



Organismo de Cuenca Noroeste
Dirección Técnica

Asunto: Atención a petición ciudadana dirigida a la Presidenta de la República, con número de identificación 20250609CODLE0

C. Lara Alejandrina Cornejo Denman

P r e s e n t e

Me refiero al escrito ingresado en la Presidencia de la República y de acuerdo con el artículo 8 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y recibido para su atención en este Organismo de Cuenca Noroeste, con el número de identificación 20250609CODLE0 en la que se solicita atender: Obtener acceso a varios estudios relacionados con la construcción de tres nuevas presas en la cuenca del Río Sonora

Al respecto, se informa:

1. Estudios hidrológicos con los cálculos de estimaciones de escurrimientos, incluyendo el estudio de climatología que fundamenta el volumen de agua disponible anualmente en cada uno de los sitios mencionados, incluido el cálculo del caudal ecológico.

Ver Anexo 1

2. El régimen hidrológico actual no cubre las necesidades hídricas del sistema ambiental. Por lo que, con la construcción de las tres presas no se puede garantizar el caudal ecológico.

Del resumen entregado en la respuesta a la petición ciudadana ID 20250321CODL2V, tenemos que para la subcuenca Río Sonora 1 que comprende desde el nacimiento de la cuenca hasta la estación hidrométrica el Orégano II, el caudal ecológico propuesto es de 27.60 Mm³ con la siguiente distribución anual:

Caudal-Volumen	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
m ³ /s	0.04	0.13	0.03	0.01	0.00	0.07	4.47	3.64	1.70	0.08	0.08	0.13
Mm ³ /año	0.12	0.31	0.08	0.01	0.01	0.17	11.99	9.74	4.41	0.21	0.20	0.35



Del Anexo 1 retomamos el Volumen de escurrimiento (CP) de la cuenca de la presa Puerta del Sol que es de 54.40 Mm³.

Considerando que se realizarán trasvases entre las presas Puerta del Sol y El Molinito, se considera factible cumplir con el caudal ecológico.

3. No hay estudios actualizados de geohidrología de evolución de niveles estáticos y de calidad del agua históricos.

Los estudios de calidad del agua del río Sonora de 2012 a 2024 están disponibles en los apartados 1 y 5 de la siguiente liga. <https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua>.

La evolución de los niveles estáticos se puede consultar en las publicaciones de la actualización de la disponibilidad media anual de agua en los acuíferos de la cuenca del río Sonora, disponibles en la siguiente liga:

<https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/Edos/sonora/sonora.html>.

Los resultados históricos de niveles estáticos están disponibles en la siguiente liga:

<https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/SINA/?opcion=acuiferos>

En el acuífero río Bacanuchi se tomarán los niveles estáticos en el mes de agosto, en el acuífero río Sonora en el mes de octubre, al acuífero Sahuaral, Río Zanjón y Río San Miguel en el mes de diciembre. Los estudios de calidad del agua se realizarán la primera quincena del mes de septiembre, tanto en aguas superficiales como subterráneas.

4. Aun no existen estudios de costo-beneficio de las posibles alternativas para suministrar agua a Hermosillo, considerando las necesidades de la cuenca.

Este estudio de alternativas corresponde a un apartado del Análisis Costo Beneficio, mismo que se encuentra en proceso de elaboración por parte de la Comisión Estatal del Agua (CEA).

5. No se cuenta con los proyectos ejecutivos de diseño de las obras de infraestructura propuestas, las cuales también deberían considerar estudios geológicos y geotécnicos.

Tanto el anteproyecto de la presa como los estudios geológicos y geotécnicos están en proceso de elaboración por parte de la CEA.





6. **Tampoco existe un proyecto ejecutivo de la adecuación y rehabilitación de la cortina y el vertedor de la presa El Molinito y, en su caso de la presa Abelardo L. Rodríguez, lo cual es inadmisibles debido a que debería de formar parte de un proyecto integral a nivel cuenca.**

El alcance de este proyecto es para abastecimiento de agua, las acciones consideradas son:

1. Construcción de presa Puerta del Sol
2. Continuación de acueducto El Molinito a la planta Potabilizadora Norte
3. Terminación de planta Potabilizadora Norte

7. **Tampoco se tiene el Manifiesto de Impacto Ambiental; ni de los impactos sociales y económicos de la posible construcción de las presas.**

Se encuentra en proceso de elaboración por parte de CEA

8. **No existen estudios agrológicos, de tenencia y uso de suelos y de planificación de las zonas de riego, consideradas con ubicación por municipio y subcuenca.**

Los estudios relacionados con las zonas de riego se realizarán por la dirección de infraestructura hidroagrícola en el marco de los programas de apoyo a unidades de riego.

9. **Así mismo, no hay un desglose y calendario de las inversiones incluidas y destinadas a la recepción y distribución del agua en Hermosillo y pueblos ribereños.**

El agua superficial que se extraiga de la presa el Molinito se conducirá por el acueducto existente hasta el cárcamo de proyecto, mismo que enviará las aguas a la planta potabilizadora norte a través de un nuevo acueducto. En el alcance de los trabajos que se consideran en el proyecto se incluye la línea de llegada a la planta potabilizadora, la terminación de la planta potabilizadora con las adecuaciones al tren de tratamiento para cumplir con la NOM-127-SSA1-2021, la línea de bajada y conexión a tanque de almacenamiento existente.

Actualmente los usuarios que aprovechan las aguas superficiales tienen tomas directas al río, por lo que no tienen acceso al agua durante todo el año. Dentro de los programas de apoyo a las unidades de riego que maneja la Dirección de Infraestructura Hidroagrícola de la CONAGUA se considerará la elaboración del proyecto y la construcción de una derivadora.

Aun no se cuenta con la inversión definitiva ya que se está trabajando en estudios básicos y anteproyectos.

10. **Finalmente, el proyecto no contempla modificaciones a los usos que se darán al vaso de la presa Abelardo L. Rodríguez en caso de realizarse estas obras, contradiciendo el anuncio original del gobierno del estado de Sonora.**





La actualización del estudio hidrológico presentado por el Gobierno del Estado de Sonora, se revisó por CONAGUA y se realizaron modificaciones considerando los criterios del Anexo 1. Después de analizar diferentes alternativas para incrementar el volumen de agua que se aprovecha de la cuenca del Río Sonora para uso público urbano, se determinó que las presas Sinoquipe y las Chivas funcionarían como control de avenidas. La presa Puerta del Sol para almacenamiento. Lo anterior, debido a que no se tiene una alternativa viable para incrementar el almacenamiento de la presa El Molinito hasta 120 Mm³ sin representar riesgos hidrológicos, por lo que se continuará con un almacenamiento máximo de 28 Mm³ para que tenga capacidad de controlar avenidas.

Una vez construida la presa Puerta del Sol se podrán realizar modificaciones al vertedor de la presa El Molinito para incrementar la capacidad de descarga considerando la infraestructura existente aguas abajo. En cuanto a las modificaciones a la cortina se analizan alternativas por parte de la Gerencia del Consultivo Técnico de CONAGUA para reforzar y proteger la estructura con la finalidad de poder almacenar más de 28 Mm³ de forma segura.

Considerando que el proyecto a ejecutar es para abastecimiento de agua y que solo se construirá la Presa Puerta del Sol, con esta configuración del sistema de presas (Puerta del Sol, Molinito y Abelardo Rodríguez L.) no es posible reducir el vaso de la presa Abelardo Rodríguez Luján ya que la descarga del vertedor controlado no puede exceder 375 m³/s que es la capacidad de conducción del canal Vado del Río.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo

ATENTAMENTE



Ing. Graciela Catalina Treviño Macías
Directora Técnica

C.c.p. Lic. Efraín Morales López. Director General. CONAGUA. Presente
Mtro. Rodolfo Castro Valdez. Director General del Organismo de Cuenca Noroeste. Presente
Lic. Claudia Ivonne Añorve Lasso. Directora de Asuntos Internacionales. Presente



Organismo de Cuenca Noroeste
Dirección Técnica

ANEXO 1

PETICIÓN CIUDADANA CON NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN 20250609CODLEO

Derivado de la revisión realizada por la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos de la Comisión Nacional del Agua a la actualización del estudio hidrológico presentado por la Comisión Estatal del Agua del Estado de Sonora, se presentan el resumen de los resultados obtenidos.

1. Ubicación.

Los proyectos de las presas Puerta del Sol y Las Chivas se ubican en la Región Hidrológica 9 Sonora Sur, el primero sobre el Río Sonora y el proyecto de la presa las Chivas sobre el río San Miguel, las coordenadas de las presas son: Puerta del Sol 29° 28' 35.18" latitud norte y 110° 13' 46" longitud oeste; Las Chivas 29° 26' 57" latitud norte y 110° 45' 48" longitud oeste, los sitios de los proyectos se localizan aguas arriba de la ciudad de Hermosillo, Sonora. Actualmente existen dos presas en el sitio de interés, El Molinito y Abelardo Rodríguez Luján, ambas sobre el Río Sonora, las coordenadas de las presas son: Ing. Rodolfo Félix Valdés (El Molinito) 29° 12' 44" latitud norte y 110° 43' 35" longitud oeste; Abelardo Rodríguez Luján 29° 04' 18.6" latitud norte y 110° 55' 11.8" longitud oeste.

La finalidad principal de los proyectos es el abastecimiento de agua para uso público urbano de la ciudad de Hermosillo, Sonora, así como el control de avenidas.



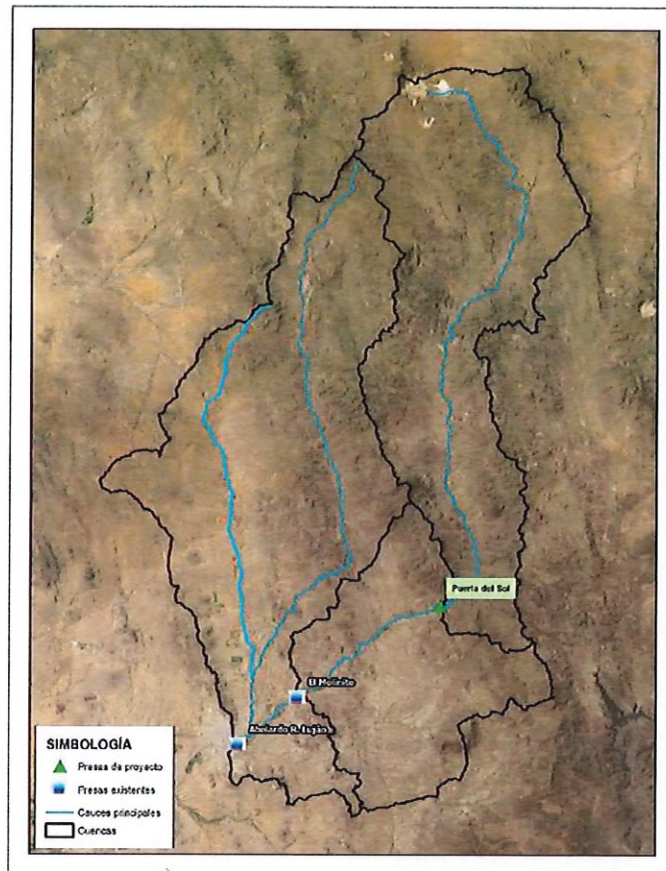


Figura No. 1 Cuencas de aportación de las presas Puerta del Sol, El Molinito y Abelardo Rodríguez Luján

Los proyectos de presas Puerta del Sol y Las Chivas y las presas Rodolfo Félix Valdés y Abelardo Rodríguez Luján, se ubican en el sistema de cuencas hidrológicas del río Sonora, el cual, conforme al “Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales de las 757 cuencas hidrológicas que comprenden las 37 regiones hidrológicas en que se encuentra dividido los Estados Unidos Mexicanos”, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre de 2023, tiene un déficit medio anual de -1.390 Mm³, es decir, no es posible concesionar o asignar volúmenes adicionales a los ya establecidos.

Cabe señalar que, actualmente se encuentra registrado en el REPDA el título de asignación No. 02SON100013/09HBDA12, a nombre de AGUA DE HERMOSILLO para uso público urbano de 160.00 Mm³ con dos fuentes de aprovechamiento; de la presa Abelardo Rodríguez Luján por 113.00 Mm³ y de la presa Rodolfo Félix Valdés (El Molinito) por 47.00 Mm³; por lo que las obras propuestas por la Comisión Estatal del Agua no implican incrementar la concesión al Organismo Operador.



2. Características fisiográficas.

De acuerdo con la información del conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación serie VI del INEGI, en la zona de las cuencas de estudio la vegetación en su mayoría es de Matorral Subtropical y de acuerdo al conjunto nacional de información edafológica serie II, en la cuenca se presenta principalmente litosol que corresponde a suelo rocoso y regosol que es una capa de material suelto que cubre la roca.

Para la definición de la cuenca de aportación y la obtención de sus corrientes principales, se utilizó la información del modelo digital de elevaciones Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM), publicado por el INEGI. El modelo tiene información de resolución de tamaño de celdas de 15x15 metros. Debido al tamaño de las cuencas de aportación a cada presa, se optó por dividir las en diferentes subcuencas, como se muestra en la figura 2.

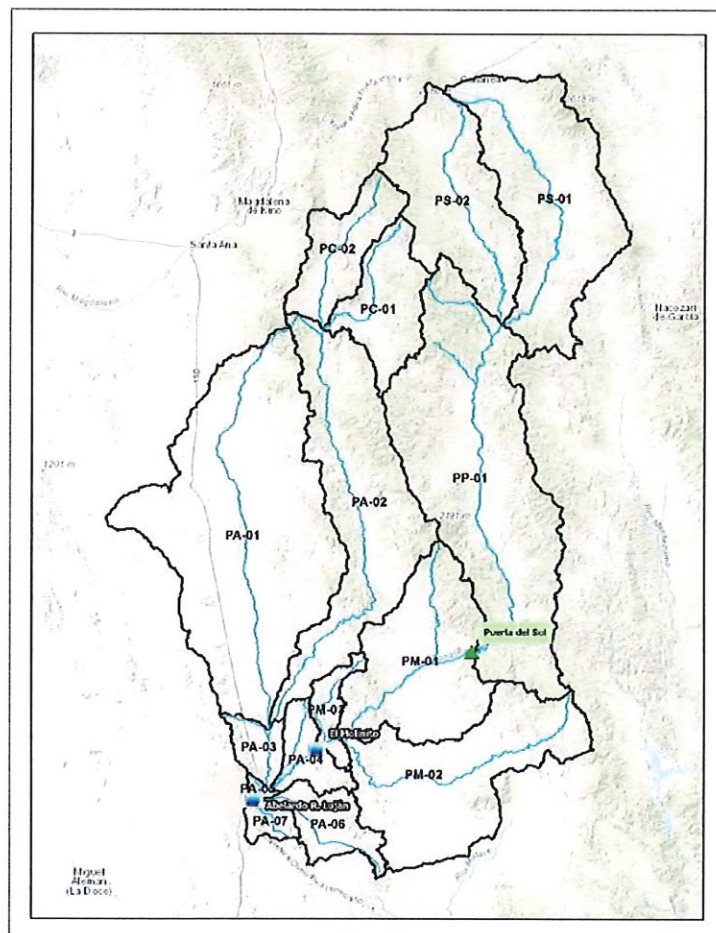


Figura No. 2 Subcuencas de aportación para las diferentes presas

64





Una vez delimitada la cuenca, se calcularon sus principales parámetros fisiográficos para el análisis hidrológico, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se determinó la pendiente del cauce principal mediante el método de Taylor – Schwarz.
- El tiempo de concentración se estimó con la fórmula de Kirpich.
- Para determinar el Número de Curva, se utilizaron las cartas de Edafología (serie II) y Uso de Suelo y Vegetación (serie VI).

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los parámetros fisiográficos para las diferentes subcuencas.

Tabla No. 1 Parámetros fisiográficos principales de las subcuencas.

Presas	Subcuencas	Área (km ²)	Longitud del Cauce (m)	Pendiente (m/m)	Tiempo de concentración (hora)	Número de Curva
Puerta del Sol	PS-01	2,290.38	123,425.55	0.00273	26.21	71
	PS-02	1,609.62	97,979.71	0.00356	19.82	70
	PP-01	3,772.31	168,017.33	0.00332	30.85	65
El Molinito	PM-01	1,740.63	87,981.70	0.00434	16.90	63
	PM-02	2,057.06	116,713.01	0.00198	28.43	66
	PM-03	243.68	40,888.41	0.00728	7.68	72
Abelardo R. Luján	PC-01	810.18	64,947.17	0.00217	17.46	72
	PC-02	742.29	61,155.40	0.00783	10.18	74
	PA-01	4,305.91	148,694.57	0.00442	25.14	68
	PA-02	2,427.27	181,839.11	0.00257	36.14	67
	PA-03	248.21	36,842.10	0.00483	8.3	67
	PA-04	350.39	35,302.03	0.00402	8.62	78
	PA-05	35.91	10,133.98	0.00843	2.48	79
	PA-06	470.75	54,624.35	0.00429	11.76	72
	PA-07	152.89	18,817.65	0.00376	5.45	79



3. Precipitación de diseño

La precipitación de diseño se estimó mediante el método de lluvias regionalizadas del estudio "Análisis regional para estimar precipitaciones de diseño en la República Mexicana". La precipitación media fue corregida mediante un factor de reducción por área (FRA) igual a 0.68 y se consideró un factor de convectividad (R) igual a 0.65, de acuerdo a los estudios realizados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Tabla 2. Precipitaciones para diferentes periodos de retorno, Presa Puerta del Sol.

Tr [años]	PS-01 [mm]	PS-02 [mm]	PP-01 [mm]
5	64.2	66.6	71.5
10	75.3	78.2	83.9
50	100.1	103.9	111.5
100	110.7	114.9	123.3
500	134.5	139.6	149.7
1,000	145.1	150.6	161.6
10,000	179.5	186.3	199.8

Tabla 3. Precipitaciones para diferentes periodos de retorno, Presa El Molinito.

Tr [años]	PM-01 [mm]	PM-02 [mm]	PM-03 [mm]
5	75.2	75.3	72.4
10	88.2	88.5	85.4
50	117.2	119.2	117.6
100	129.7	132.3	131.3
500	157.5	174.3	174.4
1,000	169.9	186.6	187.0
10,000	210.2	216.1	217.1

Tabla 4. Precipitaciones para diferentes periodos de retorno, Presa Abelardo Rodríguez Luján.

Tr [años]	PC-01 [mm]	PC-02 [mm]	PA-01 [mm]	PA-02 [mm]	PA-03 [mm]	PA-04 [mm]	PA-05 [mm]	PA-06 [mm]	PA-07 [mm]
5	69.2	69.2	69.3	74.4	72.5	71.0	71.4	70.6	71.8
10	81.2	81.2	82.5	87.7	88.0	85.5	86.7	85.7	87.2
50	107.9	107.9	120.2	120.8	142.7	132.0	140.6	138.9	141.4
100	119.3	119.4	136.2	134.9	165.7	151.6	163.2	161.3	164.2
500	145.0	145.0	170.0	165.6	212.3	192.1	209.1	206.6	210.3
1,000	156.4	156.4	184.6	179.2	231.8	209.2	228.4	225.7	229.7
10,000	193.5	193.5	232.0	223.1	295.7	265.2	291.3	287.8	293.0



4. Gastos máximos medidos en la cuenca.

La presa Abelardo Rodríguez Luján "Hermosillo" se ubica sobre el río Sonora, a 5 km de la ciudad de Hermosillo, dicha presa cuenta con un área de aportación de 21,257.44 km². Aguas arriba de esta presa se construyó la presa Ing. Rodolfo Félix Valdés (El Molinito) con el objetivo principal de control de avenidas, con un área de aportación de 11,713.65 km².

En los cauces de aportación a dichas presas, se cuenta con dos estaciones hidrométricas:

- La estación hidrométrica El Orégano, ubicada sobre el río Sonora, que aporta sus escurrimientos a la presa El Molinito.
- La estación hidrométrica El Cajón, sobre el río San Miguel, que aporta sus escurrimientos a la presa Abelardo Rodríguez Luján por la margen derecha del río Sonora.

Al contar con registros de escurrimientos en las dos estaciones hidrométricas, se procedió a determinar los caudales máximos para diferentes periodos de retorno del río San Miguel y Río Sonora hasta los puntos de medición.

Tabla 7. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno, hidrométricas El Cajón y el Orégano.

Tr (años)	El Cajón (m ³ /s)	El Orégano (m ³ /s)
5	219.9	716.8
10	333.7	936.3
50	499.2	1,360.9
100	562.9	1,533.6
500	707.2	1,929.5
1,000	769.2	2,098.6
10,000	971.3	2,662.6



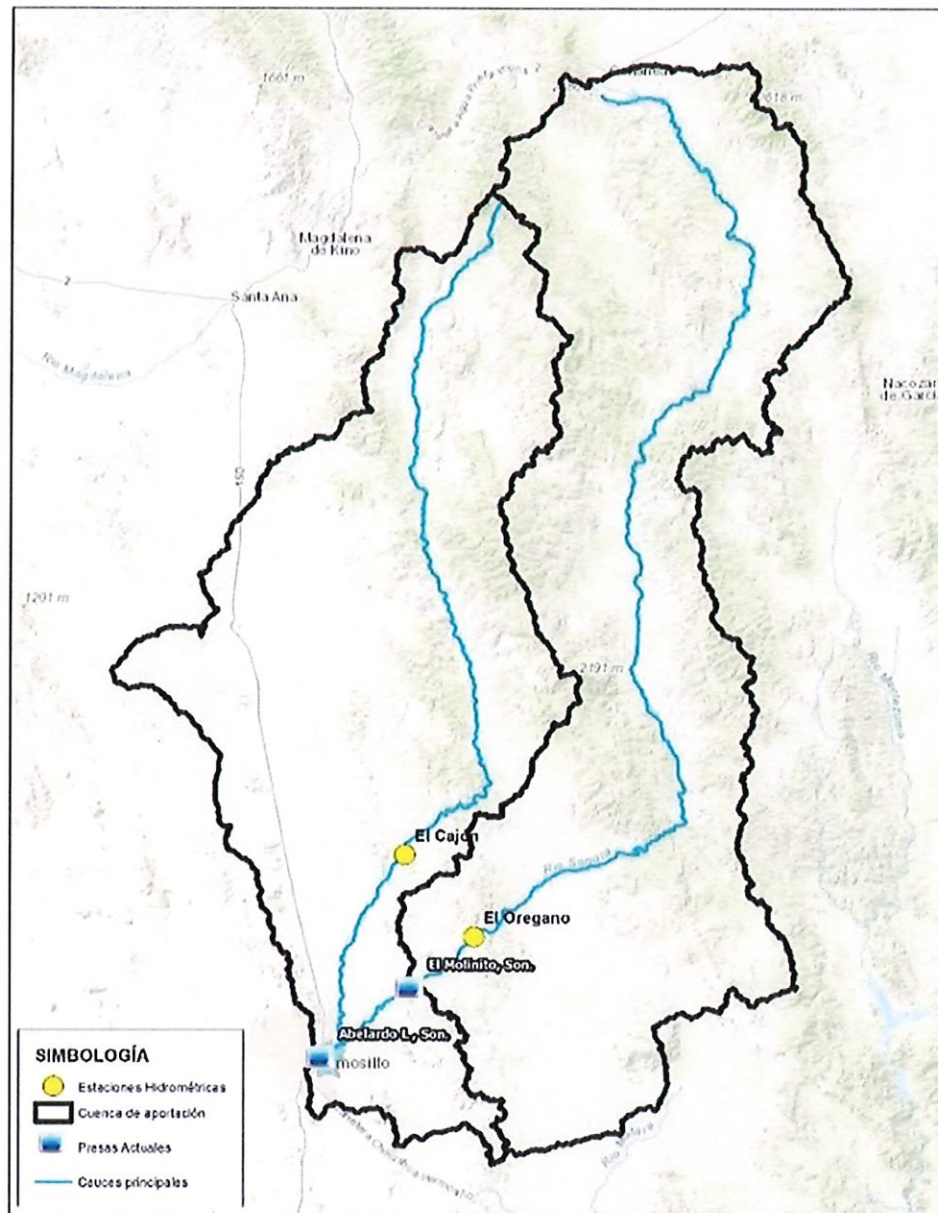


Figura 3. Ubicación de las presas existentes.

[Handwritten signature]





5. Calibración del coeficiente de escurrimiento

Las estaciones hidrométricas se ubican aguas arriba de los sitios de interés. Por ejemplo, la EH el Orégano se ubica aproximadamente 20 km aguas arriba de la presa El Molinito, la EH El Cajón se ubica aproximadamente 50 km aguas arriba de la presa Abelardo Rodríguez Luján.

Por lo tanto, se construyó un modelo lluvia-escurrimiento en el programa HEC-HMS para las estaciones hidrométricas (Figura 4), con el fin de calibrar los números de escurrimiento para diferentes periodos de retorno, considerando los registros históricos medidos.

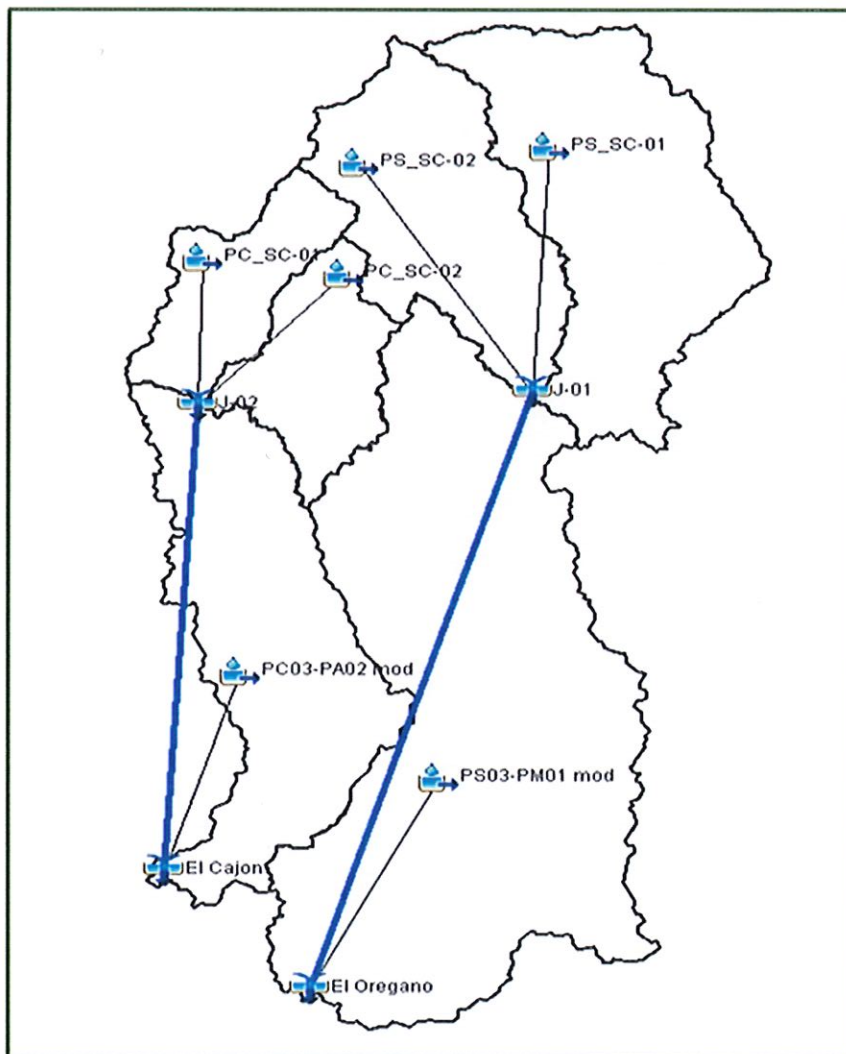


Figura 4. Armado del modelo HEC-HMS hasta los sitios de las EH.





Tabla 6. Gasto máximo calibrado para la estación hidrométrica El Cajón.

Tr (años)	CN	Q medido (m ³ /s)	Q calibrado (m ³ /s)
5	71.00	219.92	226.18
10	70.00	333.72	322.90
50	65.00	499.21	482.68
100	63.00	562.93	549.84
500	59.00	707.21	700.34
1,000	57.00	769.16	750.90
10,000	52.00	971.31	954.85

Tabla 9. Gasto máximo calibrado para la estación hidrométrica El Orégano

Tr (años)	CN	Q medido (m ³ /s)	Q calibrado (m ³ /s)
5	82.00	716.8	726.17
10	81.00	936.33	935.95
50	78.00	1360.93	1,363.68
100	77.00	1533.56	1,565.81
500	74.00	1929.49	1,953.38
1,000	72.00	2098.57	2,063.10
10,000	69.00	2662.64	2,698.28

6. Avenidas máximas en condiciones actuales.

Una vez calibrados los números de escurrimientos para las subcuencas, se procedió con el armado del modelo HEC-HMS de las cuencas de aportación a las presas El Molinito y Abelardo Rodríguez Luján (Figura 5) y se determinaron las avenidas de diseño para diferentes periodos de retorno.

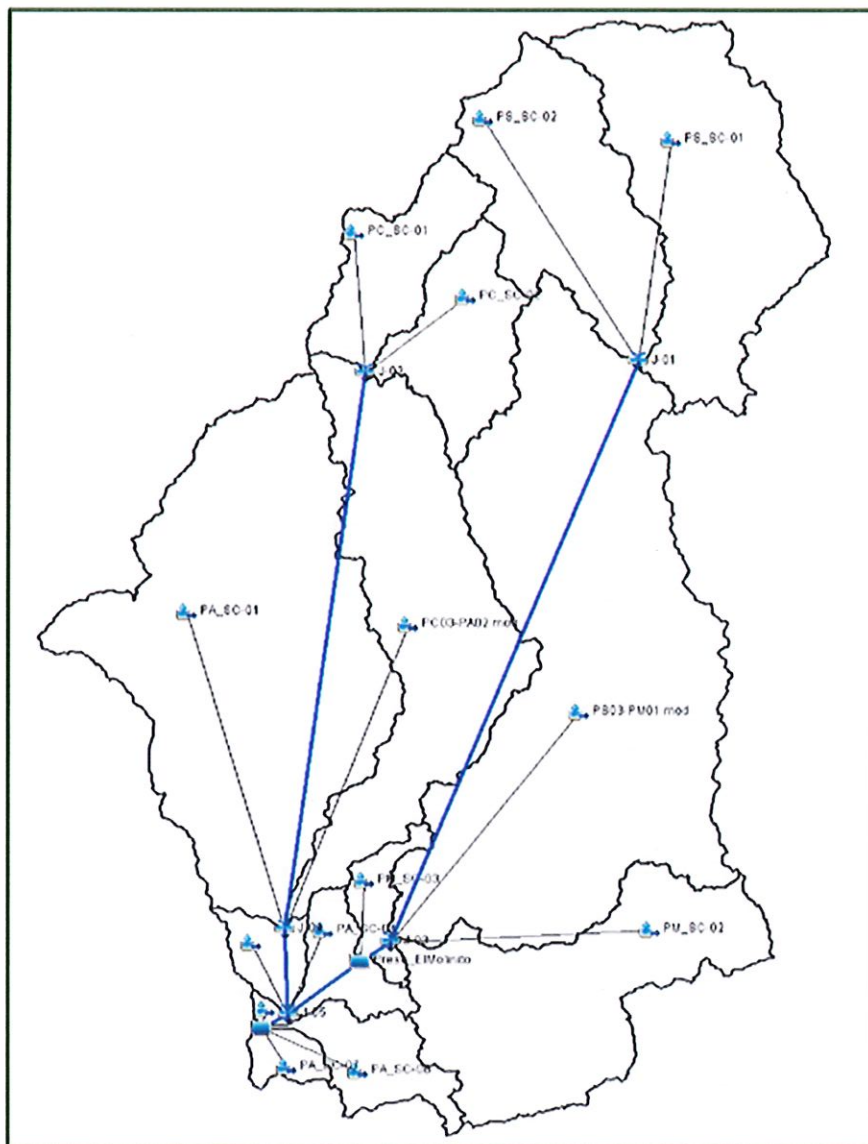


Figura 5. Armado del modelo HEC-HMS para las presas actuales

Tabla 8. Gastos máximos para diferentes periodos de retorno en las presas existentes.

Tr (años)	500 años Q max (m3/s)	1,000 años Q max (m3/s)	10,000 años Q max (m3/s)
Presa El Molinito	1,855.94	2,160.03	3,219.37
Presa Abelardo Rodríguez	1,111.75	1,399.63	2,493.92



7. Avenidas máximas en condiciones de proyecto.

Para el proyecto del sistema integral de presas del río Sonora para el abastecimiento de agua potable, se propuso la construcción de dos presas: presa Puerta del Sol y presa Las Chivas, con el objetivo de evaluar las alternativas que optimicen la operación de las presas y maximizar el aprovechamiento del recurso hídrico. También, revisar y mitigar posibles afectaciones por inundaciones de la población aguas abajo de la presa Abelardo Rodríguez Luján.

Para ello, se analizaron diferentes escenarios para conocer la factibilidad de disminuir el Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO), con el objetivo de optimizar la capacidad de regulación de la presa Abelardo Rodríguez Luján y garantizar la seguridad de la población aguas abajo contra inundaciones.

El canal de conducción aguas abajo de la presa Abelardo Rodríguez Luján es de $375 \text{ m}^3/\text{s}$, por lo que se busca que las descargas de la presa pueden conducirse sin provocar desbordamientos o inundaciones en la ciudad de Hermosillo, Sonora.

Para determinar las avenidas de diseño para los diferentes periodos de retorno, se aplicó el método del Hidrograma Unitario Adimensional (HUA) del SCS, mediante la herramienta HEC-HMS.

Con ayuda de la herramienta HEC-HMS, se construyó un modelo hidrológico que representará de la mejor manera los escurrimientos y aportaciones que intervienen en el Río Sonora hasta su descarga a la presa El Molinito, para esto se aplicó la metodología de la SCS mediante el Número de Curva calibrado mediante las estaciones hidrométricas.

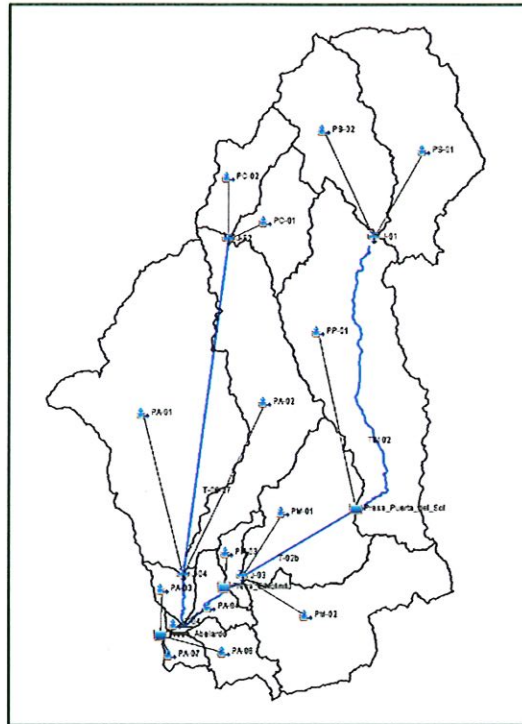


Figura 6. Armado del modelo HEC-HMS para las presas condiciones de proyecto

En la siguiente tabla se presentan las avenidas de diseño para los diferentes periodos de retorno de la presa de proyecto: Puerta del Sol; así como de las presas existentes: El Molinito y Abelardo Rodríguez Luján.

Tabla 9. Gastos máximos para diferentes periodos de retorno para las presas existentes y presas de proyecto.

Tr (años)	10,000 años Q max (m³/s)
Presa El Molinito	3,062.48
Presa Abelardo Rodríguez L.	2,629.20
Presa Puerta del Sol	2,295.13

En la siguiente gráfica se muestran las avenidas máximas para un periodo de retorno de 10,000 años en las presas de proyecto y las presas existentes en condiciones de proyecto.

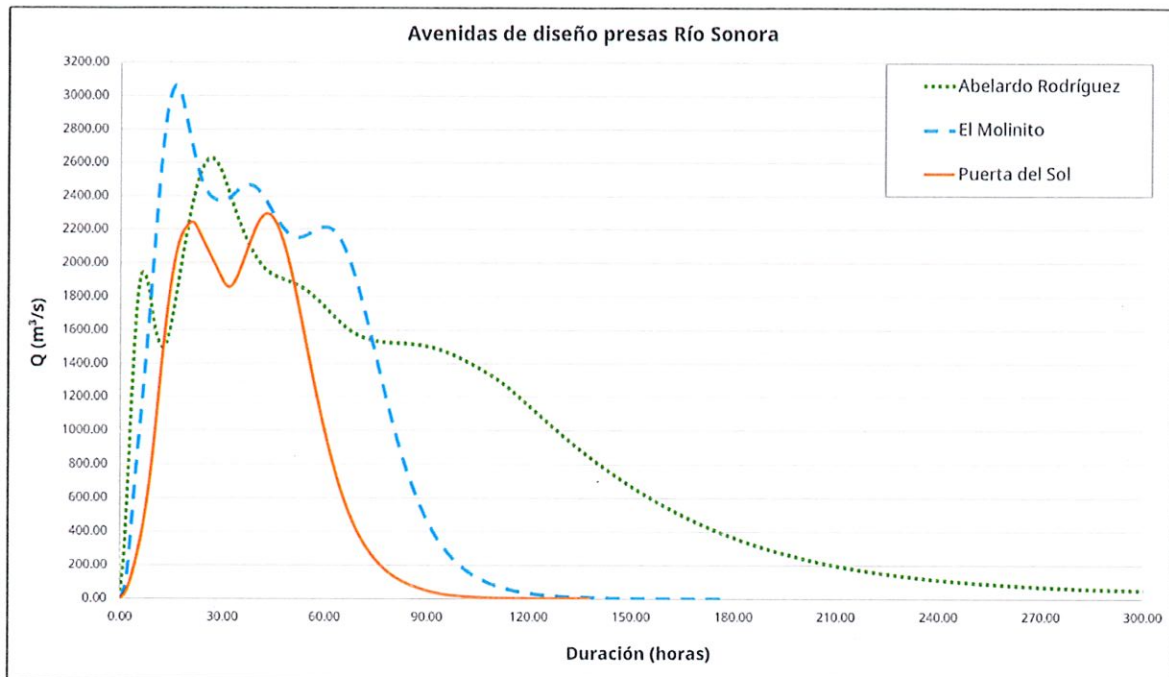


Figura 7. Avenidas máximas para un Tr de 10,000 años en condiciones de proyecto.

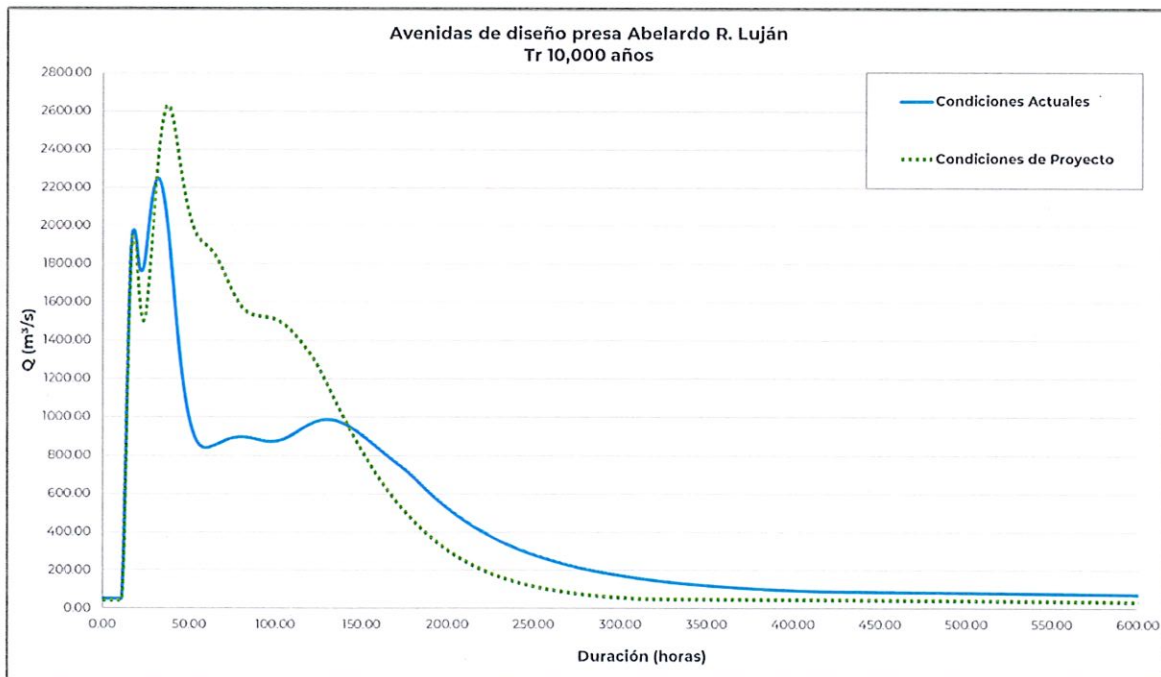


Figura 8. Avenidas máximas para un Tr de 10,000 años en condiciones actuales y condiciones de proyecto en la presa Abelardo Rodríguez Luján



En la siguiente figura se muestran los niveles característicos de la presa Abelardo Rodríguez Luján; el Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO) en color rojo y el Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (NAME) en color rosa. Además, se muestra el nivel que alcanzaría la presa si se presentara una avenida máxima en condiciones de proyecto con un periodo de retorno de 10,000 años, en color verde. Estos resultados son considerando las presas actuales más la presa Puerta del Sol.

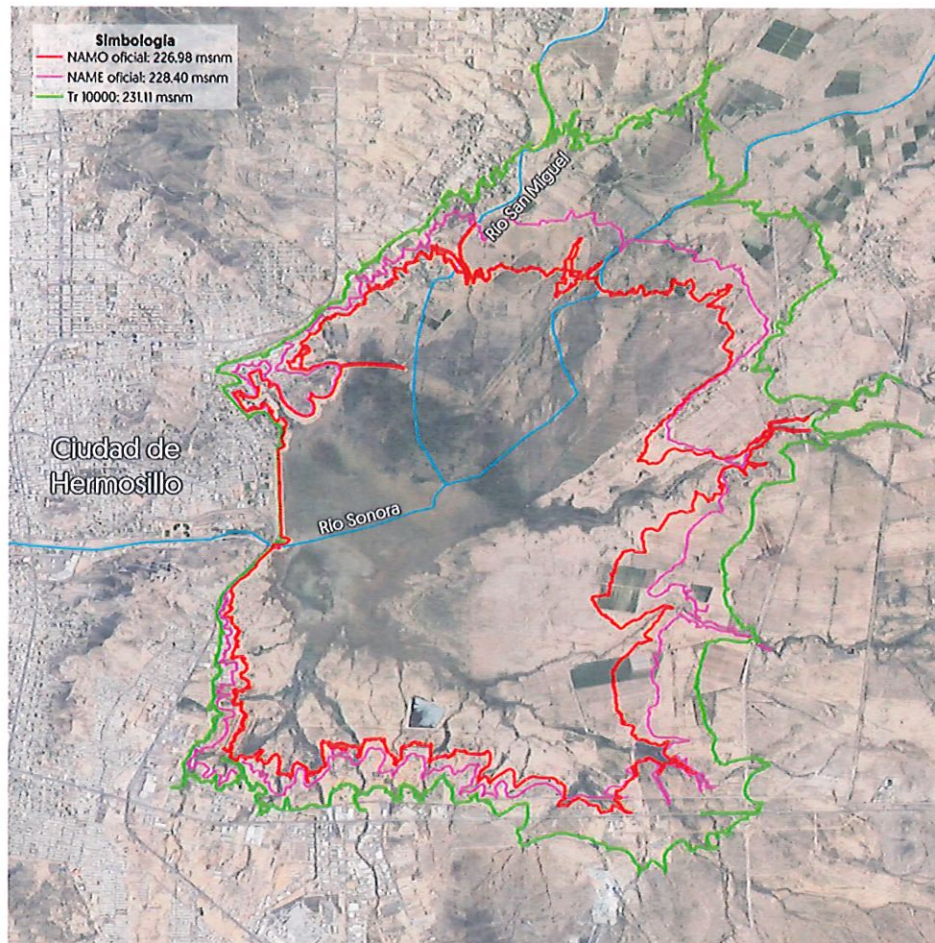


Figura 9. Niveles característicos, presa Abelardo Rodríguez Luján.

Se analizaron los tránsitos de avenidas con diferentes configuraciones de las presas propuestas. Considerando la construcción de la presa Las Chivas como control de avenidas y Puerta del Sol de almacenamiento, no disminuye la avenida máxima probable de manera importante en la presa Abelardo Rodríguez Luján, por lo tanto, no hay reducción en el área del NAME.

Considerando las presas Sinoquipe y Puerta del Sol de almacenamiento y presa Las Chivas de control de avenidas, con esta configuración tampoco disminuye de manera importante la avenida máxima probable en la presa Abelardo Rodríguez Luján por lo que no hay reducción del área que corresponde al NAME. Así mismo, el escurrimiento medio anual en el punto de la presa Sinoquipe es de 30.6 Mm³. La finalidad del





presente estudio es el abastecimiento de agua, por lo que se determinó que los beneficios de la presa Sinoquipe como fuente de abastecimiento no son suficientes para realizar la inversión.

Se considerará únicamente a la presa Puerta del Sol con el motivo de abastecimiento de agua.

8. Precipitación en las cuencas de aportación.

Sonora es una de las entidades más secas del país, las precipitaciones en la zona de estudio pueden variar significativamente de un año a otro. Al respecto, se identificaron años donde las precipitaciones anuales de la zona de estudio son menores a 350 milímetros y años con precipitaciones mayores a 800 milímetros, derivado de la presencia recurrente de sequías y ciclones tropicales.

El cálculo de la precipitación se realizó considerando la cantidad de información disponible, que abarca el periodo de 1981 a 2018.

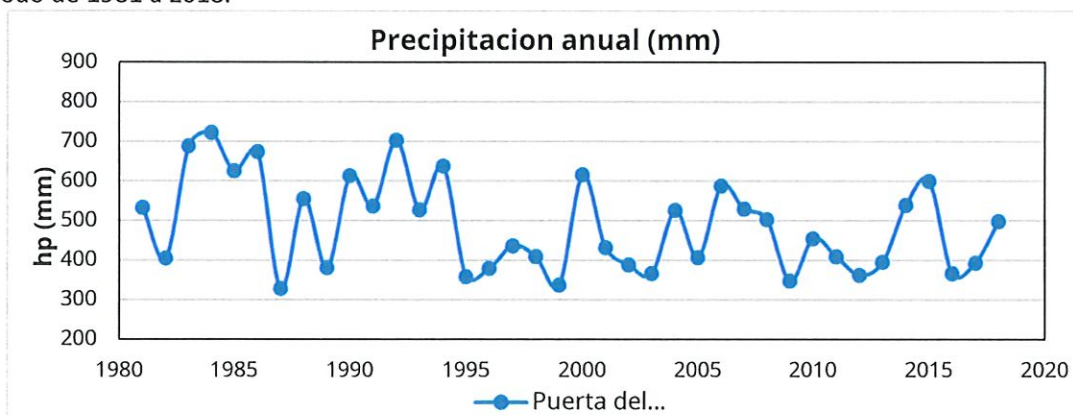


Figura 10. Precipitación anual en las cuencas de aportación.

Las precipitaciones medias anuales de la cuenca de aportación al proyecto de la presa Puerta del Sol es:

Tabla 10. Precipitación en la cuenca Puerta del Sol.

Cuenca	Pmm
Puerta del Sol	489.11

La lluvia promedio anual de la zona es de 489.11 milímetros. Al tener una lluvia promedio anual mayor a 350 mm, aplica la NOM-011-CONAGUA-2015.

La lluvia en la zona de estudio es escasa, prácticamente las aportaciones de lluvia son debido a ciclones tropicales en los meses de julio, agosto y septiembre, con tormentas extremas, por lo tanto, se calcularon los volúmenes de escurrimiento a partir de la información hidrométrica disponible.

Los volúmenes de escurrimiento en la cuenca de aportación provienen principalmente de eventos intensos de precipitación que ocurren en periodos de tiempo cortos, asociados a fenómenos ciclónicos, por lo que, prácticamente durante estos periodos captaría la totalidad de volúmenes para su aprovechamiento.



En la siguiente gráfica se observa que las lluvias se presentan prácticamente en los meses de julio, agosto y septiembre.

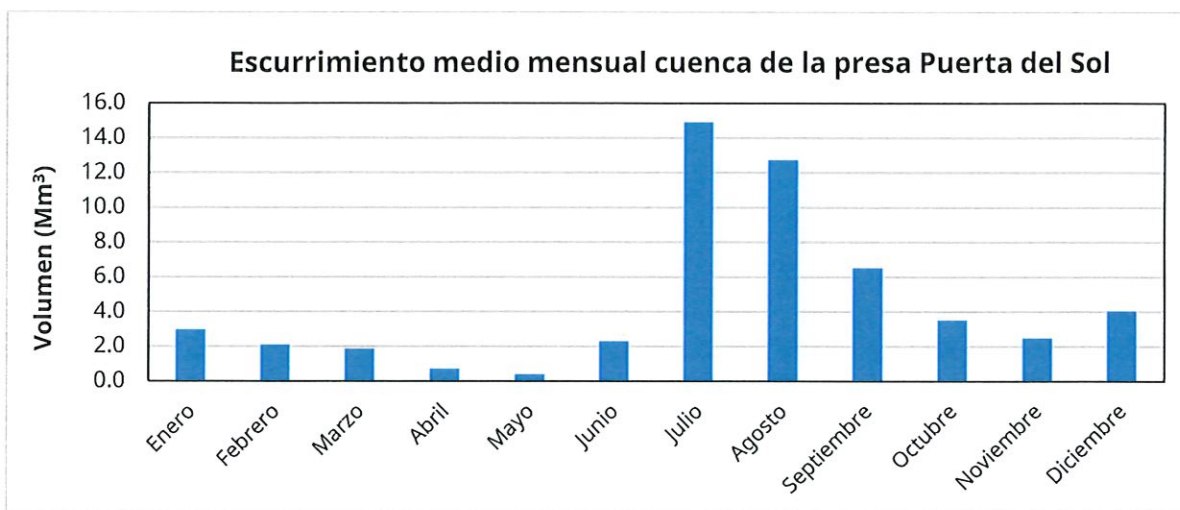


Figura 11. Escurrecimiento medio mensual cuenca Puerta del Sol

9. Cálculo del escurrecimiento por cuenca propia.

Las medias de precipitaciones anuales en las cuencas son mayores a 350 mm, por lo que es aplicable el método para el cálculo del coeficiente de escurrecimiento indirecto, expuesto en el Apéndice Normativo A de la NOM-011-CONAGUA-2015.

En la cuenca de estudio existe información hidrométrica ubicada aguas abajo de los proyectos, sobre el río Sonora se ubica la estación hidrométrica El Orégano y sobre el río San Miguel se encuentra la estación hidrométrica El Cajón, las cuales se utilizaron para determinar los volúmenes de escurrecimiento.

Debido a que las estaciones hidrométricas se encuentran aguas abajo de los sitios de proyectos, se transfirió el coeficiente de escurrecimiento (Ce) para obtener los escurrecimientos medios anuales (Cp) de las cuencas de análisis.

$$C_p = \text{Área} * \text{Precipitación} * C_e$$

La información de la estación hidrométrica El Orégano comprende un periodo de 1941 a 2014 y la estación hidrométrica El Cajón de 1974 a 2014. Para el análisis se utilizó el periodo en común con la información generada a partir de 1981 a 2014.

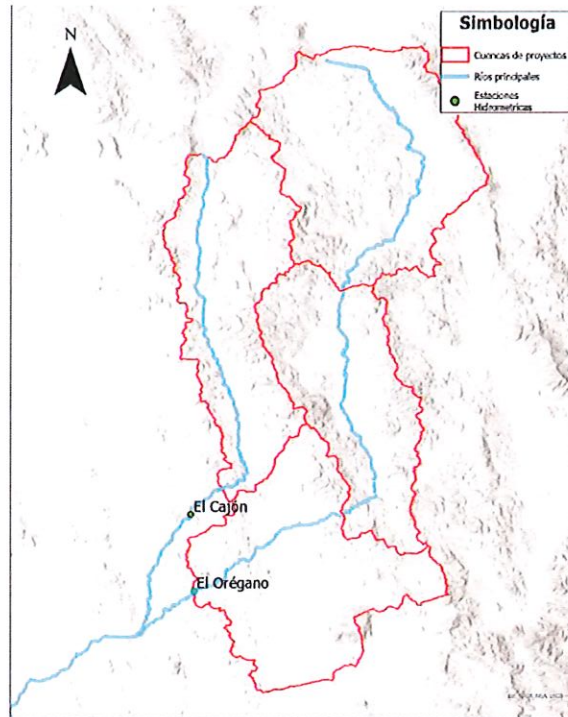


Figura 12. Ubicación de las estaciones hidrométricas en la zona de estudio.

9.1 Cálculo del escurrimiento por transferencia de información

Este método se basa en las lluvias diarias acumuladas en la cuenca, para estimar el volumen precipitado y relacionarlo con la información de la estación hidrométrica de cuencas vecinas, hidrológicamente homogéneas.

En la cuenca vecina se determinan los coeficientes anuales de escurrimiento (C_e), mediante la relación del volumen de escurrimiento anual (V_e), entre el volumen de precipitación anual (V_p) correspondiente.

$$C_e = V_e / V_p$$

9.2 Volumen de escurrimiento anual (CP)

El CP para las cuencas de la presa **Puerta del sol** es de **54.4 Mm³**.

Para definir los volúmenes de escurrimiento de las cuencas, se usaron series de datos de lluvia de 1981 a 2018 (37 años).

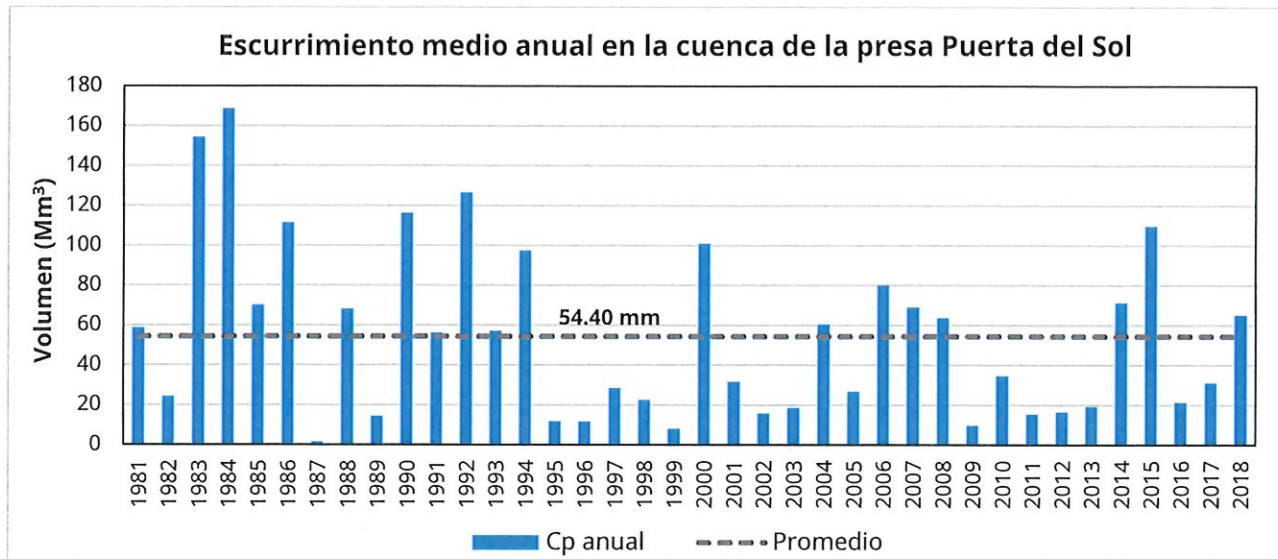


Figura 13. Escorrentamiento anual de la cuenca Puerta del Sol.

9.3 CP mensual

Considerando los resultados del análisis, se construyeron los volúmenes de escorrentamiento mensual, los cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 11. Volumen de escorrentamiento mensual de la cuenca Puerta del Sol.

Volumen de escorrentamiento en la cuenca del Proyecto Presa Puerta del Sol [hm³]													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
1981	6.93	2.03	4.94	1.43	0.22	3.82	17.14	8.02	7.63	1.99	4.58	0.00	58.73
1982	2.00	0.01	0.06	0.03	0.13	0.00	5.83	5.44	2.29	0.00	2.74	5.68	24.21
1983	8.09	8.84	17.79	2.29	0.13	0.42	29.52	24.81	26.82	21.89	8.38	5.42	154.41
1984	9.02	0.26	0.00	2.05	4.13	7.57	52.66	42.31	9.24	6.11	7.01	28.25	168.61
1985	5.76	3.95	0.92	4.48	0.00	1.25	16.96	14.51	7.18	11.15	3.23	0.74	70.11
1986	2.54	6.73	3.15	0.16	2.23	5.32	33.49	30.39	7.28	2.87	2.43	14.83	111.42
1987	0.01	0.13	0.01	0.07	0.20	0.01	0.24	0.36	0.15	0.03	0.02	0.19	1.41
1988	2.36	0.09	1.56	4.18	0.00	0.98	22.00	18.92	7.13	5.50	0.21	5.27	68.19
1989	1.06	0.37	0.54	0.00	0.16	0.15	4.28	4.23	1.59	1.12	0.02	0.82	14.33
1990	3.72	3.36	1.03	0.01	0.02	5.92	38.61	21.31	19.10	6.17	5.68	11.32	116.23
1991	3.31	5.77	3.09	0.00	0.07	0.63	7.06	19.86	3.16	0.91	2.00	10.28	56.15
1992	10.35	6.96	12.23	1.91	3.00	0.47	37.45	31.37	7.53	0.18	0.00	15.06	126.51
1993	13.56	4.90	0.43	0.87	0.39	2.25	9.64	9.51	6.34	3.33	2.96	2.86	57.02
1994	0.41	4.14	1.26	0.02	0.00	4.90	10.98	17.02	10.61	1.49	21.87	24.67	97.37
1995	0.69	2.35	0.24	0.03	0.00	0.02	2.02	3.45	1.40	0.49	0.90	0.12	11.71
1996	0.00	0.26	0.00	0.01	0.00	0.47	5.50	2.30	2.57	0.26	0.26	0.00	11.63
1997	0.80	1.02	0.72	0.89	1.35	0.05	5.59	6.98	2.96	0.59	2.07	5.42	28.44
1998	0.01	3.88	1.33	0.02	0.00	0.80	6.96	5.41	1.24	1.86	0.71	0.22	22.46
1999	0.00	0.00	0.05	0.03	0.00	0.35	3.98	2.25	1.11	0.24	0.00	0.10	8.11
2000	0.00	0.92	3.72	0.00	0.40	15.79	18.48	22.25	4.80	29.68	4.88	0.00	100.91
2001	1.81	0.52	0.68	1.10	0.21	1.72	13.18	7.24	3.07	1.28	0.15	0.71	31.87
2002	0.89	1.85	0.02	0.01	0.00	0.03	4.90	3.49	2.36	0.20	0.53	1.50	15.77



Volumen de escurrimiento en la cuenca del Proyecto Presa Puerta del Sol [hm³]													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
2003	0.02	1.86	0.44	0.11	0.06	0.43	4.90	6.35	2.33	0.84	0.84	0.40	18.58
2004	3.54	1.65	2.66	3.29	0.00	1.28	19.51	9.94	8.56	4.19	3.42	2.42	60.48
2005	5.12	4.36	0.13	0.60	0.56	0.47	5.10	7.39	2.52	0.39	0.00	0.14	26.76
2006	0.16	0.37	0.70	0.05	0.01	5.66	31.00	23.96	10.16	6.60	0.24	1.19	80.10
2007	5.08	0.53	2.79	0.00	0.01	1.60	21.90	16.13	12.45	0.49	5.44	2.48	68.91
2008	1.52	0.48	0.03	0.00	0.30	3.10	24.23	22.07	7.18	0.41	3.19	1.15	63.66
2009	0.12	0.25	0.14	0.00	0.21	0.73	2.47	3.47	0.71	1.15	0.14	0.25	9.63
2010	5.01	2.00	0.87	0.26	0.00	0.00	11.21	9.10	4.82	1.08	0.00	0.30	34.66
2011	0.02	0.08	0.00	0.00	0.00	1.16	4.40	3.81	1.95	0.14	2.85	0.80	15.22
2012	0.04	0.63	0.10	0.00	0.00	1.32	6.59	4.83	1.43	0.03	0.02	1.35	16.35
2013	1.20	0.18	0.10	0.06	0.00	0.20	8.69	4.34	2.77	0.21	0.75	0.69	19.21
2014	0.00	0.20	0.88	0.00	0.00	0.01	22.31	17.03	25.55	4.56	0.04	0.65	71.24
2015	11.77	1.79	7.48	2.42	0.15	10.76	20.48	24.95	17.06	5.86	6.17	0.85	109.73
2016	1.37	0.14	0.40	0.02	0.01	1.97	7.18	4.70	3.69	0.02	0.00	1.73	21.22
2017	3.69	1.88	0.09	0.16	0.59	0.87	15.59	2.80	1.54	0.07	0.28	3.38	30.97
2018	0.17	4.40	0.00	0.00	0.00	4.42	14.24	21.04	9.05	9.73	0.00	2.02	65.07
Media	2.95	2.08	1.86	0.70	0.38	2.29	14.90	12.72	6.51	3.50	2.47	4.03	54.40

Tabla 12. Parámetros de las cuencas.

Cuenca	Precipitación (mm)	Coefficiente de escurrimiento	Escurrecimiento por cuenca propia (Hm³)
Puerta del Sol	489.11	0.013	54.40

1. Funcionamiento de Vaso

Los elementos que se emplean para realizar un funcionamiento de vaso son: almacenamiento inicial, entradas, salidas y evaporaciones, obteniendo finalmente la demanda optima que pueda abastecer una presa sin llegar a su nivel mínimo de operación.

Para el proyecto de la presa Puerta del Sol, el Organismo de Cuenca Noroeste proporcionó la topografía de detalle con curvas a cada metro, con lo que se obtuvo la curva de elevaciones-áreas-capacidades.

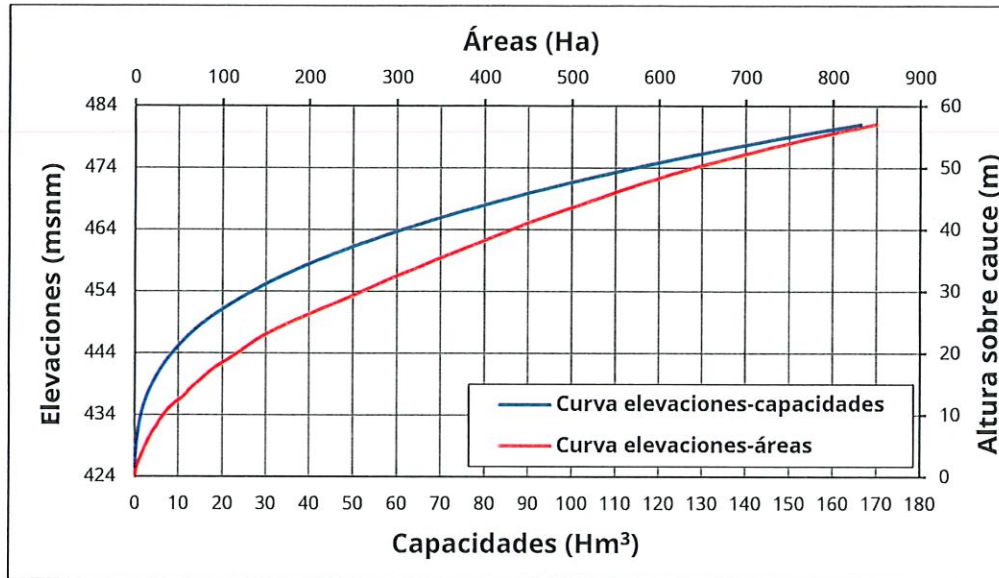


Figura 14. Curva de elevaciones-áreas-capacidades de la presa Puerta del Sol.

Se realizó el funcionamiento de vaso de la presa Puerta del Sol, considerando las entradas por cuenca propia, las evaporaciones y un NAMO propuesto de 127.80 Mm³, así como los usos para riego aguas arriba de la presa, considerando una demanda total de 25 Mm³ (1.93 m³/s de trasvase a la presa El Molinito en los meses de noviembre a marzo). Con lo anterior, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 13. Resumen funcionamiento de vaso, presa Puerta del Sol.

Ingreso (Mm³)	NAMO		Demanda		Extracción		Derrame (Mm³)	Deficiencia (%)
	Elevación [msnm]	Almacenamiento [Mm³]	(Mm³)	(m³/s)	(Mm³)	(m³/s)		
49.77	476.00	127.78	25.00	1.93 (nov-mar)	25.00	1.93 (nov-mar)	17.86	0.00

Después se realizó el funcionamiento de vaso de la presa El Molinito, considerando las entradas por cuenca propia, las evaporaciones y un NAMO de 40 Mm³, así como los usos para riego aguas arriba de la presa, considerando una demanda total de 27.08 Mm³ (23.18 Mm³ para agua potable y 3.9 Mm³ para riego). Con lo anterior, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 14. Resumen funcionamiento de vaso, presa El Molinito.

NAMO	Demanda	Extracción
------	---------	------------



Ingreso (Mm ³)	Elevación [msnm]	Almacenamiento [Mm ³]	(Mm ³)	(m ³ /s)	(Mm ³)	(m ³ /s)	Derrame (Mm ³)	Deficiencia (%)
25.53	283.55	40.00	27.08	0.5 (nov-abr), 1.0 (may-sep) y 0.8 (oct) + 0.125 riego por mes	24.77	0.5 (nov-abr), 1.0 (may-sep) y 0.8 (oct) + riego variable	21.22	9.20

2. Conclusiones

- Dado que la avenida máxima en condiciones de proyecto, considerando la construcción de tres presas nuevas (dos de almacenamiento y una de control de avenidas), no disminuye la avenida máxima probable de manera importante en la presa Abelardo Rodríguez Luján. Se considera que no es necesaria la construcción de la presa Las Chivas ya que el enfoque del proyecto que se pretende ejecutar es con enfoque en fuentes de abastecimiento.
- Se considerará únicamente a la presa Puerta del Sol con el motivo de abastecimiento de agua.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, se descarta la posibilidad de disminuir el Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO) de la presa Abelardo Rodríguez Luján, ya que el área de inundación en el vaso de la presa al nivel del NAMO es menor al que se presenta con una avenida máxima con un periodo de retorno de 10,000 años.
- El funcionamiento de vaso en conjunto de las presas Puerta del Sol y El Molinito indica que se puede satisfacer una demanda de 23.18 Mm³ al año para uso público urbano en la ciudad de Hermosillo, con una demanda variable.



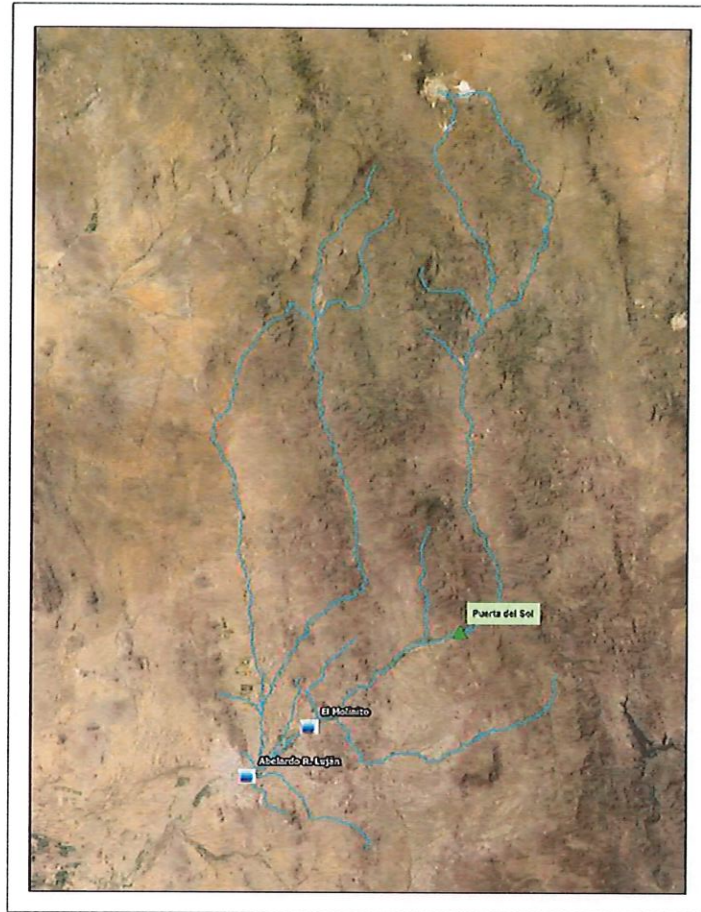


Figura 15. Proyecto Sistema de Presas Hermosillo.

