	245,600	33,200	0,000	0,000	848,000
1999	0,000	0,000	0,000	0,000	7,200	229,000	182,700	212,100	85,900	58,200	16,000	0,000	791,100
Promedio	15,519	4,335	2,800	4,219	20,169	183,353	227,968	208,416	141,538	50,916	13,631	8,732	881,596

En las celdas sombreadas, por carecer de información, se adoptó el valor medio mensual del registro

Cuadro 6.4 Evaporación en la estación climatológica Puente Arcediano

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
1968	92,625	123,034	194,224	226,498	270,750	206,030	153,680	135,370	110,120	129,710	106,730	71,970	1 820,741
1969	99,210	138,180	211,480	249,120	266,470	258,270	177,260	149,620	121,570	110,830	106,900	85,250	1 974,160
1970	103,610	120,890	192,870	240,370	274,590	170,260	139,000	124,350	116,140	122,550	86,560	93,860	1 785,050
1971	103,140	139,590	209,200	237,790	258,610	178,087	140,380	134,290	120,510	97,720	102,890	90,610	1 812,817
1972	101,510	145,990	205,860	254,050	270,090	163,400	141,300	138,860	127,760	128,440	97,170	87,970	1 862,400
1973	95,330	126,290	212,330	247,450	263,630	213,950	141,950	129,510	121,28	117,850	90,600	80,100	1 840,270
1974	101,520	133,890	196,450	215,250	239,450	179,520	144,210	147,750	130,180	130,258	109,070	81,320	1 808,868
1975	89,050	127,480	216,600	246,540	257,180	192,360	126,920	143,830	104,830	128,590	108,370	92,170	1 833,920
1976	106,720	136,640	195,460	220,000	249,770	206,950	109,170	136,280	122,620	108,830	79,910	64,360	1 736,710
1977	93,420	127,590	210,090	213,730	250,810	174,040	139,450	142,550	131,650	108,170	92,250	82,770	1 766,520
1978	102,430	120,130	207,570	250,550	267,420	180,820	145,730	123,150	117,570	96,100	84,970	79,260	1 775,700
1979	101,210	105,720	196,780	242,630	254,740	212,250	153,940	113,470	113,120	152,090	110,470	74,680	1 831,100
1980	88,140	111,640	197,700	212,290	249,580	208,050	153,460	131,700	113,200	114,400	78,920	72,270	1 731,350
1981	76,040	113,600	175,790	212,250	230,320	183,090	133,920	131,730	124,370	117,810	102,320	85,580	1 686,820
1982	107,320	121,260	208,140	239,240	233,400	216,820	142,970	143,800	128,670	109,370	89,700	59,240	1 799,930
1983	64,690	111,850	184,560	236,150	238,880	199,840	136,640	130,700	112,970	120,780	83,180	90,270	1 710,510
1984	90,090	131,150	206,700	251,160	248,180	198,580	110,850	124,350	103,720	104,310	90,080	78,790	1 737,960
1985	81,060	125,850	198,870	218,520	254,140	163,010	129,800	141,450	135,140	110,960	88,180	82,800	1 729,780
1986	107,220	125,030	206,010	255,990	246,670	192,510	153,610	158,600	122,170	99,280	82,210	73,610	1 822,910
1987	86,330	104,540	172,820	216,570	241,410	175,290	139,100	135,490	127,940	116,080	94,270	78,171	1 688,011
1988	99,980	132,150	166,020	214,040	258,650	195,520	104,500	107,670	119,950	122,080	106,710	94,130	1 721,400
1989	114,810	144,150	210,730	237,950	283,420	227,100	150,180	138,900	110,330	114,950	98,640	75,640	1 906,800
1990	92,900	109,660	190,240	234,400	254,110	168,500	129,270	121,370	102,720	100,730	79,340	78,950	1 662,190
1991	92,380	116,840	216,050	237,320	268,930	201,220	106,250	123,010	94,490	91,960	83,190	69,400	1 701,040
1992	48,410	94,710	154,520	177,570	191,180	191,570	142,580	116,300	98,950	82,150	68,750	64,260	1 430,950
1993	81,640	116,950	184,280	203,160	238,290	194,550	123,470	116,900	93,150	95,600	75,850	73,720	1 597,560
1994	94,050	126,850	187,970	215,710	245,680	149,440	149,530	116,930	103,310	90,910	85,560	81,880	1 647,820
1995	93,980	124,700	190,260	217,980	246,050	177,280	106,970	117,810	94,850	124,080	96,090	74,120	1 664,170
1996	96,370	123,030	186,100	219,740	237,450	161,010	149,830	123,460	96,320	75,900	73,600	64,560	1 607,370
1997	78,960	115,600	141,680	130,790	201,280	170,480	124,100	126,720	117,600	89,600	75,090	75,820	1 447,720
1998	90,590	120,570	197,500	242,280	255,770	197,720	146,630	111,010	80,120	77,670	76,460	69,050	1 665,370
1999	89,260	121,540	190,310	230,840	256,010	167,940	110,300	110,150	101,300	100,270	84,130	74,900	1 636,950
Promedio	92,625	123,034	194,224	226,498	250,091	189,858	136,155	129,596	113,082	109,063	90,255	78,171	1 732,652

Cuadro 6.5 Evaporación neta en el Proyecto Arcediano

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
1952	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
1953	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
1954	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
1955	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
1956	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
1957	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
1958	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
1959	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
1960	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
1961	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
1962	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
1963	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
1964	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
1965	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
1966	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
1967	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
1968	49,318	81,788	133,157	154,329	176,025	-25,779	-215,924	-166,741	-9,816	65,297	74,311	23,979	339,944
1969	67,147	96,726	148,036	174,384	171,029	93,889	38,382	-91,466	-105,801	24,981	74,830	56,475	748,612
1970	72,527	66,623	135,009	168,259	165,913	-171,918	-138,800	-76,355	-75,502	-5,915	37,392	65,702	242,935
1971	69,298	97,713	146,440	166,453	146,627	-40,839	-89,034	-106,497	-80,943	23,104	72,023	55,727	460,072
1972	69,257	102,193	144,102	177,835	134,263	-100,220	-73,390	-159,098	-30,068	78,308	38,919	61,579	443,680
1973	53,131	81,503	148,631	173,215	166,741	-140,735	-200,635	-246,843	-24,40	-76,205	63,420	56,070	53,889
1974	71,064	93,723	137,515	139,775	93,215	-60,636	-92,253	-84,675	-72,474	78,581	76,049	44,024	423,908
1975	45,035	88,036	151,620	172,578	173,426	-131,648	-206,256	-195,419	-25,619	90,013	75,859	59,619	297,244
1976	74,704	95,648	136,822	142,000	149,839	66,265	-195,381	-59,904	-12,266	35,381	-8,663	28,052	452,497
1977	65,394	89,313	147,063	136,311	155,767	-131,272	-75,285	-100,215	-48,745	52,719	40,575	42,339	373,964
1978	71,701	74,591	145,099	175,385	176,394	-21,126	-168,289	-23,695	-169,401	-3,230	52,479	43,082	352,990
1979	69,547	53,104	137,746	169,841	175,718	81,875	-137,642	-92,771	-12,816	106,463	77,329	22,376	650,770
1980	-25,002	71,548	138,390	136,703	170,206	23,235	-60,678	-54,410	-145,360	37,080	7,344	38,389	337,445
1981	8,328	63,720	121,553	147,175	159,524	-166,737	-143,956	-79,789	6,159	62,567	54,924	51,106	284,574
1982	75,124	84,882	145,698	167,468	163,380	66,674	-133,021	-148,640	34,369	0,359	-14,710	2,368	443,951
1983	22,383	78,295	129,192	165,305	117,516	14,688	-226,252	-47,710	-13,621	41,846	35,326	63,189	380,157
1984	46,163	80,005	144,690	175,812	161,626	-250,594	-102,205	-80,255	-29,996	22,117	63,056	50,953	281,372
1985	42,742	88,095	139,209	152,964	138,898	-170,693	-86,840	-36,485	-80,502	5,672	42,726	56,960	292,746
1986	75,054	82,321	144,207	169,793	157,369	-249,843	-40,673	-149,380	1,419	-55,504	40,547	51,127	226,437
1987	55,331	53,978	120,574	149,299	124,787	-57,797	-191,730	-179,357	-40,442	81,256	65,289	45,988	227,176
1988	69,986	92,505	104,914	148,128	181,055	-2,936	-7,550	-117,531	-36,435	63,756	73,697	61,191	630,780
1989	80,367	100,205	147,511	166,565	187,894	100,470	-105,374	-212,270	-45,969	49,665	64,348	23,648	557,060
1990	59,030	70,462	121,168	164,080	166,677	-15,150	-237,411	-196,541	-55,996	-35,789	55,538	55,265	151,333
1991	63,366	75,988	151,235	166,124	188,251	-48,246	-341,025	-16,693	-60,157	30,672	56,833	35,080	301,428
1992	-193,013	62,397	106,264	114,399	121,526	20,999	-188,394	-197,390	-90,935	-12,595	35,125	31,882	-189,735
1993	43,048	81,865	128,996	140,812	165,203	-117,815	-233,041	-102,870	-126,495	14,720	53,095	51,604	99,122
1994	64,035	88,795	131,579	144,497	170,476	-64,892	16,971	-109,849	-116,683	-56,763	45,092	57,316	370,574
1995	65,786	85,790	133,182	152,086	143,735	-56,304	-83,521	-158,033	-37,105	86,656	66,163	37,484	435,919
1996	67,459	85,121	130,270	153,818	126,815	0,707	-107,719	-118,278	-266,076	-5,670	43,620	45,192	155,259
1997	53,972	80,820	39,676	41,953	75,696	-18,664	-106,130	-106,296	-19,980	-18,980	26,563	53,074	101,704
1998	63,413	84,399	138,250	169,596	179,039	72,004	-206,559	-115,893	-189,516	21,169	53,522	48,335	317,759
1999	62,482	85,078	133,217	161,588	172,007	-111,442	-105,490	-134,995	-14,990	11,989	42,891	52,430	354,765
2000	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
2001	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260
Promedio	49,318	81,788	133,157	154,329	154,895	-50,453	-132,660	-117,698	-62,380	25,429	49,547	45,988	331,260

7 AZOLVES Y NAMINO

En términos generales, la capacidad de azolve depende del volumen de sólidos en suspensión transportado por la corriente en un intervalo de tiempo dado, de las condiciones de deforestación de la cuenca y del tipo de suelos existentes en la cuenca drenada.

7.1 PROYECTO SAN NICOLÁS

Para determinar la capacidad de azolve que deberá tener la presa y en función de éste el nivel de aguas mínimo de operación (NAMínO), se realizó, dentro de la revisión de estudios hidrológicos del río Verde¹⁴, un estudio de sedimentos en tres partes:

- Cálculo de la producción de sedimentos. Consistió básicamente en determinar la erosión potencial de la cuenca; esto es, la producción de sedimentos equivalente a la cantidad de suelo disponible para ser desprendido.
- Simulación de la aportación de sedimentos al vaso. En esta parte se determina la cantidad de suelo que una vez desprendido, es transportado y finalmente depositado en el vaso.
- Determinación de la distribución del sedimento dentro del vaso.

Mediante la modelación de estas tres etapas para los diferentes afluentes del río Verde y de éste mismo se estimó una aportación de azolves de 1.5 Mm³/año; sin embargo, se encontró que el azolve no llega a la cortina en un período de 50 años. Considerando estos resultados y la sumergencia necesaria de las bombas, el NAMínO se fijó en la cota 1665 msnm..

7.2 PRESA EL SALTO

De la información técnica proporcionada por la CNA Regional, también se obtuvieron los niveles de operación y capacidades para los que fue diseñada esta presa. De esta forma se sabe que el vaso tiene asignada la elevación 1790,10 msnm y la capacidad de 5,0 Mm³ para alojar los azolves durante la vida útil de la presa; en consecuencia también se fijó el NAMínO a la cota 1 795,30 msnm, asegurando así el gasto de 3,0 m³/s para el que fue diseñada la obra de toma.

7.3 PROYECTO ARCEDIANO

Debido a que la estación hidrométrica Puente de Arcediano tiene pocos registros de material sólido en suspensión de las dos corrientes que confluyen inmediatamente aguas arriba de ésta (ríos Verde y Santiago) y además con datos carentes de certidumbre para determinar un coeficiente medio de azolve, se tuvo que recurrir al criterio empírico de la extinta SARH, a un estudio realizado por la CFE para posibles sitios de aprovechamiento sobre el cauce principal del

¹⁴ Revisión de los estudios hidrológicos del río Verde, CNA, 2003.

río Santiago y principalmente a los registros de otras estaciones de aforo cercanas al sitio de la presa, como son: La Cuña, que mide exclusivamente los escurrimientos del río Verde; San Cristóbal II ubicada en el río Santiago, 900 m aguas abajo de la confluencia con el río Juchipila; y La Boquilla, localizada sobre el afluente del Juchipila.

La extinta Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, recomienda en su manual de Pequeños Almacenamientos (Plan Nacional de Obras de Riego para el Desarrollo Rural): cuando se carece de datos precisos para determinar el volumen de azolve, *se puede considerar en forma aproximada, que los azolves gruesos transportados por la corriente tengan un valor de 0,0010 del escurrimiento medio anual y para un funcionamiento libre de la obra de toma con duración de 50 años antes de ser invadida por el azolve.*

De acuerdo al estudio que realizó la CFE en 1982 “Análisis de sedimentos en la cuenca del río Santiago” con los datos de azolve registrados en las estaciones hidrométricas ubicadas sobre el cauce principal de éste río, desde la e.h. San Cristóbal II hasta la e.h. Capomal, se dedujo una gráfica que relaciona el porcentaje de sedimentos por volumen escurrido con el área de cuenca drenada en km², obteniendo así un valor de 0,0008 para los 23 223 km² de la cuenca hasta Arcediano. En este mismo estudio se determinó la distribución del sedimento dentro del almacenamiento de la presa Santa Rosa, Jal., concluyendo así que el arrastre de fondo en esta obra constituye aproximadamente el 30% del sedimento en suspensión medido en las estaciones de aforo. Al adoptar este incremento en el sitio de Arcediano, el coeficiente de 0,0008 obtenido anteriormente mediante la gráfica, toma el valor de 0,0010.

Mediante los sólidos en suspensión del río Verde ya registrados en la e.h. *La Cuña* durante el período discontinuo 1961-1991, se obtiene un valor medio de azolve exclusivo para las aportaciones de este río de 0,0017.

La e.h. *San Cristóbal II* mide los sólidos en suspensión de los ríos Santiago y Juchipila, reportando un valor de 0,001027 para un escurrimiento medio anual de 2 861 Mm³ registrado entre 1961 y 1971; durante este mismo período, la e.h. *La Boquilla* registró un valor medio de sólidos en suspensión de 0,004249 para un volumen de escurrimiento medio anual de 395 Mm³.

Con la diferencia de los volúmenes anuales de azolve y escurrimiento durante el período común 1961-1971 de estas dos últimas estaciones, se deduce que el coeficiente de azolve representativo de las aportaciones del río Santiago, tiene un valor de 0,0005; dato requerido en el sitio de la presa de Arcediano para determinar exclusivamente el volumen de azolve correspondiente a los escurrimientos de este río.

En el cuadro 7.1 se presenta un resumen de los coeficientes de azolve obtenidos con los diferentes criterios utilizados.

Cuadro 7.1 Coeficientes de azolve

Criterio de cálculo	Coefficiente de azolve	Corriente aportadora a la cual aplica
SARH	0,0010	Río Verde y Santiago
La Cuña 23 años (1961-91)	0,0017	Río Verde
San Cristóbal II (1961-71)	0,0010	Río Verde y Santiago
CFE (1961-1979)	0,0010	Río Verde y Santiago
Promedio	0,0012	Río Verde y Santiago
San Cristóbal II y La Boquilla	0,0005	Río Santiago

Al utilizar los resultados obtenidos con los criterios antes expuestos, se deduce el coeficiente medio de azolve de 0,0012 y el cual origina en Arcediano, un volumen anual de 0,726 Mm³ con los 617,668 Mm³ de escurrimiento medio anual aportado por los ríos Verde y Santiago en la cuenca propia hasta el sitio de San Nicolás. Con esta proporción anual de azolves y con una vida útil de 50 años para el proyecto, se tiene un total de azolves de 36,300 Mm³; volumen obtenido mediante la expresión siguiente:

$V_{\text{azolve}} = 0,0012 * 617,668 \text{ Mm}^3 * 50 \text{ Años} = 36,300 \text{ Mm}^3$ y que para almacenarlo en el vaso de la presa se requiere la cota 1023,40 msnm.

En cambio al aplicar esta misma expresión, particularmente con el coeficiente 0,0017 de la e.h. La Cuña a los 440,741 Mm³ aportados por el río Verde y con el 0,0005 del río Santiago, obtenido con las estaciones San Cristobal II y La Boquilla, a los 176,927 Mm³ escurridos por esta corriente, resulta:

$$V_{\text{azolve de río Verde}} = 0,0017 * 440,741 \text{ Mm}^3 * 50 \text{ Años} = 37,463 \text{ Mm}^3$$

$$V_{\text{azolve de río Santiago}} = 0,0005 * 176,927 \text{ Mm}^3 * 50 \text{ Años} = 4,423 \text{ Mm}^3$$

Esto significa un valor medio anual de azolve en el sitio del proyecto Arcediano de 0,838 Mm³ y total de 41,886 M; Para alojar este volumen en el vaso de la presa se requiere la cota 1 026,10 msnm.

Debido a que el 71% del volumen total drenado hasta Arcediano proviene del río Verde y que además, son éstas las únicas aguas por aprovechar para uso urbano de la ZMG, se recomienda dejar en el vaso una capacidad igual a este último volumen total de azolves y fijar el umbral de la obra de toma a la cota 1 026,10 msnm. Esto implica también recomendar un NAMínO con elevación 1 030,00 msnm, para dejar la estructura de rejillas de la misma toma por debajo de éste nivel y consecuentemente tener carga hidráulica suficiente para garantizar un buen funcionamiento del equipo de bombeo con el gasto de diseño de 9,60 m³/s.

8 FUNCIONAMIENTO ANALÍTICO DE VASOS

Con el propósito de determinar la capacidad útil de las presas de almacenamiento San Nicolás y Arcediano y en consecuencia la cota de sus principales niveles de operación (NAMO y NAMínO), se simularon los volúmenes de agua que entran y salen de sus vasos en un intervalo de tiempo dado y bajo una política de extracción constante fijada de acuerdo a la distribución del volumen máximo reservado en el río Verde para los estados de Guanajuato y Jalisco, ver el cuadro 1.2 del capítulo respectivo.

Para lograr tal objetivo, primero se simularon los vasos del proyecto San Nicolás y de la presa El Salto con sus respectivas demandas de agua y así considerar el efecto de regulación y disminución de los escurrimientos del río Verde en estos dos aprovechamiento hacia el vaso de la presa del proyecto Arcediano; esto es, simular los tres aprovechamientos en cascada y como un solo sistema integral del río Verde.

Una vez conocidos y seleccionados los resultados del funcionamiento de vaso de la presa Arcediano en cascada con las otras dos presa de aguas arriba y exclusivamente con el escurrimiento disponible en el río Verde, se simularán esas mismas alternativas incluyendo las aportaciones de agua del río Santiago, observando así únicamente el comportamiento del vaso y los beneficios que se tendrían en el proyecto Arcediano al adicionar este otro escurrimiento, ya que personal técnico de la CNA Regional comenta que todas las aportaciones del río Santiago, están consignadas para atender otros usos aguas abajo de Arcediano.

En la figura 5.1 del capítulo respectivo, se muestra un esquema con la ubicación de los aprovechamientos hidráulicos involucrados en la determinación del escurrimiento disponible al sitio del proyecto de la presa Arcediano.

8.1 PROYECTO SAN NICOLÁS

El objetivo de esta presa de almacenamiento, es suministrar 3,8 m³/s de agua potable a la ciudad de León, Gto. y 1,8 m³/s a las poblaciones rurales de los altos de Jalisco, comprometiéndose así a proporcionar un gasto firme de 5,6 m³/s.

En los funcionamientos de vaso de este proyecto de presa, además de la demanda anterior, se utilizaron los siguientes datos de entrada:

- a) Matriz de escurrimientos mensuales drenados por la cuenca del río Verde hasta el sitio de la presa en el período 1952-2001; estos datos con volumen medio anual de 251,134 Mm³ y gasto de 7,96 m³/s se encuentran en el cuadro 3.8.
- b) Evaporaciones netas mensuales representativas del vaso de la presa, véase el cuadro 6.1.
- c) Curva Elevaciones – Áreas – Capacidades del vaso, obtenida de las cartas topográficas del INEGI en escala 1:50 000 y con curvas de nivel a cada 10 m. En el cuadro 8.1 se encuentran los datos de estas relaciones.
- d) NAMínO a la cota 1665 msnm, establecido en el resumen de azolves presentado en el capítulo 7 y además, con elevación suficiente para garantizar la altura de sumergencia del equipo de bombeo. De acuerdo a la curva E-A-C del inciso anterior, este nivel del vaso tiene una capacidad total de 82,714 Mm³.
- e) Almacenamiento inicial en el vaso de 480 Mm³, volumen determinado aproximadamente como la mitad de la capacidad total de los NAMO's analizados. Las aportaciones del río Verde a este sitio son escasas (251,134 Mm³/año o 7,96 m³/s) y muy irregulares para tomarlas como representativas del inicio de operación de este gran vaso de almacenamiento.

Cuadro 8.1 Curva Elevaciones – Áreas – Capacidades del proyecto San Nicolás

Elevación msnm	Área km ²	Capacidad Mm ³
1640	0,1079	0,0000
1650	1,2824	6,9518
1660	4,4369	35,5483
1670	14,4292	129,8787
1680	32,8175	366,1122
1690	57,5427	817,9133
1700	89,1322	1551,2880

Con toda esta información se conformó el archivo de datos del programa de computadora empleado para realizar el funcionamiento analítico del vaso San Nicolás. Además de los datos anteriores, se propusieron varias cotas de NAMO's (NAN) o volúmenes útiles para observar la

capacidad de regularización del mismo a diferentes alturas y su repercusión en la demanda de agua establecida.

En el cuadro 8.2 siguiente se presentan las alternativas de NAMO simuladas y su deficiencia media anual con respecto a los 5,6 m³/s demandados.

Cuadro 8.2 Alturas de NAMO con demanda de 5,6 m³/s y NAMínO 1665 msnm

Demanda	NAMO	Cap. al NAMO	Almac inic	Déficit		Extracción		Evaporación	Derrame
m ³ /s	msnm	Mm ³	Mm ³	%	Mm ³ /año	Mm ³ /año	m ³ /s	Mm ³ /año	Mm ³ /año
5,60	1 687,00	682,373	480,00	5,18	9,1	167,575	5,31	27,565	62,706
5,60	1 688,00	727,553	480,00	4,12	7,3	169,434	5,37	28,881	59,531
5,60	1 690,00	817,913	480,00	2,79	4,9	171,800	5,44	31,744	53,918
5,60	1 693,00	1 037,926	480,00	1,15	2,0	174,684	5,54	37,304	42,897
5,60	1 696,00	1 257,938	480,00	0,00	0,0	176,723	5,60	42,650	32,721

Alternativa de NAMO (msnm)	1 687,0	1 688,0	1 690,0	1 693,0	1 696,0
Total de años con déficit	10	10	7	4	0
Total de meses con déficit	38	32	22	10	0
Meses consecutivos con déficit	10	8	7	4	0
Máximo déficit mensual en (Mm ³) Mayo	15,00	15,00	15,00	15,00	0,00
Máximo déficit mensual (m ³ /s)	5,60	5,60	5,60	5,60	0,00

En este cuadro 8.2 se observa que para satisfacer la demanda de 5,6 m³/s sin déficit, se requiere un NAMO a la elevación de 1696,00 msnm y con éste la presa tendría una altura de 56 m. Sin embargo, con este nivel y el requerido para controlar la avenida de diseño del vertedor (NAME), se afecta una superficie importante de tierras de cultivo, vías de comunicación y algunas viviendas ubicadas en la zona baja de la ciudad de Lagos de Moreno, Jal.

Por lo tanto, para minimizar estas afectaciones, sus altos costos de indemnización o restitución y sobre todo los problemas sociales que ocasionan, se decidió fijar el NAMO máximo permisible para el proyecto San Nicolás a la elevación 1690 msnm. En el cuadro 8.3 se presentan las simulaciones de este NAMO con demandas de agua desde un gasto firme o sin déficit hasta el obtenido con una deficiencia media anual del 6%.

Al observar los resultados del cuadro 8.3, se concluye que con el NAMO 1690 msnm de San Nicolás, se aprovecha el 68,4% de los escurrimientos al ofertar la demanda de 5,6 m³/s con una aceptable deficiencia media anual del 2,79 % o una sin déficit con gasto firme garantizable de 4,7 m³/s, aprovechando así solo el 59,1% de las aportaciones.

El volumen medio anual que derrama el vaso con estas dos demandas y que a su vez constituyen una aportación para el proyecto Arcediano, es de 53,918 Mm³ y 68,688 Mm³, respectivamente; en el cuadro 8.4 y 8.5 se muestran sus matrices de derrames mensuales para el período simulado (1952-2001).

También en el cuadro 8.6 se presenta la matriz de extracciones mensuales resultante para la demanda de 5,6 m³/s con deficiencia del 2,79%.

Cuadro 8.3 Demandas y déficits para el NAMO 1690 msnm y NAMínO 1665 msnm

Demanda	NAMO	Cap.al NAMO	Almac inic	Déficit		Extracción		Evaporación	Derrame
m ³ /s	msnm	Mm ³	Mm ³	%	Mm ³ /año	Mm ³ /año	m ³ /s	Mm ³ /año	Mm ³ /año
4,70	1 690,00	817,913	480,00	0,00	0,0	148,321	4,70	36,489	68,688
5,20	1 690,00	817,913	480,00	1,29	2,1	161,988	5,13	33,727	60,009
5,60	1 690,00	817,913	480,00	2,79	4,9	171,800	5,44	31,744	53,918
5,90	1 690,00	817,913	480,00	4,60	8,6	177,624	5,63	30,111	50,209
6,05	1 690,00	817,913	480,00	5,97	11,4	180,000	5,70	42,650	32,721

Alternativa de extracción o demanda	4,70 m ³ /s	5,20 m ³ /s	5,60 m ³ /s	5,90 m ³ /s	6,05 m ³ /s
Total de años con déficit	0	4	7	10	12
Total de meses con déficit	0	10	22	36	48
Meses consecutivos con déficit	0	6	7	7	8
Máximo déficit mensual en (Mm ³) Mayo	0,00	13,71	15,00	15,80	16,20
Máximo déficit mensual (m ³ /s)	0,00	5,12	5,60	5,90	6,05

Cuadro 8.4 Derrames del proyecto San Nicolás para la demanda de 5,6 m³/s

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
1952	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1953	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1954	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1955	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1956	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1957	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1958	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18,857	0,000	18,857
1959	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1960	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1961	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1962	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1963	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1964	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1965	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1966	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1967	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	351,057	58,796	0,000	0,000	409,853
1968	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1969	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1971	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	176,754	258,219	62,083	0,000	0,000	497,056
1972	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1973	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	517,308	52,245	15,812	0,000	0,000	585,364
1974	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1975	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1976	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	396,549	46,261	53,034	165,844	12,587	0,000	674,274
1977	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,773	0,000	0,000	0,000	6,773
1978	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1979	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1980	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1981	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1982	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1984	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1985	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1986	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1987	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1988	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1989	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1990	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1991	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	91,350	175,667	42,918	0,000	0,000	309,935
1992	45,242	8,764	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	48,479	51,825	39,460	0,000	0,000	193,770
1993	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1994	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1995	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1996	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1997	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1999	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Promedio	0,905	0,175	0,000	0,000	0,000	0,000	7,931	17,603	18,976	7,698	0,629	0,000	53,918
Q medio (m³/s)	0,338	0,072	0,000	0,000	0,000	0,000	2,961	6,572	7,321	2,874	0,243	0,000	1,709
%	1,678	0,325	0,000	0,000	0,000	0,000	14,709	32,648	35,195	14,278	1,166	0,000	100,000

Cuadro 8.5 Derrames del proyecto San Nicolás para la demanda de 4,7 m³/s

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
1952	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1953	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1954	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1955	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1956	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1957	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1958	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	48,494	131,489	0,554	180,537
1959	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1960	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1961	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1962	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1963	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1964	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1965	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1966	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1967	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,106	473,858	61,206	0,000	0,000	606,170
1968	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1969	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1971	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	275,324	260,552	64,494	0,000	0,000	600,370
1972	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1973	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	567,358	54,578	18,223	0,000	0,000	640,159
1974	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1975	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	13,392	23,522	0,000	0,000	0,000	36,914
1976	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	433,907	48,671	55,366	168,255	14,919	0,000	721,118
1977	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	30,122	0,000	0,000	0,000	30,122
1978	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1979	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1980	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1981	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1982	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1984	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1985	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1986	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1987	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1988	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1989	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1990	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1991	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	173,651	178,000	45,329	0,000	0,000	396,979
1992	52,379	10,961	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	62,686	54,158	41,870	0,000	0,000	222,054
1993	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1994	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1995	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1996	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1997	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1999	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Promedio	1,048	0,219	0,000	0,000	0,000	0,000	8,678	24,244	22,603	8,957	2,928	0,011	68,688
Q medio (m³/s)	0,391	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000	3,240	9,052	8,720	3,344	1,130	0,004	2,177
%	1,525	0,319	0,000	0,000	0,000	0,000	12,634	35,295	32,907	13,041	4,263	0,016	100,000

Cuadro 8.6 Extracciones del proyecto San Nicolás con demanda de 5,6 m³/s y deficiencia del 2,79%

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Annual
1952	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1953	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1954	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1955	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1956	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1957	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1958	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1959	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1960	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1961	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1962	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1963	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1964	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1965	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1966	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1967	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1968	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1969	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1970	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1971	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1972	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1973	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1974	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1975	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1976	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1977	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1978	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1979	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1980	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1981	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1982	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1983	14,999	13,668	14,999	7,021	0,000	1,459	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	141,173
1984	14,999	13,668	14,999	4,186	0,000	2,701	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	139,580
1985	14,999	13,668	14,999	8,990	0,000	2,402	14,999	14,999	14,515	14,999	10,814	0,505	125,890
1986	1,697	1,173	0,833	0,000	0,216	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	107,461
1987	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	13,648	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	175,855
1988	14,999	13,668	14,999	14,515	9,408	0,000	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	156,616
1989	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1990	14,999	13,668	14,999	7,435	0,000	4,228	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	144,356
1991	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1992	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1993	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1994	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1995	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1996	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1997	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1998	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
1999	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
2000	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
2001	14,999	13,668	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	14,999	14,515	14,999	14,515	14,999	176,723
Promedio	14,733	13,419	14,716	13,616	13,392	13,262	14,999	14,999	14,515	14,999	14,441	14,709	171,800
Q medio (m³/s)	5,501	5,498	5,494	5,253	5,000	5,117	5,600	5,600	5,600	5,600	5,571	5,492	5,444
%	8,576	7,811	8,566	7,926	7,795	7,720	8,731	8,731	8,449	8,731	8,406	8,562	100,000

8.2 PRESA EL SALTO

Esta presa se localiza sobre el río Valle de Guadalupe o El Salto, afluente del río Verde por la margen izquierda, a 112 km al noroeste de la ciudad de Guadalajara; fue construida de enero de 1992 a febrero de 1993 con la finalidad de regular los escurrimientos del río Valle de Guadalupe y suministrar agua a la ZMG; inició su llenado en junio de 1993 y no ha tenido extracciones.

La presa está constituida de una cortina de materiales graduados de 2 100 m de longitud de corona y 40 m de altura, formando un embalse de 112 Mm³ de capacidad; un vertedor de cresta libre con canal lateral ubicado en la margen derecha diseñado para un gasto máximo de 576 m³/s y una obra de toma alojada en la misma ladera con capacidad para descargar un gasto de 3,0 m³/s. Los niveles característicos de la presa son los siguientes:

Nivel en la presa	Elevación (msnm)	Capacidad (Mm ³)
Umbral de la toma	1790,10	5,0
NAMínO	1795,30	12,5
NAMO	1810,16	85,0
NAME	1812,50	112,0
Corona	1814,50	–

A esta presa se le asignó el compromiso de suministrar 0,4 m³/s de agua a las poblaciones de Valle de Guadalupe y Tepatitlán, en el Estado de Jalisco.

El resto de la información utilizada en el funcionamiento de vaso de la presa El Salto es la siguiente:

- Matriz de aportaciones mensuales de la cuenca del río Valle de Guadalupe hasta el sitio de la presa durante el período 1952-2001; estos datos con volumen medio anual de 101,483 Mm³ y gasto de 3,22 m³/s se encuentran en el cuadro 5.3.
- Evaporaciones netas mensuales representativas del vaso de la presa; véase el cuadro 6.2.
- Curva Elevaciones – Áreas – Capacidades del vaso, determinada en forma tabular de la respectiva gráfica existente en los planos proporcionados por la CNA Regional; en el cuadro 8.7 se encuentran los datos. Debido a la forma como se obtuvieron estas relaciones de la curva, existirán diferencias mínimas con respecto a los valores de las capacidades de operación ya descritos.
- Los niveles característicos de la presa son; NAMO = 1810,16 msnm, NAMínO = 1795,30 msnm y como el vaso se encuentra totalmente lleno, el nivel inicial de operación considerado para las simulaciones es el mismo NAMO. Según los datos de la curva E-A-C del inciso anterior, este último nivel del vaso tiene una capacidad total de 85,022 Mm³ y el NAMínO una de 13,490 Mm³, originando así una capacidad útil de 71,532 Mm³.

Cuadro 8.7 Curva Elevaciones – Áreas – Capacidades de la presa El Salto

Elevación msnm	Área km ²	Capacidad Mm ³
1775	0,0000	0,000
1780	0,0471	0,000
1785	0,4167	1,070
1790	1,1421	4,810
1795	2,0164	12,700
1800	3,2962	25,860
1805	5,1053	46,390
1810	10,0349	82,730
1815	18,6465	154,340

Esta información conformó el archivo de datos del programa de computadora empleado para realizar su respectivo funcionamiento analítico del vaso. En el cuadro 8.8 se presentan los resultados de las simulaciones de esta presa, iniciando con la demanda de de 0,4 m³/s ya comprometida, hasta la que origina una deficiencia media anual del 6%.

Cuadro 8.8 Demandas y déficit resultantes para la presa El Salto, Jal.

Demanda m ³ /s	NAMO msnm	Cap.al NAMO Mm ³	Almac inic Mm ³	Déficit		Extracción		Evaporación	Derrame
				%	Mm ³ /año	Mm ³ /año	m ³ /s	Mm ³ /año	Mm ³ /año
0,40	1 810,16	85,022	85,02	0,00	0,0	12,623	0,40	4,365	84,543
1,20	1 810,16	85,022	85,02	0,00	0,0	37,869	1,20	3,561	60,184
1,65	1 810,16	85,022	85,02	2,77	1,4	50,628	1,60	3,070	47,963
1,80	1 810,16	85,022	85,02	4,00	2,3	54,534	1,73	2,916	44,227
1,90	1 810,16	85,022	85,02	4,77	2,9	57,099	1,81	2,816	41,772
2,00	1 810,16	85,022	85,02	6,07	3,8	59,281	1,88	2,710	39,743

Alternativa de extracción o demanda	0,40 m ³ /s	1,20 m ³ /s	1,65 m ³ /s	1,80 m ³ /s	1,90 m ³ /s	2,00 m ³ /s
Total de años con déficit	0	0	4	7	10	13
Total de meses con déficit	0	0	19	27	34	46
Meses consecutivos con déficit	0,00	0,00	6,00	8,00	10,00	11,00
Máximo déficit mensual en (Mm ³) marzo y	0,00	0,00	4,42	4,82	5,09	5,36
Máximo déficit mensual (m ³ /s)	0,00	0,00	1,65	1,80	1,90	2,00

Con los resultados de las simulaciones realizadas y mostrados en el cuadro 8.8, se concluye que para el gasto demandado de 0,4 m³/s no se tiene déficit, inclusive la presa cuenta con capacidad suficiente para demandar un gasto firme de hasta 1,2 m³/s, aprovechando así un 37% de las aportaciones. En cambio, si en esta presa de El Salto se acepta una deficiencia media anual similar a la del proyecto San Nicolás, entonces ofertaría un gasto de 1,65 m³/s con déficit de 2,77% aprovechando aproximadamente el 50% de los escurrimientos.

Por lo tanto, es conveniente aprovechar al máximo la regulación de los escurrimientos en este almacenamiento, de tal forma que los volúmenes excedentes a los de la demanda de 0,4 m³/s se

transfieran hacia el proyecto Arcediano, es decir los correspondientes a 0,8 y 1,25 m³/s, respectivamente.

Bajo los dos escenarios de demanda con déficit de 0 y 2,77%, el volumen medio anual derramado es de 60,184 y 47,963 Mm³, que también constituyen una aportación al escurrimiento del proyecto Arcediano, véanse los cuadros 8.9 y 8.10.

En el cuadro 8.11 se presenta la matriz de extracciones para la demanda de 1,65 m³/s y que para integrarla también a los derrames y a los escurrimientos drenados en la cuenca propia del proyecto Arcediano, es necesario multiplicarla por 0,7576, coeficiente resultante de dividir los gastos 1,25 y 1,65 m³/s.

Cuadro 8.9 Derrames de la presa El Salto para la demanda de 1,20 m³/s

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
1952	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,310	21,311	4,075	0,000	0,000	33,696
1953	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1954	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1955	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	27,735	7,782	0,000	0,000	35,517
1956	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	24,396	39,384	6,060	0,000	0,000	0,000	69,840
1957	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1958	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,056	66,291	22,489	16,039	0,000	163,875
1959	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	32,384	19,689	1,483	0,000	0,000	53,556
1960	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7,430	0,000	0,000	0,000	7,430
1961	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	44,846	14,116	0,000	0,000	0,000	0,000	58,962
1962	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1963	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,249	69,810	37,911	1,830	0,000	0,000	168,801
1964	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,618	1,478	0,000	0,000	3,096
1965	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	106,183	37,721	19,462	0,000	0,000	163,366
1966	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9,517	7,029	0,000	0,000	16,545
1967	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,923	83,854	12,011	0,000	0,000	151,788
1968	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,014	44,798	45,704	0,000	0,000	0,000	93,515
1969	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11,395	50,356	4,234	0,000	0,000	65,985
1971	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	57,657	36,363	33,894	0,000	0,000	127,914
1972	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1973	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	154,789	30,700	3,781	0,000	0,000	189,269
1974	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1975	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,423	72,965	16,326	0,000	0,000	0,000	104,714
1976	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	119,227	8,071	15,490	24,016	0,000	0,000	166,804
1977	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,787	15,083	58,832	0,000	0,000	0,000	77,703
1978	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,087	50,661	0,000	0,000	108,748
1979	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,807	12,362	0,000	0,000	0,000	13,168
1980	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	32,672	0,000	0,000	0,000	32,672
1981	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	16,124	12,664	5,609	0,000	0,000	0,000	34,397
1982	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	54,632	46,464	0,000	0,000	0,000	101,096
1984	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,350	57,354	38,184	0,000	0,000	0,000	154,888
1985	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,041	23,108	9,617	0,000	0,000	0,000	34,766
1986	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	53,744	15,053	25,196	7,451	0,000	0,000	101,444
1987	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1988	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,090	39,878	30,780	5,386	0,000	0,000	78,135
1989	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9,597	29,720	2,028	0,000	0,000	41,345
1990	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,414	31,546	5,531	0,000	0,000	76,491
1991	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,660	41,329	31,929	5,604	0,000	0,000	94,521
1992	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	24,019	28,567	5,676	0,000	0,000	58,263
1993	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	16,920	20,035	32,695	5,749	0,000	0,000	75,399
1994	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7,668	33,077	0,000	0,000	0,000	40,745
1995	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	13,693	2,924	0,000	0,000	0,000	16,618
1996	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	28,287	33,843	5,966	0,000	0,000	68,096
1997	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,975	0,000	0,000	0,975
1998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,081	6,111	0,000	0,000	9,192
1999	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	33,502	34,992	3,448	0,000	0,000	71,942
2000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,354	25,889	2,697	0,000	0,000	43,940
Promedio	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,717	23,726	22,403	5,017	0,321	0,000	60,184
Q medio (m³/s)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,255	8,858	8,643	1,873	0,124	0,000	1,907
%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	14,485	39,423	37,224	8,336	0,533	0,000	100,000

Cuadro 8.10 Derrames de la presa El Salto para la demanda de 1,65 m³/s

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
1952	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	19,070	2,870	0,000	0,000	21,940
1953	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1954	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1955	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	13,782	6,577	0,000	0,000	20,359
1956	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	14,166	38,179	4,894	0,000	0,000	0,000	57,239
1957	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1958	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	49,183	65,125	21,284	14,873	0,000	150,464
1959	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	21,879	18,522	0,278	0,000	0,000	40,679
1960	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1961	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	28,466	12,911	0,000	0,000	0,000	0,000	41,377
1962	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1963	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	33,754	68,604	36,745	0,625	0,000	0,000	139,728
1964	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1965	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	84,461	36,555	18,257	0,000	0,000	139,273
1966	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,252	0,000	0,000	2,252
1967	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	44,186	82,688	10,806	0,000	0,000	137,680
1968	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	36,138	44,537	0,000	0,000	0,000	80,675
1969	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	44,275	3,029	0,000	0,000	47,304
1971	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	46,148	35,196	32,689	0,000	0,000	114,033
1972	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1973	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	129,521	29,533	2,576	0,000	0,000	161,630
1974	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1975	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	63,115	15,159	0,000	0,000	0,000	78,274
1976	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	107,701	6,866	14,324	22,811	0,000	0,000	151,702
1977	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7,210	57,666	0,000	0,000	0,000	64,876
1978	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	44,129	49,456	0,000	0,000	93,585
1979	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,742	0,000	0,000	0,000	0,742
1980	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	19,234	0,000	0,000	0,000	19,234
1981	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,912	11,459	4,443	0,000	0,000	0,000	20,814
1982	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	50,395	45,297	0,000	0,000	0,000	95,692
1984	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	47,863	56,149	37,017	0,000	0,000	0,000	141,029
1985	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12,475	8,451	0,000	0,000	0,000	20,926
1986	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,209	13,847	24,030	6,246	0,000	0,000	86,331
1987	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1988	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	17,566	29,614	4,181	0,000	0,000	51,361
1989	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	26,538	0,823	0,000	0,000	27,361
1990	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	27,826	30,380	4,326	0,000	0,000	62,531
1991	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,429	40,124	30,763	4,398	0,000	0,000	80,714
1992	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12,429	27,401	4,471	0,000	0,000	44,300
1993	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,690	18,830	31,528	4,543	0,000	0,000	61,592
1994	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	27,949	0,000	0,000	0,000	27,949
1995	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,989	1,758	0,000	0,000	0,000	2,747
1996	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,580	32,677	4,761	0,000	0,000	53,017
1997	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1999	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,007	33,825	2,243	0,000	0,000	42,075
2000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,175	1,492	0,000	0,000	16,667
Promedio	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,824	17,842	19,780	4,220	0,297	0,000	47,963
Q medio (m³/s)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,174	6,661	7,631	1,576	0,115	0,000	1,520
%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12,142	37,198	41,241	8,798	0,620	0,000	100,000

Cuadro 8.11 Extracciones de la presa El Salto con demanda de 1,65 m³/s y deficiencia del 2,77%

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	diciembre	Annual
1952	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1953	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1954	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1955	0,729	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	26,961
1956	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1957	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1958	4,419	1,649	0,000	0,000	0,000	3,486	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	35,785
1959	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1960	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1961	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1962	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1963	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1964	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1965	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1966	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1967	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1968	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1969	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1970	4,419	4,027	3,709	0,000	0,000	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	42,664
1971	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1972	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1973	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1974	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1975	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1976	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1977	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1978	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1979	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1980	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1981	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1982	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1983	4,419	0,136	0,000	0,000	0,000	0,000	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	30,786
1984	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1985	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1986	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1987	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1988	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1989	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1990	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1991	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1992	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1993	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1994	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1995	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1996	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1997	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1998	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
1999	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
2000	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
2001	4,419	4,027	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	52,070
Promedio	4,346	3,821	4,140	3,935	4,066	4,090	4,419	4,419	4,277	4,419	4,277	4,419	50,628
Q medio (m ³ /s)	1,622	1,566	1,546	1,518	1,518	1,578	1,650	1,650	1,650	1,650	1,650	1,650	1,604
%	8,583	7,548	8,177	7,772	8,031	8,078	8,729	8,729	8,447	8,729	8,447	8,729	100,000

8.3 INTEGRACIÓN DE LOS ESCURRIMIENTOS REGULADOS POR SAN NICOLÁS Y EL SALTO HASTA ARCEDIANO

Una vez definidas las salidas del proyecto San Nicolás (cuadros 8.4, 8.5 y 8.6) y de la presa El Salto (cuadros 8.9, 8.10 y 8.11), tanto en forma de derrames como de extracciones, se integraron a la matriz de escurrimientos con 10,41 m³/s drenados anualmente en la porción de cuenca del río Verde comprendida entre estos dos aprovechamientos y el de Arcediano (cuadro 5.4), matriz ya afectada por el suministro de la demanda de 0,40 m³/s de agua en actividades pecuarias (cuadro 5.1).

De esta forma y de acuerdo a la deficiencia que se seleccione para el suministro de agua en los dos aprovechamientos de aguas arriba, se podrían generar un sin número de escenarios de aportaciones para el proyecto Arcediano, sin embargo aquí se presentan únicamente los dos más viables, el de demanda con gasto firme y el de demanda con déficit del 2,8%.

En el cuadro 8.12, se presenta la matriz del primer escenario de aportaciones para Arcediano con un escurrimiento medio anual de 15,30 m³/s, obtenido al sumar los cuadro 8.5, 8.9 y 5.4; así mismo, el cuadro 8.13, integrado con la suma de los cuadro 8.4, 8.10, 8.11 y 5.4, muestra la segunda matriz de aportaciones para Arcediano, es decir la que contempla las demandas con déficit del 2,8% y con un escurrimiento medio anual del río Verde de 14,86 m³/s.

Por último, aunque el escurrimiento del río Santiago (cuadro 4.7), con gasto medio anual de 5,61 m³/s, está comprometido para otros usos aguas abajo del proyecto Arcediano y no debe ser un volumen potencialmente aprovechado para cumplir con el gasto firme demandado en Arcediano, se integra al escurrimiento del río Verde representado por los cuadros 8.12 y 8.13. En los cuadros 8.14 y 8.15 se muestran las matrices de aportaciones totales al sitio del proyecto Arcediano con esta integración del río Santiago y para los dos escenarios de demanda. El escurrimiento medio anual resultante es de 659,621 y 645,738 Mm³, es decir un gasto de 20,90 y 20,46 m³/s, respectivamente.

Cuadro 8.12 Aportaciones del río Verde al sitio de Arcediano con gasto firme de 4,70 m³/s en el proyecto San Nicolás y de 1,20 m³/s en la presa El Salto.

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Annual
1952	4,185	4,444	3,618	9,774	2,368	43,895	94,243	108,318	70,300	38,143	5,394	5,264	389,95
1953	3,744	3,342	3,684	4,561	2,294	22,566	43,352	104,367	94,726	10,587	9,455	7,701	310,38
1954	2,856	3,022	2,984	2,778	2,634	11,886	24,262	22,574	8,651	11,823	3,471	2,785	99,73
1955	5,503	3,120	2,563	2,962	3,543	8,805	91,961	314,682	184,746	116,419	14,994	7,017	756,32
1956	4,569	3,300	4,156	4,165	14,207	31,756	149,602	133,572	38,428	5,212	4,244	4,326	397,54
1957	2,143	1,976	2,143	2,074	2,143	2,074	2,143	2,143	6,737	3,782	2,716	2,433	32,50
1958	6,838	5,200	3,319	2,964	2,738	40,676	272,219	153,649	301,977	245,608	338,109	20,219	1 393,52
1959	13,837	8,040	6,214	7,989	6,242	24,596	67,327	123,240	38,586	18,082	2,074	6,864	323,09
1960	5,842	5,676	5,171	2,583	3,694	3,530	37,294	107,825	59,091	6,037	3,546	4,548	244,83
1961	5,558	4,227	4,901	5,640	3,435	27,660	220,026	80,039	30,680	8,330	6,239	3,918	400,65
1962	3,469	3,797	3,125	3,636	3,204	30,575	87,396	24,604	79,682	36,545	8,943	8,232	293,21
1963	6,244	4,059	4,631	3,828	4,352	43,141	354,215	292,357	127,963	26,873	5,306	10,812	883,78
1964	6,916	4,802	3,935	3,810	3,628	23,882	42,798	53,151	84,543	34,385	8,148	5,505	275,50
1965	6,277	5,311	2,257	4,566	3,927	12,436	33,344	516,205	259,057	167,523	20,700	9,488	1 041,09
1966	4,892	5,818	3,686	4,228	2,324	24,503	39,070	125,532	109,991	32,896	11,099	8,649	372,69
1967	12,567	5,706	5,353	3,028	5,799	31,464	104,996	378,487	1 084,217	220,532	49,435	11,110	1 912,69
1968	19,509	18,577	9,132	7,725	8,139	6,947	150,825	157,558	204,275	20,822	6,720	5,622	615,85
1969	3,589	2,839	2,454	2,756	3,942	2,074	31,582	12,011	25,533	8,961	4,796	4,383	104,92
1970	8,748	8,279	7,776	5,201	4,859	66,243	101,393	119,165	236,049	83,048	7,459	7,738	655,96
1971	5,023	5,441	5,172	4,952	4,876	52,866	61,171	594,247	493,918	185,023	27,612	13,335	1 453,64
1972	16,040	13,477	10,104	7,747	7,817	27,417	36,500	52,359	48,209	13,853	5,838	4,642	244,00
1973	3,183	6,512	5,131	4,983	4,902	11,647	346,193	1 357,726	1 131,207	240,854	26,320	8,629	3 147,29
1974	9,512	8,199	5,199	5,065	5,667	6,503	60,939	72,095	58,501	3,296	14,818	2,222	252,01
1975	2,972	5,940	4,718	4,584	4,974	15,369	153,632	351,494	113,726	4,076	2,208	3,098	666,79
1976	2,479	3,397	2,986	2,944	2,865	2,074	582,110	58,885	72,930	221,854	21,800	3,455	977,78
1977	8,868	5,237	3,038	5,343	5,621	39,350	57,164	45,061	241,386	15,557	10,592	5,993	443,21
1978	4,650	6,175	5,008	4,214	4,775	10,695	27,863	34,291	106,438	133,172	13,224	8,988	359,49
1979	7,708	7,469	7,035	7,544	6,129	6,119	12,482	37,541	48,807	15,806	13,309	14,500	184,45
1980	14,640	10,580	8,559	7,045	5,701	2,074	13,970	47,398	38,493	7,710	8,464	6,771	171,40
1981	11,736	6,946	3,484	7,801	3,337	37,568	82,340	88,430	67,484	12,169	9,465	5,731	336,49
1982	2,143	3,061	3,010	2,201	2,188	2,074	5,239	2,143	2,373	3,044	2,684	3,447	33,61
1983	6,216	4,457	4,367	3,259	3,656	8,526	116,917	168,058	157,549	18,528	11,632	5,619	508,78
1984	5,603	5,084	4,442	3,557	3,763	35,922	205,703	137,550	71,186	10,807	6,235	5,784	495,64
1985	4,610	4,255	4,095	4,014	3,692	38,221	121,566	132,849	29,785	19,715	8,417	6,268	377,49
1986	5,246	4,069	4,753	3,963	4,810	80,314	216,897	46,322	100,561	72,506	16,570	13,070	569,08
1987	5,961	4,491	4,627	3,940	3,662	2,074	12,467	4,268	3,953	4,735	3,975	4,137	58,29
1988	8,149	3,737	4,156	3,980	3,803	6,704	86,820	256,476	56,259	7,529	5,589	6,420	449,62
1989	4,530	3,461	4,099	3,941	3,705	2,741	2,143	11,740	31,794	4,171	4,458	8,393	85,18
1990	4,284	3,291	3,828	3,703	3,509	6,323	2,143	182,273	73,760	31,039	11,513	4,705	330,37
1991	3,094	2,640	3,006	2,927	2,756	2,074	319,929	220,120	221,453	53,075	4,996	3,913	839,98
1992	62,421	15,885	3,006	2,872	2,757	3,269	2,143	89,133	84,799	81,213	6,685	4,883	359,07
1993	4,692	3,696	4,060	3,946	3,731	8,515	60,528	22,178	44,614	9,311	7,065	3,497	175,83
1994	5,140	3,797	4,332	4,214	4,008	17,509	2,143	9,811	64,390	20,438	7,340	2,958	146,08
1995	5,080	3,819	4,506	4,336	4,120	5,528	2,143	144,594	153,981	19,585	8,043	8,335	364,07
1996	9,847	9,778	9,737	7,769	8,500	16,288	2,143	30,430	82,232	75,197	12,705	10,357	274,98
1997	3,706	3,077	3,442	3,393	3,202	5,975	2,143	2,143	2,074	3,117	4,541	4,545	41,36
1998	2,402	2,245	2,505	2,443	2,286	2,074	2,143	2,143	5,154	11,614	3,554	2,366	40,93
1999	3,482	2,955	3,307	3,193	3,025	3,286	2,143	35,645	42,775	5,591	4,936	4,880	115,22
2000	3,770	3,143	3,492	3,364	3,186	8,957	2,143	2,143	2,074	2,143	3,856	5,119	43,39
2001	3,490	2,810	3,341	3,221	3,036	3,861	2,143	17,496	32,825	4,840	3,579	4,325	84,97
Promedio	7,359	5,413	4,473	4,414	4,271	18,612	91,041	141,730	134,598	48,144	16,097	6,540	482,69
Q medio (m³/s)	2,748	2,218	1,670	1,703	1,594	7,181	33,991	52,916	51,928	17,975	6,210	2,442	15,30
%	1,525	1,121	0,927	0,915	0,885	3,856	18,861	29,362	27,885	9,974	3,335	1,355	100,00

Cuadro 8.13 Aportaciones del río Verde al sitio de Arcediano con demanda de 5,60 m³/s en el proyecto San Nicolás y de 1,65 m³/s en la presa El Salto (déficit del 2,8%).

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Annual
1952	5,390	5,542	4,824	10,941	3,573	45,061	95,449	101,214	69,226	38,143	6,560	6,469	392,39
1953	4,949	4,440	4,890	5,727	3,500	23,732	44,558	105,572	95,892	11,793	10,621	8,907	324,58
1954	4,061	4,120	4,190	3,944	3,839	13,052	25,467	23,779	9,817	13,028	4,637	3,991	113,93
1955	3,913	1,167	0,421	0,888	1,400	6,731	93,167	315,888	171,959	116,419	16,161	8,222	736,34
1956	5,775	4,398	5,362	5,331	15,412	32,922	140,577	133,572	38,428	6,417	5,410	5,531	399,14
1957	3,348	3,074	3,348	3,240	3,348	3,240	3,348	3,348	7,903	4,988	3,882	3,638	46,71
1958	8,043	4,497	1,176	0,891	0,595	41,244	273,424	144,981	301,977	197,114	225,478	20,870	1 220,29
1959	15,042	9,138	7,420	9,156	7,448	25,763	68,532	113,940	38,586	18,082	3,240	8,069	324,42
1960	7,047	6,774	6,376	3,749	4,899	4,696	38,499	109,030	52,827	7,242	4,712	5,754	251,60
1961	6,763	5,325	6,106	6,806	4,640	28,826	204,851	80,039	31,846	9,535	7,405	5,123	397,27
1962	4,675	4,896	4,330	4,803	4,409	31,741	88,601	25,809	80,849	37,751	10,109	9,438	307,41
1963	7,449	5,158	5,836	4,994	5,557	44,308	329,925	292,357	127,963	26,873	6,472	12,017	868,91
1964	8,121	5,900	5,140	4,976	4,834	25,048	44,003	54,356	84,092	34,112	9,314	6,711	286,61
1965	7,482	6,410	3,462	5,732	5,132	13,602	34,550	495,688	259,057	167,523	21,867	10,694	1 031,20
1966	6,097	6,916	4,892	5,395	3,529	25,670	40,275	126,737	101,641	29,324	12,266	9,854	372,60
1967	13,773	6,804	6,558	4,195	7,004	32,630	106,201	296,849	961,416	218,121	50,602	12,315	1 716,47
1968	20,714	19,676	10,338	8,892	9,345	8,113	149,017	150,103	204,275	22,027	7,886	6,827	617,21
1969	4,794	3,937	3,659	3,922	5,148	3,240	32,787	13,216	26,699	10,166	5,962	5,588	119,12
1970	9,954	9,377	8,443	3,128	2,716	67,410	102,598	108,975	231,134	83,048	8,625	8,943	644,35
1971	6,229	6,540	6,377	6,119	6,081	54,032	62,376	485,373	491,585	182,613	28,778	14,541	1 350,64
1972	17,246	14,575	11,309	8,913	9,022	28,583	37,706	53,564	49,375	15,058	7,004	5,847	258,20
1973	4,388	7,610	6,336	6,150	6,108	12,813	347,399	1 283,612	1 128,874	238,444	27,486	9,834	3 079,05
1974	10,718	9,297	6,404	6,231	6,872	7,670	62,144	73,300	59,667	4,501	15,985	3,427	266,22
1975	4,177	7,039	5,923	5,750	6,180	16,536	139,415	329,457	90,204	5,281	3,375	4,303	617,64
1976	3,684	4,496	4,191	4,111	4,070	3,240	534,432	56,475	70,597	219,444	20,634	4,660	930,03
1977	10,073	6,335	4,243	6,509	6,826	40,517	54,582	38,393	218,036	16,762	11,758	7,198	421,23
1978	5,855	7,274	6,213	5,380	5,980	11,861	29,069	35,496	93,646	133,172	14,391	10,193	358,53
1979	8,913	8,567	8,240	8,711	7,334	7,286	13,687	37,940	38,354	17,011	14,475	15,706	186,22
1980	15,845	11,679	9,764	8,211	6,906	3,240	15,176	48,603	26,221	8,915	9,631	7,977	172,17
1981	12,941	8,045	4,689	8,967	4,543	38,734	72,334	88,430	67,484	13,374	10,631	6,936	337,11
1982	3,348	4,159	4,215	3,367	3,393	3,240	6,445	3,348	3,539	4,249	3,850	4,653	47,81
1983	7,421	2,608	2,224	1,185	1,513	6,453	118,122	165,026	157,549	19,733	12,798	6,825	501,46
1984	6,808	6,183	5,647	4,723	4,968	37,089	195,421	137,550	71,186	12,012	7,401	6,990	495,98
1985	5,816	5,353	5,300	5,181	4,897	39,388	120,730	123,422	29,785	20,920	9,584	7,473	377,85
1986	6,451	5,167	5,958	5,129	6,015	81,481	206,567	46,322	100,561	72,506	17,736	14,276	568,17
1987	7,166	5,590	5,832	5,106	4,868	3,240	13,673	5,474	5,119	5,940	5,142	5,342	72,49
1988	9,354	4,836	5,362	5,147	5,008	7,870	85,935	235,369	56,259	7,529	6,755	7,625	437,05
1989	5,735	4,559	5,304	5,108	4,910	3,907	3,348	3,348	29,778	4,171	5,625	9,598	85,39
1990	5,490	4,389	5,034	4,869	4,714	7,489	3,348	171,890	73,760	31,039	12,680	5,911	330,61
1991	4,299	3,739	4,212	4,094	3,961	3,240	310,904	137,819	219,121	50,664	6,162	5,119	753,33
1992	56,490	14,787	4,211	4,039	3,962	4,435	3,348	64,541	82,466	78,802	7,852	6,089	331,02
1993	5,897	4,794	5,265	5,112	4,937	9,682	51,503	22,178	44,614	9,311	8,232	4,702	176,23
1994	6,346	4,895	5,538	5,381	5,213	18,675	3,348	3,348	60,428	21,643	8,507	4,163	147,48
1995	6,285	4,917	5,711	5,502	5,325	6,694	3,348	133,095	153,981	20,791	9,209	9,540	364,40
1996	11,052	10,876	10,942	8,936	9,705	17,454	3,348	18,928	82,232	75,197	13,872	11,562	274,10
1997	4,911	4,175	4,647	4,559	4,407	7,142	3,348	3,348	3,240	3,348	5,707	5,750	54,58
1998	3,607	3,344	3,711	3,609	3,491	3,240	3,348	3,348	3,240	6,708	4,720	3,571	45,94
1999	4,687	4,053	4,512	4,359	4,230	4,452	3,348	9,355	42,775	5,591	6,103	6,085	99,55
2000	4,975	4,241	4,697	4,530	4,391	10,124	3,348	3,348	3,240	3,348	5,023	6,325	57,59
2001	4,696	3,909	4,546	4,387	4,241	5,027	3,348	3,348	23,278	4,840	4,746	5,530	71,90
Promedio	8,366	6,312	5,467	5,322	5,208	19,637	88,605	130,410	129,516	47,293	14,941	7,734	468,81
Q medio (m ³ /s)	3,123	2,586	2,041	2,053	1,944	7,576	33,081	48,690	49,967	17,657	5,764	2,888	14,86
%	1,784	1,346	1,166	1,135	1,111	4,189	18,900	27,817	27,626	10,088	3,187	1,650	100,00

Cuadro 8.14 Aportaciones de los ríos Verde y Santiago al sitio de Arcediano con gasto firme de 4,70 m³/s en San Nicolás y de 1,20 m³/s en la presa El Salto.

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Annual
1952	12,592	10,465	8,723	13,730	5,978	51,751	125,306	140,127	97,428	53,020	12,260	11,451	542,83
1953	4,690	4,020	4,259	5,006	2,701	23,450	46,849	107,948	97,780	12,262	10,228	8,398	327,59
1954	6,204	5,420	5,017	4,353	4,071	15,014	36,632	35,241	19,454	17,748	6,205	5,249	160,61
1955	23,132	15,747	13,268	11,256	11,112	25,279	157,098	381,383	241,631	147,616	29,393	19,990	1 076,90
1956	10,988	7,897	8,054	7,184	16,962	37,754	173,316	157,856	59,137	16,570	9,486	9,049	514,25
1957	5,043	4,053	3,904	3,438	3,388	4,784	12,858	13,115	16,095	8,914	5,084	4,567	85,24
1958	30,717	22,304	17,819	14,199	12,991	62,991	360,447	243,997	379,029	287,865	357,613	37,791	1 827,76
1959	23,355	14,857	11,994	12,467	10,329	33,491	102,494	159,251	69,298	34,924	9,847	13,868	496,18
1960	14,158	11,632	10,221	6,495	7,265	11,302	68,021	139,290	85,926	20,753	10,338	10,668	396,07
1961	12,321	9,071	9,008	8,821	6,339	33,980	245,014	105,628	52,503	20,298	11,763	8,895	523,64
1962	3,469	3,797	3,125	3,636	3,204	30,575	87,396	24,604	79,682	36,545	8,943	8,232	293,21
1963	16,322	11,278	10,750	8,569	8,679	52,559	391,451	330,488	160,483	44,706	13,537	18,228	1 067,05
1964	10,209	7,160	5,934	5,359	5,042	26,959	54,963	65,609	95,168	40,212	10,837	7,928	335,38
1965	26,097	19,507	14,292	13,890	12,437	30,957	106,576	591,195	323,012	202,597	36,888	24,074	1 401,52
1966	12,153	11,018	8,095	7,644	5,441	31,288	65,896	153,003	133,420	45,744	17,029	13,992	504,72
1967	37,776	23,762	20,660	14,888	16,622	55,021	198,136	473,865	1 165,559	265,141	70,024	29,661	2 371,11
1968	31,236	26,977	16,253	13,243	13,174	17,906	194,154	201,928	242,116	41,574	16,298	14,252	829,11
1969	3,589	2,839	2,454	2,756	3,942	2,074	31,582	12,011	25,533	8,961	4,796	4,383	104,92
1970	15,054	12,795	11,605	8,168	7,566	72,136	124,691	143,023	256,396	94,207	12,609	12,378	770,63
1971	17,056	14,059	12,478	10,613	10,042	64,110	105,628	639,772	532,744	206,315	37,439	22,190	1 672,45
1972	16,040	13,477	10,104	7,747	7,817	27,417	36,500	52,359	48,209	13,853	5,838	4,642	244,00
1973	31,618	26,878	22,397	18,361	17,111	38,219	451,253	1 465,309	1 222,958	291,172	49,544	29,554	3 664,37
1974	10,394	8,830	5,734	5,480	6,046	7,327	64,198	75,431	61,346	4,856	15,539	2,871	268,05
1975	16,943	15,947	13,201	11,157	10,973	28,425	205,252	404,354	158,807	28,799	13,619	13,379	920,86
1976	22,426	17,685	15,099	12,329	11,429	20,715	655,812	134,358	137,296	257,153	38,093	18,134	1 340,53
1977	21,326	14,159	10,602	11,204	10,969	50,992	103,192	92,195	281,584	37,602	20,766	15,161	669,75
1978	14,410	13,166	10,934	8,806	8,965	19,816	63,925	71,218	137,931	150,443	21,196	16,170	536,98
1979	7,708	7,469	7,035	7,544	6,129	6,119	12,482	37,541	48,807	15,806	13,309	14,500	184,45
1980	14,640	10,580	8,559	7,045	5,701	2,074	13,970	47,398	38,493	7,710	8,464	6,771	171,40
1981	13,120	7,938	4,324	8,452	3,932	38,862	87,456	93,669	71,952	14,619	10,596	6,750	361,67
1982	2,143	3,061	3,010	2,201	2,188	2,074	5,239	2,143	2,373	3,044	2,684	3,447	33,61
1983	9,505	6,813	6,364	4,806	5,068	11,600	129,069	180,502	168,162	24,348	14,318	8,040	568,59
1984	12,092	9,732	8,382	6,610	6,549	41,987	229,679	162,103	92,126	22,291	11,535	10,560	613,65
1985	7,461	6,296	5,825	5,355	4,916	40,885	132,096	143,633	38,982	24,759	10,745	8,365	429,32
1986	10,530	7,853	7,962	6,449	7,078	85,252	236,422	66,316	117,612	81,858	20,886	16,959	665,18
1987	10,493	7,737	7,379	6,072	5,608	6,309	29,211	21,415	18,576	12,755	7,677	7,472	140,70
1988	25,512	16,173	14,700	12,149	11,258	22,929	150,972	322,170	112,285	38,254	19,770	19,197	765,37
1989	4,530	3,461	4,099	3,941	3,705	2,741	2,143	11,740	31,794	4,171	4,458	8,393	85,18
1990	21,552	15,659	14,314	11,827	10,923	22,460	65,945	247,608	129,480	61,596	25,617	17,413	644,39
1991	43,804	31,799	27,726	22,080	20,235	40,117	470,344	374,149	352,815	125,115	38,246	33,871	1 580,30
1992	109,584	49,666	31,644	25,061	23,007	47,342	176,399	267,576	236,982	164,672	45,205	39,590	1 216,73
1993	11,435	8,526	8,155	7,118	6,627	14,817	85,443	47,691	66,373	21,244	12,573	8,459	298,46
1994	12,377	8,980	8,727	7,619	7,115	24,272	28,881	37,191	87,741	33,244	13,251	8,283	277,68
1995	12,876	9,402	9,239	8,004	7,467	12,813	30,945	174,088	179,136	33,380	14,410	14,072	505,83
1996	15,328	13,704	13,065	10,348	10,854	21,410	22,395	51,169	99,919	84,896	17,182	14,390	374,66
1997	7,022	5,452	5,455	4,953	4,626	9,074	14,395	14,690	12,774	8,986	7,249	6,985	101,66
1998	19,122	14,221	12,658	10,309	9,465	17,699	63,921	65,405	59,107	41,202	17,210	14,670	344,99
1999	14,351	10,740	9,907	8,306	7,692	13,443	42,301	76,768	77,846	24,825	13,813	12,879	312,87
2000	8,180	6,302	6,170	5,439	5,080	13,079	18,439	18,831	16,306	9,948	7,459	8,365	123,60
2001	11,743	8,721	8,352	7,103	6,579	11,572	32,632	48,718	59,452	19,443	10,319	10,397	235,03
Promedio	17,089	12,382	10,381	8,992	8,448	27,704	126,988	178,541	165,992	65,360	24,044	13,700	659,62
Q medio (m ³ /s)	6,380	5,073	3,876	3,469	3,154	10,688	47,412	66,660	64,040	24,403	9,276	5,115	20,90
%	2,591	1,577	1,574	1,363	1,281	4,200	19,252	27,067	25,165	9,909	3,645	2,077	100,00

Cuadro 8.15 Aportaciones de los ríos Verde y Santiago al sitio de Arcediano con demanda de 5,60 m³/s en San Nicolás y de 1,65 m³/s en El Salto (déficit del 2,8%).

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Annual
1952	13,797	11,564	9,929	14,896	7,183	52,918	126,511	133,022	96,353	53,020	13,426	12,656	545,27
1953	5,896	5,118	5,464	6,172	3,906	24,617	48,054	109,153	98,946	13,467	11,394	9,603	341,79
1954	7,409	6,518	6,223	5,519	5,277	16,181	37,838	36,446	20,621	18,953	7,372	6,454	174,81
1955	21,542	13,794	11,126	9,182	8,970	23,206	158,303	382,589	228,844	147,616	30,559	21,195	1 056,92
1956	12,193	8,995	9,259	8,351	18,168	38,920	164,291	157,856	59,137	17,775	10,652	10,254	515,85
1957	6,248	5,152	5,109	4,604	4,593	5,950	14,063	14,321	17,261	10,120	6,251	5,772	99,44
1958	31,922	21,600	15,676	12,125	10,848	63,559	361,653	235,330	379,029	239,371	244,981	38,442	1 654,54
1959	24,560	15,955	13,199	13,634	11,534	34,657	103,699	149,952	69,298	34,924	11,014	15,073	497,50
1960	15,363	12,730	11,426	7,662	8,470	12,468	69,226	140,496	79,662	21,959	11,505	11,874	402,84
1961	13,527	10,169	10,213	9,988	7,544	35,146	229,840	105,628	53,669	21,504	12,929	10,100	520,26
1962	4,675	4,896	4,330	4,803	4,409	31,741	88,601	25,809	80,849	37,751	10,109	9,438	307,41
1963	17,527	12,376	11,956	9,736	9,884	53,725	367,160	330,488	160,483	44,706	14,703	19,434	1 052,18
1964	11,414	8,258	7,139	6,525	6,247	28,125	56,168	66,814	94,717	39,939	12,003	9,134	346,48
1965	27,303	20,606	15,498	15,057	13,642	32,124	107,781	570,679	323,012	202,597	38,055	25,279	1 391,63
1966	13,358	12,116	9,300	8,811	6,647	32,455	67,101	154,208	125,069	42,173	18,196	15,197	504,63
1967	38,981	24,860	21,865	16,054	17,828	56,187	199,341	392,227	1 042,758	262,730	71,191	30,866	2 174,89
1968	32,441	28,075	17,459	14,409	14,380	19,072	192,346	194,474	242,116	42,780	17,464	15,457	830,47
1969	4,794	3,937	3,659	3,922	5,148	3,240	32,787	13,216	26,699	10,166	5,962	5,588	119,12
1970	16,259	13,893	12,272	6,094	5,423	73,302	125,896	132,833	251,481	94,207	13,775	13,584	759,02
1971	18,261	15,158	13,683	11,779	11,248	65,276	106,833	530,898	530,411	203,905	38,605	23,395	1 569,45
1972	17,246	14,575	11,309	8,913	9,022	28,583	37,706	53,564	49,375	15,058	7,004	5,847	258,20
1973	32,823	27,977	23,602	19,527	18,316	39,385	452,458	1 391,196	1 220,625	288,761	50,710	30,759	3 596,14
1974	11,600	9,929	6,940	6,646	7,251	8,494	65,403	76,637	62,513	6,062	16,705	4,076	282,25
1975	18,148	17,045	14,406	12,323	12,178	29,592	191,035	382,318	135,285	30,005	14,786	14,585	871,71
1976	23,632	18,783	16,304	13,495	12,635	21,881	608,134	131,947	134,964	254,743	36,926	19,339	1 292,78
1977	22,531	15,258	11,808	12,370	12,175	52,158	100,610	85,527	258,234	38,807	21,933	16,366	647,78
1978	15,615	14,264	12,139	9,972	10,171	20,982	65,130	72,424	125,140	150,443	22,362	17,376	536,02
1979	8,913	8,567	8,240	8,711	7,334	7,286	13,687	37,940	38,354	17,011	14,475	15,706	186,22
1980	15,845	11,679	9,764	8,211	6,906	3,240	15,176	48,603	26,221	8,915	9,631	7,977	172,17
1981	14,326	9,036	5,530	9,619	5,137	40,028	77,450	93,669	71,952	15,824	11,762	7,955	362,29
1982	3,348	4,159	4,215	3,367	3,393	3,240	6,445	3,348	3,539	4,249	3,850	4,653	47,81
1983	10,710	4,963	4,222	2,733	2,925	9,526	130,274	177,470	168,162	25,553	15,484	9,245	561,27
1984	13,297	10,831	9,587	7,776	7,754	43,153	219,398	162,103	92,126	23,496	12,702	11,765	613,99
1985	8,666	7,395	7,031	6,522	6,121	42,051	131,261	134,206	38,982	25,964	11,912	9,570	429,68
1986	11,735	8,952	9,167	7,615	8,284	86,419	226,092	66,316	117,612	81,858	22,052	18,164	664,27
1987	11,698	8,836	8,584	7,238	6,813	7,475	30,417	22,620	19,742	13,960	8,843	8,677	154,90
1988	26,717	17,272	15,905	13,315	12,463	24,096	150,087	301,063	112,285	38,254	20,936	20,402	752,80
1989	5,735	4,559	5,304	5,108	4,910	3,907	3,348	3,348	29,778	4,171	5,625	9,598	85,39
1990	22,758	16,757	15,519	12,993	12,128	23,626	67,150	237,225	129,480	61,596	26,783	18,618	644,63
1991	45,010	32,897	28,932	23,247	21,440	41,283	461,319	291,847	350,482	122,705	39,412	35,077	1 493,65
1992	103,653	48,567	32,849	26,227	24,212	48,509	177,604	242,984	234,649	162,261	46,372	40,795	1 188,68
1993	12,641	9,624	9,360	8,284	7,832	15,983	76,418	47,691	66,373	21,244	13,739	9,664	298,85
1994	13,582	10,078	9,932	8,785	8,320	25,438	30,086	30,728	83,779	34,449	14,417	9,489	279,08
1995	14,081	10,500	10,444	9,170	8,672	13,979	32,151	162,589	179,136	34,586	15,576	15,277	506,16
1996	16,534	14,802	14,271	11,515	12,059	22,576	23,601	39,667	99,919	84,896	18,348	15,596	373,78
1997	8,227	6,551	6,661	6,120	5,831	10,241	15,601	15,895	13,941	9,216	8,416	8,190	114,89
1998	20,328	15,319	13,864	11,476	10,670	18,865	65,126	66,610	57,192	36,296	18,377	15,875	350,00
1999	15,556	11,838	11,112	9,473	8,897	14,609	43,507	50,478	77,846	24,825	14,980	14,084	297,21
2000	9,386	7,400	7,375	6,605	6,285	14,246	19,645	20,036	17,472	11,153	8,625	9,571	137,80
2001	12,948	9,819	9,557	8,269	7,785	12,738	33,838	34,570	49,905	19,443	11,486	11,602	221,96
Promedio	18,095	13,280	11,374	9,899	9,385	28,729	124,553	167,221	160,910	64,509	22,888	14,894	645,74
Q medio (m ³ /s)	6,756	5,441	4,247	3,819	3,504	11,084	46,503	62,433	62,079	24,085	8,830	5,561	20,46
%	2,802	2,057	1,761	1,533	1,453	4,449	19,288	25,896	24,919	9,990	3,544	2,306	100,00

8.4 PROYECTO ARCEDIANO

El objetivo de esta presa de almacenamiento, es abastecer 9,6 m³/s de agua para el uso público urbano de la zona Metropolitana de Guadalajara, Jal., aprovechando exclusivamente los escurrimientos del río Verde.

Los funcionamientos de vaso de este proyecto de presa se orientaron a determinar la altura y la capacidad total del NAMO que cumpla con la demanda asignada o al menos tratar de suministrarla con la mínima deficiencia, inferior o similar a la de los aprovechamientos aguas arriba de éste, principalmente a la de 2,8 % resultante en San Nicolás.

Para lograr tal objetivo, se utilizaron los siguientes datos de entrada:

- a) Matrices de escurrimientos mensuales drenados por la cuenca del río Verde hasta el sitio de la presa en el período 1952-2001; los datos de estas matrices se presentan en los cuadros 8.12 y 8.13 y consideran las extracciones actuales y futuras en toda la cuenca, así como el efecto de regulación de las presas San Nicolás y El Salto, integrantes del sistema de aprovechamiento de las aguas del río Verde para los estados de Guanajuato y Jalisco. Estas muestras de escurrimientos representan las simulaciones en los aprovechamientos aguas arriba con gasto firme y con déficit medio anual de 2,8%

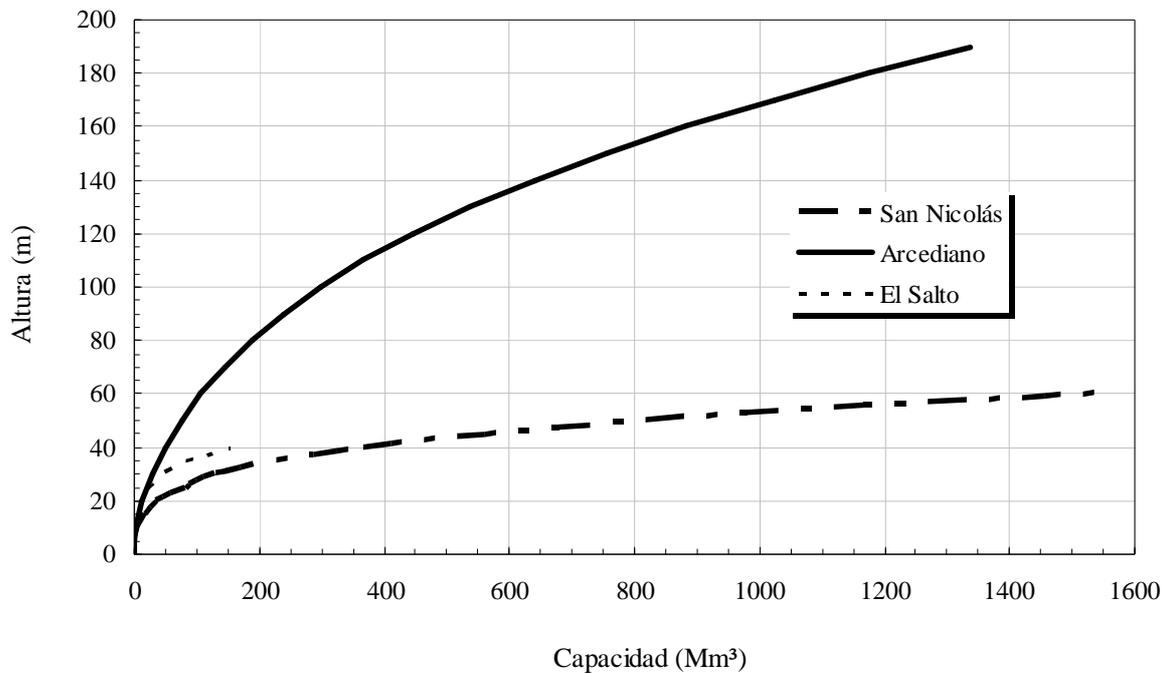
Las matrices de escurrimientos presentadas en los cuadros 8.14 y 8.15 corresponden a las condiciones citadas en el párrafo anterior, la diferencia consiste en la inclusión de las aportaciones del río Santiago hasta el sitio del proyecto Arcediano.

- b) Evaporaciones netas mensuales representativas del vaso de la presa; véase el cuadro 6.5.
- c) Curva E-A-C del vaso, obtenida del último levantamiento topográfico realizado en marzo del 2003 por el grupo SEIMPRO-HIDROCONSULTORES, S.C. para la CEAS de Jal. En el cuadro 8.16 se encuentran los datos de estas relaciones y en la figura 8.1, se muestra una comparación de su capacidad de almacenaje con respecto a los otros dos aprovechamientos de aguas arriba.
- d) NAMÍNO con elevación 1030 msnm, establecido con altura suficiente para almacenar en el vaso 0,838 Mm³ de azolve durante 50 años de vida útil de la presa y además, para proporcionar la altura de sumergencia del equipo de bombeo. De acuerdo a la curva E-A-C del inciso anterior, este nivel define la capacidad muerta de 49,983 Mm³ en el vaso.
- e) La capacidad o nivel inicial de operación considerado para las simulaciones en este vaso, será el mismo del NAMO que se analice, ya que existe alta probabilidad de que su primer llenado se logre aproximadamente en un año y aun más si para este fin se consideran las aportaciones del río Santiago (5,61 m³/s).

Cuadro 8.16 Curva Elevaciones – Áreas – Capacidades del proyecto Arcediano

Elevación	Área	Capacidad
msnm	km ²	Mm ³
990	0,0000	0,000
995	0,0621	0,155
1000	0,8234	2,369
1010	1,3463	13,217
1020	1,8449	29,173
1030	2,3171	49,983
1040	2,8208	75,672
1050	3,5285	107,418
1060	4,0612	145,367
1070	4,5976	188,661
1080	5,3695	238,496
1090	6,2992	296,840
1100	7,5975	366,324
1110	8,5608	447,116
1120	9,6816	538,328
1130	10,8827	641,149
1140	12,0293	755,709
1150	13,6382	884,047
1160	14,4583	1 024,529
1170	15,6558	1 175,099
1180	16,9356	1 338,056

Figura 8.1 Comparación de la capacidad de almacenaje de los vasos San Nicolás, El Salto y Arcediano



Una vez conformados todos los datos de entrada y considerada una política de extracción de agua constante durante los doce meses del año, se realizaron funcionamientos analíticos del vaso proponiendo varias cotas de NAMO (NAN) o volumen útil, para observar la capacidad de regularización del mismo a diferentes alturas y su repercusión en la demanda de agua ya establecida.

En el cuadro 8.17 se presentan las alternativas de NAMO simuladas y su deficiencia media anual con respecto a los 9,60 m³/s demandados. En este cuadro de resultados se observa que para garantizar al 100% la demanda propuesta para el proyecto, considerando aportaciones de los proyectos de aguas arriba tanto con gasto firme como con las de demanda con déficit del 2,8%, se requiere de una presa superior a los 200 m de altura y que para lograr su llenado, exclusivamente con el volumen medio anual aportado por el río Verde, se necesita de un tiempo mayor a los 3 años.

Cuadro 8.17 Alturas de NAMO en Arcediano simuladas en cascada con San Nicolás y El Salto, para gasto firme y demanda con déficit medio anual del 2,8%

NAMO	Capacidad al NAMO	Extracción	Derrames	Déficit promedio	N°. de meses con déficit	
					totales	consecutivos
msnm	Mm ³	m ³ /s	m ³ /s	%		
Resultados para la demanda de 9,6 m ³ /s en Arcediano y aportación total del río Verde de 15,30 m ³ /s (gasto firme de 4,7 m ³ /s en San Nicolás y 1,2 m ³ /s en El Salto).						
1 110	447,116	8,66	6,83	9,8	71	23
1 115	492,722	8,77	6,73	8,6	63	23
1 120*	538,328	8,86	6,67	7,7	57	23
1 150	884,047	9,18	6,53	4,4	32	22
1 180	1 084,757	9,46	6,49	1,45 **	12	9
Gasto firme en Arcediano para el NAMO 1120 msnm = 5,07 m ³ /s						
1 120*	538,328	5,07	10,44	0,00	0	0
Resultados para la demanda de 9,6 m ³ /s en Arcediano y aportación total del río Verde de 14,86 m ³ /s (demanda de 5,6 m ³ /s en San Nicolás y 1,65 m ³ /s en El Salto con déficit del 2,8%).						
1 120*	538,328	8,87	6,21	7,6	57	27
1 166,5	1 122,400	9,33	6,06	2,8	22	22
1 180	1 338,056	9,47	6,05	1,40**	12	12
Demanda en Arcediano con deficit del 2,8% para el NAMO 1120 msnm = 7,00 m ³ /s						
1 120*	538,328	6,81	8,27	2,8	23	20
Gasto firme en Arcediano para estas condiciones = 5,10 m ³ /s						
1 120*	538,328	5,10	9,97	0,0	0	0
Elevación del cauce = 990 msnm						
* Cota máxima permisible técnicamente para el NAMO del vaso de Arcediano						
** Déficit mínimo encontrado para la elevación máxima de la curva E-A-C del vaso.						

En el mismo cuadro 8.17, se observa que al aceptar en Arcediano un déficit de demanda similar al de los proyectos de aguas arriba (2,8%), también se requiere de una presa de 176,50 m de altura hasta el NAMO 1166,50 msnm.

Estas alturas de presa en una boquilla con laderas acantiladas como la del sitio de Arcediano, dificultan el acomodo de obras hidráulicas en las márgenes y obligan a plantear costosas cortinas rígidas en un modelo geológico inaceptable para éstas; por ello, se tomó la decisión de fijar una altura máxima de presa que permita desarrollar arreglos de obras con cortinas de tipo flexible, siendo ésta altura la de 130 m al NAMO con elevación de 1120,00 msnm. Altura que forma un vaso con capacidad total y útil de 538,328 Mm³ y 488,345 Mm³, respectivamente.

Con esta elevación 1120,00 msnm del NAMO y para la misma demanda de 9,6 m³/s, el déficit de agua resultante en ambas alternativas de aportaciones es severo, ya que presentan un medio anual muy similar del 7,7% y 7,6 %, integrados éstos por 57 de los 600 meses simulados y con 23 y 27 de ellos consecutivos. En estas condiciones de déficit se extrae un gasto medio de 8,86 m³/s y 8,87 m³/s, aprovechando así cerca del 60% de los escurrimientos y derramando el otro 40% restante.

También en el cuadro 8.17, se observa que el gasto firme que podría suministrar Arcediano con esta altura de NAMO y para ambos escenarios de aportaciones es de tan solo 5,1 m³/s. Valor inferior al solicitado y que para incrementarlo es conveniente aceptar un déficit de demanda que garantice un suministro de agua con una confiabilidad mayor al 97%. El proponer un déficit máximo del 3% se debe a que después de efectuar un sin número de simulaciones y analizar sus resultados, se observó que para el caso de Arcediano, tomar un límite deficitario menor, implicaba disminuir notablemente la demanda y por otro lado una confiabilidad del 97% o mayor, resulta satisfactoria dados los resultados obtenidos hasta el momento.

La necesidad de contar con esta política deficitaria se debe a la naturaleza de los escurrimientos, ya que en el río Verde se tienen registrados algunos volúmenes mensuales y anuales sumamente bajos, por lo que considerar a estos representativos de la muestra de 50 años y por ende no aceptar déficit alguno, no resulta adecuado, ya que la demanda garantizada sería muy pequeña.

Debido a esa gran variabilidad del régimen de las aportaciones y a la poca capacidad de regulación del vaso de Arcediano, es necesario proponer las siguientes alternativas de solución de demanda y déficit para la máxima altura de NAMO permisible en San Nicolás y Arcediano.

- 1) Esta primera alternativa de solución consiste básicamente en tratar de aprovechar al máximo las aguas del río Verde en cada uno de los proyectos estudiados y suministrar un gasto firme de acuerdo a la capacidad de regulación de cada uno de ellos. De esta forma el sistema integral del río Verde, constituido por los tres aprovechamientos en cascada, podrá abastecer únicamente 10,17 m³/s de los 15,60 m³/s reservados en la cuenca para el uso doméstico y

público urbano de Guanajuato y Jalisco (no se incluyen los 0,40 m³/s de usos pecuarios), es decir, solo el 65,2% del total consignado. Las demandas parciales que integran este total del sistema se muestran en el cuadro 8.18.

Cuadro 8.18 Demanda con gasto firme en los tres proyectos del sistema integral del río Verde

Proyecto	Aportación del río (m ³ /s)	Demanda (m ³ /s)		Extracción (m ³ /s)		Derrames (m ³ /s)	Déficit promedio (%)
		Gto. y Jal.	hacia aguas abajo	Gto. y Jal.	hacia aguas abajo		
San Nicolás	7,96	4,70	0,00	4,70	0,00	2,18	0,0
El Salto	3,22	0,40	0,80	0,40	0,80	1,91	0,0
Arcediano	15,30	5,07	0,00	5,07	0,00	10,44	0,0
Gasto total demandado		10,17	<	15,60	m ³ /s asignados en el sistema		

En este cuadro se observa que el proyecto Arcediano oferta solamente 5,07 m³/s de los 9,60 m³/s, es decir, el 52,8% de su demanda asignada, mientras que San Nicolás suministra el 84% de los 5,60 m³/s consignados. La presa El Salto tiene capacidad de regulación para abastecer el 100% de su demanda de 0,40 m³/s e inclusive comparte con Arcediano un gasto firme de 0,80 m³/s dando un total de 1,2 m³/s.

- 2) Una segunda alternativa de solución sería conservar las demandas consignadas a los tres aprovechamientos (San Nicolás, El Salto y Arcediano), solo que para lograrlo es necesario aceptar en cada uno ellos una dotación con déficit cercano al 6%. De esta forma San Nicolás y El Salto ofertan demandas superiores a las asignadas originalmente, transfiriendo así hacia Arcediano sus excedentes para que éste cumpla su demanda con el déficit planteado y por consiguiente, el sistema integral del río Verde satisfaga los 15,6 m³/s solicitados. En el cuadro 8.19 se encuentran los resultados de la simulación del vaso para esta alternativa.

Cuadro 8.19 Demanda con déficit medio anual del 6% en los tres proyectos del sistema integral del río Verde

Proyecto	Aportación del río (m ³ /s)	Demanda (m ³ /s)		Extracción (m ³ /s)		Derrames (m ³ /s)	Déficit promedio (%)	Años con déficit	Meses con déficit	
		Gto. y Jal.	hacia aguas abajo	Gto. y Jal.	hacia aguas abajo				totales	consecutivos
San Nicolás	7,96	5,60	0,45	5,27	0,42	1,55	6,0	12	46	8
El Salto	3,22	0,40	1,60	0,38	1,50	1,26	6,1	13	46	11
Arcediano	15,15	9,60	0,00	9,00	0,00	6,38	6,3	5	50	27
Gasto total demandado		15,60	=	15,60	m ³ /s asignados en el sistema de presas					

En este cuadro se observa que el proyecto Arcediano oferta sus 9,60 m³/s con un déficit medio anual del 6,3%; en estas condiciones se extrae un gasto medio de 9,0 m³/s aprovechando cerca del 60% de sus aportaciones y derramando el 40% restante; los proyectos de aguas arriba aprovechan más del 60% de sus aportaciones y ofertan demandas superiores a la asignada, pero también con una deficiencia media anual del 6%. Este déficit

en el sistema no deja de ser bastante severo, ya que se presenta en un 8% de los 600 meses simulados y además, en Arcediano más del 50% de esos meses son consecutivos y con déficit máximo en algunos de ellos igual al valor del volumen mensual demandado.

- 3) Una solución más simple para suministrar la demanda de agua con una deficiencia menor a la obtenida anteriormente, sería disminuir el suministro en Arcediano a valores como los mostrados en la parte inferior del cuadro 8.17. Con estos resultados se concluye que para conservar el suministro de agua establecido en los aprovechamientos de aguas arriba con una deficiencia media anual del 2,8%, es necesario demandar en Arcediano un gasto de 7,0 m³/s o definitivamente, reducir aun más este valor hasta el gasto firme de 5,1 m³/s para evitar el déficit.
- 4) Otra alternativa de solución sería satisfacer la demanda de 9,6 m³/s en Arcediano con el déficit medio anual del 2,8%, solo que para lograrlo es necesario que San Nicolás destine hacia aguas abajo las extracciones correspondientes a una demanda de 1,8 m³/s y aprovechar solo las de 3,8 m³/s para la demanda de León y Los Altos de Jalisco, ambas afectadas con el déficit del 2,8%. Esta solución aportaría ventajas importantes para Arcediano y desventajas para San Nicolás, ya que se estaría cumpliendo al 100% la demanda del primer aprovechamiento a cambio de reducir un 32,14% la del segundo. Además, en estas condiciones de simulación, el sistema de presas del río Verde ya abastecería el 88,5% de los 15,6 m³/s demandados por las poblaciones y con un déficit medio anual presentado en un 3 a 5% del total de meses simulados. En el cuadro 8.20 se presentan los resultados de la simulación del vaso para esta alternativa.

Cuadro 8.20 Demanda con déficit medio anual del 2,8% en los tres proyectos del sistema
(San Nicolás transfiere 1,8 m³/s para Arcediano)

Proyecto	Aportación del río (m ³ /s)	Demanda (m ³ /s)		Extracción (m ³ /s)		Derrames (m ³ /s)	Déficit promedio (%)	Años con déficit	Meses con déficit	
		Gto. y Jal.	hacia aguas abajo	Gto. y Jal.	hacia aguas abajo				totales	consecutivos
San Nicolás	7,96	3,80	1,80	3,69	1,75	1,71	2,8	7	22	7
El Salto	3,22	0,40	1,25	0,39	1,22	1,52	2,8	4	19	6
Arcediano	16,61	9,60	0,00	9,30	0,00	7,53	3,2	3	31	22
Gasto total demandado		13,80	<	15,60	m ³ /s asignados en el sistema de presas					

- 5) Una alternativa semejante a la anterior y que podría ser la alternativa de solución más viable y equitativa para el sistema Arcediano y San Nicolás, es distribuir adecuadamente las extracciones de San Nicolás para que la demanda ofertada por cada uno de estos dos aprovechamientos, disminuya en la misma proporción con respecto a su demanda original. Así se llegó a determinar que San Nicolás debe destinar hacia Arcediano las extracciones correspondientes a una demanda de 0,84 m³/s y aprovechar los 4,76 m³/s restantes para la

demanda de León (3,23 m³/s) y Los Altos de Jalisco (1,53 m³/s), ambas afectadas con su respectivo déficit del 2,8%. De esta forma, la demanda original de Arcediano sufriría una disminución del 15% (1,43 m³/s) para quedar en 8,17 m³/s y por lo tanto, ambos proyectos del sistema estarían ofertando el 85% de sus demandas asignadas. En el cuadro 8.21 se encuentran los resultados de la simulación de vasos en cascada para esta alternativa.

Cuadro 8.21 Demanda con déficit medio anual del 2,8% en los tres proyectos del sistema (San Nicolás transfiere 0,84 m³/s para Arcediano)

Proyecto	Aportación del río (m ³ /s)	Demanda (m ³ /s)		Extracción (m ³ /s)		Derrames (m ³ /s)	Déficit promedio (%)	Años con déficit	Meses con déficit	
		Gto. y Jal.	hacia aguas abajo	Gto. y Jal.	hacia aguas abajo				totales	consecutivos
San Nicolás	7,96	4,76	0,84	4,63	0,82	1,71	2,8	7	22	7
El Salto	3,22	0,40	1,25	0,39	1,22	1,52	2,8	4	19	6
Arcediano	15,67	8,17	0,00	7,94	0,00	7,95	2,8	3	26	22
Gasto total demandado		13,33	<	15,60	m ³ /s asignados en el sistema de presas					

Los resultados del cuadro 8.21 concluyen que con esta alternativa de simulación en cascada, el sistema integral del río Verde podrá abastecer 13,33 m³/s de los 15,60 m³/s, es decir, el 85,5% del total reservado. Además, el déficit medio anual del sistema solo se presenta en un 3 a 4% de los meses simulados, pero sin embargo en Arcediano los meses consecutivos con déficit no dejan de ser alarmantes, debido a que la muestra de escurrimientos del sitio presenta algunos años con severa sequía, y que para remediarlos, en caso de presentarse durante la operación real de la presa, se podría recurrir a extracciones de las fuentes actuales de abastecimiento que serían sustituidas parcialmente por este aprovechamiento (2,3 m³/s de pozos profundos y 6,0 m³/s del Lago de Chapala).

La disminución del 15% en las demandas consignada para San Nicolás y Arcediano en esta última alternativa de solución, también obedece a la reducción que presenta el volumen medio anual disponibles en la cuenca del río Verde, ya que el estudio técnico en el cual se apoyó el decreto para declarar la reserva de las aguas superficiales de esta cuenca y por consiguiente los acuerdos de distribución del volumen máximo anual reservado para los estados de Guanajuato y Jalisco (504,576 Mm³), presenta un volumen medio anual disponible en la cuenca de 901,5 Mm³ (28,6 m³/s), sin embargo, el estudio técnico realizado actualmente y con el cual se realizaron la simulaciones de vasos tiene solo 691,9 Mm³/año (21,9 m³/s), es decir 23% menos. Por lo tanto, si a este último volumen disponible se le aplica la misma proporción con la que se decretó la reserva de agua en la cuenca (56%), resultaría actualmente un volumen máximo anual aprovechado de tan solo 387,5 Mm³ (12,3 m³/s) para ambos estados, es decir 2,9 m³/s para Guanajuato y 9,4 m³/s para Jalisco. De esta

forma se justifica que la alternativa de demanda planteada en el cuadro 8.21 para todo el sistema de aprovechamiento del río Verde, satisface este último abastecimiento de 12,3 m³/s.

- 6) Una última alternativa de solución sería investigar la posibilidad de utilizar los escurrimientos del río Santiago para satisfacer al 100% la demanda de Arcediano o simplemente para reducir el déficit en el suministro y así proporcionar un mejor servicio al usuario. Con esta integración de escurrimientos de los ríos Verde y Santiago, se realizaron simulaciones del vaso de Arcediano para determinar primero la demanda máxima que puede ofertar este proyecto con gasto firme en todo el sistema y posteriormente, definir el déficit medio anual requerido por éste mismo sistema para que Arcediano suministre su demanda de 9,6 m³/s.

Con la primera condición de demanda, los tres aprovechamientos podrán abastecer 13,96 m³/s de los 15,60 m³/s reservados en la cuenca del río Verde, es decir, cerca del 90% del total consignado. Las demandas parciales con gasto firme y que integran este total del sistema se muestran en el cuadro 8.22.

Cuadro 8.22 Demanda con gasto firme en los tres proyectos del sistema e incluyendo las aportaciones del río Santiago en Arcediano

Proyecto	Aportación del río (m ³ /s)	Demanda (m ³ /s)		Extracción (m ³ /s)		Derrames (m ³ /s)	Déficit promedio (%)
		Gto. y Jal.	hacia aguas abajo	Gto. y Jal.	hacia aguas abajo		
San Nicolás	7,96	4,70	0,00	4,70	0,00	2,18	0,0
El Salto	3,22	0,40	0,80	0,40	0,80	1,91	0,0
Arcediano	20,90	8,86	0,00	8,86	0,00	12,15	0,0
Gasto total demandado		13,96	<	15,60	m ³ /s asignados en el sistema		

En este cuadro se observa que aún con la integración de los escurrimientos del río Santiago (5,61 m³/s), el proyecto Arcediano no oferta el total de su demanda asignada, solo abastece el 92,3% que representa un gasto firme de 8,86 m³/s; demanda que al adicionarle los 4,7 m³/s suministrados por San Nicolás y los 0,40 m³/s de la presa El Salto, resulta un total de 13,96 m³/s en el sistema. Con estas condiciones de demanda solo para los proyectos de aguas arriba, Arcediano ofertaría sus 9,6 m³/s con un déficit medio anual del 0,7%, insuficiencia que se presenta en seis meses de un solo año, pero todos consecutivos.

Con la otra condición, Arcediano también puede suministrar su demanda aceptando una deficiencia media anual igual o mayor al 1% en todo el sistema. De esta forma, los resultados del cuadro 8.23 muestran que al aceptar una deficiencia media anual del 1% en los tres proyectos, éstos ofertan una demanda total de 15,46 m³/s, muy similar a los 15,60 m³/s consignados para el sistema; particularmente Arcediano proporciona 0,35 m³/s más de los encomendados, sin embargo, San Nicolás abastece solo el 91,25% de su demanda, quedando

así desequilibrado el suministro total de agua en el sistema. Bajo estas condiciones, también Arcediano podría suministrar su demanda de 9,60 m³/s con un déficit medio anual del 0,7%, logrando así la presencia de éste en solo 6 meses de un año.

Cuadro 8.23 Demanda con déficit medio anual del 1% en los tres proyectos e incluyendo las aportaciones del río Santiago en Arcediano

Proyecto	Aportación del río (m ³ /s)	Demanda (m ³ /s)		Extracción (m ³ /s)		Derrames (m ³ /s)	Déficit promedio (%)	Años con déficit	Meses con déficit	
		Gto. y Jal.	hacia aguas abajo	Gto. y Jal.	hacia aguas abajo				totales	consecutivos
San Nicolás	7,96	5,11	0,00	5,06	0,00	1,95	1,0	2	7	6
El Salto	3,22	0,40	1,02	0,40	1,01	1,71	1,0	3	7	4
Arcediano	20,69	9,95	0,00	9,85	0,00	11,05	1,0	3	9	8
Gasto total demandado		15,46	aprox. =	15,60	m ³ /s asignados en el sistema de presas					

Para no alterar la demanda en cada uno de los sitios de presa del sistema, como en la alternativa anterior, es necesario conservar el déficit del 2,8% en los proyectos de aguas arriba y así suministrar en Arcediano sus 9,6 m³/s asignados con un déficit del 0,6% u 11,10 m³/s con el 2,8% ya establecido en esta alternativa que muestra sus resultados en el cuadro 8.24. De esta forma se cumpliría con los 15,60 m³/s solicitados originalmente o hasta se estaría en posibilidad de incrementarlos en un 9,6% para suministrar un total de 17,10 m³/s.

Cuadro 8.24 Demanda con déficit medio anual del 2,8% en los tres proyectos e incluyendo las aportaciones del río Santiago en Arcediano

Proyecto	Aportación del río (m ³ /s)	Demanda (m ³ /s)		Extracción (m ³ /s)		Derrames (m ³ /s)	Déficit promedio (%)	Años con déficit	Meses con déficit	
		Gto. y Jal.	hacia aguas abajo	Gto. y Jal.	hacia aguas abajo				totales	consecutivos
San Nicolás	7,96	5,60	0,00	5,44	0,00	1,71	2,8	7	22	7
El Salto	3,22	0,40	1,25	0,39	1,22	1,52	2,8	4	19	6
Arcediano	20,46	11,10	0,00	10,78	0,00	9,91	2,8	4	23	13
Gasto total demandado		17,10	>	15,60	m ³ /s asignados en el sistema de presas					

De acuerdo al análisis de resultados de los funcionamientos de vaso realizados en ese capítulo, se concluye que para seleccionar la mejor alternativa de solución de demanda del proyecto Arcediano, es necesario fijar una política deficitaria en el suministro de los 9,60 m³/s de agua y que esté en función de la capacidad de respuesta de las actuales fuentes de abastecimiento, o definitivamente, seleccionar una demanda que garantice un gasto firme menor al ya establecido originalmente y que podría ser del orden de los 5,1 m³/s para aportaciones exclusivamente del río Verde, o de 8,9 m³/s si se adicionan las agua del río Santiago para este fin.

Por todo lo anterior, la solución de demanda más recomendable para el proyecto Arcediano y consecuentemente para todo el sistema de aprovechamiento del río Verde, es la descrita en la alternativa del inciso 5, también presentada en el cuadro 8.21; esta solución con NAMO 1120 msnm y NAMínO 1030 msnm, oferta la demanda de 8,17 m³/s con una deficiencia media anual en todo el período analizado, menor al 3%. Recomendación aceptable si los dos aprovechamientos hidráulicos de aguas arriba (San Nicolás y El Salto), no sufren alteraciones en sus principales datos de entrada con que se realizaron los funcionamientos del vaso.

En la figura 8.2 se muestran dibujados, tanto el comportamiento de los volúmenes almacenados en el vaso de Arcediano mes a mes, como el de sus respectivas elevaciones para ésta alternativa de solución. En la figura se observan perfectamente las deficiencias de la demanda mensual solicitada que ocurren precisamente en los tres últimos años de escurrimientos del período 1952 – 2001 simulado y es cuando las ordenadas de los puntos de las gráficas descienden hasta la capacidad y la elevación del NAMínO. También en la gráfica de tiempo vs. elevación de la misma figura, se observa que el nivel más frecuente del vaso (1112,76 msnm), definido estadísticamente con el valor de la mediana, se mantiene a solo 7,24 m por debajo de la cota del NAMO 1120,00 msnm.

De la misma forma, las gráficas de la figura 8.3 muestran el comportamiento del vaso de Arcediano al adicionarle las aportaciones del río Santiago; simulación con demanda de 9,6 m³/s en Arcediano y la ofertada por los proyectos de aguas arriba con un déficit medio anual del 2,8% (cuadro 8.24). En esta figura se observa que el vaso de Arcediano tiende a recuperarse en los últimos tres años de deficiencia ocurrida en la alternativa anterior, sin embargo el nivel más frecuente del vaso sigue siendo prácticamente el mismo (1113,48 msnm) ya que se encuentra a 6,52 m por debajo del NAMO.

En el anexo 1 se presentan los resultados mensuales y anuales del funcionamiento analítico del vaso para estas dos alternativas de demanda; los resultados de algunas otras alternativas analizadas solo se muestran cuadros resumen.

Es conveniente reiterar que todas estas simulaciones se realizaron en cascada con el proyecto San Nicolás y la ya construida presa de almacenamiento El Salto, por lo que cualquier modificación en los datos de entrada y en los niveles de operación considerados principalmente para San Nicolás, repercute sensiblemente en los resultados obtenidos para Arcediano.

Las cotas de los niveles de operación y las capacidades de los vasos simulados, quedaron definidas de acuerdo a los valores que se muestran en el cuadro 8.25.

Cuadro 8.25 Características generales de los vasos simulados

Proyecto	NAMO		NAMínO		Capacidad útil (Mm ³)	Altura de presa al NAMO*
	Elev.(msnm)	Cap.(Mm ³)	Elev.(msnm)	Cap.(Mm ³)		
San Nicolás	1 690,00	817,913	1 665,00	82,714	735,199	50
El Salto	1 810,16	85,022	1 795,30	13,490	71,532	35
Arcediano	1 120,00	538,328	1 030,00	49,983	488,345	130

* Atura sin incluir el desplante de la cortina en la zona del cauce.

Figura 8.2 Funcionamiento analítico del vaso de Arcediano para la demanda con déficit medio anual de 2,8% en los tres proyectos del sistema del río Verde y en donde San Nicolás transfiere 0,84 m³/s para Arcediano (Aportaciones del río Verde)

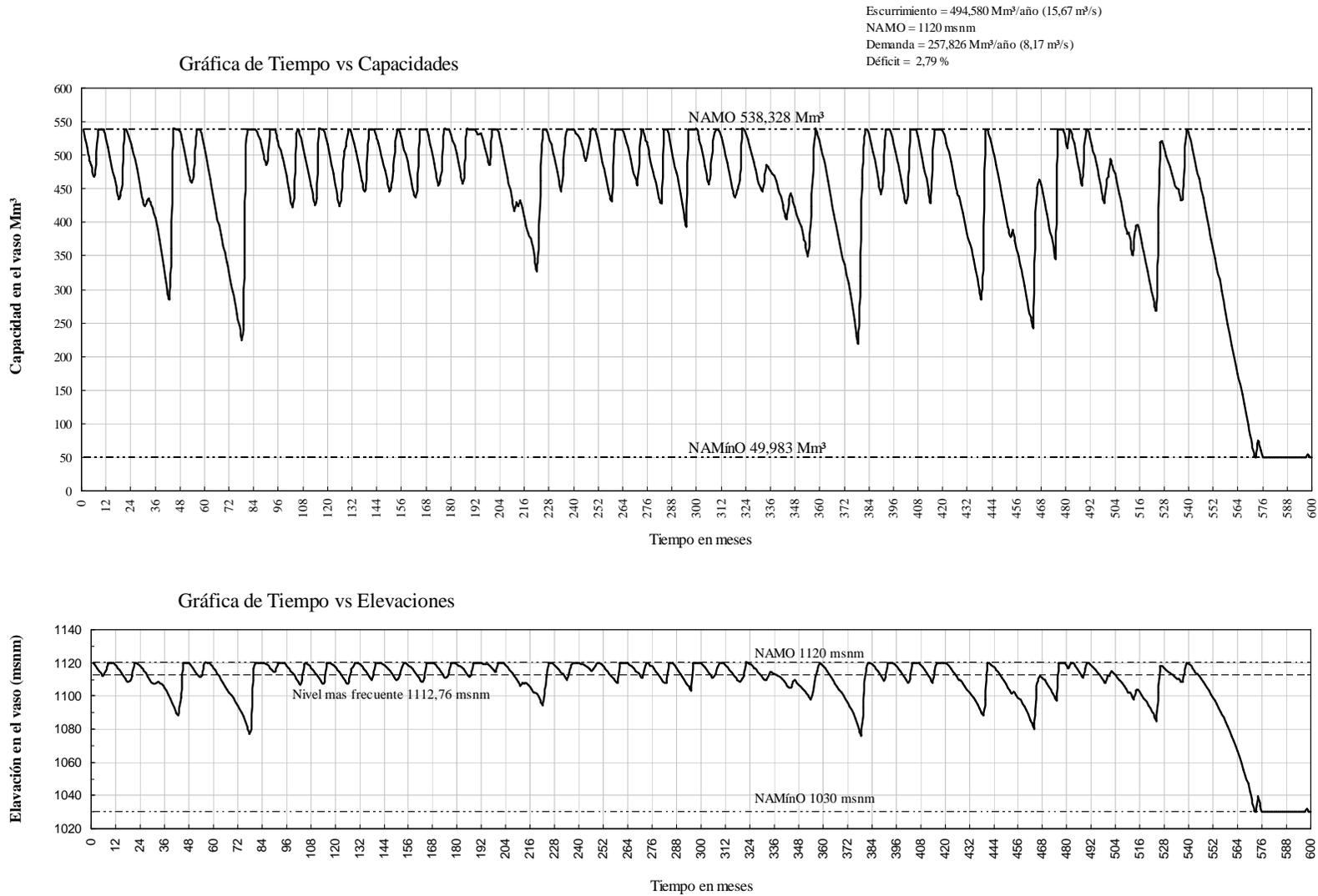
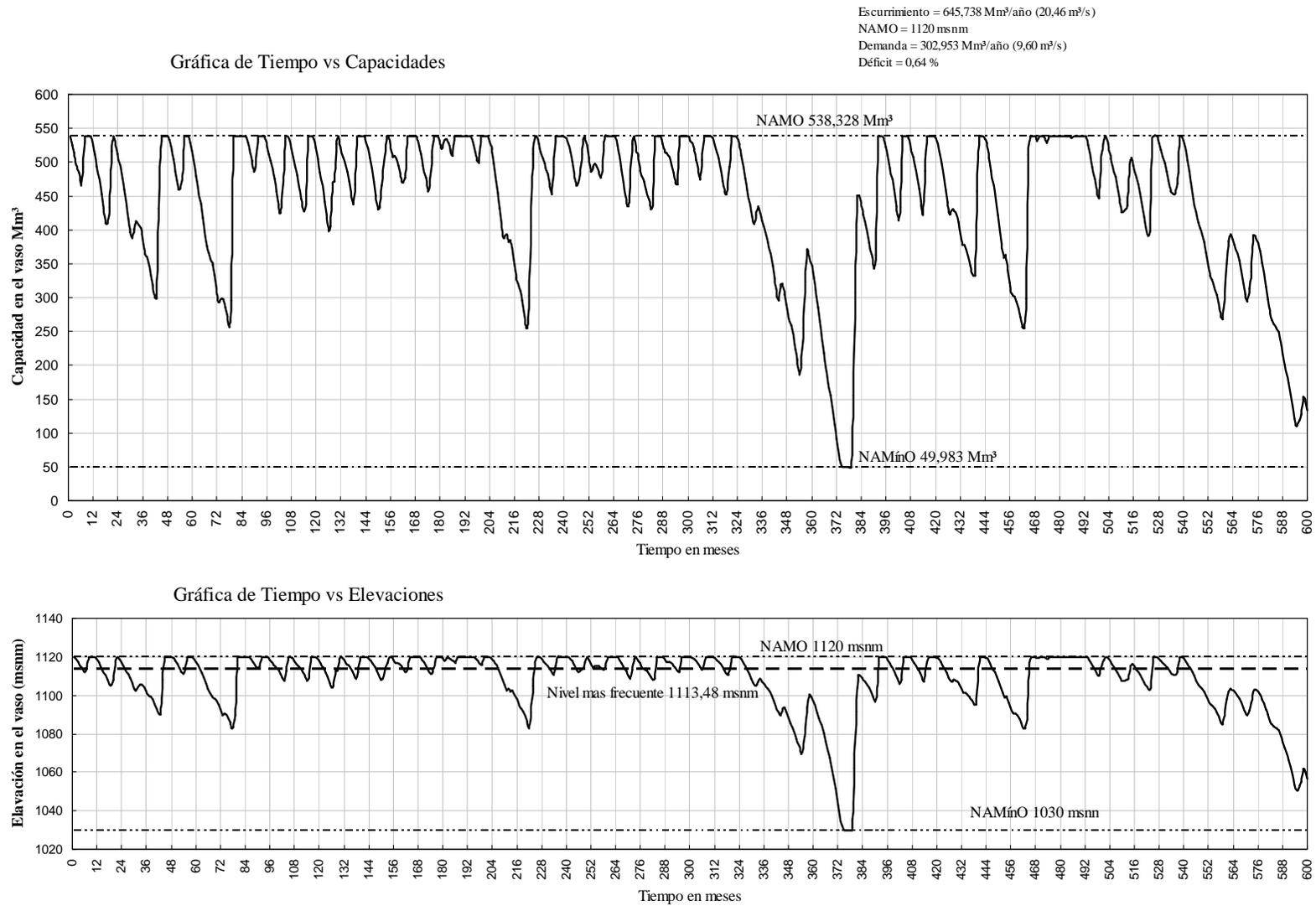


Figura 8.3 Funcionamiento analítico del vaso de Arcediano con demanda de 9,6 m³/s y la ofertada en San Nicolás y El Salto para un déficit medio anual del 2,8% (Aportaciones de los ríos Verde y Santiago)



8.5 ANÁLISIS COMPLEMENTARIO

Se simuló el funcionamiento del vaso de Arcediano con otros criterios de análisis. En general, estos criterios se refieren a dos casos:

En el primero se analizan las alternativas que consideran la posibilidad de una cortina baja en el proyecto San Nicolás o inclusive que no se realizará la construcción de este proyecto. En este caso se plantean dos alternativas.

El segundo caso se refiere a las simulaciones para sencibilizarse con las posibles política de de extracción de los aprovechamientos involucrados en el sistema (San Nicolás – El Salto y Arcediano) considerando que parte del gasto obtenido por San Nicolás es transferido hacia Arcediano. Este análisis se desarrollo para la cortina con altura de 140 m, es decir NAMO a la cota 1 120 msnm.

Caso 1-A

Arcediano en cascada con la presa El Salto y el proyecto San Nicolás bajo. En los aprovechamientos localizados aguas arriba se simularon para encontrar el gasto que son capaces de satisfacer sin déficit. En Arcediano se simularon varios demandas hasta la correspondiente al gasto asignado a este aprovechamiento, 9,6 m³/s.

San Nicolás Bajo se refiere a un aprovechamiento con NAMO a la cota 1 674,00 msnm y la demanda correspondiente a la concedida para las poblaciones alteñas de Jalisco, 1,80 m³/s. En el apartado 4 del anexo I se muestran los resultados obtenidos.

En la presa El Salto los resultados son los mismos, es decir, gasto firme de 1,20 m³/s de los cuales 0,40 m³/s son para consumo propio y 0,8 m³/s tranferidos a Arcediano. El volumen medio anual derramado es de 1,90 m³/s.

El resultado de la presa baja del proyecto San Nicolás satisface la demanda de 1,8 m³/s sin déficit alguno y se derrama un gasto medio anual de 5,58 m³/s.

Con las aportaciones descritas y el escurrimiento por cuenca propia se suma un gasto total de 18,69 m³/s como aportación del río Verde, se simuló la operación de Arcediano para un NAMO a la elevación 1 110 msnm. Los resultados encontrados son los presentados en el apartado 4 del anexo I. Se observa que para una demanda de 9,6 m³/s se tienen un déficit de 4,0%, lo que redunda en un gasto aprovechado de 9,22 m³/s y por tanto en un derrame de 9,70 m³/s.

Caso 1-B

Arcediano en cascada con la presa El Salto y sin considerar el proyecto San Nicolás. Los resultados de la simulación para la presa El Salto son los mismos manifestados en el caso 1-A. Arcediano se simuló con diferentes NAMO's hasta encontrar con cual de ellos se satisfacía la

demanda de 9,6 m³/s sin déficit alguno. En el cuadro 8.27 se observa que la elevación que satisface estas condiciones es el NAMO con una cota de 1 120 msnm. En este caso los derrames son de 11,60 m³/s.

Caso 2

El déficit con el cual se manejan las distintas alternativas es de 2,8% en los aprovechamientos aguas arriba. La política en la presa El Salto es la misma se satisface su demanda de 0,4 m³/s y el resto es transferido hacia Arcediano. El gasto transferido por El Salto en estas condiciones es de 1,25 m³/s.

La mecánica en San Nicolás es similar, se satisface la demanda de Guanajuato (3,8 m³/s) y de la demanda correspondiente a las poblaciones de Los Altos de Jalisco (1,8 m³/s) se concede desde 0 m³/s hasta el 1,8 m³/s en variaciones de 0,6 m³/s. También se incluye la alternativa donde se mantiene un equilibrio en proporción a los recursos asignados originalmente a todos los aprovechamientos, que es la transferencia de 0,84 m³/s.

En Arcediano se simuló varias demandas con el afán de encontrar con cual se podría operar con gasto firme y hasta determinar el déficit correspondiente a una demanda de 9,6 m³/s. Los resultados de todas estas alternativas se encuentran apartado 4 del anexo I.

9 TRÁNSITO DE AVENIDAS

Con el propósito de definir las dimensiones de la obra de excedencias o vertedor y consecuentemente la elevación del NAME del vaso de la presa Arcediano, se llevó a cabo el tránsito de la avenida de diseño por el embalse de la misma.

Para lograr tal objetivo se consideró al proyecto primero en forma aislada y posteriormente en cascada con el proyecto San Nicolás. Ambas alternativas con la opción de un vertedor de cresta libre, así como con un vertedor controlado a base de compuertas.

Así mismo se estableció un nivel inicial y de conservación en el vaso igual al NAMO 1120,00 msnm, un coeficiente medio de descarga del vertedor de 2,0 y se hizo variar la longitud efectiva de la cresta vertedora. Para la opción de vertedor controlado, también se hizo variar la elevación de la cresta vertedora.

Es conveniente mencionar que de acuerdo a la magnitud de la avenida de diseño, los gastos máximos descargados por el vertedor de este proyecto, no tienen ninguna limitación hacia aguas abajo, ya que los niveles de desfogue de las máquinas turbogeneradoras de la C.H. Valentín Gómez Farías "Agua Prieta", no son afectados ni con el 100% del gasto máximo de la avenida y además, las turbinas cuenta con dispositivos de inyección de aire que evitan el ahogamiento de su rueda.

Por lo tanto, las dos alternativas de proyecto simuladas con estas consideraciones son:

- 1) Arcediano en forma aislada, es decir, sin tomar en cuenta la construcción de la presa de San Nicolás o considerar que ésta se realiza posteriormente. En la simulación del tránsito de la avenida de diseño para esta alternativa, básicamente se utilizó la curva de elevaciones- áreas- capacidades del vaso reportada en el cuadro 8.16 y el hidrograma de la avenida de diseño con gasto pico de 5 478 m³/s y período de retorno de 10 000 años, la figura 2.8 muestra su forma y en las corridas del anexo II aparecen sus gastos.

En los cuadros 9.1 y 9.2 se presentan los resultados obtenidos del tránsito de la avenida de diseño para esta alternativa de simulación y con las dos opciones de vertedor planteadas. En estos se observa que para cada elevación y longitud de cresta vertedora analizada, se tienen los valores de las elevaciones máximas alcanzadas en el vaso (NAME) y los gastos máximos descargados por el vertedor. También, muestran la carga máxima sobre la cresta, la altura de cortina al NAME y la superficie inundada por el embalse; del mismo modo para la opción de vertedor controlado, se proponen algunas características de las compuertas radiales.

Cuadro 9.1 Resumen de resultados del tránsito de la avenida para un vertedor de cresta libre

Elev. cresta (msnm)	Le (m)	Q salida (m ³ /s)	NAME (msnm)	H máx (m)	h de presa al NAME (m)	Área del embalse (ha)
1 120,0	100,0	5 211	1 128,8	8,8	138,8	1 073,7
	150,0	5 216	1 126,7	6,7	136,7	1 048,8
	200,0	5 253	1 125,6	5,6	135,6	1 035,0
	250,0	5 282	1 124,8	4,8	134,8	1 026,0
	300,0	5 308	1 124,3	4,3	134,3	1 019,5

Nota: La ley de descarga del vertedor está dada por la expresión del tipo: $Q = C * L * H^{1,5}$.

Cuadro 9.2 Resumen de resultados del tránsito de la avenida para un vertedor controlado

Elev.Cresta (msnm)	Le (m)	Q salida (m ³ /s)	NAME (msnm)	H máx (m)	h de presa al NAME (m)	Área de embalse (ha)	Compuertas radiales			
							número	b (m)	h (m)	h/b
1 110,00	40,0	5 072	1 125,9	15,9	135,9	1 039,0	4	10,0	13,0	1,3
	30,0	4 976	1 129,0	19,0	139,0	1 076,5	3	10,0	14,5	1,5
	28,5	4 956	1 129,6	19,6	139,6	1 083,8	3	9,5	14,8	1,6
1 109,00	40,0	5 074	1 124,9	15,9	134,9	1 027,0	4	10,0	13,5	1,3
	30,0	4 976	1 128,0	19,0	138,0	1 064,5	3	10,0	15,0	1,5
	28,5	4 956	1 128,6	19,6	138,6	1 071,8	3	9,5	15,3	1,6

NOTA: La simulación se hizo con una política de extracción en donde se trata de mantener el NAMO del vaso el mayor tiempo posible, descargando el gasto que llega, y cuando se rebasa este nivel, se operará con descarga libre de tal forma que al terminar el tránsito de la avenida se conserve el mismo NAMO.

Para definir la longitud efectiva más conveniente de la cresta del vertedor y consecuentemente la cota del NAME del proyecto Arcediano, es necesario tomar en cuenta la forma y la geología de la boquilla del sitio y principalmente, el tipo de cortina a construir.

Por lo tanto, si se elige una cortina de concreto con sección gravedad, el vertedor más conveniente para el proyecto es uno de cresta libre o sin control, construido en la zona del cauce sobre el cuerpo de la misma y con un ancho efectivo de cresta comprendido entre los 100 y 300 m, reduciendo así la altura y el costo de la obra de contención respecto a la de un vertedor controlado. Las características de estas dos alternativas de cresta vertedora se encuentran en el cuadro 9.1; también en el anexo II se presenta el tránsito desglosado de las mismas.

En cambio, si se trata de una cortina flexible, ya sea de materiales graduados o de enrocamiento con cara de concreto, el vertedor más recomendable para Arcediano es el controlado con compuertas radiales y con una estructura de descarga en canal o túnel excavada en alguna de las márgenes; el de cresta libre sería muy difícil de acomodar en esta boquilla por lo acantilado de sus laderas.

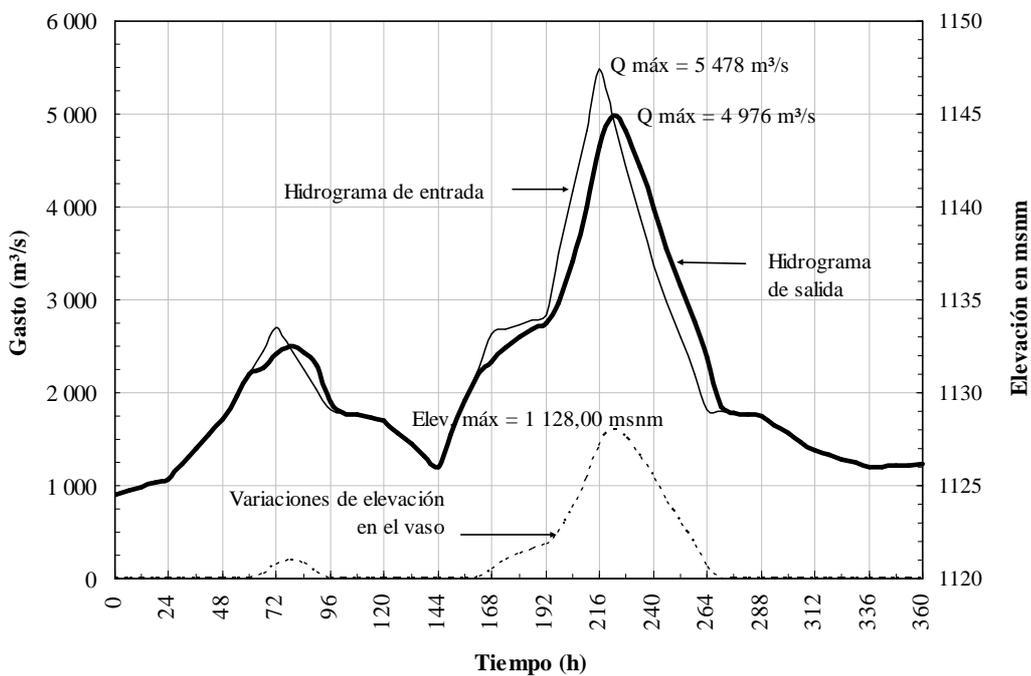
Independientemente de estas consideraciones, es conveniente desarrollar un análisis económico que involucre el costo total del vertedor con distinta longitud de cresta contra el de sus respectivas alturas de cortina y consecuentemente contra el costo total de las afectaciones del embalse.

Por lo anterior y de acuerdo a las características propias de la boquilla y principalmente al modelo geológico existente para la misma, incapaz de cimentar una cortina rígida, se aprecia que la cortina más viable para el proyecto es la de tipo flexible.

En consecuencia, la mejor opción de vertedor y con la que se erogarían el menor costo de construcción, sería la del vertedor controlado con 3 compuertas radiales de 10 m de ancho por 15,00 m de alto y que derrama un gasto máximo de 4 976 m³/s, con una elevación de cresta vertedora de 1 109,00 msnm, una longitud efectiva de 30 m, un coeficiente medio de descarga de 2,0 y una carga máxima sobre la cresta de 19,0 m; ver el cuadro 9.2 y el anexo II. Estas características de vertedor originan en el vaso de la presa el NAME 1 128,00 msnm, que según la curva E-A-C mostrada en el cuadro 8.16, almacena una capacidad total de 620,770 Mm³ y forma un embalse de 1 064,5 ha; obteniendo así también el superalmacenamiento del vaso o volumen para control de avenidas de 82,442 Mm³.

En la figura 9.1 se presenta la gráfica de esta última alternativa del tránsito de la avenida de diseño del vertedor por el vaso de la presa y en ella se observa perfectamente la variación de los niveles, así como los gastos que entran y salen del vaso con respecto al tiempo.

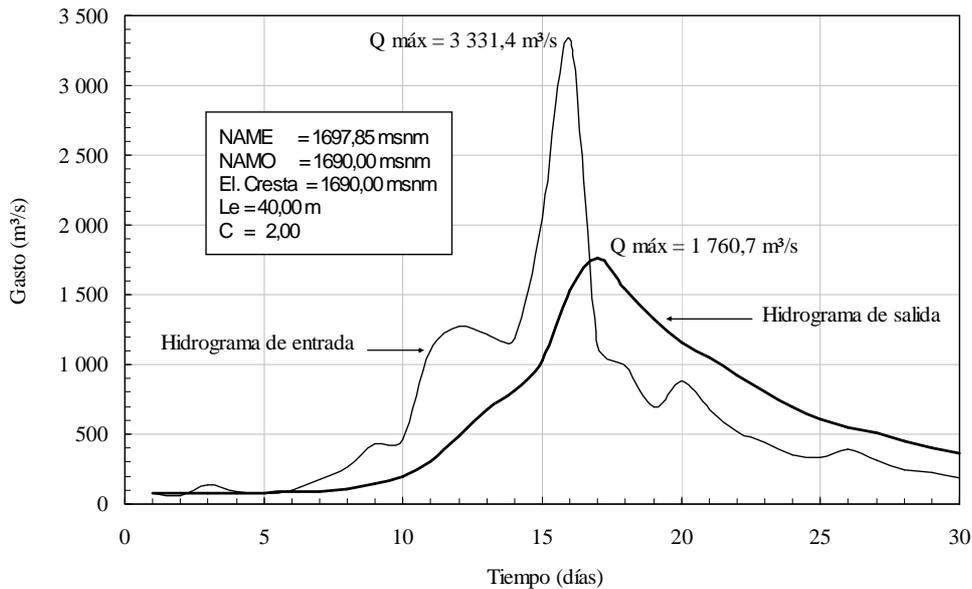
Figura 9.1 Tránsito de la avenida de diseño para el vertedor propuesto



- 2) Proyecto de Arcediano en cascada con San Nicolás para considerar el efecto de regulación que pudiera tener la avenida de diseño con la construcción de éste proyecto de aguas arriba.

En estas últimas simulaciones, se utilizó la misma información y las mismas consideraciones de la alternativa como proyecto aislado, además se involucró el hidrograma de la avenida de diseño de San Nicolás, antes y después de ser transitada por el vaso de su presa; la figura 9.2 muestra estos dos hidrogramas con gasto pico de entrada y salida de 3 331 m³/s y 1 761 m³/s, respectivamente.

Figura 9.2 Hidrograma de la avenida de diseño de San Nicolás

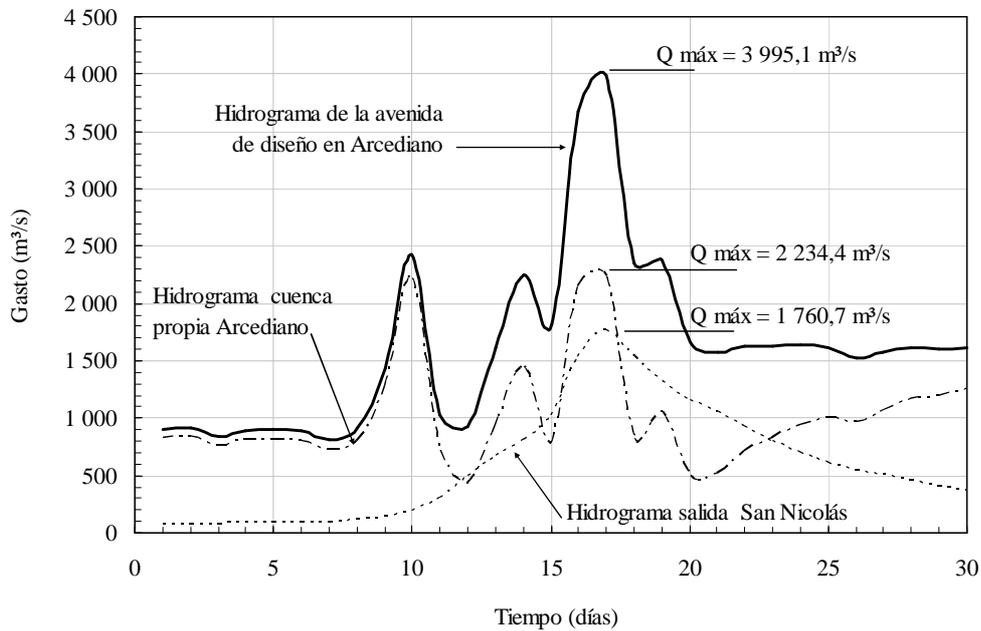


Ambos hidrogramas sirvieron para estimar aproximadamente la avenida de cuenca propia y la máxima esperada en Arcediano con la construcción de la presa de San Nicolás; avenidas obtenidas simplemente con la resta de los hidrogramas de diseño de ambos sitios de presas, haciendo coincidir sus gastos picos, así como con la suma de este último hidrograma adquirido para la cuenca propia de Arcediano y el correspondiente al de salida de San Nicolás, también haciendo coincidir sus gastos picos.

De esta forma se concluye que en la cuenca propia de Arcediano existe una avenida con gasto máximo de 2 234 m³/s y que al sumarle los 1 761 m³/s descargada por el vertedor de San Nicolás, se tiene una máxima para Arcediano de 3 995 m³/s; gasto pico 27% inferior al de la avenida de diseño del proyecto aislado.

La figura 9.3 muestra la forma del hidrograma de la avenida de diseño resultante y con el cual se efectuaron los tránsitos de esta alternativa de simulación; también en las corridas del anexo II se presentan sus gastos con respecto al tiempo. Conviene aquí aclarar que el hidrograma de salida de San Nicolás, no se ha definido perfectamente, sin embargo, se utilizó uno de los más viables solo para percibir si el efecto de regulación de la avenida ocasiona ventajas importantes en el dimensionamiento general de la presa de Arcediano.

Figura 9.3 Hidrograma de la avenida de diseño de Arcediano con San Nicolás



También en los cuadros 9.3 y 9.4 se presentan los resultados obtenidos del tránsito de esta avenida de diseño por el vaso de Arcediano y con las mismas opciones de vertedor planteadas para la alternativa de simulación como proyecto aislado.

En estos se observa perfectamente que para la opción de vertedor de cresta libre y con ancho efectivo de cresta comprendido entre los 100 y 300 m, se tiene una disminución en la altura de la cortina, respecto a la obtenida en las alternativa de simulación como proyecto aislado, de tan solo 1,50 a 0,80 m, respectivamente; en cambio, con la opción de vertedor controlado, este decremento oscila entre los 2,5 m y 3,0 m de altura para los respectivos anchos efectivos de cresta comprendidos entre los 40,0 m y 28,5 m.

Cuadro 9.3 Resultados del tránsito de la avenida regularizada para un vertedor de cresta libre

Elev.Cresta (msnm)	Le (m)	Q salida (m³/s)	NAME (msnm)	H máx (m)	h de presa al NAME (m)	Área de embalse (ha)
1 120,00	100,0	3 949	1 127,3	7,3	137,3	1 055,9
	150,0	3 960	1 125,6	5,6	135,6	1 035,2
	200,0	3 966	1 124,6	4,6	134,6	1 023,6
	250,0	3 970	1 124,0	4,0	134,0	1 016,0
	300,0	3 972	1 123,5	3,5	133,5	1 010,5

Nota: La ley de descarga del vertedor está dada por la expresión del tipo: $Q = C \cdot L \cdot H^{1,5}$.

Cuadro 9.4 Resultados del tránsito de la avenida regularizada para un vertedor de cresta libre

Elev.Cresta (msnm)	Le (m)	Q salida (m ³ /s)	NAME (msnm)	H máx (m)	h de presa al NAME (m)	Área de embalse (ha)	Compuertas radiales			
							número	b (m)	h (m)	h/b
1 110,00	40,0	3 900	1 123,3	13,3	133,3	1 008,3	4	10,0	11,7	1,2
	30,0	3 865	1 126,1	16,1	136,1	1 041,1	3	10,0	13,0	1,3
	28,5	3 857	1 126,6	16,6	136,6	1 047,5	3	9,5	13,3	1,4
1 109,00	40,0	3 902	1 122,4	13,3	132,4	996,4	4	10,0	12,2	1,2
	30,0	3 867	1 125,1	16,1	135,1	1 029,1	3	10,0	13,5	1,4
	28,5	3 859	1 125,6	16,6	135,6	1 035,5	3	9,5	13,8	1,5

Nota: La simulación se hizo con una política de extracción en donde se trata de mantener el NAMO del vaso el mayor tiempo posible, descargando el gasto que llega, y cuando se rebase este nivel, se operará con descarga libre de tal forma que al terminar el tránsito de la avenida se conserve el mismo NAMO.

De esta forma se concluye que al tomar en cuenta el efecto de regulación de la avenida de diseño de Arcediano por la construcción del proyecto San Nicolás, trae consigo ventajas importantes en la altura de las cortinas de tipo flexible y no así en las de tipo rígido que en promedio solo se reducen aproximadamente 1,0 m.

Por lo tanto, en esta segunda alternativa de simulación, la opción de vertedor controlado y seleccionado anteriormente con elevación de cresta vertedora de 1 109,00 msnm y longitud efectiva de 30 m, adopta las características que se presentan en el cuadro 9.4. Estas nuevas características de vertedor determinan en el vaso de la presa el NAME 1 125,10 msnm, el cual almacena una capacidad total de 590,500 Mm³ y forma un embalse de 1 029,1 ha. También, en el anexo II se muestra la simulación completa del tránsito de la avenida de diseño para esta alternativa de vertedor y para la de longitud efectiva de 40,0 m.

10 BORDO LIBRE

La altura entre el NAME y la elevación máxima del parapeto de la cortina se le conoce como bordo libre.

El bordo libre se proyecta para evitar que el terraplén sea rebasado por el efecto de las olas que puede coincidir con la ocurrencia de la avenida de proyecto. El bordo libre mínimo debe proporcionar también un factor de seguridad contra muchas contingencias, como los asentamientos de la presa, mayores que las cantidades previstas, ocurrencia de una avenida mayor que la de proyecto o un mal funcionamiento de los controles del vertedor de demasías o de la obra de toma que produzcan un aumento en el nivel máximo de la superficie arriba del previsto.

Para obtener la altura del bordo libre se requiere conocer la sobreelevación que sufre el embalse por el efecto del viento y el ascenso de las olas sobre el paramento de aguas arriba de la cortina cuando chocan contra éste.

Para calcular la sobreelevación del nivel del embalse causada por el viento, es necesario conocer el fetch efectivo (distancia en la cual el viento actúa sobre la masa de agua), la velocidad del viento y la profundidad del agua en la zona considerada.

El ascenso de la ola dependerá de dichas variables, así como de la pendiente y rugosidad de la cortina. Cuando el paramento de aguas arriba de la cortina a la elevación del NAME es vertical (cortinas de concreto o de enrocamiento con chapa de concreto), no es necesario estimar el ascenso de la ola, ya que no existe rodamiento de la ola sobre el talud.

Así con el valor de 1,45 km de fetch efectivo, calculado para el NAME 1 128,00 msnm del vaso de la presa Arcediano, y la suposición de distintas magnitudes de viento sobre el agua (100, 150 y 200 km/h), se utilizó el criterio del "Beach Erosion Board" (aguas profundas) para deducir las características de la ola significativa y con ésta obtener la altura de otras olas con diferente probabilidad de ocurrencia, así como su respectivo bordo libre.

Por lo tanto, con la aplicación de este criterio y despreciando la ocurrencia simultánea de un sismo con la avenida de diseño, por su poca probabilidad de ocurrencia, se obtiene que la altura de 2,00 m arriba del NAME, es suficiente para controlar oleajes producidos por velocidades de viento de hasta 150 km/h en cortinas con paramento vertical y talud 2:1. Ver figura y tablas de resultados en anexo II.

Sin embargo, para confirmar este valor, se emplearon otros tres criterios de la CNA y que a continuación se describen.

1) *Criterio de la CNA*¹⁵

Para la máxima distancia de 3,98 km comprendida entre la corona de la cortina y la cola del embalse de Arcediano, el Consultivo Técnico de la CNA recomienda un bordo libre de **2,00 m**.

2) *Criterio de Stevenson –Molitor*

$$A = 0,032 * (vD)^{1/2} + 0,762 - 0,27 * D^{1/4}$$

$$B.L. = A * 1,5 \quad (\text{para cortinas de materiales graduados o de enrocamiento})$$

En donde: A = altura de la ola en m

v = velocidad del viento en km/h (considerada de 150 km/h)

D = Longitud del fetch en km.

Sustituyendo valores:

$$A = 0,032 * (150 * 3,98)^{1/2} + 0,762 - 0,27 * 3,98^{1/4} = 1,16 \text{ m}$$

$$B.L. = 1,16 * 1,5 = \mathbf{1,74 \text{ m}}$$

3) *Criterio estadístico*¹⁶

$$B.L. = (1,25 + 0,01 * C^{1/3}) * (1 + 0,10 * H^{1/2})$$

En donde: C = capacidad de la presa en millones de m³

H = altura de la cortina en m

Sustituyendo valores:

$$B.L. = (1,25 + 0,01 * 620,770^{1/3}) * (1 + 0,10 * 138,00^{1/2})$$

$$B.L. = \mathbf{2,90 \text{ m}}$$

Por lo anterior y de acuerdo al tipo de materiales más factibles de construir la presa, **se recomienda el bordo libre de 2,00 m**, valor que sumado al NAME 1 128,00 msnm resulta una elevación de **1 130,00 msnm** para la **corona de la cortina**.

En el cuadro 10.1 se presenta un resumen de los principales niveles y capacidades resultantes en este estudio para el vaso de la presa Arcediano.

¹⁵ Consultivo técnico, Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica, agosto de 1984.

¹⁶ Fórmula empírica obtenida con datos de bordos libres de varias cortinas construidas por la S.R.H.

Cuadro 10.1 Principales niveles y capacidades del vaso de la presa de Arcediano

Concepto	Elevación msnm	Capacidad Mm ³
Nivel del cauce	990,00	0,000
Nivel de azolve	1 026,10	41,886
NAMínO	1 030,00	49,983
NAMO o NAN	1 120,00	538,328
Nivel de la cresta vertedora	1 109,00	439,037
NAME	1 128,00	620,770
Nivel de corona	1 130,00	641,149
Capacidad útil		488,345
Capacidad para regular avenidas		82,442

Área del embalse a la elevación del NAME = 1 064,5 ha

11 DIMENSIONAMIENTO DE ESQUEMAS DE CORTINA, VERTEDOR, OBRA DE TOMA Y OBRA DE DESVÍO

11.1 ANTECEDENTES

Para el inicio de los trabajos se contó con la siguiente información de campo elaborada por las Cías. Hidroconsultores S. C. y SEINPRO:

- a. Fotogrametría del embalse con curvas de nivel a cada 10 m, empleada para elaborar la curva de áreas – capacidades, y con ésta se realizaron los primeros funcionamientos de vaso. La cobertura es suficiente ya que alcanza la cota 1 200 msnm, para una altura máxima de cortina de 210 m.
- b. Configuración de detalle de la zona de la boquilla con curvas de nivel a cada 1 m, empleada para dibujar los esquemas de anteproyecto y la cuantificación de excavaciones. Una primera inspección determinó que la cobertura se debería ampliar en las dos márgenes cuando menos hasta la cota 1 200 msnm para la ubicación de la obra de excedencias.
- c. Geología regional y de detalle de la boquilla con planos en planta y en perfil, así como los porcentajes de recuperación, calidad de la roca y resultados de las pruebas de permeabilidad.
- d. Secciones geofísicas de ambas márgenes y sondeos eléctricos verticales.
- e. Hidrogeología regional.
- f. Informe preliminar de bancos de materiales elaborada por la Cía. ORVA Ingeniería SA de CV.

La anterior información fue calificada por áreas especializadas de la CFE, como de información preliminar, y no confiable para continuar con los estudios posteriores, por lo que la CEAS encargó a la paraestatal de elaborar los estudios definitivos de campo.

Al revisar el Informe Final de la Cía. SIHASA (Diciembre 2002), a pesar de lo extenso del trabajo que se muestra en él, se encontraron planos muy preliminares de los esquemas evaluados, pero sin concluir cual era el adecuado para su desarrollo en etapas posteriores.

Por tal motivo la CFE se dio a la tarea de realizar los estudios de anteproyecto partiendo de cero.

11.2 ELABORACIÓN DE ESQUEMAS

Con los primeros resultados de la hidrología se obtuvieron los gastos de diseño de la obra de desvío y de la obra de excedencias, y con los primeros funcionamientos de vaso se fijó el NAMO a la cota 1093,60 msnm, que corresponde al nivel de desfogue de la C. H. Colimilla, con

la finalidad de no inundar su casa de máquinas. Realizando los tránsitos de avenidas respectivos y el cálculo del bordo libre para este caso, se llegó a la cota final de la corona de la cortina marcada a la 1 100 msnm, tomando como cota media del cauce a la 990 msnm, la altura de cortina a ese punto resultó de 110 m.

Por el programa de la CEAS de iniciar la construcción de la obra de desvío en octubre de este año 2003, y a sugerencia de esta oficina, la CFE empezó a desarrollar un esquema basado en una cortina de materiales graduados, sin incluir la casa de bombas ni las obras del acueducto y sin haber concluido la hidrología ni los estudios de campo definitivos.

11.2.1 Esquema de obra con cortina de materiales graduados (MG)

Cortina

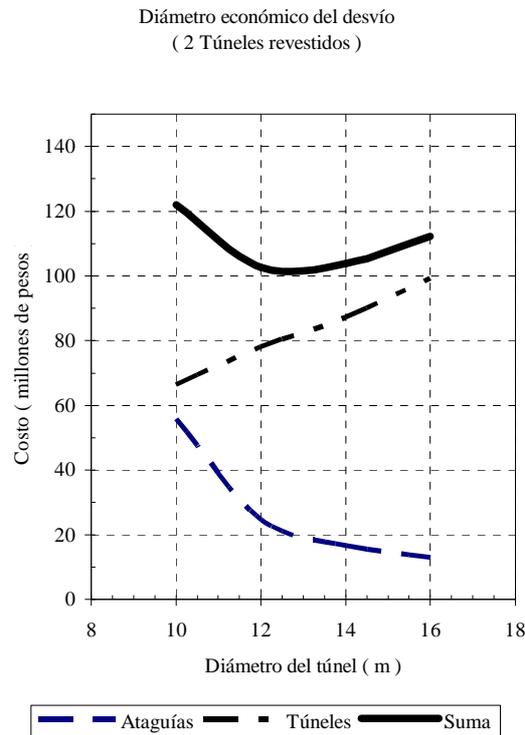
En base a experiencias del mismo tipo y altura, se propuso una sección máxima de la cortina de materiales graduados con taludes 2:1 y de 0,25:1, en el corazón impermeable. Este material se desplanta hasta la roca sana y es arropado por una capa de filtros y una capa de material de transición con taludes de 0,40:1. El complemento de la cortina lo constituye los respaldos de enrocamiento cubiertos por una capa de rocas de protección en ambos paramentos. En este esquema las ataguías se incluyen en el cuerpo de la cortina.

Debido al reporte geológico de un paleocauce en el eje de la cortina (inciso 1.c), con espesor de hasta 35 m y de roca descomprimida de unos 10 m de grosor, es necesario que el corazón impermeable se desplante por debajo de estas formaciones, lo que implica adicionar un gran volumen de este material a la cortina.

Desvío

Para la obra de desvío se elaboró un estudio para obtener el diámetro económico a base de túneles de sección portal, haciendo variar los diámetros y obteniendo diferentes alturas de ataguía aguas arriba, también se hizo variar el número de túneles y la rugosidad de los mismos.

El resultado fue emplear 2 túneles revestidos con concreto lanzado en paredes y bóveda, y concreto convencional en el piso. Aunque el diámetro más económico fue de 12,50 m, por cuestiones constructivas y de la calidad de la roca se optó por emplear el tamaño de 12 m de altura y 12 m de ancho, sin que esto produzca un gran incremento en los costos, como puede apreciarse en la gráfica siguiente.



Como este estudio no depende del cálculo de la obra de excedencias ni de la altura de la cortina, y solo depende del período de retorno de la construcción de la obra, se intuye que aunque la cortina definitiva tenga más altura, el tamaño de los desvíos no tendrá una variación significativa, a menos que el gasto de diseño cambie sustancialmente.

Vertedor

Después de buscar varias localizaciones del vertedor, se llegó a la conclusión que lo más factible era ubicar un canal a cielo abierto sobre la margen derecha, y descargar al río con una cubeta de lanzamiento.

Debido a la anchura del canal de 54 m, y a la proximidad de la zona de cantiles, fue necesario acercar el muro izquierdo del vertedor a la cortina, de tal manera que el muro sirviera de apoyo al empotramiento derecho de las terracerías y enrocamientos de la presa. Esta solución se realizó suponiendo que la roca sobre la que se desplante el vertedor es de buena calidad, de lo contrario se tendrá que buscar otra solución más segura.

Posteriormente la Gerencia del Consultivo Técnico de la CNA, como organismo revisor, solicitó que se presentaran y evaluaran también esquemas de obras con cortinas de enrocamiento con losa de concreto, concreto gravedad y concreto rodillado, para tener elementos de juicio y decidir por la más factible.

11.2.2 Esquema de obras con cortina de enrocamiento (EN)

La distribución de obras es similar a la de materiales graduados, con la salvedad de que la ataguía aguas arriba está fuera del cuerpo de la cortina. En este caso la cortina presenta taludes de 1,4:1 en el paramento aguas abajo y de 1,5:1 en el de aguas arriba, y debido a esta razón su volumen es considerablemente menor a la de materiales graduados. Este esquema será una buena solución si el reporte final de bancos de materiales no proporciona el volumen suficiente de material para formar el corazón impermeable de la cortina de MG.

También es buena solución, por la menor dimensión de la cortina, ya que cabe perfectamente en el pequeño cañón formado por las dos cañadas de la margen derecha. Por la misma razón, el vertedor se puede alejar del empotramiento derecho de la cortina para una mejor cimentación del mismo y alejarlo del pie de aguas abajo de la cortina. La obra de desvío es prácticamente la misma, aunque se logra algún ahorro en la longitud de los 2 túneles.

11.2.3 Esquema de obras con cortina de concreto gravedad CG y compactado con rodillos CCR

Para lograr un buen acomodo de las obras en este esquema fue necesario pivotar el eje de la cortina, de tal manera que la descarga del vertedor se orientara hacia el cauce del río. La cortina propuesta tiene un talud de 0,80:1, en el talud aguas abajo, vertical en la parte alta del paramento aguas arriba y 0,20:1 en la parte baja de ese mismo lado.

Debido al paleocauce comentado en párrafos anteriores, y para tener buena resistencia en la cimentación, es necesario que dicho material y la roca descomprimida sean totalmente retirados hasta descubrir la roca sana, lo que hace que el volumen de excavaciones sean de casi 1 Mm³, volumen que hay que rellenar con el concreto de la cortina, haciendo ésta de volumen considerable.

La obra de desvío está formado por un tajo ubicado en la margen derecha y 2 ataguías de materiales graduados aguas arriba y aguas abajo de la cortina. El vertedor quedaría integrado al cuerpo de la cortina con una cresta de 320 m de ancho y una cubeta de lanzamiento en el pie, aguas abajo de la cortina.

Si el análisis económico favoreciera a esta alternativa, desde el punto de vista de funcionalidad sería el mejor esquema, ya que se evitaría realizar grandes excavaciones tanto en túnel como a cielo abierto, y sobre todo se evitaría excavar en la zonas altas de los cantiles.

11.3 COMPARACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS

Con el objeto de definir el tipo de cortina más conveniente para el proyecto Arcediano, y así orientar los estudios de campo faltantes para la construcción de la presa, se elaboraron los antepresupuestos correspondientes a cortinas de materiales graduados con núcleo impermeable (MG), enrocamiento con cara de concreto (EN) y de concreto gravedad maciza (CG); ésta última con la variante de concreto compactado con rodillos (CCR).

Para ello se estimaron los conceptos más representativos de las obras para **110 m de altura de cortina** (al nivel del cauce del río), aplicánoles el precio unitario correspondiente a junio del 2001, obtenido del catálogo general de conceptos y precios unitarios del Sistema Integrado de Costos (*SICOSTOS*), que utiliza la **Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos de la CFE**, para evaluar los proyectos en los niveles de Prefactibilidad y Factibilidad.

A continuación se muestra dos cuadros comparativos del costo total de las alternativas analizadas y un concentrado de los volúmenes de obra estimados; así mismo en el *Anexo I* se presenta el presupuesto con los precios y volúmenes de obra desglosados y el trazo de los esquemas correspondientes. Cabe aclarar que en ellos se contempla el costo de los tratamientos de geotecnia, sobreacarreos de materiales y equipos mecánicos requeridos, pero **no se incluye el costo de la obra de toma y la casa bombas para el acueducto**; aunque se considera que esto último no afecta el análisis comparativo.

Comparación de esquemas de obras con distinto tipo de cortina

Alternativa de cortina	Volumen (Mm³)	Importe (millones de pesos)	Costo relativo
Enrocamiento	4,748 ⁽¹⁾	1 035	1
Materiales graduados	7,164 ⁽²⁾	1 036	1
Concreto rodillado	2,051	2 233	2,16
Concreto convencional	2,051	3 677	3,55

(1) Incluye 24 550 m³ de la ataguía de aguas abajo.

(2) Incluye 155 370 m³ de las dos ataguías del desvío.

En los cuadros se observa que el costo de las cortinas flexibles prácticamente es el mismo, además, son las que presentan una menor inversión para el proyecto. La selección entre ambas, dependerá entre otros factores, de sus procedimientos constructivos para reducir tiempos de ejecución.

De acuerdo a la gran diferencia de volumen de materiales por colocar en las cortinas flexibles, la alternativa de enrocamiento con cara de concreto podría disminuir un año la construcción del proyecto.

Se hace la aclaración que en el esquema CG, no se detalla la obra de excedencias, pero por ser esta una obra integrada a la cortina, el volumen obtenido de concreto no influye en el costo final de la alternativa. Bajo estas mismas circunstancias y debido a lo compacto y fácil del arreglo de obras que presentan las cortinas de concreto, la alternativa de CCR no estaría descartada si las condiciones geológicas del sitio y la evaluación económica que se realice lo permiten.

Volúmenes de obra y costos de los esquemas analizados para cortinas H = 110 m de alto

Precios medios del 2001

CONCEPTO	UNIDAD	ALTERNATIVAS			
		EN	MG	CCR	CG
OBRA DE DESVÍO					
EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO	m ³	190 000	190 000	407 000	407 000
EXCAVACIONES EN TÚNEL	m ³	187 000	200 000		
TERRACERÍAS	m ³	172 000	155 400	176 400	176 400
CONCRETOS	m ³	6 600	6 700	19 700	19 700
COSTO DE LA OBRA	Mill. \$	137	142	108	108
OBRA DE CONTENCIÓN					
EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO	m ³	675 000	710 500	930 200	930 200
TERRACERÍAS	m ³	4 690 000	7 009 100		
CONCRETOS	m ³	40 085	1 270	2 054 000	2 054 000
COSTO DE LA OBRA	Mill. \$	637	634	2 124	3 569
OBRA DE EXCEDENCIAS					
EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO	m ³	1 250 000	1 250 000		
CONCRETOS	m ³	46 130	46 130		
COSTO DE LA OBRA	Mill \$	260	260	0	0
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	Mill \$	1 035	1 036	2 233	3 677
COSTO DE LA OBRA DE DESVÍO	%	13	14	5	3
COSTO DE LA OBRA DE CONTENCIÓN	%	62	61	95	97
COSTO DE LA OBRA DE EXCEDENCIAS	%	25	25	0	0

NOTA: El costo total incluye los costos de tratamientos geotécnicos, sobreacarreos y equipo mecánico.

En el Anexo 1 se presentan los antepresupuestos en forma desglosada y en el Anexo 2 los esquemas de cada una de las alternativas evaluadas.

11.4 CONCLUSIONES

Se deberá contar con la topografía de detalle de la boquilla, ampliada en su cobertura en ambos márgenes y perfectamente validada por la CFE, para poder continuar con los estudios de campo y de anteproyecto.

Se da por buena la fotogrametría del vaso, a menos que la CEAS decida verificarla, dadas las diferencias que el Dpto. de Topografía de la CFE encontró en la configuración de detalle.

Para continuar con el anteproyecto, se deberá contar con los resultados de las exploraciones de campo (geología, geofísica y sismotectónica) y de los resultados de laboratorio (mecánica de rocas y de materiales) perfectamente validados por la CFE.

Se deberá confirmar con el estudio definitivo de bancos de materiales, si existen los volúmenes suficientes para las alternativas de tipo flexible, y si los agregados son buenos para elaborar el concreto de la cortina tipo rígida.

Para continuar el anteproyecto, es necesario que la hidrología, en todas sus partes, sea revisada y validada por la CEAS y por la CNA. Dicho estudio deberá definir, de acuerdo a los déficits concertados, el NAMO de la presa así como su altura definitiva.

Aunque los funcionamientos de vaso definitivos permitan alturas de cortina muy altas, existen restricciones topográficas para cortinas de tipo flexible de más de 140 m, ya que el cañón está delimitado por las dos cañadas de la margen derecha, aguas arriba y aguas abajo del eje, y por los cantiles en la parte alta de las dos márgenes.

Para que una cortina de materiales graduados de 140 m de altura quede bien alojada en el cañón referido, es necesario desplazar el eje de la cortina unos 50 m del eje actual de estudios geológicos, con el inconveniente de que o se realizan nuevas exploraciones directas o no se conocería con precisión los rasgos geológicos de la boquilla.

De acuerdo a la evaluación económica presentada en el capítulo 3, el esquema más viable es con cortinas de tipo flexible, aunque los primeros indicios del estudio definitivo de bancos de materiales está contradiciendo al estudio preliminar de la existencia de bancos cercanos y suficientes de material impermeable, que para una cortina de 140 m de altura se necesitan alrededor de 2,25 Mm³ de este material.

ANEXO I

Funcionamiento analítico del vaso de Arcediano con distintas alternativas de demanda mensual constante y para el NAMO 1120 msnm; simulaciones sin y con aportaciones del río Santiago.

Con aportaciones exclusivas del río Verde:

- 1) Resultados mensuales y anuales del funcionamiento analítico del vaso de Arcediano para la **demanda con déficit medio anual del 6% en los tres proyectos** del sistema integral del río Verde (cuadro 8.19).
- 2) Resultados mensuales y anuales del funcionamiento analítico del vaso de Arcediano para la **demanda con déficit medio anual del 2,8% en los tres proyectos** que integran el sistema del río Verde y en donde **San Nicolás transfiere 1,80 m³/s para Arcediano** (cuadro 8.20).
- 3) Resultados mensuales y anuales del funcionamiento analítico del vaso de Arcediano para la **demanda con déficit medio anual de 2,8% en los tres proyectos** que integran el sistema del río Verde y en donde **San Nicolás transfiere 0,84 m³/s para Arcediano** (cuadro 8.21).
- 4) Tablas resumen de éstas alternativas y otras simuladas, así como las de **Arcediano en cascada con El Salto y San Nicolás Bajo** (altura para ofertar gasto firme de 1,80 m³/s) y **sin la construcción de éste último**, es decir solamente en cascada con El Salto.

Considerando las aportaciones de los ríos Verde y Santiago:

- 5) Resultados mensuales y anuales del funcionamiento analítico del vaso de Arcediano para la **demanda con déficit medio anual del 1% en los tres proyectos** del sistema integral de aprovechamiento del río Verde (cuadro 8.23).
- 6) Resultados mensuales y anuales del funcionamiento analítico del vaso de **Arcediano con demanda de 9,6 m³/s** (déficit del 0,64%) y en cascada con San Nicolás y El Salto con déficit medio anual del 2,8% (cuadro 8.24).
- 7) Tablas resumen de éstas y otras alternativas de Arcediano simuladas con las aportaciones de ambos ríos.

ANEXO II

TRÁNSITO DE AVENIDAS

Tránsito de la avenida de diseño con período de retorno de 10 000 años por el vaso de la presa Arcediano, Jal., sin y con la construcción del proyecto San Nicolás; simulaciones para el NAMO 1120 msnm y con la opción de vertedor de descarga libre y controlado, así como con distinta longitud efectiva de cresta vertedora.

Sin considerar la construcción del proyecto San Nicolás (avenida de diseño con gasto pico de 5 478 m³/s):

- 1) Simulación analítica del tránsito de la avenida para un **vertedor de cresta libre y con longitud efectiva de 100 m** (primera fila del cuadro 9.1).
- 2) Simulación analítica del tránsito de la avenida para un **vertedor de cresta libre con longitud efectiva de 300 m** (última fila del cuadro 9.1).
- 3) Simulación analítica del tránsito de la avenida para un **vertedor controlado con compuertas, cresta vertedora a la elevación 1 109,00 msnm y con longitud efectiva de 30 m** (quinta fila del cuadro 9.2).
- 4) Simulación analítica del tránsito de la avenida para un **vertedor controlado con compuertas, cresta vertedora a la elevación 1 109,00 msnm y con longitud efectiva de 40 m** (cuarta fila del cuadro 9.2).

Considerando la construcción del proyecto San Nicolás (avenida de diseño con gasto pico de 3 995 m³/s):

- 5) 6) 7) y 8) Mismas simulaciones analíticas de la alternativa anterior (cuadros 9.3 y 9.4).

BORDO LIBRE

Calculo del fetch efectivo para el NAME 1 128,00 msnm del vaso de Arcediano y el bordo libre para distintas velocidades de viento sobre el agua, utilizando el criterio del "Beach Erosion Board" en aguas profundas.

ANEXO III

ANTEPRESUPUESTO

PRESA ARCEDIANO, JAL

ALTERNATIVA CORTINA DE ENROCAMIENTO CON CARA DE CONCRETO (H = 110 m y 4,75 Mm³ con ataguía de aguas abajo incluida)

RESUMEN DE CANTIDADES DE OBRA CIVIL Y EQUIPO ELECTROMECAÁNICO

PRECIOS MEDIOS DEL 2001

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	N.CONTROL	CANTIDAD	P. U.	IMPORTE
20.00000	OBRA DE DESVÍO					
21.00000	Ataguías					
0.21105	Despalme en laderas. Incluye carga, acarreo, descarga, extendido y formación de plataformas en desvío	m³	1	12 705	50,71	644 267
0.21145	Sobrecarreo en 2 km subsecuentes al primero del 100% de material producto de excavación y/o remociones y/o extracción de derrumbes en desvío	m³-km	5	25 410	6,44	163 639
0.21110	Precorte en la ladera para regularización del talud	m²	1	2 406	67,57	162 588
0.31030	Material N impermeable para el núcleo. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga y colocación, en ataguías y cortina	m³	2	20 182	99,59	2 009 961
0.31035	Sobrecarreo en 9 km subsecuentes al primero del material N	m³-km	6	181 641	3,91	710 217
0.31001	Suministro y colocación de material a fondo perdido, 1B producto de banco. Incluye: carga, acarreo primer km, descarga, colocación, compactación, mano de obra y equipos necesarios	m³	2	16 492	27,66	456 164
0.31035	Sobrecarreo en 9 km subsecuentes al primero del material 1B	m³-km	6	148 426	3,91	580 347
0.31040	Material 2A de aluvión para filtros. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y procesamiento requerido, carga, acarreo, descarga, colocación en ataguía y cortina, Ø< 7,62 cm	m³	2	25 207	54,43	1 372 020
0.31050	Enrocamiento 3A proveniente de las excavaciones para los respaldos. Incluye carga en banco de almacenamiento, acarreo, descarga, colocación en ataguía, Ø< 40 cm	m³	2	48 815	41,35	2 018 485
0.31060	Enrocamiento 3B. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y procesamiento requerido, carga, acarreo, descarga y colocación	m³	2	13 629	89,56	1 220 622
0.31010	Enrocamiento 3C proveniente de excavaciones para las preataguías de aguas abajo, contraataguías y cortina. Incluye carga en banco de almacenamiento, acarreo, descarga y colocación	m³	2	23 639	26,08	616 392
0.31065	Enrocamiento 4 para la protección de los taludes. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento, carga, acarreo, descarga y colocación en ataguía Ø> 40 cm y cortina Ø> 1 m	m³	2	23 463	55,60	1 304 535
0.41130	Pantalla flexioimpermeable en ataguías sobre aluviones	m²	3	1 640	4 062,80	6 662 992
21.00000	Ataguías			PARCIAL		17 922 228
23.00000	Portales y Túneles de desvío					
0.21015	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material	m³	1	190 000	63,84	12 129 600
0.21145	Sobrecarreo en 2 km subsecuentes al primero del 50% de material producto de excavación en portales del desvío	m³-km	5	190 000	6,44	1 223 600
0.21210	Excavación en túnel sección circular y la bóveda sección portal para Ø=12 m a línea "B"	m³	1	81 998	441,79	36 225 962
0.21215	Excavación en túnel para la parte inferior de la sección portal para Ø=12 m a línea "B"	m³	1	104 403	228,46	23 851 919
0.41310	Suministro, fabricación, transporte y montaje de marcos metálicos para ademe en desvío	t	3	63	21 411,78	1 344 451
0.41125	Suministro y colocación de malla electrosoldada en túneles para el desvío	m²	3	59 160	89,54	5 297 149
0.41110	Mortero lanzado en paredes y bóveda de túneles para el desvío. Incluye cemento	m³	3	4 259	2 954,94	12 585 676
0.51020	Concreto simple f'c=200 kg/cm² en tiro directo para plantillas en túneles de desvío y plataformas. Incluye cemento	m³	4	1 657	2 153,20	3 567 336
0.51060	Concreto en tapón de cierre final. Incluye cemento	m³	4	4 941	2 153,20	10 639 857
0.51326	Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo	t	8	99	10 091,45	997 321
-	Tratamiento geotécnico en las excavaciones a cielo abierto	lote	3	1	6 064 800,00	6 064 800
23.00000	Portales y Túneles de desvío			PARCIAL		113 927 670
20.00000	TOTAL OBRA CIVIL DE OBRA DE DESVÍO			TOTAL		131 849 898
40.00000	EQUIPO ELECTROMECAÁNICO					
0.60210	Compuerta tipo AGUJA para 2 vanos, de 12,00 m de ancho, 1,5 m de altura de cada elemento, de 19,00 m de carga máxima hidrostática, 18,00 m desde dos veces la altura de la compuerta hasta el piso de maniobras y 8 número de elementos. Incluye guías, mecaniso	pieza	11	1	4 510 973	4 510 973
0.60250	Grúa PÓRTICO para soportar 9 t de peso	pieza	11	1	579 495	579 495
40.00000	EQUIPO ELECTROMECAÁNICO			TOTAL	TOTAL	5 090 469
20.00000	TOTAL OBRA DE DESVÍO			TOTAL		136 940 367

30.00000 OBRA DE CONTENCIÓN						
31.N0000 Cortina de enrocamiento						
0.21025	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material, en laderas	m³	1	302 955	63,84	19 340 667
0.21030	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material, en el cauce del río	m³	1	371 657	50,59	18 802 113
0.21155	Sobreacarreo en 2 km subsiguientes al primero del 50% de material producto de excavaciones y/o remociones de material granular	m³km	5	674 612	6,44	4 344 501
0.31080	Material 3F para el espaldado perimetral de la cara de concreto en la zona del plinto. Incluye explotación en el banco, carga, acarreo, descarga en banco de almacenamiento, carga, acarreo, descarga en banco de almacenamiento y colocación	m³	2	2 295	204,90	470 162
0.31081	Material 2 para apoyo de la cara de concreto. Incluye explotación en el banco, carga, acarreo, descarga en banco de almacenamiento y colocación	m³	2	200 723	211,34	42 420 783
0.31060	Enrocamiento 3B. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y procesamiento requerido, carga, acarreo, descarga y colocación	m³	2	2 400 255	119,03	285 702 326
0.31095	Enrocamiento 3T de aluvión o cantera para transiciones. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y procesamiento requerido, carga, acarreo, descarga y colocación	m³	2	367 963	73,52	27 052 640
0.31096	Enrocamiento 3T de excavaciones para transiciones. Incluye carga en banco de almacenamiento, acarreo, descarga y colocación	m³	2	367 963	42,13	15 502 281
0.31005	Enrocamiento 3C proveniente de cantera para las preataguas de aguas abajo, contraataguas y cortina. Incluye explotación, carga en banco de almacenamiento, acarreo, descarga y colocación	m³	2	631 389	27,98	17 666 263
0.31010	Enrocamiento 3C proveniente de excavaciones para las preataguas de aguas abajo, contraataguas y cortina. Incluye carga en banco de almacenamiento, acarreo, descarga y colocación	m³	2	631 389	24,17	15 260 671
0.31065	Enrocamiento 4 para la protección de los taludes. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento, carga, acarreo, descarga y colocación en ataguía Ø> 40 cm y cortina Ø> 1 m	m³	2	73 324	55,60	4 076 841
0.31050	Enrocamiento 4A proveniente de las excavaciones para los respaldos. Incluye carga en banco de almacenamiento, acarreo, descarga, colocación en ataguía Ø< 40 cm	m³	2	13 764	41,35	569 123
0.41365	Protección asfáltica en el talud de aguas arriba de la presa	m²	3	66 263	20,14	1 334 537
0.4137	Suministro, habilitado y colocación de junta perimetral tipo 1 en la cara de concreto de la cortina	m	3	690	4 182,94	2 886 229
0.41380	Suministro, habilitado y colocación de junta vertical tipo 2A	m	3	5 520	3 009,31	16 611 391
0.41405	Suministro, habilitado y colocación de junta horizontal con el parapeto tipo 6	m	3	500	2 458,88	1 229 440
0.51065	Concreto en el plinto de la cortina. Incluye cemento	m³	4	1 656	2 391,05	3 959 579
0.51070	Concreto dental en la cimentación del plinto. Incluye cemento	m³	4	242	1 854,71	447 912
-	Tapete de consolidación en la cimentación del plinto y anclaje del mismo	lote	3	1	7 648 505,79	7 648 506
0.51080	Concreto en la losa de la cara de la cortina. Incluye cemento	m³	4	33 423	2 153,20	71 966 404
0.51085	Concreto en los parapetos de la ataguía y cortina. Incluye cemento	m³	4	4 033	2 153,20	8 683 856
0.51086	Concreto en la losa de la corona de la cortina para el tránsito vehicular. Incluye cemento	m³	4	731	2 153,39	1 574 128
0.51326	Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo	t	8	2 767	10 091,45	27 923 849
31.N0000	Cortina de enrocamiento				PARCIAL	595 474 201
-	Tratamientos para impermeabilización y drenaje de la boquilla					
33.00000	Galerías	lote	3	1	35 728 452,07	35 728 452
34.00000	Lumbreras	lote	3	1	238 189,68	238 190
35.00000	Pantalla impermeable	lote	3	1	5 954 742,01	5 954 742
-	Tratamientos para impermeabilización y drenaje de la boquilla				PARCIAL	41 921 384
30.00000	TOTAL OBRA DE CONTENCIÓN				PARCIAL	637 395 585

50.00000 OBRA DE EXCEDENCIAS						
57.00000 Canal de llamada						
0.21004	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material, en grandes masas	m³	1	679 670	37,31	25 358 488
0.21165	Sobreacarreo en 2 km subsiguientes al primero del 33% de material producto de excavación en excedencias	m³km	5	448 582	6,44	2 888 869
0.51257	Concreto en plantilla de canal. Incluye cemento	m³	4	216	3 010,86	650 346
0.51326	Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo	t	8	15	10 091,45	151 372
57.00000	Canal de llamada				PARCIAL	29 049 075
57.00000 Estructura de control						
0.21004	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material, en grandes masas	m³	1	43 781	37,31	1 633 469
0.21165	Sobreacarreo en 2 km subsiguientes al primero del 33% de material producto de excavación en excedencias	m³km	5	28 895	6,44	186 087
0.51260	Concreto en cimacio, pisos y dentellones. Incluye cemento	m³	4	5 316	2 153,20	11 446 411
0.51245	Concreto en pilas del vertedor y estribos. Incluye cemento	m³	4	30 757	2 536,18	78 005 288
0.51265	Concreto en puente de maniobras. Incluye cemento	m³	4	460	4 358,72	2 005 011
0.51326	Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo	t	8	2 398	10 091,45	24 199 297
57.00000	Estructura de control				PARCIAL	117 475 564
53.00000 Canales de descarga						
0.21004	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material, en grandes masas	m³	1	338 054	37,31	12 612 795
0.21165	Sobreacarreo en 2 km subsiguientes al primero del 33% de material producto de excavación en excedencias	m³km	5	223 116	6,44	1 436 865
0.51257	Concreto en plantilla de canal. Incluye cemento	m³	4	5 638	3 010,86	16 975 229
0.51255	Concreto en muros laterales del vertedor. Incluye cemento	m³	4	1 927	2 391,05	4 607 553
0.51326	Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo	t	8	530	10 091,45	5 348 469
53.00000	Canales de descarga				PARCIAL	40 980 910
56.00000 Cubeta deflectora						
0.21004	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material, en grandes masas	m³	1	6 815	37,31	254 268
0.21165	Sobreacarreo en 2 km subsiguientes al primero del 33% de material producto de excavación en excedencias	m³km	5	4 498	6,44	28 966
0.51255	Concreto en muros laterales del vertedor. Incluye cemento	m³	4	146	2 391,05	349 093
0.51270	Concreto en cubeta deflectora. Incluye cemento	m³	4	1 669	2 789,68	4 655 976
0.51326	Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo	t	8	77	10 091,45	777 042
56.00000	Cubeta deflectora				PARCIAL	6 065 345
57.00000 Canal de encauzamiento						
0.21004	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material, en grandes masas	m³	1	181 654	37,31	6 777 511
0.21165	Sobreacarreo en 2 km subsiguientes al primero del 50% de material producto de excavación en excedencias	m³km	5	181 654	6,44	1 169 852
57.00000	Canal de encauzamiento				PARCIAL	7 947 363
-	Tratamiento geotécnico en los taludes de las excavaciones	lote	3	1	30 313 744,46	30 313 744
50.00000	TOTAL OBRA CIVIL DE OBRA DE EXCEDENCIAS				TOTAL	231 832 000
40.00000 EQUIPO ELECTROMECÁNICO						
0.60210	Compuerta tipo RADIAL de 10,50 m de ancho, 10,65 m de altura, de 14,70 m de carga máxima hidrostática. Incluye el mecanismo de izaje, los equipos de control, las guías, así como transporte y montaje	pieza	11	4	6 008 099,28	24 032 397
0.60210	Compuerta tipo AGUIA para 2 vanos, de 10,50 m de ancho, 1,47 m de altura de cada elemento, de 14,70 m de carga máxima hidrostática, 1,406 m desde dos veces la altura de la compuerta hasta el piso de maniobras y 10 número de elementos. Incluye guías, mecani	pieza	11	1	4 094 706,97	4 094 707
0.60251	Grúa PORTICO para soportar 6 t de peso	pieza	11	1	450 718,59	450 719
40.00000	TOTAL EQUIPO ELECTROMECÁNICO DE OBRA DE EXCEDENCIAS				TOTAL	28 577 823
50.00000	TOTAL OBRA DE EXCEDENCIAS				TOTAL	260 409 823

COSTO TOTAL DE LA ALTERNATIVA DE ENROCAMIENTO				TOTAL 1 034 745 773		
--	--	--	--	----------------------------	--	--

PRESA ARCEDIANO, JAL
 ALTERNATIVA CORTINA DE MATERIALES GRADUADOS (H = 110 m y 7,16 Mm³ con ataguías incluidas)
RESUMEN DE CANTIDADES DE OBRA CIVIL
PRECIOS MEDIOS

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	N.CONTROL	CANTIDAD	P. U.	IMPORTE
20.00000	OBRA DE DESVÍO					
21.00000	Ataguías					
0.21105	Despalme en laderas. Incluye carga, acarreo, descarga, extendido y formación de plataformas en desvío	m ³	1	10 987	50,71	557 149
0.21145	Sobrecarreo en 2 km subsecuentes al primero del 100% de material producto de excavación y/o remociones y/o extracción de derrumbes en desvío	m ³ -km	5	21 974	6,44	141 512
0.21110	Precorte en la ladera para regularización del talud	m ²	1	1 967	67,57	132 889
0.31030	Material N impermeable para el núcleo. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y tratamiento requerido, carga, acarreo, descarga y colocación, en ataguías y cortina	m ³	2	17 997	99,59	1 792 369
0.31035	Sobrecarreo en 9 km subsecuentes al primero del material N	m ³ -km	6	161 977	3,91	633 331
0.31001	Suministro y colocación de material a fondo perdido, 1B producto de banco. Incluye: carga, acarreo primer km, descarga, colocación, compactación, mano de obra y equipos necesarios	m ³	2	15 719	27,66	434 796
0.31035	Sobrecarreo en 9 km subsecuentes al primero del material 1B	m ³ -km	6	141 474	3,91	553 163
0.31040	Material 2A de aluvión para filtros. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y procesamiento requerido, carga, acarreo, descarga, colocación en ataguía y cortina, Ø < 7,62 cm	m ³	2	22 378	54,43	1 218 016
0.31050	Enrocamiento 3A proveniente de las excavaciones para los respaldos. Incluye carga en banco de almacenamiento, acarreo, descarga, colocación en ataguía, Ø < 40 cm	m ³	2	42 203	41,35	1 745 105
0.31060	Enrocamiento 3B. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y procesamiento requerido, carga, acarreo, descarga y colocación	m ³	2	11 418	89,56	1 022 552
0.31010	Enrocamiento 3C proveniente de excavaciones para las preataguías de aguas abajo, contraataguías y cortina. Incluye carga en banco de almacenamiento, acarreo, descarga y colocación	m ³	2	24 599	26,08	641 417
0.31065	Enrocamiento 4 para la protección de los taludes. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento, carga, acarreo, descarga y colocación en ataguía Ø > 40 cm y cortina Ø > 1 m	m ³	2	21 059	55,60	1 170 873
0.41130	Pantalla flexoimpermeable en ataguías sobre aluviones	m ²	3	1 640	4 062,80	6 662 992
21.00000	Ataguías					
23.00000	Portales y Túneles de desvío					
0.21015	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material.	m ³	1	190 000	63,84	12 129 600
0.21145	Sobrecarreo en 2 km subsecuentes al primero del 50% de material producto de excavación en portales del desvío	m ³ -km	5	190 000	6,44	1 223 600
0.21210	Excavación en túnel sección circular y la bóveda sección portal para Ø=12 m a línea "B"	m ³	1	88 036	441,79	38 893 424
0.21215	Excavación en túnel para la parte inferior de la sección portal para Ø=12 m a línea "B"	m ³	1	112 091	228,46	25 608 310
0.41310	Suministro, fabricación, transporte y montaje de marcos metálicos para ademe en desvío	t	3	63	21 411,78	1 348 942
0.41125	Suministro y colocación de malla electrosoldada en túneles para el desvío	m ²	3	63 516	89,54	5 687 223
0.41110	Mortero lanzado en paredes y bóveda de túneles para el desvío. Incluye cemento	m ³	3	4 573	2 954,91	13 512 803
0.51020	Concreto simple f'c=200 kg/cm ² en tiro directo para plantillas en túneles de desvío y plataformas. Incluye cemento	m ³	4	1 779	2 153,20	3 830 543
0.51060	Concreto en tapón de cierre final. Incluye cemento	m ³	4	4 941	2 153,20	10 638 961
0.51326	Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo	t	8	99	10 091,45	999 054
-	Tratamiento geotécnico en las excavaciones a cielo abierto	lote	3	1	6 064 800,00	6 064 800
23.00000	Portales y Túneles de desvío					
					PARCIAL	119 937 260
40.00000	EQUIPO ELECTROMECÁNICO					
0.60210	Compuerta tipo AGUJA para 2 vanos, de 12,00 m de ancho, 1,5 m de altura de cada elemento, de 19,00 m de carga máxima hidrostática, 18,00 m desde dos veces la altura de la compuerta hasta el piso pieza de maniobras y 8 número de elementos. Incluye guías, mecaniso	pieza	11	1	4 510 973	4 510 973
0.60250	Grúa PÓRTICO para soportar 9 t de peso	pieza	11	1	579 495	579 495
40.00000	EQUIPO ELECTROMECÁNICO					
					TOTAL	5 090 469
20.00000	OBRA DE DESVÍO					
					TOTAL	141 733 893
30.00000	OBRA DE CONTENCIÓN					
31.70000	Cortina de Materiales Graduados					
0.21025	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material, en laderas	m ³	1	527 343	63,84	33 665 577
0.21030	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material, en el cauce del río	m ³	1	183 133	50,59	9 264 698
0.21155	Sobrecarreo en 2 km subsecuentes al primero del 50% de material producto de excavaciones	m ³ -km	5	710 476	6,44	4 575 465
0.31030	Material N impermeable para el núcleo. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y tratamiento requerido, carga, acarreo, descarga y colocación, en ataguías y cortina	m ³	2	1 290 390	99,59	128 509 940
0.31035	Sobrecarreo en 9 km subsecuentes al primero del material N	m ³ -km	6	11 613 510	3,91	45 408 824
0.31041	Material 2A de aluvión para filtros. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y procesamiento requerido, carga, acarreo, descarga, colocación en ataguía y cortina, Ø < 7,62 cm	m ³	2	179 658	81,89	14 712 194
0.31095	Enrocamiento 3T de aluvión o cantera para transiciones. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y procesamiento requerido, carga, acarreo, descarga y colocación	m ³	2	899 621	73,52	66 140 136
0.31060	Enrocamiento 3B proveniente de excavaciones, banco o cantera. Incluye explotación en banco o cantera, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y procesamiento requerido, carga, acarreo, descarga y colocación	m ³	2	4 350 169	60,09	261 401 655
0.31065	Enrocamiento 4 para la protección de los taludes. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento, carga, acarreo, descarga y colocación en ataguía Ø > 40 cm y cortina Ø > 1 m	m ³	2	289 212	55,60	16 080 187
0.51070	Concreto dental en la cimentación del plinto. Incluye cemento	m ³	4	1 268	1854,71	2 351 772
0.41175	Suministro, barrenación de Ø=2¼", habilitación, colocación e inyección de anclas de fricción de Ø=1" con longitud de 6,01 a 9,0 m a cielo abierto en generación y excedencias	m	3	1 224	565,78	692 515
0.41315	Barrenación en roca de Ø=2¼" para inyección de consolidación y longitud hasta 5 m en tapete de consolidación	m	3	5 632	278,33	1 567 555
0.41316	Inyección y reinyección de consolidación lavando previamente las perforaciones	m ³	3	1 128	2768,22	3 122 552
0.51326	Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo	t	8	490	10 091,45	4 940 774
31.70000	Cortina					
	TRATAMIENTOS					
33.00000	Galerías	lote	3	1	35 546 031	35 546 031
34.00000	Lumbreras	lote	3	1	236 974	236 974
35.00000	Pantalla Impermeable	lote	3	1	5 924 338	5 924 338
	TRATAMIENTOS					
					PARCIAL	41 707 343
31.00000	Cortina de Materiales Graduados					
					TOTAL	634 141 187

30.00000	OBRA DE CONTENCIÓN					
31.T0000	Cortina de Materiales Graduados					
0.21025	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material, en laderas	m³	1	527 343	63,84	33 665 577
0.21030	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material, en el cauce del río	m³	1	183 133	50,59	9 264 698
0.21155	Sobrecarreo en 2 km subsiguientes al primero del 50% de material producto de excavaciones	m³-km	5	710 476	6,44	4 575 465
0.31030	Material N impermeable para el núcleo. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y tratamiento requerido, carga, acarreo, descarga y colocación, en ataguías y cortina	m³	2	1 290 390	99,59	128 509 940
0.31035	Sobrecarreo en 9 km subsiguientes al primero del material N	m³-km	6	11 613 510	3,91	45 408 824
0.31041	Material 2A de aluvión para filtros. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y procesamiento requerido, carga, acarreo, descarga, colocación en ataguía y cortina Ø < 7,62 cm	m³	2	179 658	81,89	14 712 194
0.31095	Enrocamiento 3T de aluvión o cantera para transiciones. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y procesamiento requerido, carga, acarreo, descarga y colocación	m³	2	899 621	73,52	66 140 136
0.31060	Enrocamiento 3B proveniente de excavaciones, banco o cantera. Incluye explotación en banco o cantera, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y procesamiento requerido, carga, acarreo, descarga y colocación	m³	2	4 350 169	60,09	261 401 655
0.31065	Enrocamiento 4 para la protección de los taludes. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento, carga, acarreo, descarga y colocación en ataguía Ø > 40 cm y cortina Ø > 1 m	m³	2	289 212	55,60	16 080 187
0.51070	Concreto dental en la cimentación del plinto. Incluye cemento	m³	4	1 268	1854,71	2 351 772
0.41175	Suministro, barrenación de Ø=214", habilitación, colocación e inyección de anclas de fricción de Ø=1" con longitud de 6,01 a 9,0 m a cielo abierto en generación y excedencias	m	3	1 224	565,78	692 515
0.41315	Barrenación en roca de Ø=214" para inyección de consolidación y longitud hasta 5 m en tapete de consolidación	m	3	5 632	278,33	1 567 555
0.41316	Inyección y reinyección de consolidación lavando previamente las perforaciones	m³	3	1 128	2768,22	3 122 552
0.51326	Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo	t	8	490	10 091,45	4 940 774
31.T0000	Cortina			PARCIAL		592 433 845
TRATAMIENTOS						
33.0000	Galerías	lote	3	1	35 546 031	35 546 031
34.0000	Lumbreras	lote	3	1	236 974	236 974
35.0000	Pantalla Impermeable	lote	3	1	5 924 338	5 924 338
TRATAMIENTOS						
31.N0000	Cortina de Materiales Graduados			TOTAL		634 141 187
50.00000	OBRA DE EXCEDENCIAS					
57.0000	Canal de llamada					
0.21004	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material, en grandes masas	m³	1	679 670	37,31	25 358 488
0.21165	Sobrecarreo en 2 km subsiguientes al primero del 33% de material producto de excavación en excedencias	m³-km	5	448 582	6,44	2 888 869
0.51257	Concreto en plantilla de canal. Incluye cemento	m³	4	216	3010,86	650 346
0.51326	Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo	t	8	15	10091,45	151371,75
57.00000	Canal de llamada			PARCIAL		29 049 075
57.00000	Estructura de control					
0.21004	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material, en grandes masas	m³	1	43 781	37,31	1 633 469
0.21165	Sobrecarreo en 2 km subsiguientes al primero del 33% de material producto de excavación en excedencias	m³-km	5	28 895	6,44	186 087
0.51360	Concreto en cimacio, pisos y dentellones. Incluye cemento	m³	4	5316	2 153,20	11 446 411
0.51245	Concreto en pilas del vertedor y estribos. Incluye cemento	m³	4	30757	2 536,18	78 005 288
0.51265	Concreto en puente de maniobras. Incluye cemento	m³	4	460	4 358,72	2 005 011
0.51326	Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo	t	8	2398	10 091,45	24 199 297
52.00000	Estructura de control			PARCIAL		117 475 564
53.00000	Canales de descarga					
0.21004	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material, en grandes masas	m³	1	338 054	37,31	12 612 795
0.21165	Sobrecarreo en 2 km subsiguientes al primero del 33% de material producto de excavación en excedencias	m³-km	5	223 116	6,44	1 436 865
0.51257	Concreto en plantilla de canal. Incluye cemento	m³	4	5638	3 010,86	16 975 229
0.51255	Concreto en muros laterales del vertedor. Incluye cemento	m³	4	1 927	2 391,05	4 607 553
0.51326	Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo	t	8	530	10 091,45	5 348 469
53.00000	Canales de descarga			PARCIAL		40 980 910
56.00000	Cubeta deflectora					
0.21004	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material, en grandes masas	m³	1	6 815,00	37	254 268
0.21165	Sobrecarreo en 2 km subsiguientes al primero del 33% de material producto de excavación en excedencias	m³-km	5	4 498	6,44	28 966
0.51255	Concreto en muros laterales del vertedor. Incluye cemento	m³	4	146,00	2 391	349 093
0.51270	Concreto en cubeta deflectora. Incluye cemento	m³	4	1 669,00	2 790	4 655 976
0.51326	Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo	t	8	77,00	10 091	777 042
56.00000	Cubeta deflectora			PARCIAL		6 065 345
57.00000	Canal de encauzamiento					
0.21004	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material, en grandes masas	m³	1	181 654,00	37,31	6 777 511
0.21165	Sobrecarreo en 2 km subsiguientes al primero del 50% de material producto de excavación en excedencias	m³-km	5	181 654	6,44	1 169 852
57.00000	Canal de encauzamiento			PARCIAL		7 947 363
-	Tratamiento geotécnico en los taludes de las excavaciones	lote	3	1	30 313 744,46	30 313 744
50.00000	TOTAL OBRA CIVIL DE OBRA DE EXCEDENCIAS			TOTAL		231 832 000
40.0000	EQUIPO ELECTROMECANICO					
0.60210	Compuerta tipo RADIAL de 10,50 m de ancho, 10,65 m de altura, de 14,70 m de carga máxima hidrostática. Incluye el mecanismo de izaje, los equipos de control, las guías, así como transporte y montaje	pieza	11	4	6 008 099	24 032 397
0.60210	Compuerta tipo AGUIJA para 2 vanos, de 10,50 m de ancho, 1,47 m de altura de cada elemento, de 14,70 m de carga máxima hidrostática, 14,06 m desde dos veces la altura de la compuerta hasta el piso de maniobras y 10 número de elementos. Incluye guías, mecáni	pieza	11	1	4 094 707	4 094 707
0.60251	Grúa PÓRTICO para soportar 6 t de peso	pieza	11	1	450 719	450 719
40.00000	TOTAL EQUIPO ELECTROMECANICO DE OBRA DE EXCEDENCIAS			TOTAL		28 577 823
50.00000	TOTAL OBRA DE EXCEDENCIAS			TOTAL		260 409 823
COSTO DE LA ALTERNATIVA DE MATERIALES GRADUADOS						
TOTAL						1 036 284 903

PRESA ARCEDIANO, JAL
 ALTERNATIVA CORTINA DE CONCRETO GRAVEDAD MACIZA (H = 110 m y 2,05 Mm³)
 RESUMEN DE CANTIDADES DE OBRA CIVIL
 PRECIOS MEDIOS

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	N CONTROL	CANTIDAD	P. U.	IMPORTE
20.00000	OBRA DE DESVÍO					
21.00000	Ataguías					
0.21105	Despalme en laderas. Incluye carga, acarreo, descarga, extendido y formación de plataformas en desvío	m³	1	13 996	50,71	709 761
0.21145	Sobrecarreo en 4 km subsecuentes al primero del 100% de material producto de excavación y/o remociones y/o extracción de derrumbes en desvío	m³-km	5	55 986	6,44	360 549
0.21110	Precorte en la ladera para regularización del talud	m²	1	2 611	67,57	176 426
0.31030	Material N impermeable para el núcleo. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y tratamiento requerido, carga, acarreo, descarga y colocación, en ataguías y cortina	m³	2	20 786	99,59	2 070 047
0.31035	Sobrecarreo en 9 km subsecuentes al primero del material N	m³-km	6	187 071	3,91	731 448
0.31001	Suministro y colocación de material a fondo perdido, 1B producto de banco. Incluye: carga, acarreo primer km, descarga, colocación, compactación, mano de obra y equipos necesarios	m³	2	16 900	27,66	467 455
0.31035	Sobrecarreo en 9 km subsecuentes al primero del material 1B	m³-km	6	152 100	3,91	594 712
0.31040	Material 2 de aluvión para filtros. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y procesamiento requerido, carga, acarreo, descarga, colocación en ataguía y cortina, Ø < 7,62 cm	m³	2	25 969	54,43	1 413 494
0.31050	Enrocamiento 3A proveniente de las excavaciones para los respaldos. Incluye carga en banco de almacenamiento, acarreo, descarga, colocación en ataguía, Ø < 40 cm	m³	2	50 385	41,35	2 083 421
0.31060	Enrocamiento 3B. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento y procesamiento requerido, carga, acarreo, descarga y colocación	m³	2	14 098	89,56	1 262 632
0.31010	Enrocamiento 3C provenientes de excavaciones para las preataguías de aguas abajo, contraataguías y cortina. Incluye carga en banco de almacenamiento, acarreo, descarga y colocación	m³	2	24 051	26,075	627 135
0.31065	Enrocamiento 4 para la protección de los taludes. Incluye explotación en banco, carga, acarreo, descarga en el banco de almacenamiento, carga, acarreo, descarga y colocación en ataguía Ø > 40 cm y cortina Ø > 1 m	m³	2	24 153	55,60	1 342 900
0.41130	Pantalla flexioimpermeable en ataguías sobre aluviones	m²	3	1 940	4062,8	7 881 832
21.00000	Ataguías					PARCIAL 19 721 812
21.70000	Tajo de desvío					
0.21004	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material en grandes masas	m³	1	406 323	37,31	15 159 911
0.21145	Sobrecarreo en 2 km subsecuentes al primero del 33% de material producto de excavación en portales del desvío	m³-km	5	268 173	6,44	1 727 035
0.51257	Concreto en plantilla de canal. Incluye cemento	m³	4	18 228	3 011	54 881 956
0.51256	Concreto en muros laterales de canal. Incluye cemento	m³	4	1 456	2 391,05	3 481 369
23.00000	Tajo de desvío					PARCIAL 75 250 271
21.70000	Tratamientos Geotécnicos en taludes del canal	lote	3	1	7 579 955,57	7 579 956
21.70000	Tajo de desvío					TOTAL 82 830 227
	EQUIPO ELECTROMECÁNICO					
0.60210	Compuerta tipo AGUJA para 2 vanos, de 9,00 m de ancho, 1,5 m de altura de cada elemento, de 20,00 m de carga máxima hidrostática, 17,00 m desde dos veces la altura de la compuerta hasta el piso pieza de maniobras y 10 número de elementos. Incluye guías, mecanis	pieza	11	1	5 361 572	5 361 572
0.60250	Grúa PÓRTICO para soportar 9 t de peso	pieza	11	1	579 495	579 495
40.00000	EQUIPO ELECTROMECÁNICO					TOTAL 5 941 067
20.00000	OBRA DE DESVÍO					TOTAL 108 493 100
30.00000	OBRA DE CONTENCIÓN					
31.70000	Cortina de Concreto Gravedad					
0.21108	Desmonte de laderas	ha	5	3,53	21549	76 068
0.21007	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material para sección obligada	m³	1	930 102	212,5	197 646 675
0.21155	Sobrecarreo en 2 km subsecuentes al primero del 50% de material producto de excavaciones	m³-km	5	930 102	6,44	5 989 857
0.51105	Concreto para cortina de gravedad maciza (ataguía aguas abajo). Incluye cemento	m³	4	2 051 355	1624,13	3 331 667 196
0.51070	Concreto dental en la cimentación del plinto. Incluye cemento	m³	4	1 585	1854,71	2 939 715
0.41175	Suministro, barrenación de Ø=2¼", habilitación, colocación e inyección de anclas de fricción de Ø=1" con longitud de 6,01 a 9,0 m a cielo abierto en generación y excedencias	m	3	1 530	565,78	865 643
0.41315	Barrenación en roca de Ø=2¼" para inyección de consolidación y longitud hasta 5 m en tapete de consolidación	m	3	7 040	278,33	1 959 443
0.41316	Inyección y reinyección de consolidación lavando previamente las perforaciones	m³	3	1 410	2768,22	3 903 190
0.51326	Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo	t	8	612	10 091,45	6 175 967
33.00000	Galerías					
0.21040	Excavación en roca para galerías de drenaje en contención	m³	1	1848	870,44	1 608 573
0.4108	Barrenación en roca de Ø=2 ¼" en túnel. Incluye inyección de contacto concreto-roca y cemento en desvío	m	3	270	3230,39	872 205
0.41295	Barrenación en roca de Ø=2 ¼" e inyección de consolidación en excavaciones subterráneas de 6 a 20 m en generación y excedencias	m	3	1065	5809,54	6 187 160
0.41270	Barrenación en roca para drenaje de Ø=3" en excavaciones subterráneas y longitud de 6 a 9,0m en desvío, generación y excedencias	m	3	935	331,48	309 934
0.51145	Concreto en galerías de casa de máquinas subterránea. Incluye cemento	m³	4	436	2391,05	1 042 498
0.51326	Suministro, habilitación y colocación de acero de refuerzo	t	8	31	10 091,45	312 835
33.00000	Galerías					PARCIAL 3 561 556 961
35.00000	Pantalla Impermeable					
0.4114	Barrenación e inyección de consolidación para pantalla profunda en cortina de longitud de 2 a 102 m	m	3	2 240	1 698,05	3 803 632
0.41345	Inyección de impermeabilización para pantalla profunda de 40 a 50 m en cortina	m³	3	448	3 331,88	1 492 682
0.41165	Bombeo en exceso de 10 l/s con bomba centrífuga de Ø=8"	h	3	8 640	226,32	1 955 405
35.00000	Pantalla Impermeable					PARCIAL 7 251 719
31.70000	Obra de Contención					TOTAL 3 568 808 680
	COSTO DE LA ALTERNATIVA DE CONCRETO GRAVEDAD					TOTAL 3 677 301 788

ANEXO IV

ESQUEMAS

DATOS DE PROYECTO

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
HIDROLOGÍA		
ÁREA TRIBUTARIA (desde la presa Poncitlán)	km ²	23 223
ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL (1964-2001)	Mm ³	1 674,4
ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL MENOS USOS FUTUROS	Mm ³	897,5
GASTO MEDIO DEL PERIODO	m ³ /s	53,06
GASTO MEDIO MENOS USOS FUTUROS	m ³ /s	28,44
EMBALSE		
N A M E	msnm	1 097,70
N A M O	msnm	1 093,60
N A M I N O	msnm	1 042,00
ÁREA DEL EMBALSE AL N A M E	km ²	7,30
ELEVACIÓN DEL CAUCE	msnm	990,00
CAPACIDAD AL N A M E	Mm ³	353
CAPACIDAD AL N A M O	Mm ³	325
CAPACIDAD AL N A M I N O	Mm ³	85
VOLUMEN PARA REGULAR AVENIDAS	Mm ³	28
VOLUMEN ÚTIL	Mm ³	240
CAPACIDAD AL UMBRAL DE LA TOMA	Mm ³	85
VIDA ÚTIL DE LA OBRA	años	50
OBRA DE DESVÍO		
GASTO MÁXIMO REGISTRADO (E.H. Arcediano)	m ³ /s	3 329
GASTO MÁXIMO DE LA AVENIDA DE DISEÑO TR = 100 años	m ³ /s	2 838
GASTOS DE DESCARGA EN TÚNELES Y TAJO	m ³ /s	2 400 y 2 500
ALTURA DE LOS TÚNELES EN LAS CORTINAS DE MATERIALES (2)	m	12
LONGITUD DE LOS DOS TÚNELES	m	1 458
ANCHO DEL TAJO DE DESVÍO EN LA CORTINA DE CONCRETO	m	20
ANCHO Y ALTO DE LOS CONDUCTOS EN LA CORTINA DE CONCRETO (2)	m	9 y 15
ELEVACIÓN DE LA ATAGUÍA AGUAS ARRIBA	msnm	1 013
ELEVACIÓN DE LA ATAGUÍA AGUAS ABAJO	msnm	997
LONGITUD DE LOS CONDUCTOS DE CONCRETO	m	98
CORTINA		
ELEVACIÓN DE LA CORONA	msnm	1 100
ALTURA (Sin incluir desplante)	m	110
VERTEDOR		
GASTO MÁXIMO DE LA AVENIDA DE DISEÑO Tr = 10 000 años	m ³ /S	5 521
GASTO MÁXIMO DE DESCARGA	m ³ /S	4 745
TIPO EN PRESAS DE MATERIALES: CRESTA CONTROLADA CON COMPUERTAS RADIALES	pza	4
DIMENSIÓN DE LAS COMPUERTAS ANCHO Y ALTO	m	10,50 y 12,65
ELEVACIÓN DE LA CRESTA VERTEDORA EN LAS PRESAS DE MATERIALES	msnm	1 083
TIPO EN LA PRESA DE CONCRETO: CRESTA LIBRE		
ELEVACIÓN DE LA CRESTA VERTEDORA DESCARGA LIBRE	msnm	1 093,60
LONGITUD DE LA CRESTA VERTEDORA CRESTA LIBRE	m	320
OBRA DE TOMA Y CASA DE BOMBAS		
GASTO DE DISEÑO	m ³ /s	10,4

