



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Estudio y diseño de soluciones hidráulicas de la presa
de la Rambla del Tinajón para laminación de crecidas
(Archena, Murcia).

Presentado por

Yepes Romera, David

Para la obtención del

Grado en Ingeniería Civil

Curso: 2020/2021

Fecha: 21/08/2021

Tutor: D. Juan Bautista Marco Segura

Cotutor: D. Eduardo Albentosa Hernández



*En memoria de todas las víctimas
que nos han dejado las inundaciones.*

*A mi familia, profesores y amigos
que tanto me han apoyado.*

ÍNDICE GENERAL

<i>ÍNDICE CONCEPTUAL</i>	7
<i>ÍNDICE DE REFERENCIAS DOCUMENTALES</i>	9
<i>ÍNDICE ONOMÁSTICO</i>	11
RESUMEN	13
ABSTRACT	15
RESUM	17
PARTE I: MEMORIA.....	19
PARTE II: ANEJOS.....	41
PARTE III: PLANOS ¹	{ }

¹ Vid. *infra* p. 143

ÍNDICE CONCEPTUAL

Aliviadero Tecla de Piano, p. 33, 34, 66-71, 134, 136

Avenidas de Diseño, p. 28, 30, 58, 63, 66

Cajeros, p. 34, 35, 71, 74, 77

Canal de reintegro, p. 46, 71

Colector Norte, p. 29

Conglomerados y areniscas, p. 37, 53, 57

Coronación, p. 26, 30, 31, 54, 64, 67, 68, 83

Cuenca amortiguador, p. 36, 46

Cuerpo de presa, p. 30, 32, 34

DANA septiembre 2019, p. 23, 25, 28, 29, 32, 38, 39

Desagüe de Fondo, p. 27, 30, 36

Explicaciones, p. 37, 57

Hormigón en masa, p. 134

Hormigón estructura, p. 134

Laminación de Avenidas, p. 21, 36, 58, 66

Limos y Arcillas, p. 13, 56, 57

Objetivos de Desarrollo Sostenible, p. 135

Talud aguas abajo, p. 30

Talud aguas arriba, p. 30

ÍNDICE DE REFERENCIAS DOCUMENTALES

- P. Díaz Cassou, *Obispos de Cartagena*. Fortanet, Madrid, 1895 (Edición facsímil, Murcia, 1977). 25
- J. Bautista, *Plan General de Defensa contra Avenidas en la cuenca del Segura, Tomo XVI*, Dirección General de Obra Hidráulica, 1987. 26
- M. Aboal, 'Flora algal...' en *Limnética*, nº 2, 1986. 28
- J. A. Aranda, *Estudio hidrológico e hidráulico de la cuenca del río Huerva hasta la presa de Las Torcas. V-01*. Zaragoza, 2015. 68

ÍNDICE ONOMÁSTICO

Aboal, M. p. 28

Aranda, J. A. p. 68

Archena, p. 22-24, 29, 43, 44, 51

Balneario de Archena, p. 24

Bautista, J. p. 30

Bernoulli, D. p. 76, 77

Ciudad de Murcia, p. 13, 23, 25, 27, 28

Comunidad Valenciana, p. 23, 25

Froude, W. p. 35, 76

Marco, J. p. 36, 68

Molina de Segura, p. 22, 43

Presa de Pena, p. 68

Rambla de El Carrizalejo, p. 23, 44

Rambla de El Mulo, p. 23, 44

Rambla de El Salar, p. 23, 44

Rambla de El Tinajón, p. 13, 15, 17, 21, 23-29, 38

Rubín de Celis, M. p. 25

Serreta de Comalica, p. 53

Sierra de la Pila, p. 13, 15, 17, 25, 54

Ulea, p. 22, 24, 43

Vega Baja, p. 13, 15, 17, 23

Villanueva del Río Segura, p. 24

RESUMEN

El Plan de Defensas contra las crecidas del río Segura, redactado en 1987 por la Confederación Hidrográfica, constaba de doce presas y el encauzamiento integral del río, desde Murcia hasta su desembocadura.

Del citado Plan se han ejecutado diez de las presas, todas ellas aguas arriba del azud de Ojós, y controlan muy eficazmente las crecidas de la cuenca media y alta del río Segura. Quedaron por ejecutar las dos presas situadas más aguas abajo próximas a la ciudad de Murcia, la presa Rambla Salada de Las Torres de Cotillas y la presa de El Tinajón.

La rambla de El Tinajón y sus afluentes originan periódicamente inundaciones catastróficas en el Segura. El curso medio y bajo de este río queda anegado cada vez que hay avenidas fuertes en la Sierra de la Pila. Las poblaciones que se sitúan a orillas del río se encuentran indefensas, especialmente la ciudad de Murcia y la Vega Baja. No pueden aguantar más desgracias.

Se retoma el proyecto de la presa de El Tinajón. Las circunstancias de la cerrada han cambiado. Si bien la tipología del cuerpo de presa, fijada en el Plan de Defensas de 1987 es idónea, una presa de materiales sueltos con núcleo central de arcillas, el diseño hidrológico e hidráulico de sus órganos de desagüe está obsoleto a causa de la interferencia con la autovía A-30, los nuevos estudios hidrológicos, el cambio del marco normativo y las nuevas tendencias en el diseño de aliviaderos.

La presa de El Tinajón protegerá vidas, bienes y servicios. Garantizará seguridad entre la población. Fomentará el empleo ya que motivará el aumento de producción agrícola de la huerta del Segura. Se integrará medioambientalmente de manera sostenible.

ABSTRACT

The Plan of Defences against floods at the Segura River, drawn up in 1987 by the Hydrographic Confederation, consisted of 12 dams and the integral channeling of the river from Murcia to its mouth.

Of the aforementioned Plan, 10 dams have been built, all upstream of the Ojós dam, and they control very effectively the floods in the middle and upper basins of the Segura River. The two dams located further downstream near the city of Murcia, the Rambla Salada Dam de Las Torres de Cotillas and the Tinajón Dam, remained to be executed.

The promenade of El Tinajón and its tributaries periodically cause catastrophic flooding in the Segura river. The middle and lower course of this river is flooded every time there are strong avenues in the Sierra de la Pila. The towns on the banks of the river are defenceless, especially the city of Murcia and the Vega Baja. They can't take any more misfortunes.

The El Tinajón dam project is resumed. Circumstances of the lockdown have changed. Although the type of dam laid down in the 1987 Defence Plan is suitable, a loose material dam with a central core of clay, the hydrological and hydraulic design of its drainage organs is obsolete because of interference with the A-30 motorway, new hydrological studies, the change of the frame normative and new trends in spillway design.

The El Tinajón Dam will protect lives, goods and services. It will guarantee security among the population. It will encourage work as it would motivate the increase of agricultural production in the Segura orchard. It will be integrated in an environmentally sustainable way.

RESUM

El Pla de Defenses contra les crescudes del riu Segura, redactat en 1987 per la Confederació Hidrogràfica, constava de 12 preses i la canalització integral del riu, des de Múrcia fins a la seua desembocadura.

Del citat Pla, s'han executat 10 de les preses, totes elles aigües amunt de l'assut d'Ojós, i controlen molt eficaçment les crescudes de la conca mitjana i alta del riu Segura. Van quedar per executar les dues preses situades més aigües avall pròximes a la ciutat de Múrcia, la Rambla Salada de Las Torres de Cotillas i la presa del Tinajón.

La rambla del Tinajón i els seus afluents originen periòdicament inundacions catastròfiques en el Segura. El curs mitjà i baix d'aquest riu queda negat cada vegada que hi ha avingudes fortes en la Serra de la Pila. Les poblacions que se situen a la vora del riu es troben indefenses, especialment la ciutat de Múrcia i la Vega Baixa. No poden aguantar més desgràcies.

Es reprén el projecte de la presa del Tinajón. Les circumstàncies de la tancada han canviat. Si bé la tipologia del cos de presa, fixada en el Pla de Defenses de 1987 és idònia, una presa de materials solts amb nucli central d'argiles, el disseny hidrològic i hidràulic dels seus òrgans de desguàs està obsolet a causa de la interferència amb l'autopista A-33, els nous estudis hidrològics, el canvi del marc normatiu i les noves tendències en el disseny de sobreeixidors.

La presa del Tinajón protegirà vides, béns i serveis. Garantirà seguretat entre la població. Fomentarà el treball i motivarà l'augment de producció agrícola de l'horta del Segura. S'integrarà mediambientalment de manera sostenible.

PARTE I: MEMORIA

I.1 INTRODUCCIÓN.....	21
I.1.1 OBJETO.....	21
I.1.2 EMPLAZAMIENTO.....	22
I.1.3 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	25
I. 1.3.1 ANTEPROYECTO DE LA PRESA DEL TINAJÓN.....	26
I.1.4 CONSIDERACIONES ACTUALES DE INTERÉS.....	27
I.1.4.1 EL RÍO SEGURA.....	27
I.1.4.2 LA RAMBLA DEL TINAJÓN.....	28
I.1.4.3 LA CIUDAD DE MURCIA.....	28
I.2 DISEÑO DE LAS SOLUCIONES HIDRÁULICAS.....	30
I.2.1 CUERPO DE PRESA.....	30
I.2.2 SISTEMA DE ALIVIAMIENTO.....	33
I.2.2.1 ALIVIADERO.....	33
I.2.2.2 CANAL.....	34
I.2.2.3 CUENCO.....	35
I.2.3 DESAGÜE DE FONDO.....	36
I.3 INTERACCIÓN PRESA PROYECTADA - DANA 2019.....	38

I MEMORIA.

I.1 INTRODUCCIÓN.

I.1.1 OBJETO.

El objetivo de este trabajo es diseñar todos los elementos hidráulicos necesarios que proyecten de manera completa y definitiva la obra de la presa de El Tinajón.

Se pretende controlar las avenidas de la rambla de El Tinajón, con el fin de minimizar las inundaciones que periódicamente asedian el curso medio y bajo del río Segura. Es necesario atacar este problema que sistemáticamente provoca pérdidas humanas, medioambientales y económicas.

1.1.2 EMPLAZAMIENTO.

El emplazamiento de la obra se sitúa en el término municipal de Archena, Región de Murcia, España. Se encuentra justo en el límite con el término municipal de Ulea y Molina de Segura.

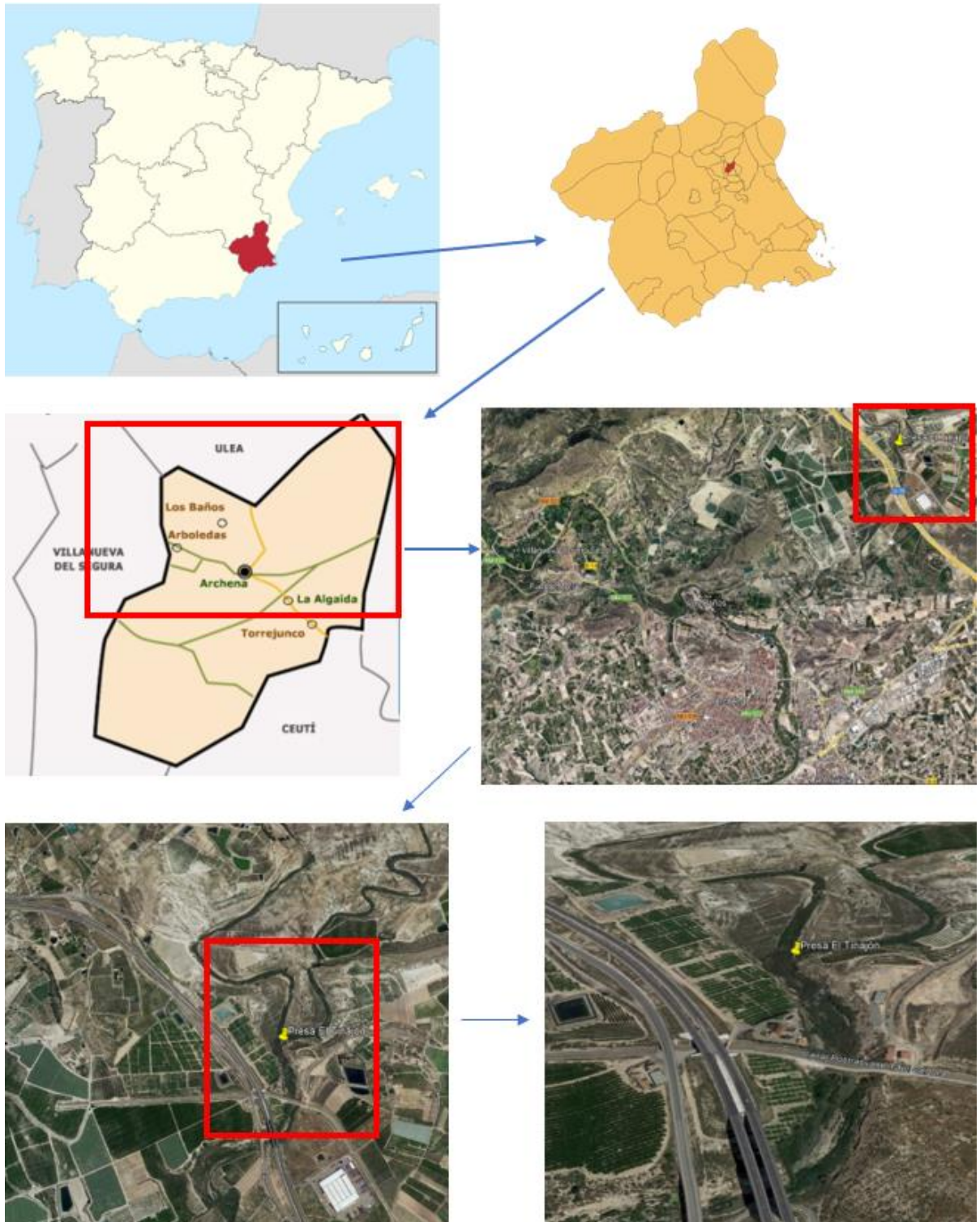


Figura 1. Emplazamiento de la obra. Fuente: Google Earth Pro.

La rambla de El Tinajón comienza en la confluencia de tres subcuencas: la rambla de El Salar, la rambla de El Mulo y la rambla de El Carrizalejo; y termina en el río Segura, junto al municipio de Archena, poco después de sus termas.

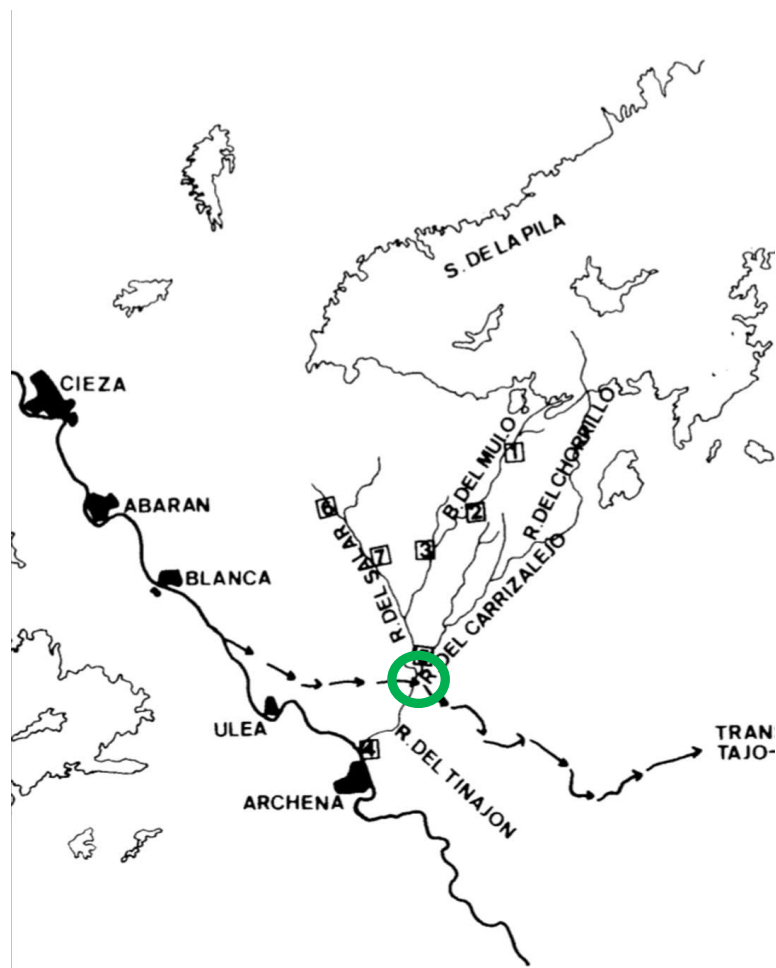


Figura 2. Emplazamiento de la cerrada. Fuente: M. Aboal.

El conjunto de la cuenca vertiente formada por estas tres subcuencas tiene una extensión de 132.92 Km². Cuando azotan tormentas, como la DANA de septiembre de 2019 que sufrió la Región de Murcia y el sur de la Comunidad Valenciana, se forma un cuello de botella muy peligroso en la rambla del Tinajón. A efectos prácticos, la rambla de El Tinajón actúa como un canal que recoge el agua de la cuenca y la lleva al río Segura. Así pues, esta rambla supone un tremendo peligro, no solo para Archena, sino para los municipios situados aguas abajo, especialmente la ciudad de Murcia y los de la Vega Baja.

La presa se emplaza en el comienzo de la rambla de El Tinajón (círculo verde). La cerrada está justo en la confluencia de las tres subcuencas mencionadas. (En el *Anteproyecto*² ya se explica por qué no conviene construir aguas arriba de donde se emplaza, pues harían falta dos presas. Eso no es viable económicamente).

² J. Bautista, *Plan General de Defensa contra Avenidas en la cuenca del Segura*, Tomo XVI, 1987

En el entorno de la cerrada, se encuentra al Oeste la A-30 y al Sur discurre tanto el Canal de El Taibilla como el Canal Postrasvase Tajo–Segura. Todos estos elementos salvan el cauce de la rambla de El Tinajón con sus respectivos puentes y pasos superiores. Los ojos de estos puentes son suficientemente amplios como para no tener capacidad laminadora ante una avenida fuerte. Tampoco entorpecerán al caudal de salida de la futura presa, dadas las amplias dimensiones de estas infraestructuras.

En el entorno de la rambla de El Tinajón y el río Segura, aparte de Archena, se ubican al Este, el balneario de Archena, el municipio de Ulea y el de Villanueva del río Segura.

Si así se desea, en el Anejo 01 se profundiza más visualmente sobre la situación actual.³

³ *Vid. infra* p. 43 y ss.

I.1.3 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

El historial de sucesos catastróficos que han vapuleado a la sociedad murciana es innumerable.

La primera prueba escrita documentada sobre desastres engendrados en la Sierra de la Pila, cabecera de los principales arroyos afluentes a la rambla de El Tinajón es a finales de siglo XVIII. Se trata de una carta al rey de un obispo ilustrado muy simpatizante de la ciencia, en uno de los muchos informes que escribió.

El obispo, jansenista y regalista de Cartagena/Murcia D. Manuel Rubín de Celis, informó de malas cosechas y hambrunas en los años 1774, 1779, 1781 y 1784. Hasta el punto de que ordenó se dieran limosnas y comida en el propio Palacio Episcopal a cuantas mujeres y hombres necesitados se presentaran. También vinieron a ese socorro muchos pobres de la provincia de Albacete. Además del fuerte pedrisco del 13 de mayo de 1775, o de la fuerte nevada del 2 enero de 1779, la mayor calamidad que identifica es el incendio de los pinares de la Sierra de la Pila, el 5 de abril de 1780, y la fuerte sequía del tórrido verano del año siguiente, que "fue tan seco -escribe literalmente D. Manuel Rubin de Celis- y produjo tantas enfermedades en la huerta de Murcia, que se consideró por autoridad y clero como año de epidemia"⁴. La consecuencia retardada de aquel incendio -se cuenta también- fue que, a inicios del otoño, las avenidas arrastraron descontroladamente las cenizas de aquellos pinares extintos de la Sierra de La Pila y anegaron el río Segura muchos kilómetros aguas abajo, provocando la pérdida de cosechas, bienes y servicios.

La tasa de natalidad en la ciudad de Murcia descendió horriblemente debido a "enfermedades de transmisión hídrica"⁵. De hecho, la población de la huerta de Murcia se vio reducida antes del cambio de siglo. Se atribuyó al mal estado de las aguas el origen de las epidemias que padecieron.

No es hasta 1987 cuando oficialmente se encuentran soluciones para controlar las crecidas en la rambla de El Tinajón. El Plan General de Defensas contra Avenidas en la cuenca del Segura del año 1987 recoge en su Tomo 16 el *Anteproyecto*⁶ de la Presa de El Tinajón. Se decidió no ejecutarse.

Fue más recientemente, en septiembre de 2019, cuando una gota fría, ahora popularmente denominada DANA, asedió el Levante murciano y alicantino. El resultado originó caos, desabastecimiento, y miedo permanente durante más de una

⁴ P. Díaz Cassou, *Obispos de Cartagena*. Fortanet, Madrid, 1895 (Edición facsímil, Murcia, 1977), p. 206

⁵ *Ibidem*

⁶ J. Bautista, *Plan General de Defensa contra Avenidas en la cuenca del Segura, Tomo XVI, 1987*

semana. Los destrozos económicos se cuantificaban en millones de euros. Todavía las compañías siguen evaluando el daño en explotaciones y edificios.

I.1.3.1 ANTEPROYECTO DE LA PRESA DEL TINAJÓN.

El *Anteproyecto*⁷ de la Presa de El Tinajón resume en un primer esbozo la obra que se quería levantar y que finalmente no se construyó. Explica desde consideraciones geotécnicas, estructurales e hidrológicas hasta de carácter corporativo.

Nuestro presente proyecto utiliza y actualiza las dimensiones de ciertas unidades de obra del *Anteproyecto*⁸. Además, se incorporan avances innovadores y soluciones hidráulicas nuevas que optimizan tanto la vida útil como la eficiencia de la presa.

Por ejemplo, la coronación del cuerpo se establecía en la cota 138,50 msnm. Actualmente nuestro proyecto la ha elevado a la cota 141 msnm. De esta manera, entre otras razones, se maximiza la capacidad laminadora.

Hay aspectos que se modifican pues deben estar al día con las nuevas leyes. Otras variables no han cambiado, como la geología. Igualmente, se ha comprobado que estas condiciones perduran.

⁷ J. Bautista, *Plan General de Defensa contra Avenidas en la cuenca del Segura*, Tomo XVI, 1987

⁸ *Ibidem*

I.1.4 CONSIDERACIONES ACTUALES DE INTERÉS.

Es conveniente comentar algunos aspectos que condicionan el diseño de la obra. En este apartado, también se contextualizará el impacto que supondría la presa en la ciudad de Murcia.

I.1.4.1 EL RÍO SEGURA.

La rambla de El Tinajón desemboca en la margen izquierda del curso medio del río Segura. Aguas arriba de la confluencia Tinajón–Segura, hay implantadas diversas obras suficientemente eficientes para evitar catástrofes. Es en el curso bajo donde el río se descontrola.

Dada una tormenta en el curso medio y alto de la cuenca del Segura, el río, por su naturaleza, desde el inicio hasta el final del suceso, discurrirá muy caudaloso, aunque, afortunadamente, controlado. Lo que entonces debe garantizar la presa de El Tinajón es, en primer lugar, que el pico que se aporte al Segura sea lo menos elevado posible. Por otra parte -más relevante si cabe que el punto anterior- la presa no debe retardar el pico de la avenida, sino que debe evacuar el caudal de manera “equilibrada” en el tiempo.

Por “equilibrada” se quiere dar a entender que: conviene más entregar al Segura un caudal medio, pero constante, durante de la tormenta, que un caudal muy pequeño durante mucho tiempo que luego conlleva un pico instantáneo retrasado muy grande.

Las características actuales de la cuenca del río Segura hacen que amortigüe bastante caudal sin problema, pero no digiere bien los picos instantáneos fuertes. Esto es así porque el curso alto tiene mucha densidad de afluentes. A la mínima que un aporte es excesivo, por muy momentáneo que sea, el río se desborda y el daño se multiplica. Estos picos extraordinarios son lo que causan las inundaciones en los municipios situados en el curso bajo del Segura.

Dicho lo cual, la presa de El Tinajón formará parte de las denominadas “presa agujero”, por la importancia que asume el desagüe de fondo en esta labor de regulación equilibrada en el tiempo.

I.1.4.2 LA RAMBLA DEL TINAJÓN.

De acuerdo con la Red Natura 2000, la rambla de El Tinajón y sus afluentes están medioambientalmente protegidos.

La flora algal de la Rambla de El Tinajón se compone de especies marinas de zona supramareal como la *Hormathonema luteo-brunneum* y la *Solentia intricata*. Además, tienen aquí su hábitat la *Vaucheria*, *Ruppia* y *Zannichellia*.⁹

Esto obliga a diseñar la presa de manera que, en la laminación de avenidas de diseño para el periodo de retorno de 100 años quede vacío el embalse en menos de 48 horas.

I.1.4.3 LA CIUDAD DE MURCIA.

En la ciudad de Murcia hay diseñado un colector (trazado en azul claro en la siguiente figura). Algunos tramos están construidos pero no está todavía terminado completamente, por lo que no está en servicio.

El colector pretende proteger los barrios del norte de la ciudad frente a inundaciones provocadas por tormentas en esta zona. Sin embargo, tiene una problemática: el colector deriva el agua recogida en el río Segura (trazado en azul oscuro) aguas arriba de la ciudad. Además, con la inversión que ya se ha realizado, no es viable reconducirlo por otro emplazamiento.

No es conveniente acabar de conectar el colector en las circunstancias actuales, pues, si durante los acontecimientos de la DANA de 2019, el río Segura casi se desborda a su paso por la capital, si hubiera estado terminado el colector, entonces se habría inundado la ciudad.

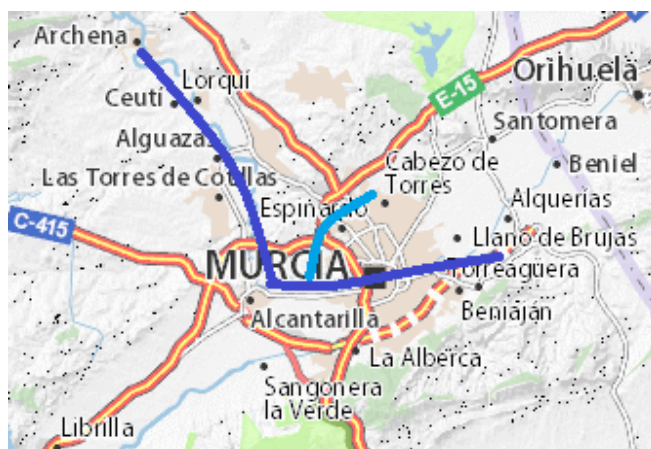


Figura 3. Localización del río Segura y del colector Norte. Fuente: Google Earth Pro.

⁹ M. Aboal, "Flora algal ..." en *Limnética*, nº 2, 1986, p. 107

En este contexto, en el que hay mucho en juego, la presa de El Tinajón es clave para dar solución a esta cuestión.

Si la presa de El Tinajón se construye, en situaciones de tormenta extrema como la DANA de 2019, el caudal que derivaría la rambla de El Tinajón al río Segura sería menor. Este caudal que se recortaría del río posibilitaría el aporte extraordinario de caudal del colector sin causar problemas de desbordamiento en Murcia.

Es decir, el agua que se contiene en la cerrada de El Tinajón se compensa con la aportada por el colector. Esta maniobra es excelente ya que: si llueve solo en la ciudad de Murcia, se dispondría de un colector que protege los barrios del Norte; si llueve solo en la rambla de El Tinajón se tendría la presa que protege Archena. Finalmente si llueve tanto en el Tinajón como en Murcia, no se inundarían los barrios del Norte porque se dispone del colector, no se inundarían los municipios del curso medio y bajo del Segura debido a la regulación de la obra en El Tinajón, y tampoco se desbordaría el río Segura a su paso por la capital porque la presa de El Tinajón contiene la suficiente cantidad de caudal como para contrarrestar el aporte que deriva el colector.

Así pues, la presa del Tinajón no solo protege de manera directa al municipio de Archena y a los del curso medio y bajo del río Segura, sino que protege también, de modo indirecto, al conjunto de la ciudad de Murcia, ya que le otorga viabilidad y eficacia a la obra del colector Norte.

I.2 DISEÑO DE LAS SOLUCIONES HIDRÁULICAS.

I.2.1 CUERPO DE PRESA.

En primer lugar, cabe reseñar que el cuerpo de presa que se dimensiona utiliza y actualiza el predimensionado por el *Anteproyecto*¹⁰.

Con objeto de maximizar el volumen de embalse y la capacidad laminadora, se eleva la coronación a la cota 141 msnm, pues consideramos que es viable. Se busca dicha cota en el terreno para enclavar la estructura de contención. Cabe destacar que la alineación se ha diseñado con una curva muy suave, por motivos geotécnicos, de radio 5000 m. La alineación de la coronación se puede consultar en su correspondiente plano de planta.¹¹

El ancho de coronación se establece en 10 m. En el *Anteproyecto*¹² aparece que el ancho debe medir al menos 9 m.

En cuanto a los taludes, se adoptan los mismos que aparecen en el *Anteproyecto*¹³. Aguas abajo es 2,75:1,00. Mientras que aguas arriba es 2,85:1,00.

Estos cambios incrementar el volumen de material necesario para fundar la estructura de contención. Además, se extiende la superficie sobre la que apoya la presa en el terreno.

La cota del eje del desagüe de fondo se mantiene en la cota 117,145 msnm como indica el *Anteproyecto*¹⁴. Sin embargo, el labio del aliviadero se cambia: se dimensiona en la cota 138,7 msnm.

Es una presa “agujero” de materiales sueltos. Las especificaciones de la constitución del material del cuerpo de presa y tanto la comprobación geotécnica de deslizamiento como la estructural de tensiones, se pueden consultar en el *Anteproyecto*¹⁵, pues se adoptan las enunciadas por J. Bautista.

En cuanto a los elementos de aliviamiento incorporados al cuerpo de presa, se realiza la laminación de avenidas de diseño para determinar la longitud de aliviadero, L, y el diámetro del desagüe de fondo, D.

¹⁰ J. Bautista, *Plan General de Defensa contra Avenidas en la cuenca del Segura*, Tomo XVI, 1987

¹¹ *Vid. infra* p. 165-166

¹² J. Bautista, *Plan General de Defensa contra Avenidas en la cuenca del Segura*, Tomo XVI, 1987, p. 73

¹³ *Ibidem* p. 175

¹⁴ *Ibidem*

¹⁵ *Ibidem* p. 51

La pareja de variables L y D conforman las diversas alternativas. Hay 25, pues cada una de las cinco longitudes de aliviadero sugeridas se combinan con cada uno de los cinco diámetros propuestos. Se adjunta una tabla con las diferentes alternativas.

			Diámetro Desagüe de Fondo				
			1.	2.	3.	4.	5.
			1,5 m	1,8 m	2,2 m	2,6 m	3,1 m
Longitud de Aliviadero	1.	70 m	Alt. 1.1.	Alt. 1.2.	Alt. 1.3.	Alt. 1.4.	Alt. 1.5.
	2.	95 m	Alt. 2.1.	Alt. 2.2.	Alt. 2.3.	Alt. 2.4.	Alt. 2.5.
	3.	120 m	Alt. 3.1.	Alt. 3.2.	Alt. 3.3.	Alt. 3.4.	Alt. 3.5.
	4.	140 m	Alt. 4.1.	Alt. 4.2.	Alt. 4.3.	Alt. 4.4.	Alt. 4.5.
	5.	160 m	Alt. 5.1.	Alt. 5.2.	Alt. 5.3.	Alt. 5.4.	Alt. 5.5.

Figura 4. Alternativas de cuerpo de presa . Fuente: realización propia.

Las longitudes de aliviadero menor a 120 metros se desechan pues son insuficientes para aliviar las avenidas extremas respetando un resguardo de un metro con la coronación. La longitud de aliviadero de 160 m es una exageración, pues aporta mucho caudal de salida en la presa. No optimiza la función reguladora

Los desagües de fondo de 1,5 m y 1,8 m de diámetro no vacían lo suficientemente rápido el agua embalsada para cuando llega una réplica de la tormenta. Tampoco cumple con las exigencias de la Red Natura 2000. Los diámetros de 2,6 m y 3,1 m son excesivos, ya que aportan mucho caudal de salida: se busca, pues, optimizar la laminación. No es necesaria tampoco tanta rapidez para vaciar el embalse.

La alternativa definitiva que se escoge corresponde a la “Alternativa 4.3.”¹⁶. Dispone una longitud de aliviadero asumible, considerando que, económicamente, es viable ejecutar unas teclas de piano que reduzcan esa distancia final en planta. El diámetro del desagüe es de 2,2 m, adecuado para vaciar el embalse rápidamente durante las tormentas y ajustarse a las condiciones de la Red Natura 2000, de preservar la flora en su estanque habitual.

La conclusión más importante que aporta la laminación de la alternativa final es que, para el q500, la presa frena un pico de caudal entrante de más de 800 m³/s, regulándolo con un pico de salida de 470,33 m³/s. Esto supondría una reducción teórica del caudal pico máximo entregado al Segura de más del 40 %. Es mucho volumen de agua el que se contiene.

¹⁶ Vid. *infra* p. 118

Los resultados de la laminación de todas las alternativas se pueden consultar en el Anejo 05¹⁷.

Además, en el último apartado de la memoria se hace un análisis sobre cómo hubiera interactuado el cuerpo de presa y los órganos de aliviamiento fijados frente a la DANA de 2019¹⁸.

¹⁷ *Vid. infra* p. 83 y ss.

¹⁸ *Vid. infra* p. 38

1.2.2 SISTEMA DE ALIVIAMIENTO.

El diseño del sistema de aliviamiento consta de un aliviadero teclas de piano, un canal y un cuenco. Además, es necesario realizar una explanación aguas arriba del aliviadero (explanación A) para que el agua fluya correctamente por este órgano.

1.2.2.1 ALIVIADERO.

El aliviadero se proyecta para evacuar el agua en avenidas extremas, la situación más desfavorable, por lo que se utiliza el q500.

De la alternativa escogida, resulta que el aliviadero debe ser de 140 m de longitud en planta.

Por motivos topográficos, es imposible encajar un aliviadero de pared delgada de 140 m de longitud en planta. Por ello se recurre a un laberinto, en concreto, al aliviadero en teclas de piano.

Este aliviadero posee tres secciones¹⁹: la del canal de salida, la del canal de entrada y la de transición entre ambas.

En los cálculos explicamos el proceso por el cuál se concluyen las dimensiones finales²⁰. Estas se reflejan en los planos. Se pueden consultar los planos de planta de las teclas de piano y de las tres secciones.

El aliviadero se cimenta en la cota 134 msnm sobre roca. Dado el emplazamiento²¹ del aliviadero, se necesita excavar para disponer de la cota dimensionada. (Como información, una estructura como las teclas de piano no puede estar apoyada en terraplén). En los planos se muestra el emplazamiento del aliviadero.

Finalmente, el aliviadero en teclas de piano lo conforman 6 módulos que ocupan 27 m en total en planta. Es equivalente a un aliviadero convencional de 140 m de largo, pues se ha proyectado para que drene el mismo caudal punta Q. Con este avance se consigue reducir un 80,72 % la longitud en planta inicial que requería un aliviadero convencional de pared delgada.

La explanación (Exp. A), requerida para que el agua fluya correctamente por el aliviadero, se encuentra también a la cota 134 msnm.

¹⁹ Vid. *infra* p. 171-173

²⁰ Vid. *infra* p. 68-69

²¹ Vid. *infra* p. 152

I.2.2.2 CANAL.

El canal es una obra cuyo objetivo es reconducir el agua aliviada desde el aliviadero hasta el río, aguas abajo de la presa.

El ancho del canal es de 27 m, como el aliviadero que se ha dispuesto. La altura de los cajeros es de 2 m, puesto que garantiza un resguardo de más medio metro con el calado máximo y más de un metro con el calado con espuma.

Los cálculos se resumen en dos partes y se recogen en el Anejo 04²².

Hay tres secciones tipo: la primera de taludes verticales mientras se discurre entre el cuerpo de presa. La segunda: talud vertical en la margen derecha y talud 1,25:1,00 en la margen izquierda. En la margen izquierda, el talud del canal comienza a apoyar sobre el terreno y la margen derecha todavía está dentro del cuerpo de presa. La última sección corresponde con el tramo fuera del cuerpo de presa, de taludes 1:1.

El canal comienza en la cota 134 msnm y termina, en un primer predimensionamiento en la 116 msnm. En planta esto ocupa una distancia de 90 metros, según la alineación que se ha proyectado atendiendo a motivos geológicos y económicos. Es por esto por lo que la pendiente del canal es del 20 %.

Sin embargo, un canal de 90 m de longitud en planta que deriva en el cuenco a la cota predimensionada, no se ajusta a las exigencias mecánico - hidráulicas que rigen el diseño del cuenco. Como finalmente se necesita construir un cuenco de más de 47 m de longitud sobre la cota 112,25 msnm para conseguir un resalto hidráulico de 2,75 m que reintegre el flujo de agua al lecho del río en la cota 115 msnm, con la pendiente del canal del 20%, la longitud final en planta del canal es de 108,75 m. Por lo tanto, la cota final de la obra del canal es la misma que la de la solera del cuenco, la 112,25 msnm.

Aclaración: en los planos del canal²³, se representa solo el tramo correspondiente al predimensionamiento, de 93 m. O sea, de 90 m + 3 m, si se cuenta la longitud bajo el voladizo del paramento de las teclas de piano. El último tramo del canal, fruto de alargar la obra 18,75 m, se integra en los planos del cuenco. Esto es así, puesto que es el resalto hidráulico del cuenco el que, a posteriori, ha exigido alcanzar una cota más baja.

²² Vid. *infra* p. 64

²³ Vid. *infra* p. 154 y 191

I.2.2.3 CUENCO.

El cuenco es una estructura que se diseña para devolver el agua aliviada al río en “correctas” condiciones. El flujo baja desde el aliviadero por el canal en régimen rápido, acelerándose en cada instante. Se debe conformar el cuenco para frenar la tromba de agua.

Por “correctas” se refiere el autor a todas las consideraciones oportunas que consigan restablecer, en el flujo de agua proveniente del sistema de aliviamiento, las características regulares del curso natural del río.

Esta problemática se resuelve mediante el cálculo de energías. Además, mecánicamente, el agua necesita espacio para frenarse. La longitud de este recorrido depende del calado al final del cuenco y del número de Froude. Se debe estudiar la topografía para encajar en planta la obra. Así pues, el dimensionamiento del cuenco conlleva una interacción mecánico-hidráulica. Se pueden consultar las operaciones en el Anejo 04²⁴.

Se concluye que se debe construir el cuenco sobre la cota 112,25 msnm para conseguir un resalto hidráulico de 2,75 m que reintegre el flujo de agua al lecho del río en la cota 115 msnm. La longitud final del cuenco es de 72,99 m.

La sección transversal del cuenco²⁵ es la misma que la del último tramo del canal. En este caso no preocupa que se rebase la altura de cajeros de 2 m, pues la obra se emplaza sobre el lecho del río y el agua se atrincherará entre las laderas de la rambla.

Los planos del cuenco contienen el último tramo del canal, ya que, tras predimensionar el canal, éste se vio obligado a alargarse por cuestiones relacionadas con el resalto hidráulico. Se debe ganar la cota 112,25 msnm, la del estipulado por el diseño del cuenco, y en un primer lugar se derivaba en la 116 m.

²⁴ Vid. *infra* p. 76-79

²⁵ Vid. *infra* p. 156 y 192

1.2.3 CONFIGURACIÓN DESAGÜE DE FONDO.

El desagüe de fondo se proyecta para regular el caudal de salida de la presa de manera equilibrada en cualquier situación de avenidas. El dimensionamiento que se ha implementado le concede a la presa el epíteto de presa agujero. Con el q_{100} y q_{50} se controla que el desagüe tiene la capacidad de vaciar rápidamente el embalse. Esto se comprueba para cumplir las exigencias medioambientales de la Red Natura 2000. Además, de manera más relevante, conviene que el embalse se vacíe rápido porque, en una tormenta de varias réplicas, se necesita vaciar el embalse tras un pico, para poder amortiguar el siguiente.

Es un desagüe sin compuertas. Pues lo contrario requeriría demasiado control. El mantenimiento y las infraestructuras (escaleras, iluminación, ventilación etc.) que se deberían proyectar dispararían el coste de la obra.

Como es bien sabido, no se puede diseñar un único desagüe de fondo con solo una tubería. Se deben construir, al menos, dos trazados. Por eso, se proyectarán dos tuberías que configuren la obra del desagüe de fondo.

De la alternativa definitiva se tiene que el diámetro ha de ser de 2,2 m, lo que conforma un área de 3,80 m². Se tiene que calcular el diámetro final de las dos tuberías definitivas, de manera que dos círculos de diámetro D' conformen el área de 3,80 m² preestablecido. Se obtiene que D' es igual a 1,55 m. Para estar del lado de la seguridad se redondea por arriba. Por lo cual, se establece el diámetro definitivo de las dos tuberías del desagüe de fondo en 1,60 m.

Ambas tuberías se perfilan con un contorno abovedado en el extremo superior e inferior. Esto es muy conveniente y típico para lograr un diseño aerodinámico que minimice el fenómeno turbulento en la embocadura del desagüe. Se puede consultar la vista transversal del desagüe de fondo con las dos tuberías y los recubrimientos de la sección en los planos.

Se diseñará estructuralmente para resistir los esfuerzos. Se proyecta una tubería que apenas propicie pérdidas. Como se enunció en la laminación, constructivamente se pone especial atención al diseño aerodinámico de la embocadura y al mantenimiento de la obra para minimizar las pérdidas. Se disponen aletas en la embocadura y desembocadura, algo muy común en esta tipología de obras de drenaje.

En cuanto a la alineación en planta, se diseña una curva de radio 180 m. Siguiendo las recomendaciones de J. Marco, proyectamos²⁶ un radio de curva circular mayor a 80 veces el diámetro de la tubería para poder descartar velocidades de segundo orden en el desagüe. El diseño de esta alineación se rige sobre todo por motivos geológicos. Se busca apoyar en el estrato de conglomerado y areniscas, para lo cual hay que excavar para alcanzar las cotas diseñadas.

En alzado, la embocadura se sitúa a la cota 117,145 msnm y la desembocadura a la 116 msnm. Es necesario realizar explanaciones aguas arriba de la embocadura (Exp. B) y aguas abajo de la desembocadura (Exp. C) para para que el agua fluya por las cotas dimensionadas. Además, esto es ideal para minimizar los fenómenos turbulentos a la entrada y salida del desagüe, pues facilita que las líneas de corriente fluyan a su través cómodamente.

²⁶ *Vid. infra* p. 164

1.3 INTERACCIÓN PRESA PROYECTADA - DANA 2019.

Como se dispone del hidrograma en el emplazamiento de la cerrada de la DANA de 2019 que azotó la rambla de El Tinajón, es extraordinario mostrar lo que hubiera sucedido, por aquel entonces, si hubiese estado construida la presa.

Se adjunta una tabla con el resumen de datos y un gráfico. El gráfico contiene el caudal de entrada, o sea, el hidrograma de la DANA 2019, el caudal total de salida de la presa y la evolución de la cota de la lámina de agua.

DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del río	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	140 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	2,2 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	60 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudales pico	Hidrograma Dana2019	207,613 m ³ /s
	De Salida por la Presa	62,356 m ³ /s
Cota Máxima	Lámina de agua Presa	134,077 m

Figura 5. Datos laminación de la DANA con la obra definitiva. Fuente: realización propia.

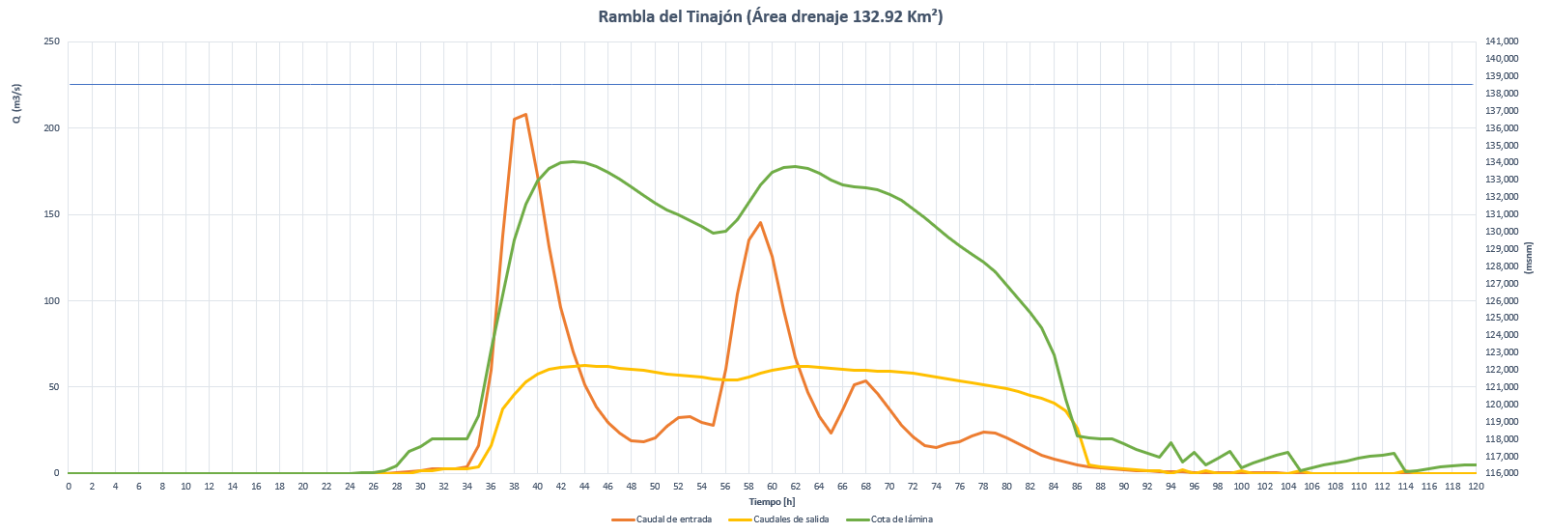


Figura 6. Laminación de la DANA con la obra definitiva. Fuente: realización propia.

Si hubiese estado construida la presa, el pico más fuerte de la DANA de 2019 que fue de 207,63 m³/s se hubiese frenado, regulándose hasta un caudal máximo de salida en la presa de 63,37 m³/s. Esto hubiera supuesto una reducción del 70 % del caudal máximo entregado al río Segura.

Además, cabe destacar que la DANA tiene un pico inicial muy fuerte y varias réplicas sucesivas. Se observa cómo el desagüe de fondo hubiera sido capaz de vaciar el embalse lo suficientemente rápido como para que cuando llega la primera replica, el vaso hubiera estado descargado.

Finalmente, como se comenta en el apartado de consideraciones actuales de interés sobre el río Segura, se hubiera regulado la DANA de manera equilibrada²⁷, pues es un caudal de entre 50 y 63,37 m³/s, es decir, un caudal medio, es el que se desagua a lo largo de 40 horas. Es decir, la dispersión del caudal de salida es, en líneas generales, constante. No hay un máximo relativo en un instante determinado que destaque sobre una tendencia de caudales bajos.

De esta manera, se hubiera regulado la DANA con un caudal de salida medio, diferido en el tiempo, lo cual es lo mejor atendiendo a la naturaleza del cauce del río Segura. Se habrían contenido los distintos picos instantáneos tan dañinos, los cuales causaron los desastres en el curso medio y bajo del Segura.

²⁷ Vid. supra p. 27

PARTE II: ANEJOS

II.1 ANEJO 01: SITUACIÓN ACTUAL.....	43
II.2 ANEJO 02: GEOLOGÍA.....	53
II.3 ANEJO 03: HIDROLOGÍA.....	58
II.3.1 CRECIDAS DE DISEÑO.....	58
II.3.1.1 PERIODO DE RETORNO: 500 AÑOS.....	58
II.3.1.2 PERIODO DE RETORNO: 100 AÑOS.....	60
II.3.1.3 PERIODO DE RETORNO: 50 AÑOS.....	61
II.3.2 DANA SEPTIEMBRE 2019.....	62
II.4 ANEJO 04: CÁLCULOS.....	64
II.4.1 LAMINACIÓN.....	65
II.4.2 ALIVIADERO: TECLAS DE PIANO.....	68
II.4.3 CANAL: REINTEGRO.....	71
II.4.3.1. PARTE I: CASCADA DE AGUA.....	71
II.4.3.2. PARTE II: CURVA DE REMANSO.....	73
II.4.4 CUENCO: RESALTO HIDRÁULICO.....	76
II.4.5 DESAGÜE DE FONDO.....	80
II.4.5.1. SECCIÓN TRANSVERSAL.....	80
II.4.5.2. CÁLCULO EN PRESIÓN.....	80

II.5 ANEJO 05: ALTERNATIVAS SOBRE EL CUERPO DE PRESA.	83
II.5.1 ALTERNATIVA 1.1.	84
II.5.2 ALTERNATIVA 1.2.	86
II.5.3 ALTERNATIVA 1.3.	88
II.5.4 ALTERNATIVA 1.4.	90
II.5.5 ALTERNATIVA 1.5.	92
II.5.6 ALTERNATIVA 2.1.	94
II.5.7 ALTERNATIVA 2.2.	96
II.5.8 ALTERNATIVA 2.3.	98
II.5.9 ALTERNATIVA 2.4.	100
II.5.10 ALTERNATIVA 2.5.	102
II.5.11 ALTERNATIVA 3.1.	104
II.5.12 ALTERNATIVA 3.2.	106
II.5.13 ALTERNATIVA 3.3.	108
II.5.14 ALTERNATIVA 3.4.	110
II.5.15 ALTERNATIVA 3.5.	112
II.5.16 ALTERNATIVA 4.1.	114
II.5.17 ALTERNATIVA 4.2.	116
II.5.18 ALTERNATIVA 4.3.	118
II.5.19 ALTERNATIVA 4.4.	120
II.5.20 ALTERNATIVA 4.5.	122
II.5.21 ALTERNATIVA 5.1.	124
II.5.22 ALTERNATIVA 5.2.	126
II.5.23 ALTERNATIVA 5.3.	128
II.5.24 ALTERNATIVA 5.4.	130
II.5.25 ALTERNATIVA 5.5.	132
II.6 ANEJO 06: VALORACIÓN ECONÓMICA.	134
II.7 ANEJO 07: ODS.	135

II ANEJOS.

II.1 ANEJO 01: SITUACIÓN ACTUAL.

El emplazamiento de la obra se sitúa en el término municipal de Archena, Región de Murcia, España. Se encuentra justo en el límite con el término municipal de Ulea y Molina de Segura.

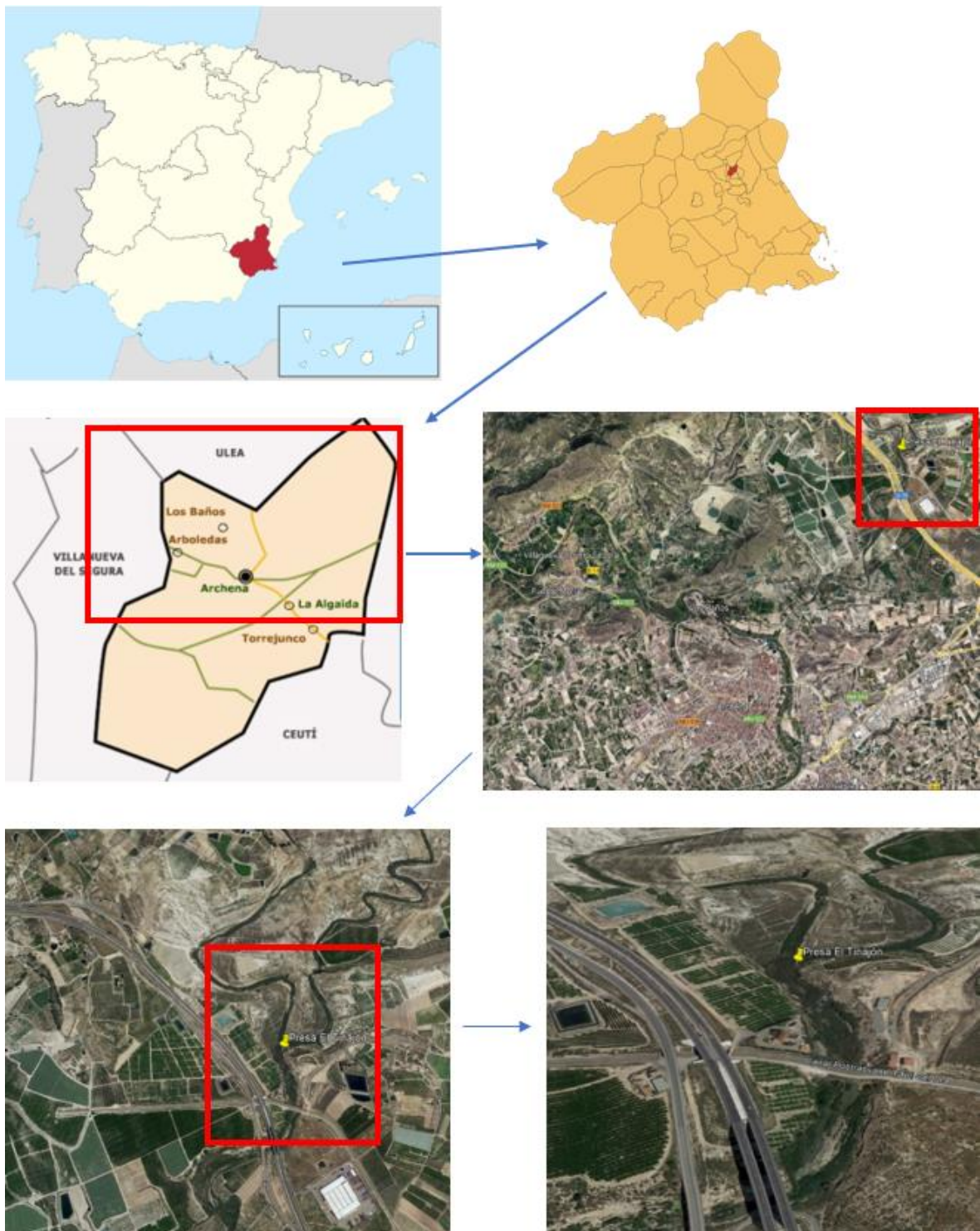


Figura 7. Emplazamiento de la obra. Fuente: Google Earth Pro.

La rambla de El Tinajón comienza en la confluencia de tres subcuencas: la rambla de El Salar, la rambla de El Mulo y la rambla de El Carrizalejo; y termina en el río Segura, junto al municipio de Archena.



Figura 8. Emplazamiento de la cerrada. Fuente: Google Earth Pro.

En la siguiente ortofoto se emplazan los puntos donde se capturan las fotos que se adjuntarán a continuación. El Norte está hacia arriba del papel.

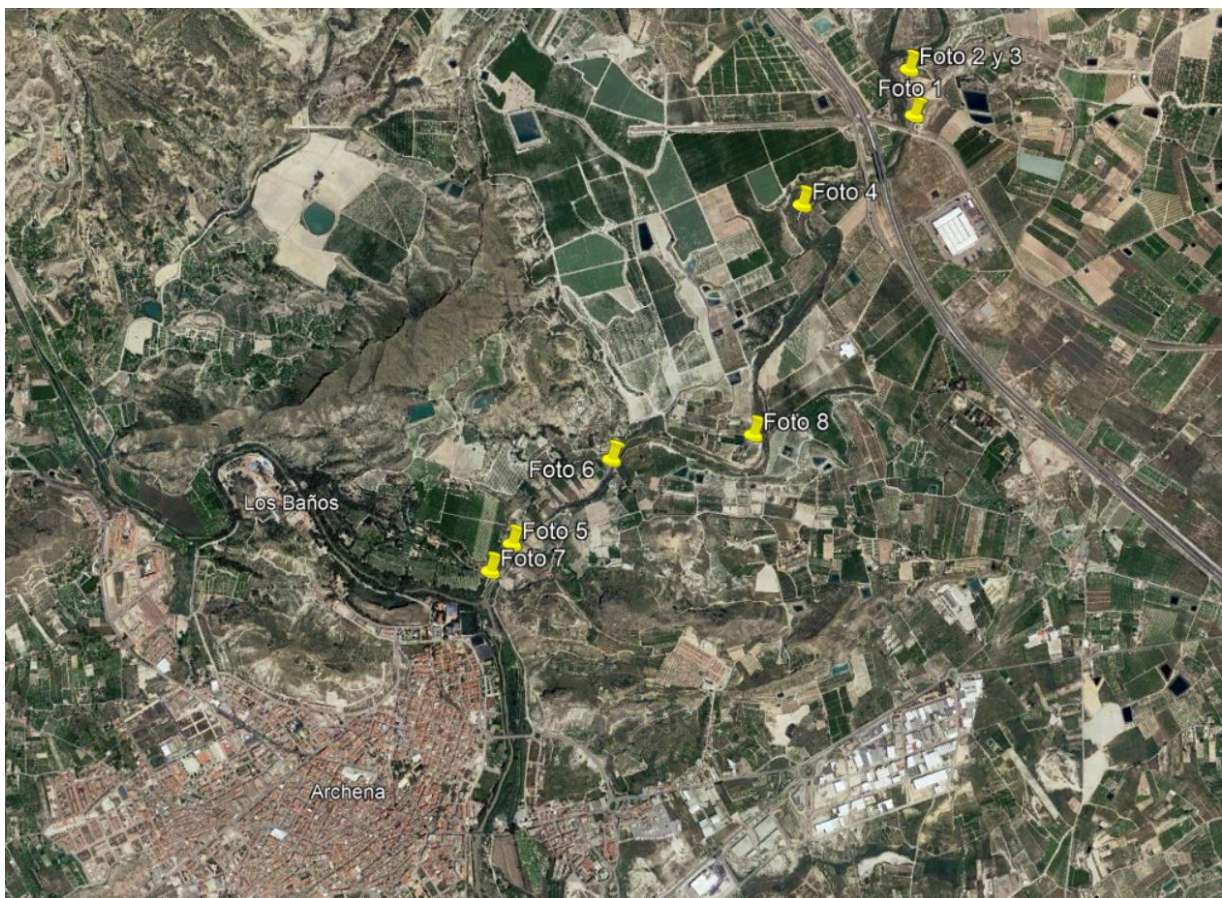


Figura 9. Ortofoto del entorno del emplazamiento de la obra. Fuente: Google Earth Pro.



Figura 10. Foto 1. Fuente: realización propia.

Foto con orientación Norte desde el canal Postravase Tajo–Segura.

Localización del emplazamiento de la obra. En el cerro situado en la derecha de la foto 1, se toman las fotos 2 y 3.



Figura 11. Foto 2. Fuente: realización propia..

Foto con orientación Sur.

Al centro se observa el puente del Canal del Taibilla y detrás, aunque no se percibe, está el Canal postravase Tajo–Segura. Ambos salvan la rambla del Tinajón y coinciden en paralelo en este punto. Se captura la zona de aguas abajo de la presa, donde se emplaza el canal de reintegro del aliviadero y el cuenco amortiguador.



Figura 12. Foto 3. Fuente: realización propia..

Foto con orientación Noroeste.

Se captura la zona donde se levantará el cuerpo de la presa y donde desembocará el desagüe de fondo.

Al centro se observa una tubería de la comunidad de regantes. Esta infraestructura se salva, no debe ser retirada.

A la izquierda de la foto 3 se encuentra la Estación elevadora de El Tinajón de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla (MCT) que propulsa el agua potable hasta numerosas localidades.

A la izquierda de la foto 3, quedarían los paisajes de la foto 2.



Figura 13. Foto 4. Fuente: realización propia.

Foto con orientación Norte.

Está situada sobre el cauce de la rambla de El Tinajón aguas abajo del emplazamiento de la presa. Al fondo, en la mitad del horizonte, se divisa el pico de la Sierra de la Pila.



Figura 14. Foto 5 . Fuente: realización propia.

Orientación Suroeste.

Curso medio de la rambla de El Tinajón.



Figura 15. Foto 6. Fuente: realización propia.

Orientación Suroeste.

Curso medio de la rambla de El Tinajón. Se colocó escollera en el lecho del río tras la DANA de 2019.



Figura 16. Foto 7. Fuente: realización propia.

Orientación Suroeste.

Detrás de la curva a izquierdas que hace la rambla de El Tinajón, se produce la confluencia con el río Segura. Las cañas nos indican de ello. Justo detrás del árbol situado en la parte izquierda de la foto se encuentra el municipio de Archena.



Figura 17. Foto 8. Fuente: realización propia.

Orientación Este.

Detrás de ese horizonte está la autovía A-30 y a la izquierda estaría la presa sobre el Tinajón. La rambla ha dado una curva cerrada detrás de ese paisaje.

II.2 ANEJO 02: GEOLOGÍA.

En lo referente a las cuestiones geológicas, el *Anteproyecto*²⁸ describe detalladamente la morfología, estratigrafía, litología, tectónica y geotecnia de la rambla de El Tinajón.

En primer lugar se aportan los trabajos que se realizaron en el emplazamiento de la cerrada.

Inicialmente, “se han perforado dos sondeos de 20 m cada uno que han permitido conocer la potencia de los suelos y distribución en profundidad de la formación. La potencia de los estratos discurre entre los 2 y 4 metros.”²⁹ Es destacable resaltar que en un principio “se suponían de 6 metros. La profundidad y la extensión lateral son las visibles en superficie.”³⁰

“Se han abierto dos calicatas en la parte superior de la ladera derecha. Confirma la uniformidad de composición y potencia del suelo eluvial que la cubre.”³¹

Por último, “se han realizado dos perfiles geoeléctricos que han sugerido una falla junto a la ladera derecha.”³²

“La zona de la cerrada se compone de un conjunto francamente detrítico con predominio de conglomerados; estos son de tipo pudingas con cantos subangulosos. (...) La proporción de cemento calizo es importante, sin embargo, existen capas no cementadas, sobre todo allí donde los clastos son más gruesos. (...) Intercalados entre los bancos conglomeráticos aparecen niveles de arenisca limosa algo cementada. (...) Hacia el sur toda la serie queda recubierta por las margas blanquecinas, con areniscas del mioceno terminal. (...) El extremo occidental de la Serreta de Comalica, la cerrada, hay un banco potente de calizas bioclásticas muy arenosas, (...) a partir del cual la serie se repite hasta alcanzar el contacto del triásico en facies Keuper.”³³

En la actualidad se ha presenciado el terreno y se corrobora que las condiciones citadas perduran, es decir, no se ha alterado el estado geológico y geotécnico analizado.

²⁸ J. Bautista, *Plan General de Defensa contra Avenidas en la cuenca del Segura*, Tomo XVI, 1987

²⁹ *Ibidem* p. 20

³⁰ *Ibidem*

³¹ *Ibidem*

³² *Ibidem*

³³ *Ibidem* p. 23

Sobre las características geológicas de la cuenca, cabe destacar que “la Sierra de la Pila forma parte del Subbético interno en tanto que el área donde se extiende la cuenca de la rambla aparece ocupada por los restos de una penillanura mixta.”³⁴

Además, “el fondo del valle es sensiblemente llano, cubierto por aluvial, y la terraza inferior, prácticamente en continuidad.”³⁵

A continuación, se adjuntan los informes de los sondeos, los esquemas de situación de los mismos, fotoplanos de situación y el mapa geológico en el lugar de la cerrada. Acerca del mapa, como es el de la época, el aportado en el *Anteproyecto*, es necesario aclarar que la alineación AA' corresponde con el eje de la coronación de la cerrada propuesto antiguamente. La cerrada que se propone en la actualidad no es la misma, ha variado ligeramente.

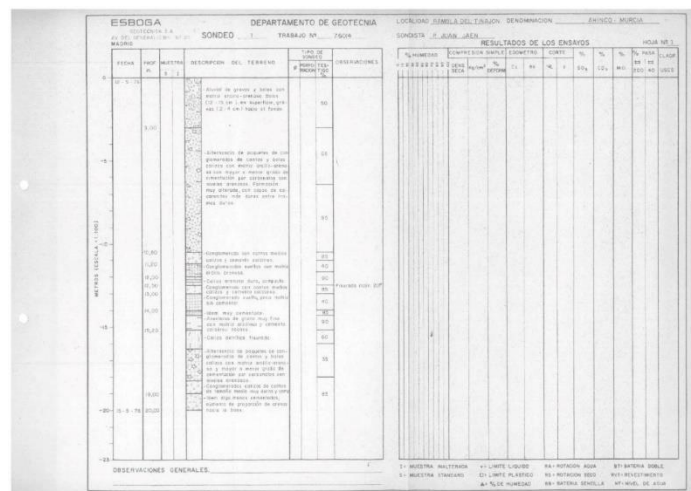


Figura 18. Sondeo. Fuente: Anteproyecto.

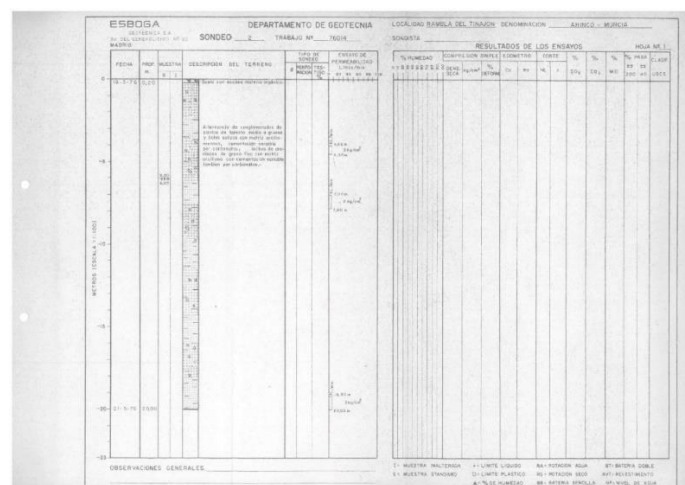


Figura 19. Sondeo. Fuente: Anteproyecto.

³⁴ J. Bautista, *Plan General de Defensa contra Avenidas en la cuenca del Segura*, Tomo XVI, 1987, p. 21

³⁵ *Ibidem* p. 22

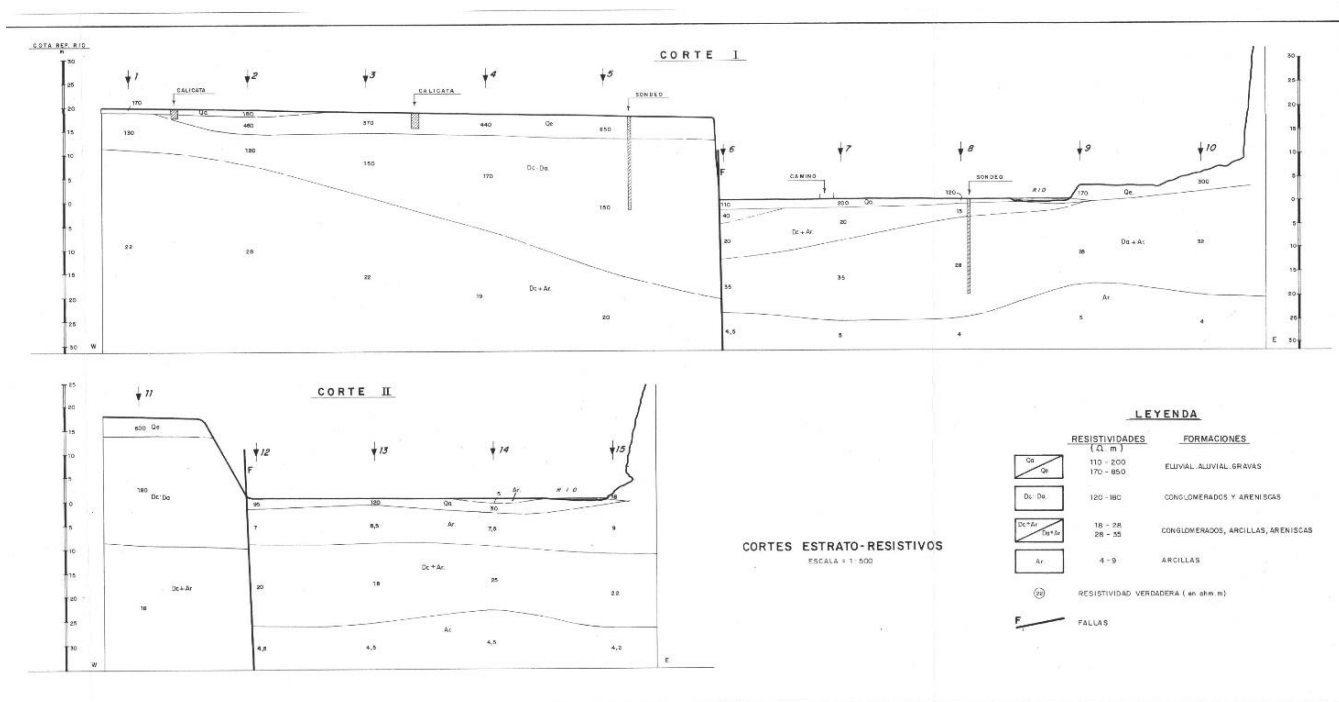


Figura 20. Corte geológico. Fuente: Anteproyecto.

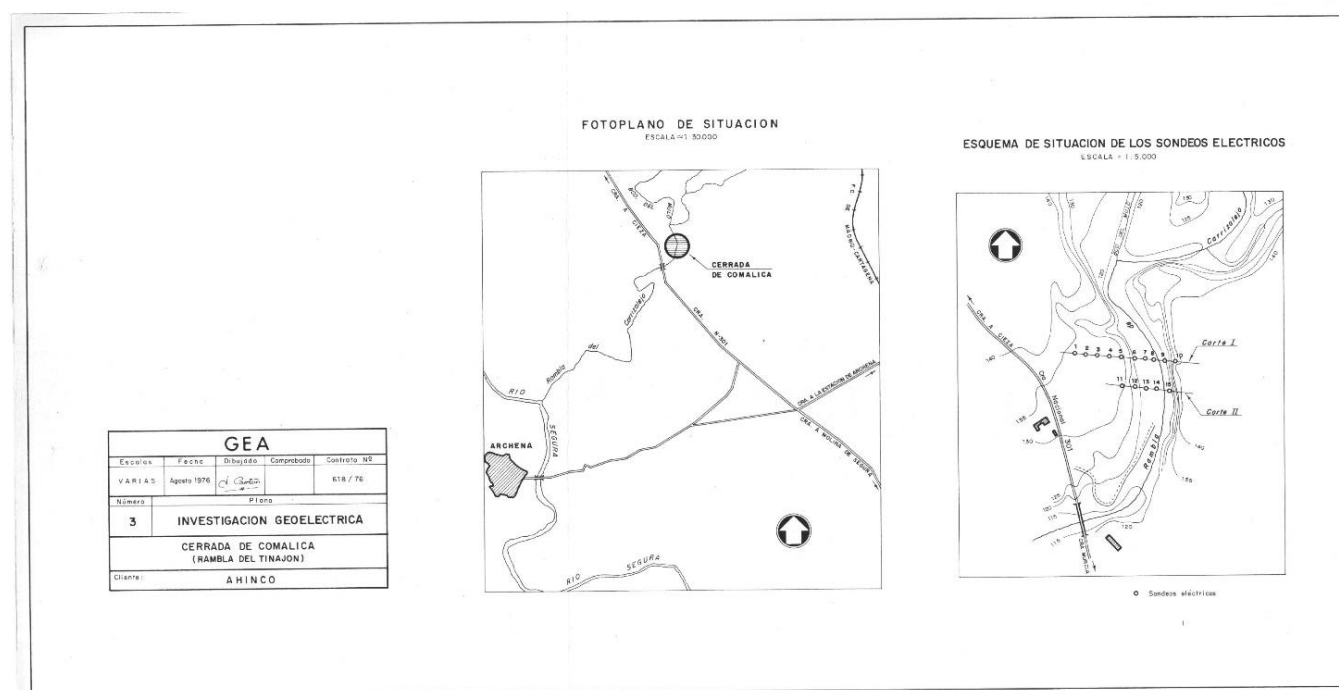


Figura 21. Fotoplanos. Fuente: Anteproyecto.



Figura 22. Mapa geológico con líneas de nivel. Fuente: Anteproyecto.

Como se puede observar en la margen izquierda, a la derecha en el mapa geológico, hay un afloramiento de arcillas. Este estrato se evita en el dimensionamiento del sistema de aliviamiento: tanto en la cimentación del aliviadero, como del canal y del cuenco.

Así, estas obras se alinean junto a este estrato, pero nunca sin tocarlo. De esta manera se aprovecha la ladera parcialmente para poder brindarle al canal la pendiente más suave posible, o sea sin toparse con las arcillas.

También procede comentar que, en la margen derecha, a la izquierda en el mapa geológico, el afloramiento de roca, conglomerado y areniscas, ideal para cimentar el desagüe de fondo, no aparece en las cotas requeridas.

Por ello, se deben hacer los consiguientes planteamientos. En primer lugar, para el tramo de desagüe, se diseñan excavaciones. Por otro lado, para facilitar un cómodo flujo de agua a través de la embocadura y desembocadura, se planean explanaciones aguas arriba de la embocadura (expl. B) y aguas abajo de la desembocadura (expl. C).

Esto es necesario para que el agua fluya por las cotas dimensionadas y fundamental para minimizar los fenómenos turbulentos a la entrada y salida del desagüe.

II.3 ANEJO 03: HIDROLOGÍA.

Para el dimensionamiento del cuerpo de presa se necesitan hidrogramas que informen del caudal entrante en el emplazamiento de la obra, es decir, unas avenidas de diseño. Estas tormentas se generan con simulaciones informáticas mediante Hec Ras.

En la rambla de El Tinajón hay tres subcuencas y cada una genera un hidrograma. En el programa se han denominado cada una como "TP2", "IC2", y "SC3". Para dimensionar la presa de El Tinajón, el hidrograma final corresponde a la suma de los hidrogramas de las tres subcuencas.

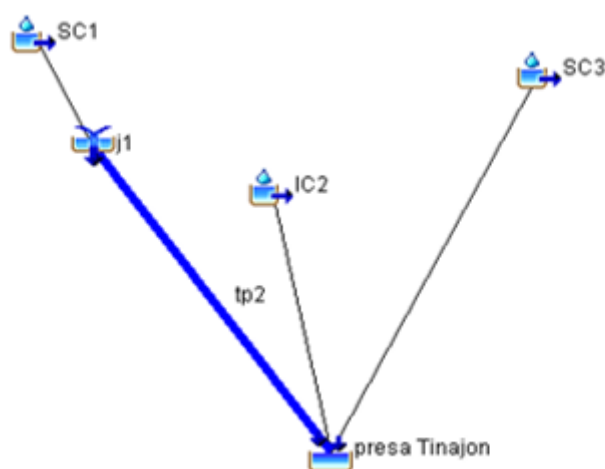


Figura 23. Diseño de crecidas. Fuente: Hec Ras.

Como la presa es para laminar crecidas, se manejan avenidas cuyos periodos de retorno son de 500 años, 100 años y 50 años. El primero se emplea para el diseño del aliviadero, pues representa la condición más extrema, mientras que los otros dos, más frecuentes, se utilizan para el dimensionamiento del desagüe de fondo.

Además, como se posee el hidrograma que azotó la rambla de El Tinajón durante la DANA de septiembre de 2019 en la Región de Murcia y el sur de la Comunidad Valenciana, lo expondremos más adelante³⁶.

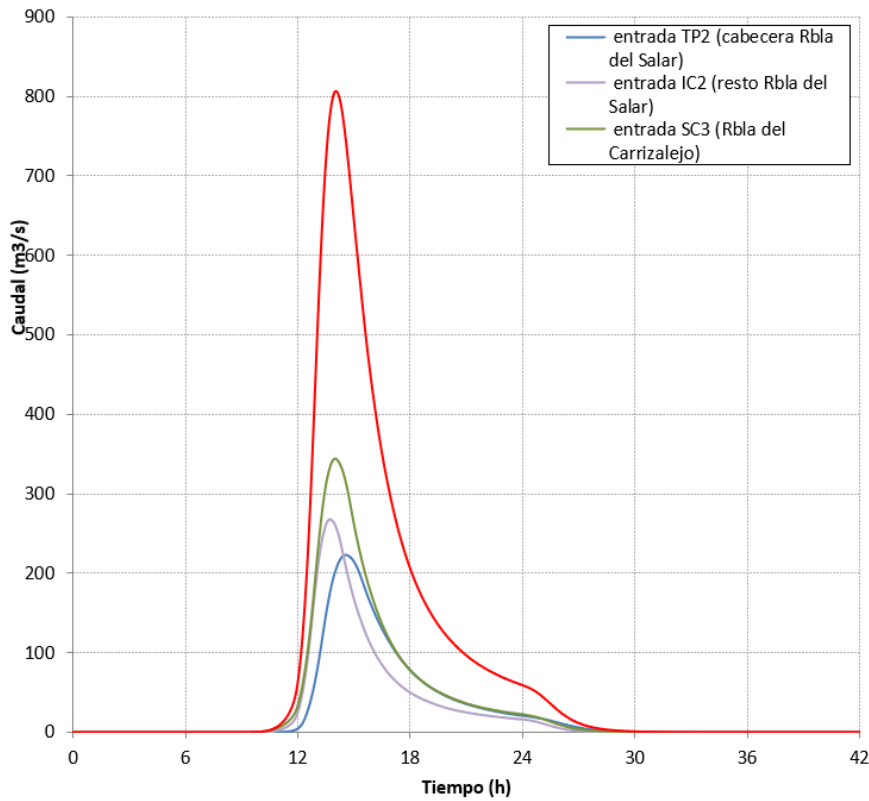
II.3.1 CRECIDAS DE DISEÑO.

II.3.1.1 PERIODO DE RETORNO: 500 AÑOS.

En primer lugar, se muestra la avenida de diseño correspondiente al periodo de retorno de 500 años.

³⁶ Vid. *infra* p. 62

Aclaración: las próximas tablas recopilan los datos de caudal para cada hora. Realmente el dimensionamiento se ha realizado con un intervalo de tiempo de 5 minutos, pero para simplificar y poder enseñar los números, se recortan los datos. Si se desean conocer las tablas completas, se puede poner en contacto con el autor del estudio.



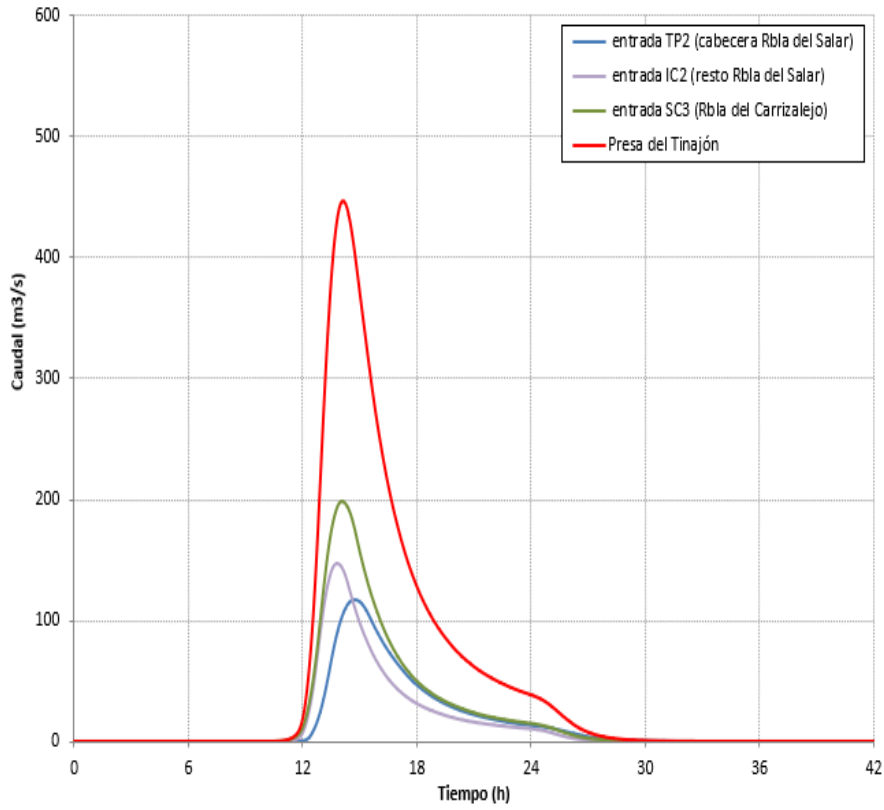
SIMULACIÓN SALAR-CARRIZALEJO HASTA PRESA TINAJÓN				
TIEMPO (h)	ENTRADA TP2	ENTRADA IC2	ENTRADA SC3	PRESA TINAJÓN
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0,6	0,6
11	0,1	2,5	5,9	8,5
12	4,5	24,9	33,5	62,8
13	73,8	194,1	210,4	478,3
14	202,6	259,8	343,6	806
15	214,6	167	260,9	642,4
16	155,2	104,5	167,5	427,1
17	109,2	69,4	111,1	289,7
18	78	49,7	77,8	205,5
19	57,7	38	57,7	153,4
20	44,4	30	45,1	119,5
21	35,4	24,8	36,1	96,4
22	29	21,1	30	80,1
23	24,1	18,3	25,7	68,2
24	20,7	16	22,4	59,1
25	17,2	11,4	17,2	45,7
26	11,3	4,8	9,1	25,3
27	5,8	1,7	3,8	11,3
28	2,7	0,6	1,6	4,9
29	1,3	0,2	0,6	2,1
30	0,6	0,1	0,2	0,9
31	0,3	0	0,1	0,4
32	0,1	0	0	0,1
33	0	0	0	0
34	0	0	0	0
35	0	0	0	0
36	0	0	0	0
37	0	0	0	0

Figura 24. Diseño de crecidas. Fuente: Hec Ras.

El pico sucede a las 14 horas, y es de 806 m³/s.

II.3.1.2 PERIODO DE RETORNO: 100 AÑOS.

A continuación, se muestra la avenida de diseño correspondiente al periodo de retorno de 100 años.



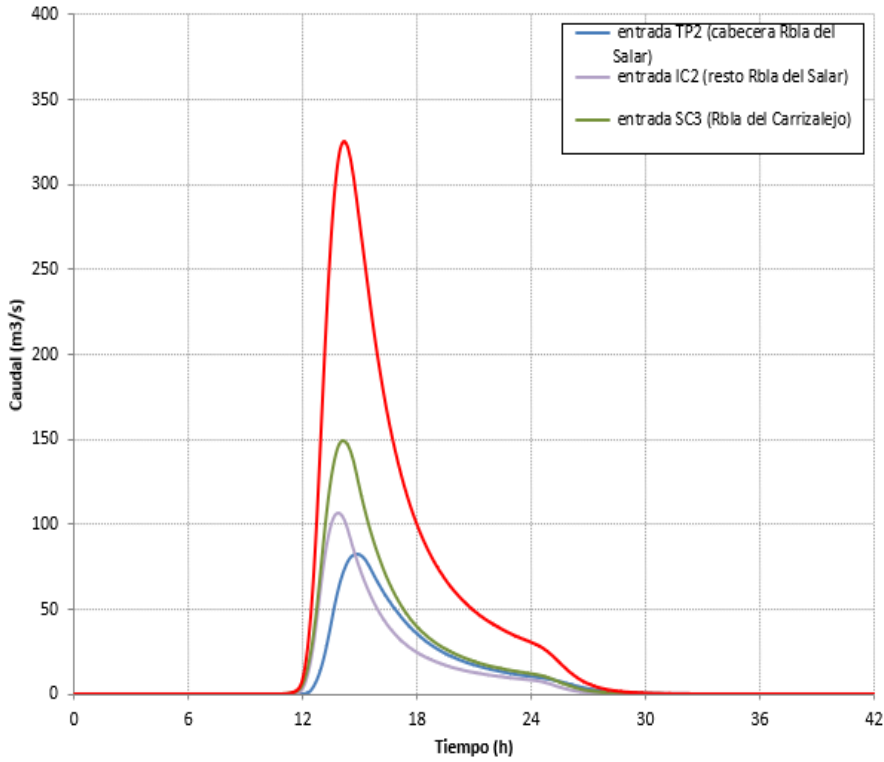
SIMULACIÓN SALAR-CARRIZALEJO HASTA PRESA TINAJÓN				
TIEMPO (h)	ENTRADA TP2	ENTRADA IC2	ENTRADA SC3	PRESA TINAJÓN
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0,1	0,5	0,6
12	0,3	7,1	11,3	18,7
13	28,8	99,1	112,3	240,2
14	100	145,3	198,9	444,2
14,08333333	103,8	143,2	199,1	446,1
15	115,2	97,9	157,2	370,4
16	87,7	63,2	103,6	254,4
17	63,6	43	70,1	176,7
18	46,6	31,3	49,9	127,7
19	35,1	24,1	37,4	96,6
20	27,3	19,2	29,4	75,9
21	22	15,9	23,7	61,6
22	18,2	13,6	19,8	51,6
23	15,2	11,8	17	44,1
24	13,1	10,4	14,9	38,3
25	11	7,4	11,4	29,8
26	7,4	3,2	6,1	16,6
27	3,8	1,1	2,5	7,5
28	1,8	0,4	1	3,2
29	0,9	0,1	0,4	1,4
30	0,4	0	0,2	0,6
31	0,2	0	0,1	0,3
32	0,1	0	0	0,1
33	0	0	0	0
34	0	0	0	0
35	0	0	0	0
36	0	0	0	0
37	0	0	0	0

Figura 25. Diseño de crecidas. Fuente: Hec Ras.

El pico sucede a las 14 horas y 5 minutos, y es de 446,1 m³/s.

II.3.1.3 PERIODO DE RETORNO: 50 AÑOS.

Finalmente, se enseña la avenida de diseño correspondiente al periodo de retorno de 50 años.



SIMULACIÓN SALAR-CARRIZALEJO HASTA PRESA TINAJÓN				
TIEMPO (h)	ENTRADA TP2	ENTRADA IC2	ENTRADA SC3	PRESA TINAJÓN
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0,1	0,1
12	0	3,4	5,9	9,3
13	16,8	68,4	79,8	165
14	67,4	106,1	148,6	322,1
14,16666667	73	103,2	149	325,2
15	82	73,8	120,5	276,2
16	64,6	48,5	80,6	193,8
17	47,7	33,4	55,3	136,4
18	35,5	24,5	39,6	99,7
19	27	19	29,9	75,9
20	21,2	15,2	23,6	60
21	17,1	12,7	19,2	49
22	14,2	10,8	16	41,1
23	12	9,4	13,7	35,1
24	10,3	8,2	11,9	30,4
25	8,6	5,9	9,2	23,7
26	5,8	2,5	4,9	13,2
27	3,1	0,9	2	6
28	1,5	0,3	0,8	2,6
29	0,7	0,1	0,3	1,1
30	0,3	0	0,1	0,5
31	0,1	0	0	0,2
32	0,1	0	0	0,1
33	0	0	0	0
34	0	0	0	0
35	0	0	0	0
36	0	0	0	0

Figura 26. Diseño de crecidas. Fuente: Hec Ras.

El pico se produce a las 14 horas y 10 minutos, y es de 325,2 m³/s.

II.3.2 DANA SEPTIEMBRE 2019.

El hidrograma de la DANA de septiembre de 2019 que azotó la rambla de El Tinajón es el siguiente:

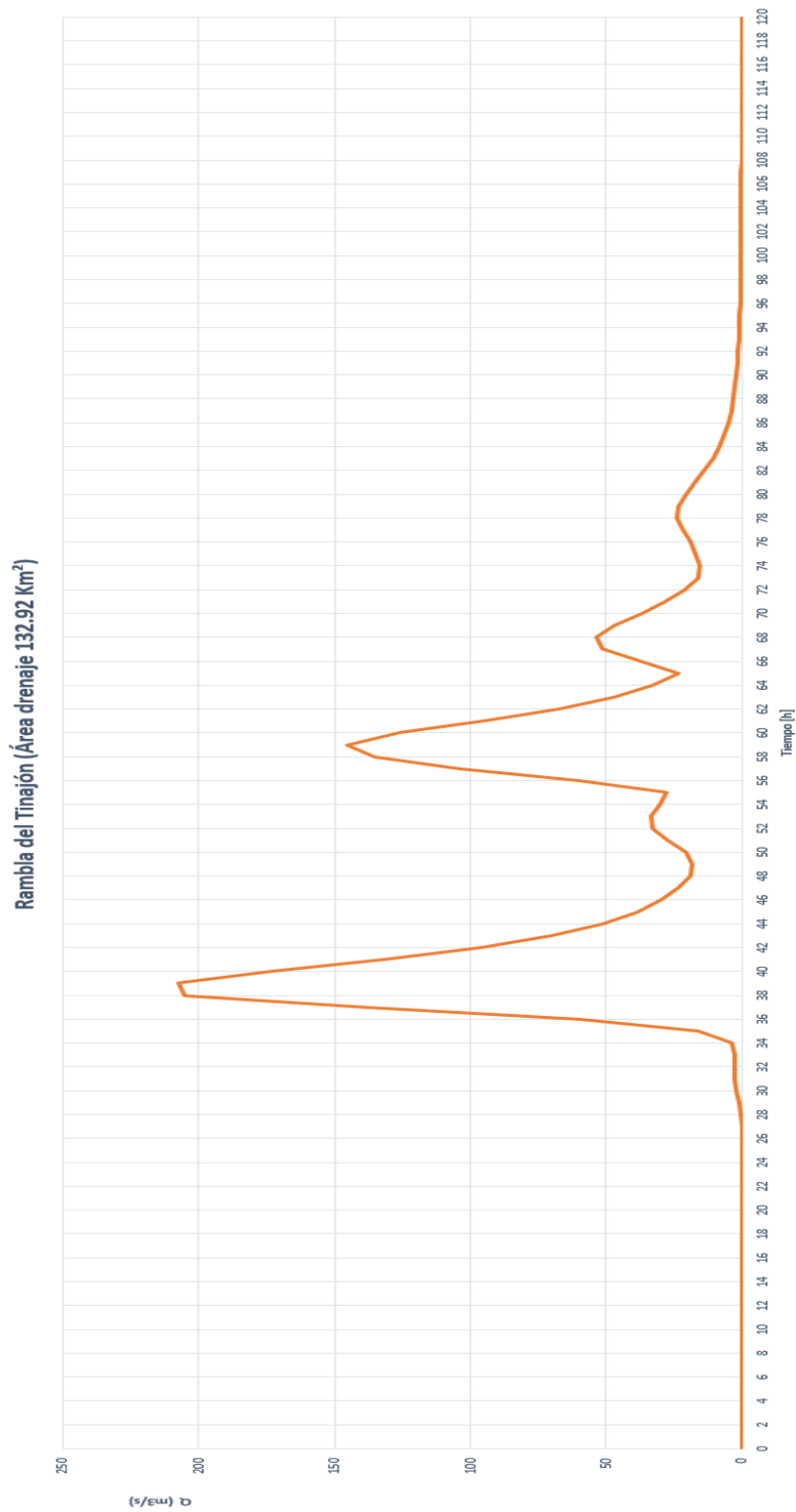


Figura 27. DANA 2019. Fuente: J. Marco.

Fecha y hora	Qttotal	Fecha y hora	Qttotal	Fecha y hora	Qttotal	Fecha y hora	Qttotal
11/09/2019 1:00	0,00	12/09/2019 7:00	2,60	13/09/2019 13:00	94,58	14/09/2019 19:00	1,72
11/09/2019 2:00	0,00	12/09/2019 8:00	2,83	13/09/2019 14:00	66,97	14/09/2019 20:00	1,42
11/09/2019 3:00	0,00	12/09/2019 9:00	2,80	13/09/2019 15:00	46,69	14/09/2019 21:00	1,17
11/09/2019 4:00	0,00	12/09/2019 10:00	3,62	13/09/2019 16:00	32,78	14/09/2019 22:00	0,98
11/09/2019 5:00	0,00	12/09/2019 11:00	16,22	13/09/2019 17:00	23,37	14/09/2019 23:00	0,82
11/09/2019 6:00	0,00	12/09/2019 12:00	59,80	13/09/2019 18:00	36,87	15/09/2019 0:00	0,70
11/09/2019 7:00	0,00	12/09/2019 13:00	137,38	13/09/2019 19:00	51,54	15/09/2019 1:00	0,59
11/09/2019 8:00	0,00	12/09/2019 14:00	205,12	13/09/2019 20:00	53,73	15/09/2019 2:00	0,51
11/09/2019 9:00	0,00	12/09/2019 15:00	207,61	13/09/2019 21:00	46,61	15/09/2019 3:00	0,44
11/09/2019 10:00	0,00	12/09/2019 16:00	172,82	13/09/2019 22:00	36,92	15/09/2019 4:00	0,38
11/09/2019 11:00	0,00	12/09/2019 17:00	131,29	13/09/2019 23:00	28,15	15/09/2019 5:00	0,34
11/09/2019 12:00	0,00	12/09/2019 18:00	96,34	14/09/2019 0:00	21,24	15/09/2019 6:00	0,30
11/09/2019 13:00	0,00	12/09/2019 19:00	70,23	14/09/2019 1:00	16,07	15/09/2019 7:00	0,27
11/09/2019 14:00	0,00	12/09/2019 20:00	51,53	14/09/2019 2:00	15,28	15/09/2019 8:00	0,24
11/09/2019 15:00	0,00	12/09/2019 21:00	38,36	14/09/2019 3:00	17,39	15/09/2019 9:00	0,21
11/09/2019 16:00	0,00	12/09/2019 22:00	29,41	14/09/2019 4:00	18,65	15/09/2019 10:00	0,20
11/09/2019 17:00	0,00	12/09/2019 23:00	23,21	14/09/2019 5:00	21,81	15/09/2019 11:00	0,18
11/09/2019 18:00	0,00	13/09/2019 0:00	18,92	14/09/2019 6:00	23,95	15/09/2019 12:00	0,17
11/09/2019 19:00	0,00	13/09/2019 1:00	18,44	14/09/2019 7:00	23,48	15/09/2019 13:00	0,15
11/09/2019 20:00	0,00	13/09/2019 2:00	20,37	14/09/2019 8:00	20,80	15/09/2019 14:00	0,14
11/09/2019 21:00	0,00	13/09/2019 3:00	27,20	14/09/2019 9:00	17,21	15/09/2019 15:00	0,13
11/09/2019 22:00	0,00	13/09/2019 4:00	32,67	14/09/2019 10:00	13,71	15/09/2019 16:00	0,13
11/09/2019 23:00	0,00	13/09/2019 5:00	33,18	14/09/2019 11:00	10,73	15/09/2019 17:00	0,12
12/09/2019 0:00	0,01	13/09/2019 6:00	29,84	14/09/2019 12:00	8,36	15/09/2019 18:00	0,12
12/09/2019 1:00	0,02	13/09/2019 7:00	27,93	14/09/2019 13:00	6,53	15/09/2019 19:00	0,11
12/09/2019 2:00	0,05	13/09/2019 8:00	60,25	14/09/2019 14:00	5,13	15/09/2019 20:00	0,11
12/09/2019 3:00	0,12	13/09/2019 9:00	103,66	14/09/2019 15:00	4,06	15/09/2019 21:00	0,10
12/09/2019 4:00	0,35	13/09/2019 10:00	135,40	14/09/2019 16:00	3,24	15/09/2019 22:00	0,10
12/09/2019 5:00	0,98	13/09/2019 11:00	145,07	14/09/2019 17:00	2,60	15/09/2019 23:00	0,10
12/09/2019 6:00	1,89	13/09/2019 12:00	125,57	14/09/2019 18:00	2,11		

Figura 28. DANA 2019. Fuente: J. Marco.

El pico fue de 207,61 m³/s a las 15 h del día 12 de septiembre de 2019.

Como se puede observar, esta avenida tuvo un pico inicial muy fuerte y tres réplicas después, cada cual más suave. Esta demostración de los hechos reales expone la aleatoriedad con la que las tormentas se manifiestan.

Si bien las avenidas de diseño solo avisan de un pico, en la realidad pueden aparecer varios. Es aún más evidente, por tanto, la necesidad de diseñar un desagüe de fondo capaz de drenar el suficiente caudal como para que cuando venga una segunda réplica, se haya evacuado la primera. Además, se debe realizar con un compromiso tal, de manera que tampoco se vierta un caudal de salida de la presa elevado, pues el objeto es optimizar la laminación.

Los fenómenos hidrológicos no se pueden predecir con exactitud. Al menos, las simulaciones de diseño se aproximan satisfactoriamente a la realidad, por lo que son válidas para dimensionar.

II.4 ANEJO 04: CÁLCULOS.

Los cálculos que requiere el dimensionamiento de la presa corresponden a tres unidades de obra:

- Cuerpo de Presa
- Sistema de Aliviamiento
- Configuración Desagüe de Fondo

La laminación es el método iterativo por el cual se prueban las dimensiones características de la presa. Las variables más determinantes son: cota de coronación, umbral de aliviadero, longitud de aliviadero, área del desagüe de fondo o nivel medio normal. Muestra el comportamiento que ofrece la obra ante las avenidas. De ella se extraen los valores finales de longitud de aliviadero y diámetro de desagüe de fondo tras una discusión de diferentes alternativas. Así pues, a través de la laminación quedará dimensionado el cuerpo de presa.

El sistema de aliviamiento consiste en varias estructuras sincronizadas que trabajan de manera extraordinaria cuando hay avenidas extremas. Se trata del propio aliviadero, de un canal y de un cuenco. El dimensionamiento de estos elementos viene determinado por la longitud de aliviadero, fruto de la laminación.

Con el desagüe de fondo ocurre algo similar. La laminación proporcionará el diámetro de la tubería.

II.4.1 LAMINACIÓN.

La laminación es simplemente un proceso matemático por el cual, dado un instante inicial con volumen de agua conocido en el embalse, tras un balance de volumen entre lo que entra y lo que sale de la presa, se obtiene un volumen de agua final en el embalse. Este volumen final permite conocer, en ese instante, la altura de la lámina de agua en el embalse en el momento final de la iteración mediante la relación característica Cota-Volumen de la cerrada. Del *Anteproyecto*³⁷ se obtiene dicha relación característica:

COTA (mts)	S (Ha.)	Av. (Hm ³ .)	V (Hm ³ .) Acumulado
116	0,000	0,000	0,000
118	0,875	0,008750	0,008750
120	2,925	0,038000	0,046750
122	4,900	0,078250	0,125000
124	8,175	0,130750	0,255750
126	13,625	0,218000	0,473750
128	19,875	0,335000	0,808750
130	25,450	0,453250	1,262000
132	31,050	0,565000	1,827000
134	37,425	0,664800	2,491800
136	50,150	0,875550	3,367400
138	63,125	1,132750	4,500100
140	79,525	1,426500	5,926600

Figura 29. Curva Característica. Fuente: Anteproyecto.

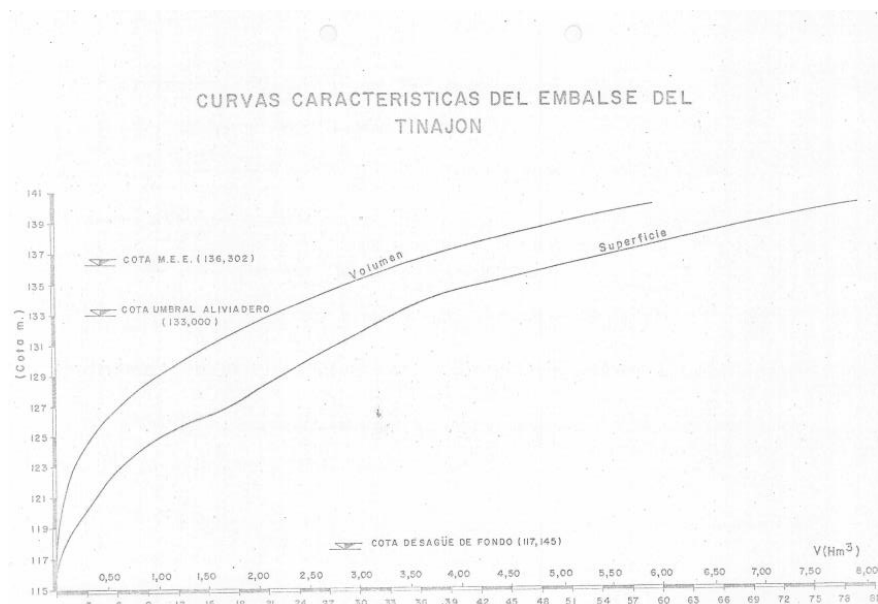


Figura 30. Curva Característica. Fuente: Anteproyecto.

³⁷ J. Bautista. Plan General de Defensa contra Avenidas en la cuenca del Segura, Tomo XVI, 1987, p. 78,79.

El balance de volumen es la diferencia entre el agua que entra en la presa, es decir, los hidrogramas de diseño de la simulación informática y el volumen que sale de la misma. El volumen de salida depende de los componentes hidráulicos que se coloquen en el cuerpo de presa. Como se dispone de un aliviadero y de un desagüe de fondo, el caudal de salida de la presa depende de las fórmulas que rigen estos elementos.

Por una parte, el caudal de salida de un aliviadero se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q = k \cdot (h^{1,5}) \cdot L$$

La variable k se establece según el tipo de pared del aliviadero. Como las teclas de piano no poseen una estructura armónica que acompañe el flujo de agua hacia el canal, se determina que la variable adoptará los valores de una pared delgada estándar.

La h corresponde a la altura de la lámina de agua sobre el umbral del aliviadero. Finalmente, la L representa la longitud total de aliviadero.

Por otro lado, el caudal de salida por el desagüe de fondo es:

$$Q = n \cdot k \cdot A \cdot v = n \cdot k \cdot \left(\pi \frac{D^2}{4} \right) \cdot \sqrt{2gh}$$

La variable n es el número de desagües de fondo, en este caso uno. La A es el área del desagüe, o sea, el área de un círculo de diámetro D . La v es la velocidad a través de la tubería y depende de la altura de la columna de agua (h) sobre el eje del desagüe. Finalmente, k es un factor de aerodinámica. Depende de la eficiencia constructiva de la embocadura y las facilidades que se proporcionen sobre el terreno para minimizar los efectos turbulentos que produce el agua en estas situaciones. Se considera 0,9 pues se realizan acciones para solventar lo citado.

Así pues, al realizar el balance se ponen en juego las diferentes variables principales: L y D que determinan el dimensionamiento de las obras hidráulicas.

La laminación se programa para cada instante, cada 5 minutos, pues es el intervalo que rigen los hidrogramas de entrada, las avenidas de diseño. De esta manera se conocerá la evolución del volumen del embalse, de los caudales de salida y de la altura de lámina de agua dadas unas variables.

Hay algunas variables que se mantienen del *Anteproyecto*³⁸ como la cota del desagüe de fondo y otras que se modifican como la cota de coronación, que se eleva a la 141 msnm. El umbral del aliviadero también se alza a la 138,7 msnm. Se elevan para maximizar la capacidad del embalse. El NMN se establece a la altura del propio lecho del río, para, entre otros, optimizar la laminación: es un embalse normalmente vacío. En último lugar, la pareja de variables **L** y **D** conforman las diversas alternativas. Hay 25, pues cada una de las cinco longitudes de aliviadero sugeridas se combinan con cada uno de los cinco diámetros propuestos. La alternativa que se escoge corresponde a la “Alternativa 4.3.”³⁹.

Cabe destacar que el labio del aliviadero se colocó en un primer predimensionamiento en la cota 139 msnm. Tras evaluar las diferentes alternativas y escoger la más conveniente, se reajustó la cota 30 cm por debajo de lo inicialmente establecido, a la 138,7 msnm. Así, se logra un metro de resguardo entre la coronación (141 msnm) y la altura máxima de lámina de agua (140 msnm).

Si así se desea, se pueden consultar todas las laminaciones realizadas mediante la exposición de las alternativas en su anejo respectivo, Anejo 05⁴⁰.

Los resultados de interés derivados de la laminación se exponen en la memoria a lo largo de la descripción de las diferentes soluciones hidráulicas definitivas⁴¹.

³⁸ J. Bautista, *Plan General de Defensa contra Avenidas en la cuenca del Segura*, Tomo XVI, 1987

³⁹ *Vid. infra* p. 118

⁴⁰ *Vid. infra* p. 83

⁴¹ *Vid. supra* p. 30 y ss.

II.4.2 ALIVIADERO: TECLAS DE PIANO.

Como resultado de la laminación, se establece de la “Alternativa 4.3.”, la finalmente escogida, una longitud de aliviadero de 140 metros. El caudal de diseño de descarga del aliviadero (Q) para el periodo de retorno de 500 años, el que se debe utilizar para dimensionar esta obra, es de $397,83 \text{ m}^3/\text{s}$. La cota máxima (c) que alcanza en $q500$ es $140,03 \text{ m}$, o sea, aproximadamente un metro por debajo de la coronación y $1,33 \text{ m}$ de altura (h) sobre el labio del aliviadero.

Como se explica en la memoria, no es posible construir un aliviadero de pared delgada de 140 metros⁴². Por lo que se recurre al laberinto. Es una técnica para conseguir en menor longitud en planta, el recorrido necesario que drene el caudal de diseño de salida del aliviadero. Se ha optado por el sistema popularmente denominado “Teclas de piano”. Para entender a visualizarlas se invita al lector a consultar los planos.

Siguiendo las recomendaciones de J. Marco y los ajustes empíricos en las fórmulas de las teclas de piano que se proyectaron en la presa de Pena por J. A. Aranda⁴³, se procede a calcular las dimensiones del aliviadero.

El procedimiento de cálculo del aliviadero en teclas de piano consiste en obtener un factor F que maximiza la capacidad de aliviamiento por metro lineal, cosa que realmente sucede en este tipo de aliviadero.

Este factor F viene dado en función de varias variables. Dichas variables representan las dimensiones transversales del flamante aliviadero. Por ende, según se proyecten estas variables, así se obtendrá un factor F determinado.

Si entonces por metro lineal se alivia más, dado que se tiene este factor F por las teclas de piano, se requerirá por tanto menos longitud en planta para evacuar el caudal de diseño de salida. Esta longitud es la única incógnita del problema, pues el dimensionamiento de la sección transversal del aliviadero ya se ha reseñado que está en manos del proyectista. Se resumen a continuación.

El ancho (B) del aliviadero es de 12 m . Cada módulo dispone de un canal de entrada (W_i) de $2,5 \text{ m}$. de longitud en planta y un canal de salida (W_o) de 2 m . El desarrollo de un módulo, L_i , es de $28,5 \text{ m}$ ($= 12 + 12 + 2 + 2,5$). Un módulo en longitud en planta (W) ocupa $4,5 \text{ m}$ ($= 2 + 2,5$).

⁴² Vid. *supra* p. 33

⁴³ J. A. Aranda, *Estudio hidrológico e hidráulico de la cuenca del río Huerva hasta la presa de Las Torcas. V-01*, Zaragoza, 2015

Los voladizos de los canales de entrada (Bi) y salida (Bo) sobresaldrán 3 metros fuera de la base. La base (Pi) mide 6 m de ancho. Los cantos de los canales (Ro) son de 0,5 m.

La altura de aliviadero (Po) es de 6 m. Esta es la distancia entre la base del aliviadero, apoyada en la 134 msnm, y la cota máxima de la lámina de agua (c), o sea, 140,035 msnm. Todos estos parámetros se pueden visualizar en los planos.

El factor F se calcula así:

$$F = 1 + 0,24 * d * (w * p * b * a)$$

Las variables d , w , p , b , a se obtienen de la siguiente manera:

$$d = \left(\frac{(Li - W)/W}{h/Pi} \right)^{0,9} = \left(\frac{(28,5 - 4,5)/4,5}{1,33/6} \right)^{0,9} = 17,54$$

$$w = \left(\frac{Wi}{Wo} \right)^{0,05} = \left(\frac{2,5}{2,0} \right)^{0,05} = 1,01$$

$$p = \left(\frac{Po}{Pi} \right)^{0,25} = \left(\frac{6}{6} \right)^{0,25} = 1$$

$$b = \left(0,3 + \left(\frac{Bo + Bi}{B} \right) \right)^{-0,5} = \left(0,3 + \left(\frac{3 + 3}{12} \right) \right)^{-0,5} = 1,12$$

$$a = 1 + \left(\frac{Ro}{Po} \right)^2 = 1 + \left(\frac{0,5}{6} \right)^2 = 1,01$$

Por lo que el valor de F es 5,79.

El caudal descargado por metro lineal en un aliviadero convencional sería:

$$q = k \cdot (h^{1,5}) \cdot L = 1,86 * (1,33^{1,5}) \cdot 1 = 2,84 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ahora con las teclas de piano, el caudal de salida es:

$$q^* = F \cdot q = 5,79 \cdot 2,84 = 16,47 \text{ m}^3/\text{s}$$

La longitud de cálculo en planta del aliviadero con teclas de piano será:

$$L = \frac{Q}{q^*} = 397,83/16,47 = 24,16 \text{ m}$$

Se debe redondear al múltiplo superior de W , es decir, de la longitud en planta de un módulo. La longitud final en planta de aliviadero con teclas de piano es de 27 metros. Se obtienen 6 módulos.

Este aliviadero en teclas de piano conformado por 6 módulos que ocupan 27 m de longitud total en planta es equivalente a un aliviadero convencional, pues se ha dimensionado para que drene el mismo caudal punta Q . Con este avance se consigue reducir un 80,72 % la longitud en planta inicial que requería un aliviadero convencional de pared delgada. Es decir, el aliviadero tipo teclas de piano ocupará un 19,28 % de la longitud que necesitaba el convencional.

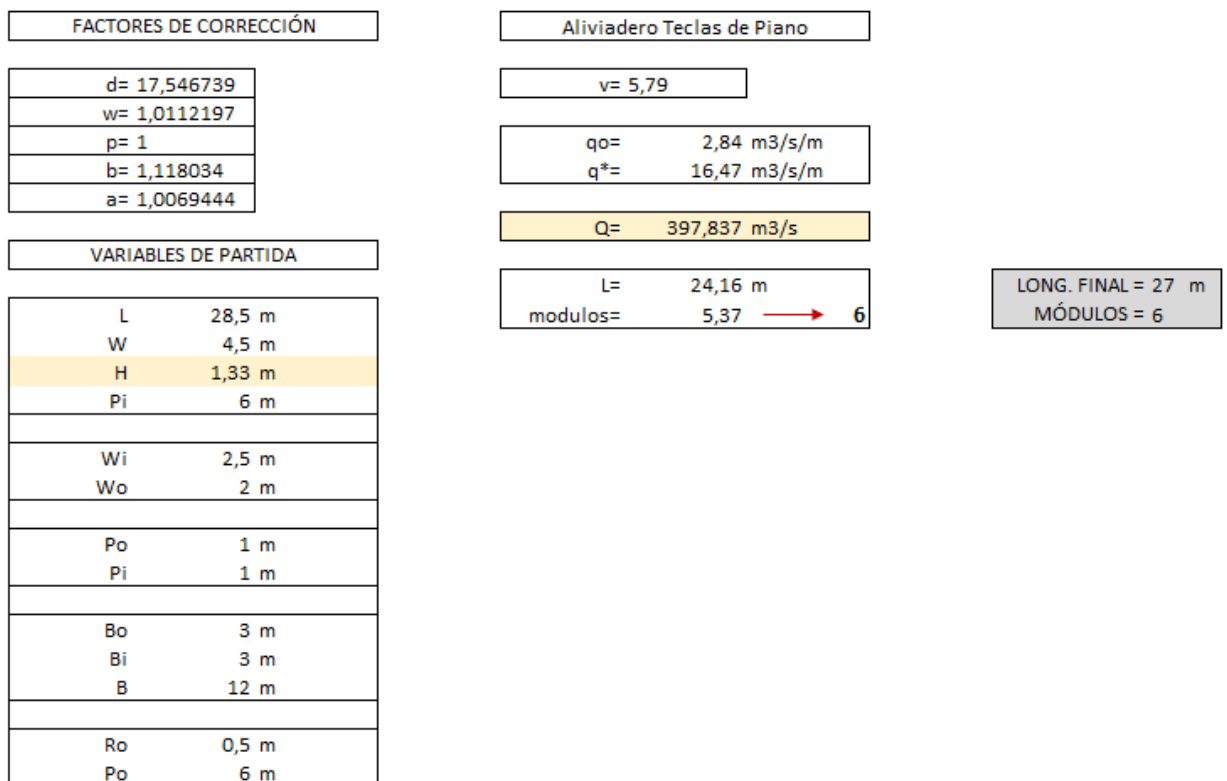


Figura 31. Cálculos Tecla de Piano. Fuente: realización propia.

II.4.3 CANAL: REINTEGRO.

El diseño del canal consta de dos apartados. El primero consiste en calcular la trayectoria de la cascada de agua que propician las teclas de piano. Se necesita conocer a que distancia impacta el flujo en la solera del canal y a qué velocidad se produce. La segunda parte trata sobre la obtención de la curva de remanso, con el objeto de conocer el calado con el que se llega al final del canal.

Estas incógnitas que se deben resolver son vitales para establecer la altura de los cajeros del canal y dimensionar, posteriormente, el cuenco.

El ancho tanto del canal como del cuenco es de 27 metros, o sea, igual a la longitud total en planta del aliviadero tipo teclas de piano.

El canal comienza en la cota 134 msnm y termina, en un primer predimensionamiento en la 116 msnm. En planta esto ocupa una distancia de 90 metros según la alineación que se ha proyectado atendiendo a motivos geológicos y económicos. Es por esto por lo que la pendiente del canal es del 20 %.

Sin embargo, un canal de 90 m de longitud en planta que deriva en el cuenco a la cota predimensionada, no se ajusta a las exigencias mecánico - hidráulicas que rigen el diseño del cuenco. Como finalmente se necesita construir un cuenco de más de 47 m de longitud sobre la cota 112,25 msnm para conseguir un resalto hidráulico de 2,75 m que reintegre el flujo de agua al lecho del río en la cota 115 msnm, con la pendiente del canal del 20%, la longitud final en planta del canal es de 108,75 m.

II.4.3.1 PARTE I: CASCADA DE AGUA.

La traza del canal se rige bidimensionalmente por la siguiente ecuación (s):

$$y = - 0,2 x + 134$$

El cálculo de la trayectoria de la cascada de agua se asemeja a un movimiento compuesto: en el eje X se tiene un mru, movimiento rectilíneo uniforme; y en el eje Y ocurre una caída libre sin velocidad inicial.

La velocidad con la que el agua avanza en el eje X se produce por el potencial de agua sobre el aliviadero. La situación más extrema es con $h = 1,33$ m. Entonces:

$$V_x = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,33} = 5,10 \text{ m/s}$$

La ecuación que define completamente este movimiento depende del tiempo. Es una ecuación paramétrica (p):

$$\begin{cases} x = 5,1 t \\ y = 138,7 - 4,905 t^2 \end{cases}$$

Si intersecamos ambas ecuaciones, s y p , se obtiene la siguiente ecuación de segundo grado cuya incógnita es el tiempo:

$$4,905 t^2 - 1,0216 t - 4,7 = 0$$

La solución con signo negativo se desecha, por lo tanto, el flujo de agua procedente del aliviadero impacta en el canal a los 1,09 segundos.

La distancia en línea recta en planta a la que impacta el flujo es de 5,55 m desde el punto más extremo del aliviadero. Además, la cota es 132,89 msnm. Esto se obtiene sustituyendo la solución dada de t en p .

Se adjunta el perfil esquemático del movimiento.

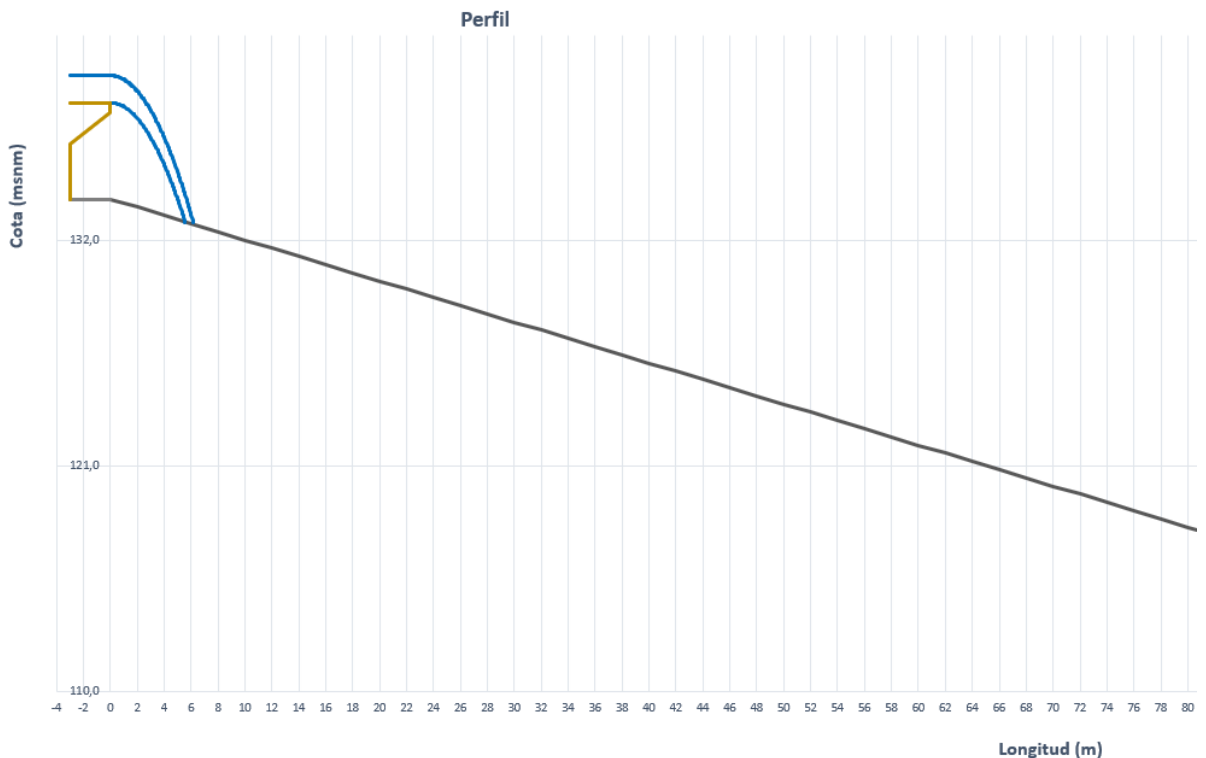


Figura 32. Perfil cascada. Fuente: realización propia.

Finalmente, la velocidad con la que impacta el flujo es 11,83 m/s. Se calcula así:

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{5,1^2 + (g \cdot t)^2} = \sqrt{5,1^2 + (9,81 \cdot 1,09)^2} = 11,83 \text{ m/s}$$

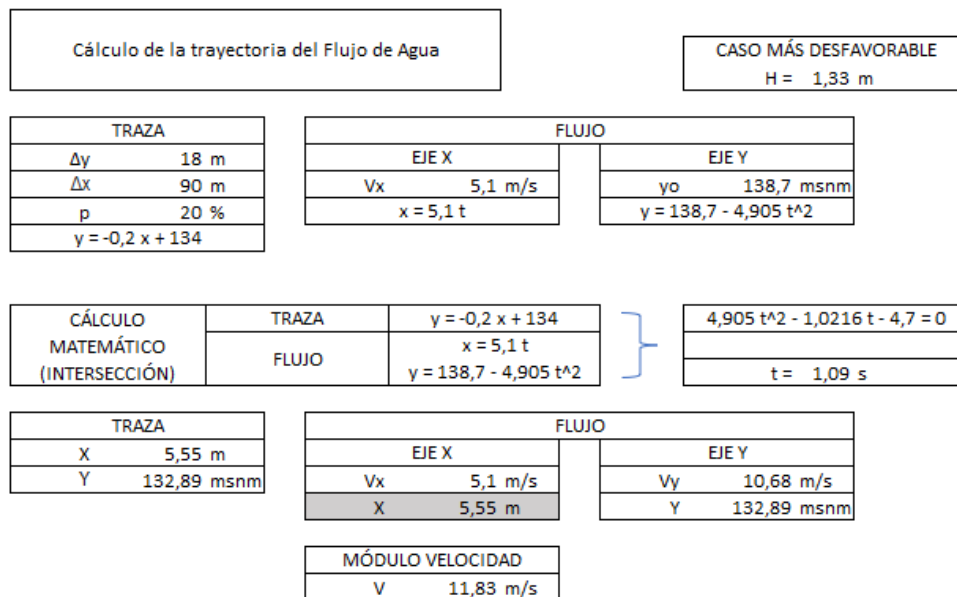


Figura 33. Cálculos cascada. Fuente: realización propia.

II.4.3.2 PARTE II: CURVA DE REMANSO.

Una vez conocida la velocidad a la que impacta el flujo sobre el canal, es trivial conocer el calado inicial en el mismo. Se aplica:

$$Q = v \cdot A$$

Con un caudal de descarga, Q, de 397,83 m³/s, v igual a 11,83 m/s, y ancho de canal, b, 27 m:

$$397,83 = 11,83 \cdot 27 \cdot y_0$$

Se obtiene que $y_0 = 1,245$ m.

Para conocer el calado al final del canal hay que programar el cálculo de la curva de remanso.

En primer lugar, se debe obtener el tipo de curva de remanso. Para ello se calcula el calado normal y el calado crítico.

El calado normal se obtiene despejando la siguiente fórmula, ya que $A = b \cdot y_n$. El resultado es $y_n = 0,668$ m.

$$\frac{Q \cdot n}{\sqrt{p}} = \left(\frac{A^5}{P_m^2}\right)^{0,33}$$

El calado crítico tiene un valor de $y_c = 2,808 \text{ m}$. Se calcula mediante:

$$y_c = \left(\frac{Q^2}{g \cdot b^2}\right)^{0,33}$$

Como $y_n < y_o < y_c$, la situación es de régimen rápido y la curva de remanso es **F2**. Se programa en *Excel* la curva de remanso. El calado va a ser conocido en cada iteración, con un progresivo intervalo de $\Delta y = -0,005 \text{ m}$. Se obtiene para cada calado la distancia en el canal a la que se produce.

A la distancia de 90 m, la del primer predimensionamiento del canal, se tiene que el calado ha descendido a los 0,777 m. A la distancia de 108,75 m, la del dimensionado definitivo, el calado (y_1) es de 0,750 m. Es un resultado lógico, pues el flujo viaja en régimen rápido: el agua se acelera y aumenta la velocidad en detrimento del término del área, por lo que el fluido disminuye su calado.

La altura de los cajeros del canal se establece en 2 m, pues con ello se consigue un resguardo de más de medio metro con el calado máximo, que es y_o .

Cabe mencionar que la velocidad a los 108,75 m es de 19,65 m/s. Esto supone tener que calcular un calado aparente debido a la aparición de espuma, pues se supera el umbral de los 12 m/s.

La fórmula empírica que matematiza este fenómeno depende de la pendiente del canal. La emulsión es:

$$Ce = 0,9 \text{ sen } (\alpha)$$

La variable $\alpha = 11,31^\circ$, pues corresponde al ángulo cuya tangente es la pendiente del canal. De esta manera, $Ce = 0,177$. El calado por espuma entonces es:

$$y_{esp} = \frac{y_1}{(1 - Ce)} = \frac{0,750}{(1 - 0,177)} = 0,911 \text{ m}$$

Como se han dimensionado 2 m de altura de cajeros, la espuma se contiene con un metro de resguardo en el canal. El diseño es correcto.

Se aporta el perfil de situación de lo sucedido con el flujo de agua a lo largo del canal.

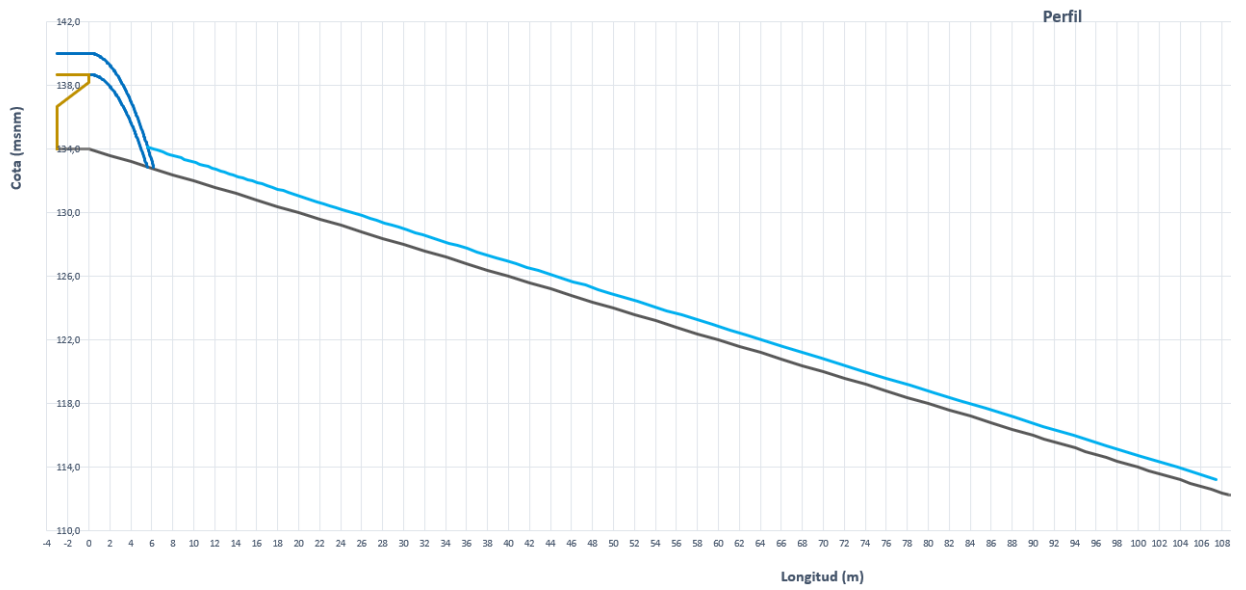


Figura 34. Perfil canal. Fuente: realización propia.

II.4.4 CUENCO: RESALTO HIDRÁULICO.

El cuenco es una estructura que se diseña para devolver el agua aliviada al río en “correctas” condiciones. El flujo baja desde el aliviadero por el canal en régimen rápido, acelerándose en cada instante. Se debe conformar el cuenco para frenar la tromba de agua.

Por “correctas” se refiere el autor a todas las consideraciones oportunas que consigan restablecer, en el flujo de agua proveniente del sistema de aliviamiento, las características regulares del curso natural del río.

Esta problemática se resuelve mediante el cálculo de energías. La energía en hidráulica se controla con el triángulo de Bernoulli. El principio de Bernoulli establece que:

$$E = h + \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

El primer término corresponde a la altura geométrica, el segundo a la presión y el último al cabezal de velocidad. Como se trabaja en este apartado con fluidos en lámina libre, el sumando de la presión es nulo.

El río normalmente posee, aguas abajo del futuro emplazamiento de la presa, unas condiciones determinadas de energía (E_3), según el caudal Q_t que discurra por él. El caudal que se descarga Q_a , por su parte también las tiene (E_2), aunque son modificables si atendemos a las variables del principio de Bernoulli.

Devolver el agua aliviada al río, hidráulicamente es tan sencillo como asegurarse que el caudal que baja por el canal, Q_a , tenga, al final del cuenco, menos energía que la habitual del curso del río cuando discurre un caudal Q_t igual al total de salida de la presa. O sea, se debe procurar que $E_2 < E_3$. El término de velocidad es difícilmente controlable, por lo que se juega con la altura geométrica.

Además, mecánicamente, el agua necesita espacio para frenarse. La longitud de este recorrido depende del calado al final del cuenco y del número de Froude. Se debe estudiar la topografía para encajar en planta la obra. Así pues, el dimensionamiento del cuenco conlleva una interacción mecánico–hidráulica.

A continuación, se desarrolla el cálculo de energía específica del río (E_3). Se debe obtener el calado normal y la velocidad del curso del río.

El calado normal del río se calcula así:

$$\frac{Q_t \cdot n}{\sqrt{p}} = \left(\frac{A^5}{P_m^2}\right)^{0,33}$$

ya que $A = b \cdot y_n$. El caudal total de salida de la presa Q_t es el del q500, es decir 470,33 m³/s. Las demás variables se obtienen de los planos y habiendo estudiado el terreno.

El resultado es $y_{n,río} = 2,75$ m.

Como el ancho del río coincide que también tiene 27 m de ancho, en consecuencia, la velocidad en el mismo es de 6,33 m/s. Entonces:

$$E_3 = h_3 + \frac{v_3^2}{2g} = z_3 + 2,75 + 2,04 = z_3 + 4,80$$

Por otra parte, para el cálculo del flujo de agua aliviada (E_2), el calado y la velocidad se corresponde a la del final del cuenco. El calado que se desarrolla al final del cuenco es el conjugado del que se tiene al final del canal.

Con el primer predimensionamiento del canal, no se cumplen las exigencias mecánico - hidráulicas que requiere el diseño del cuenco. Tras varias iteraciones en *Excel* del problema en cuestión, se llega a la conclusión de que se debe construir el cuenco sobre la cota 112,25 msnm para conseguir un resalto hidráulico de 2,75 m que reintegre el flujo de agua al lecho del río en la cota 115 msnm.

De esta manera, en términos hidráulicos se cumple la condición de energía: $E_2 < E_3$. Además, como la exigencia mecánica de la longitud de cuenco se establece en 46,24 m, con este diseño se consigue encajar en planta la obra.

Cabe reseñar que la longitud final del cuenco es de 72,99 m. Es de interés comentar que el calado conjugado calculado (y_2) vale 7,31 m, lo cual rebasa la altura de los cajeros del cuenco (2 m). Esto no es problema, pues se está del lado de la seguridad: cuando se rebasan los 2 m de altura, el ancho ya no son 27 m, es mayor a ese valor. El fluido descansará sobre las laderas del cauce. Se está del lado de la seguridad porque, si atendemos al triángulo de Bernoulli, la energía depende de la velocidad y el calado. En primer lugar, el calado, como mucho, descenderá, en detrimento del aumento del ancho, pues el área de la sección de paso del fluido tiende a conservarse. Por otro lado, la velocidad calculada se mantiene constante, pues como ya se ha explicado, el área de paso de la sección se mantiene prácticamente invariable, y el caudal no varía.

Se adjunta un cuadro resumen del diseño del cuenco y un esquema del perfil completo del sistema de aliviamiento, donde se visualiza la evolución de la lámina de agua.

Cálculo del resalto hidráulico					
REINTEGRO		RECEPCIÓN			
RESALTO HIDRÁULICO	2,75 m	CALADO NORMAL (y3)	2,75 m		
L/y2	6,32 -	Cota Lecho, Inicio Reintegro Río	115 m		
LONGITUD >	46,24 m	$Q^*n/p^{0,5} = 128,80$ $(A^5/Pm^2)^{0,33} = ((27y^5)/((2y+27)^2))^{0,33}$			
CANAL	X	18,75 m	RÍO	Q	470,33 m3/s
	Cota Cuenco	112,25 msnm		n	0,03
	y1	0,750 m		p	0,01
	Froude1	7,24		b	27 m
	y2	7,316 m		v3	6,33 m/s
	v2	2,01 m/s		H3	4,80 mca
H2	7,52 mca	E3	119,80 mca		
E2	119,77 mca				
TUBERÍA	E2	112,25 mca			
SIRVE EL RESALTO					

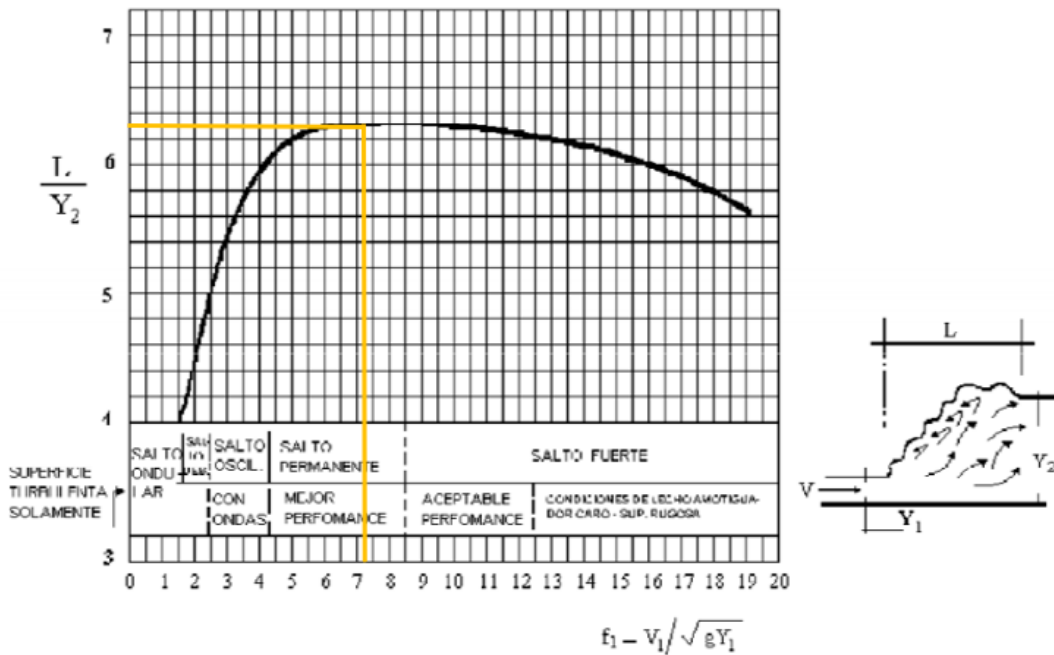


Figura 35. Cálculos cuenco. Fuente: realización propia.

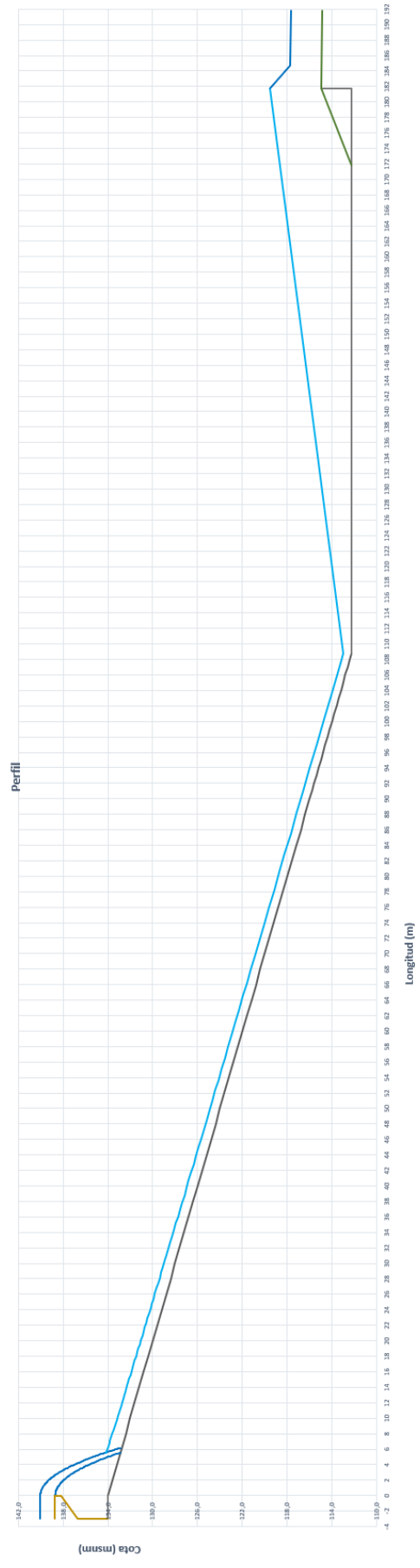


Figura 36. Perfil canal y cuenco. Fuente: realización propia.

II.4.5 DESAGÜE DE FONDO.

El desagüe de fondo solo requiere de dos operaciones: del diseño de la sección transversal y del cálculo en presión. Lo primero conlleva un proceso banal, y lo segundo es una modelización sencilla.

II.4.5.1 SECCIÓN TRANSVERSAL.

Como es bien sabido, no se puede diseñar un único desagüe de fondo con solo una tubería. Se deben construir, al menos, dos trazados. Por eso, se proyectan dos tuberías que configuran la obra del desagüe de fondo.

De la alternativa final se obtiene un predimensionamiento del diámetro del desagüe de fondo de 2,2 m. Esto significa un área total de tubería a proyectar de 3,8 m².

Se tiene que calcular el diámetro final de las dos tuberías definitivas, de manera que dos círculos de diámetro D' conformen el área de 3,80 m².

$$A = 2 \times \pi \cdot \left(\frac{D'^2}{4}\right) = 3,80 \text{ m}^2$$

Se obtiene que D' es igual a 1,55 m. Para estar del lado de la seguridad se redondea por arriba. Por lo cual, se establece el diámetro definitivo de las dos tuberías del desagüe de fondo en 1,60 m. (El área de cada tubería (Atub) es de 2,01 m², por lo que en conjunto suman 4,02 m². Es apropiado el dimensionamiento).

Finalmente, ambas tuberías se perfilan con un contorno arqueado en el extremo superior e inferior. Esto es muy conveniente y típico para lograr un diseño aerodinámico que minimice el fenómeno turbulento en la embocadura del desagüe. Se puede consultar la sección transversal del desagüe de fondo con las dos tuberías en los planos⁴⁴.

II.4.5.2 CÁLCULO EN PRESIÓN.

El objetivo es poner a prueba los tramos en presión de las tuberías del desagüe de fondo para observar su comportamiento y modelizar las pérdidas.

Se diseñará estructuralmente para resistir los esfuerzos. Se proyecta una tubería que apenas propicie pérdidas. Como se enunció en la laminación, constructivamente

⁴⁴ Vid. *infra* p. 180

se pone especial atención al diseño aerodinámico de la embocadura y al mantenimiento de la obra para minimizar las pérdidas. Se disponen aletas en la embocadura y desembocadura, algo muy común en esta tipología de obras de drenaje.

El caudal de paso por cada tubería (Q_{tub}) es la mitad del caudal total de desagüe, ($Q_d/2$). En este ejercicio particular, como procede modelizar con el caudal absoluto más desfavorable, se escoge el Q_d obtenido en el q500 de la alternativa definitiva. El área de cada tubería (A_{tub}) es el calculado en el apartado anterior. La velocidad del agua por la tubería (v_{tub}) se obtiene de despejar: $Q_{tub} = A_{tub} \cdot v_{tub}$.

Se adjunta un cuadro resumen con las operaciones y una gráfica de energías. Las tablas con las iteraciones del modelo son muy extensas. Si el lector desea verlas, se pueden pedir al autor del estudio.

CÁLCULO EN PRESIÓN		
Momento Inicial	Cota Embocadura	117,145 msnm
	Altura de agua	22,882 m
Momento Final	Cota Desembocadura	116 m
Tramo	Longitud	215 m
	Δy	1,145 m
	p	0,005324913 -
	Ecuación	$y = p \cdot x + 117,145$
	Q total desagüe (Q_d)	72,49 m ³ /s
Dimensionamiento	Q tubería (Q_{tub})	36,24 m ³ /s
	Diámetro (D')	1,6 m
	Área (A_{tub})	2,01 m ²
	Velocidad (V_{tub})	18,03 m/s
CÁLCULO DE PÉRDIDAS		
Pérdidas	K,embocadura	0,05 -
	K,desembocadura	0,1 -
	Viscosidad	1,31E-12 m ² /s
	Rugosidad	4,00E-11 m
	f	0,002 -
	objetivo = 1	1,0 -
	h_{Emb}	0,83 mca
	h_{Fricc}	4,57 mca
	h_{Des}	1,66 mca
NO CAVITA		

Figura 37. Cálculo en presión. Fuente: realización propia.

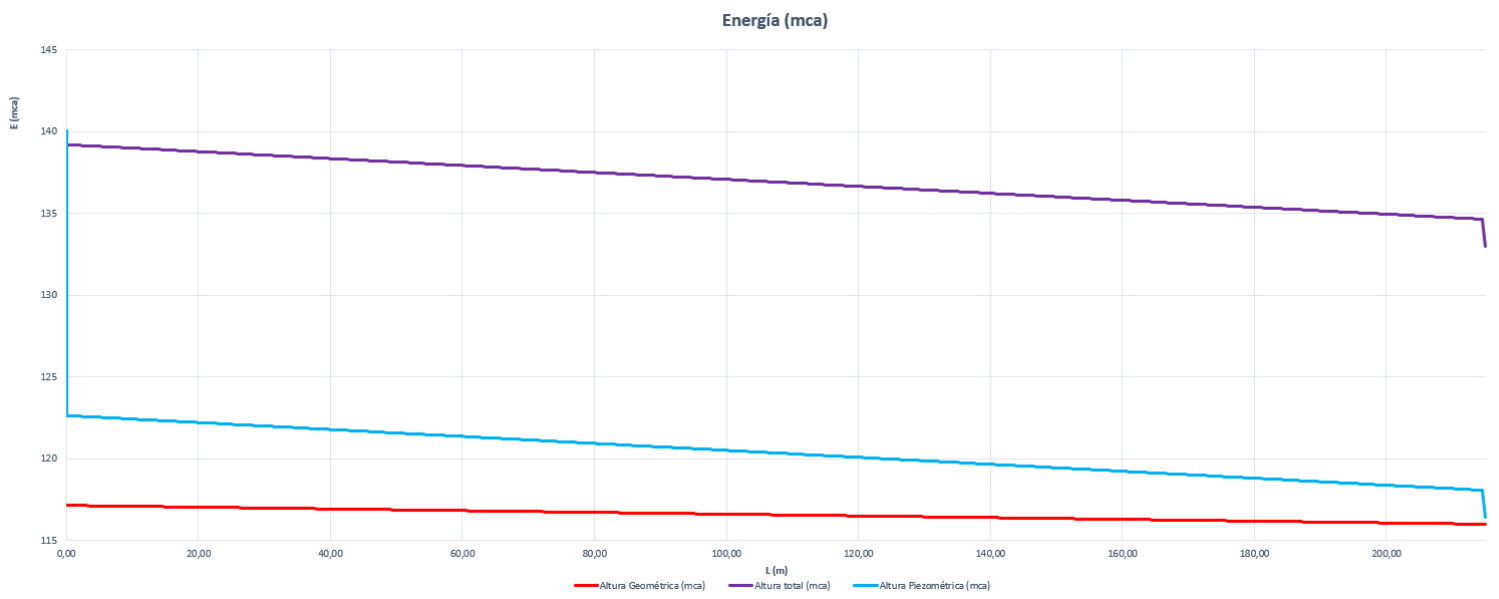


Figura 38. Alturas de Energía. Fuente: realización propia.

II.5 ANEJO 05: ALTERNATIVAS SOBRE EL CUERPO DE PRESA.

Las alternativas del cuerpo de presa dependen de la longitud del aliviadero y del diámetro del desagüe de fondo. Cada una de las cinco longitudes de aliviadero sugeridas se emparejan en la laminación con cada uno de los cinco diámetros de desagüe de fondo propuestos.

El resultado son 25 combinaciones: una tabla 5x5 que se resume a continuación.

			Diámetro Desagüe de Fondo				
			1.	2.	3.	4.	5.
			1,5 m	1,8 m	2,2 m	2,6 m	3,1 m
Longitud de Aliviadero	1.	70 m	Alt. 1.1.	Alt. 1.2.	Alt. 1.3.	Alt. 1.4.	Alt. 1.5.
	2.	95 m	Alt. 2.1.	Alt. 2.2.	Alt. 2.3.	Alt. 2.4.	Alt. 2.5.
	3.	120 m	Alt. 3.1.	Alt. 3.2.	Alt. 3.3.	Alt. 3.4.	Alt. 3.5.
	4.	140 m	Alt. 4.1.	Alt. 4.2.	Alt. 4.3.	Alt. 4.4.	Alt. 4.5.
	5.	160 m	Alt. 5.1.	Alt. 5.2.	Alt. 5.3.	Alt. 5.4.	Alt. 5.5.

Figura 39. Alternativas. Fuente: realización propia.

Cada alternativa se acompaña de un cuadro resumen y tres gráficos: uno por cada periodo de retorno. Los gráficos reflejan el caudal entrante, el caudal saliente y la cota de la lámina en el embalse en función del tiempo.

El eje X de las gráficas es el tiempo en horas. El eje Y de las gráficas es doble: a la izquierda se presenta la escala de caudal (m³/s) y a la derecha la altura de la lámina de agua (metros sobre el nivel del mar). Este último se acota desde la 116 msnm (lecho del río), hasta la 141 msnm (coronación). Por lo que el lector descubrirá que el agua desborda en la presa cuando la línea de altura de agua se escapa del gráfico. Lógicamente las alternativas en las que esto sucede se desechan por motivos obvios. Además, en todos los gráficos hay una línea azul que representa la altura del labio del aliviadero. Gracias a esto, el lector observará que, cuando la línea de altura de agua supera el umbral, el sistema de aliviamiento se pondrá a funcionar. El caudal de salida de la presa por tanto crecerá, en un primer instante, exponencialmente.

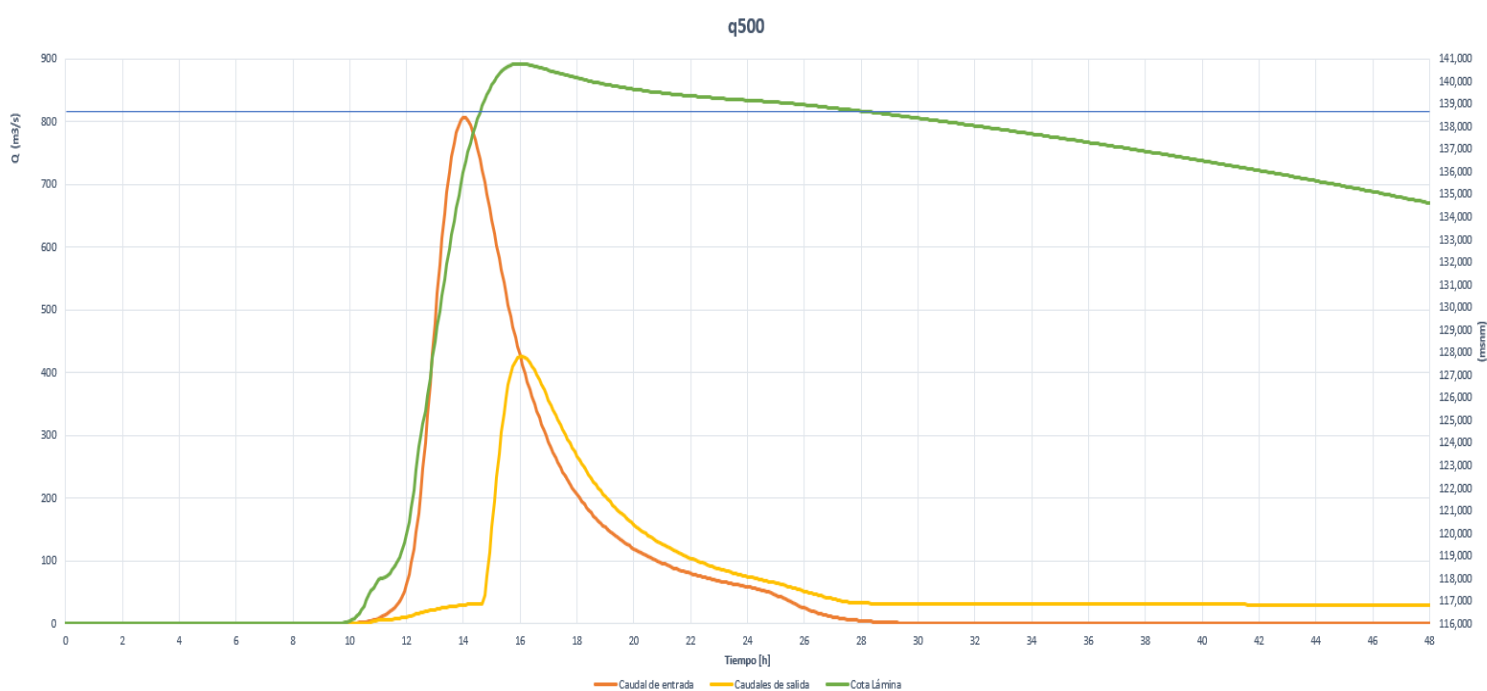
Finalmente, informar que la leyenda sobre los colores de las tablas es la siguiente:

LEYENDA DE COLORES
Propuesto
Anteproyecto
VARIABLES
Datos relevantes
Información a considerar

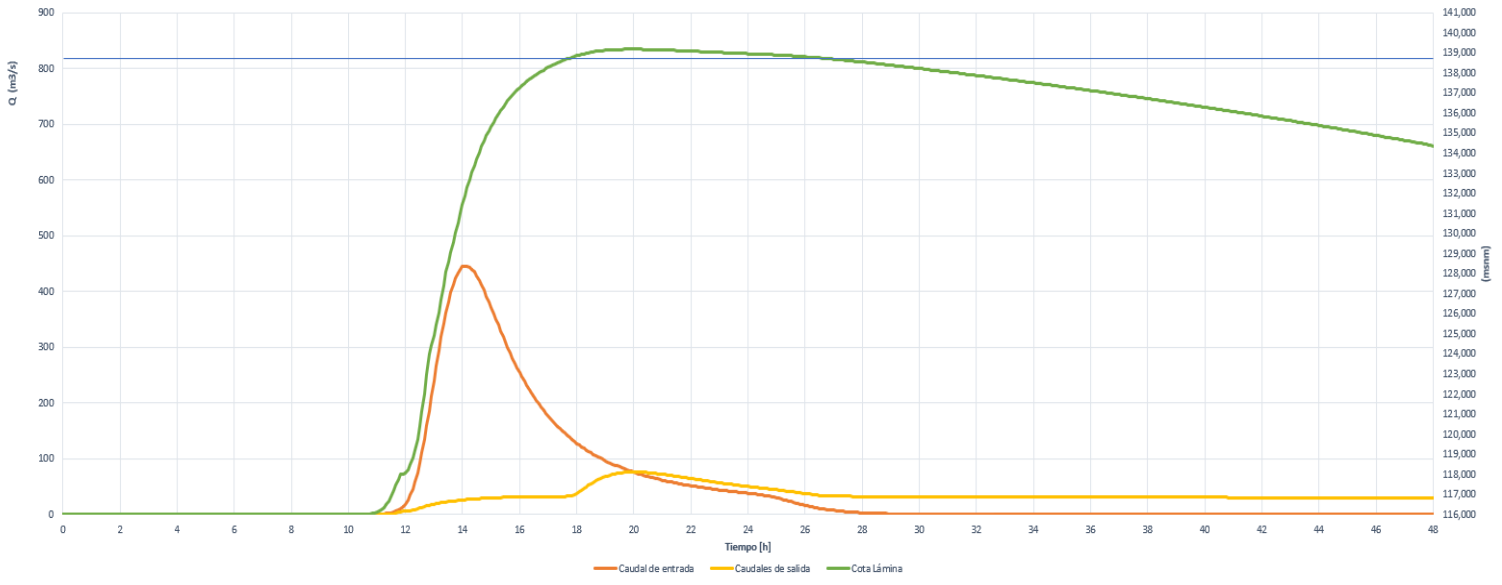
Figura 40. Leyenda de colores. Fuente: realización propia.

II.5.1 ALTERNATIVA 1.1.

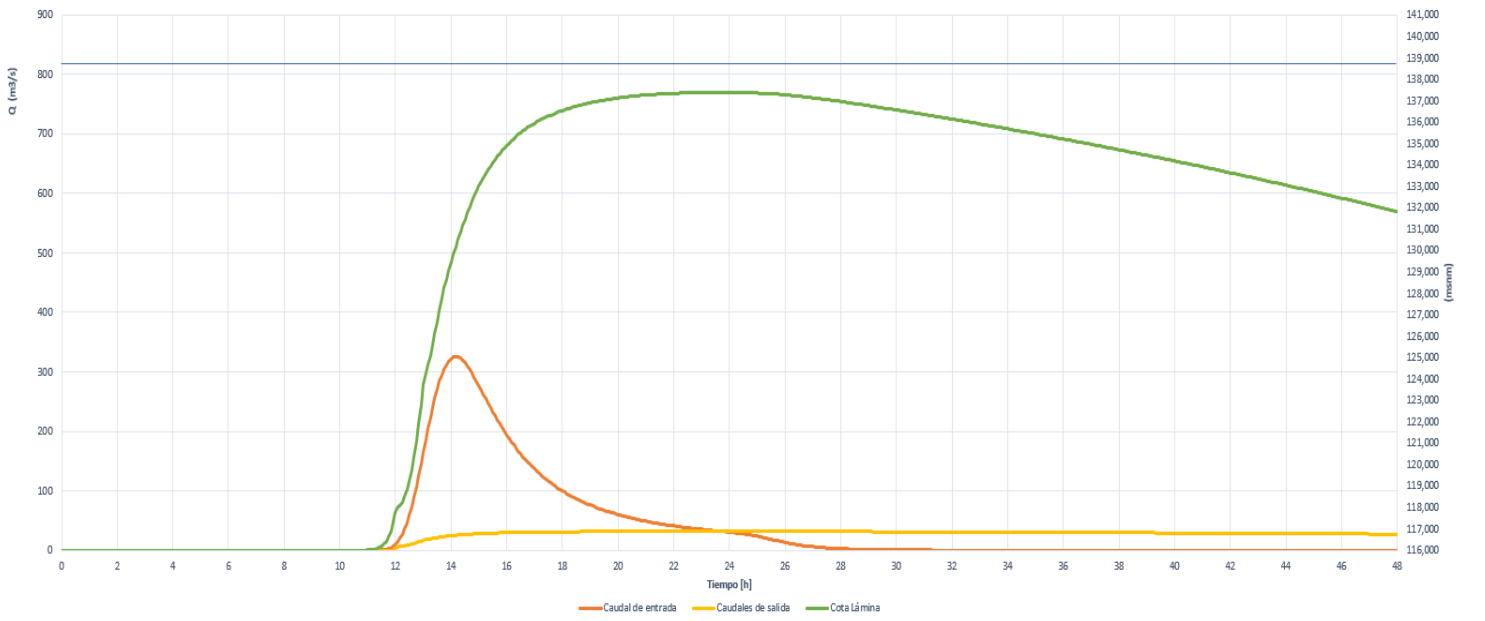
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del río	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	70 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	1,5 m
	Coficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	426,528 m ³ /s
	q100	76,281 m ³ /s
	q500	31,695 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,786 m
	q100	139,179 m
	q500	137,387 m



q100

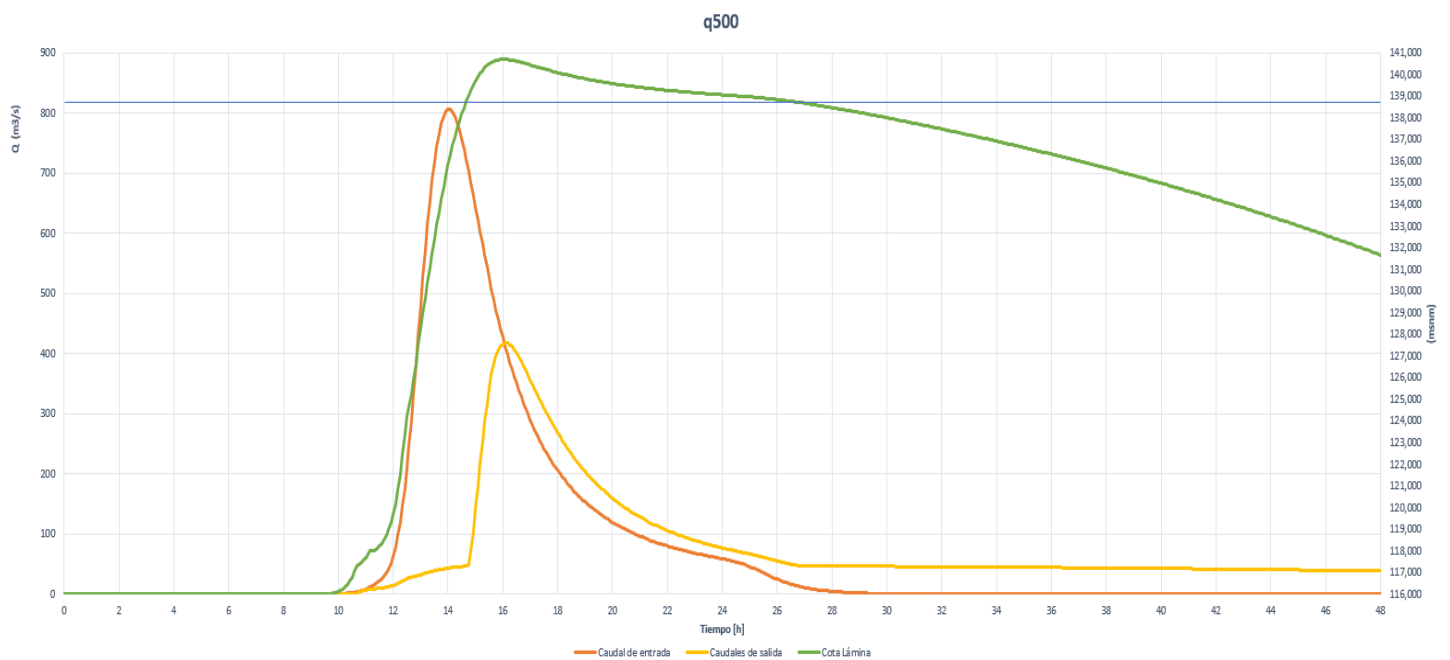


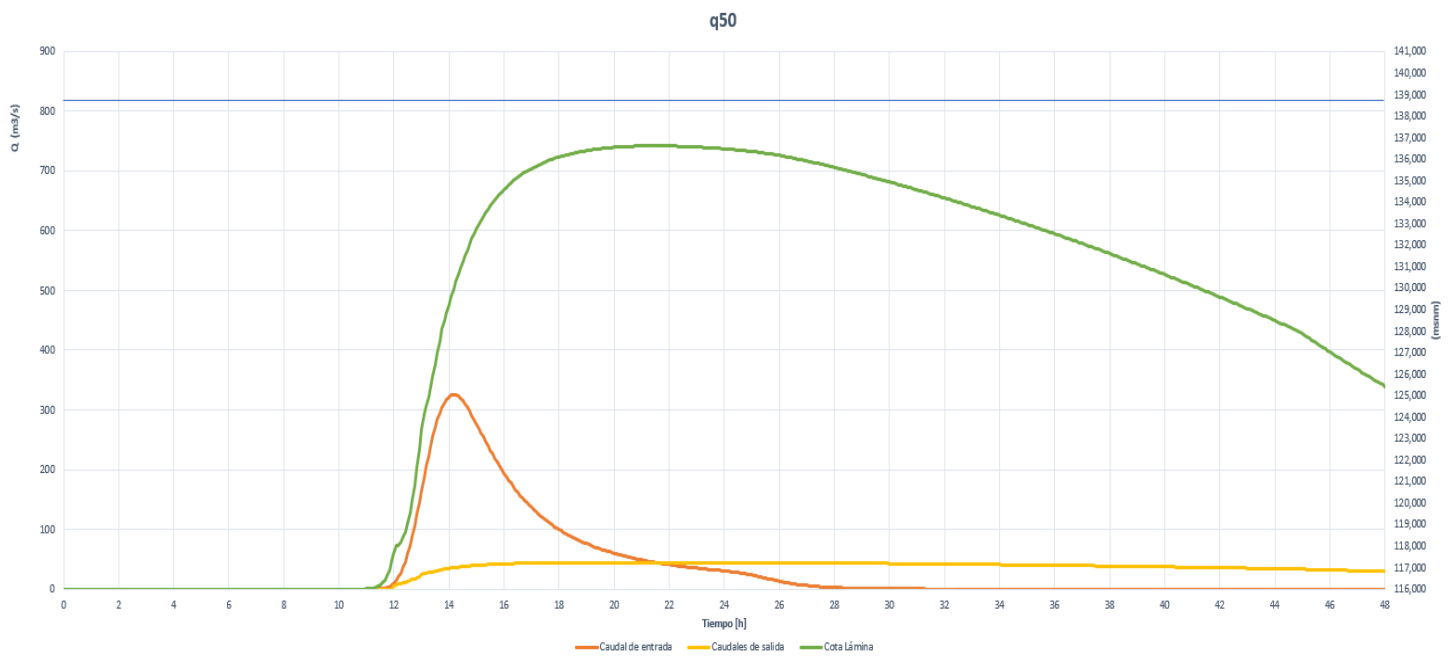
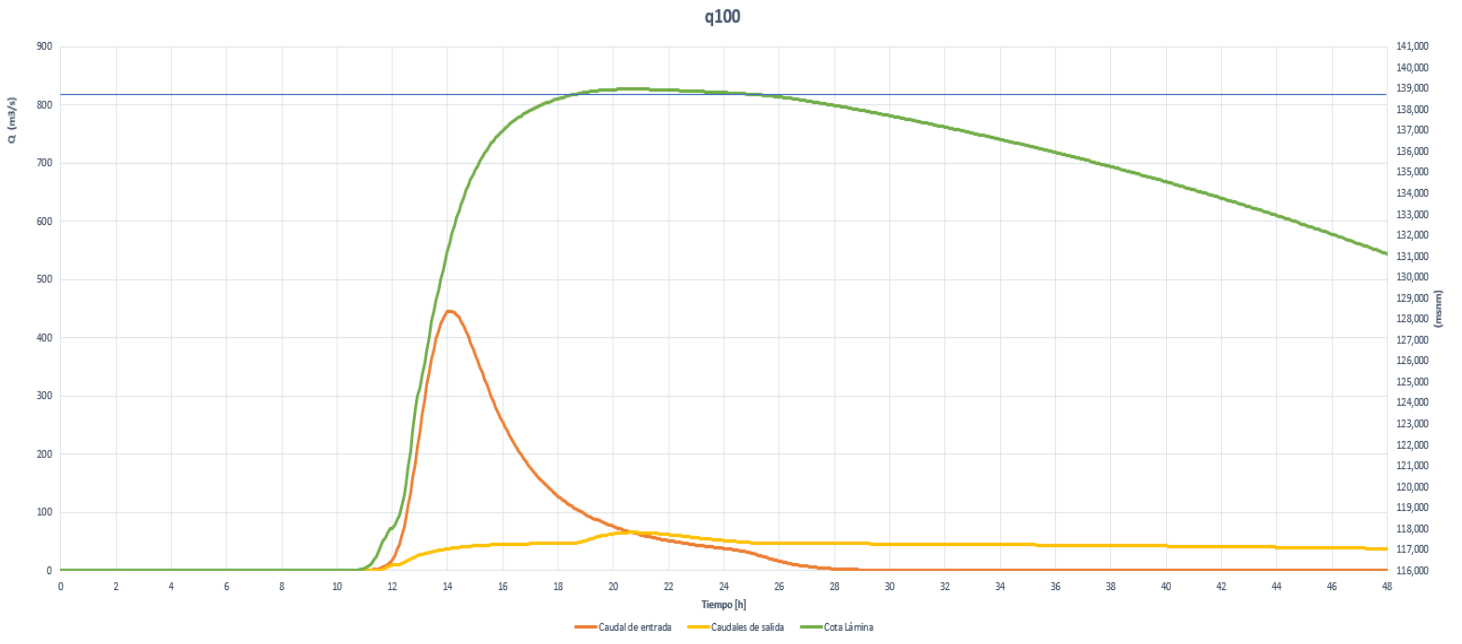
q50



II.5.2 ALTERNATIVA 1.2.

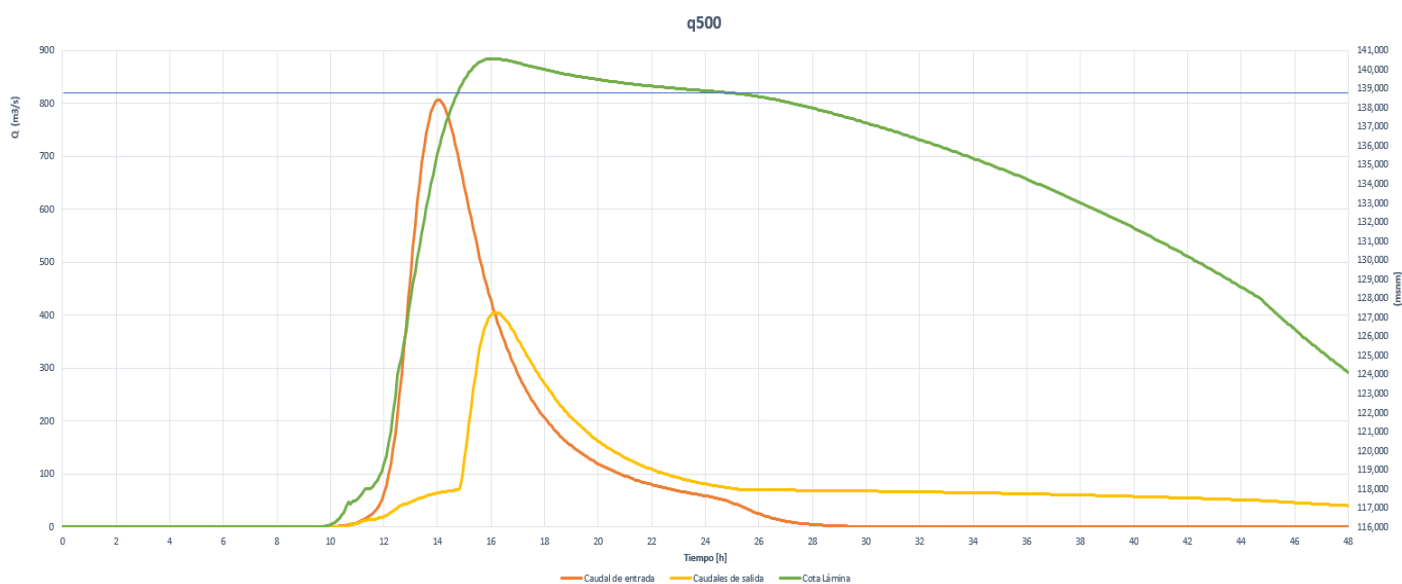
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del rio	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	70 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	1,8 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	V_t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máxima Alcanzada	q500	418,190 m ³ /s
	q100	65,756 m ³ /s
	q500	44,764 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,703 m
	q100	138,971 m
	q500	136,617 m

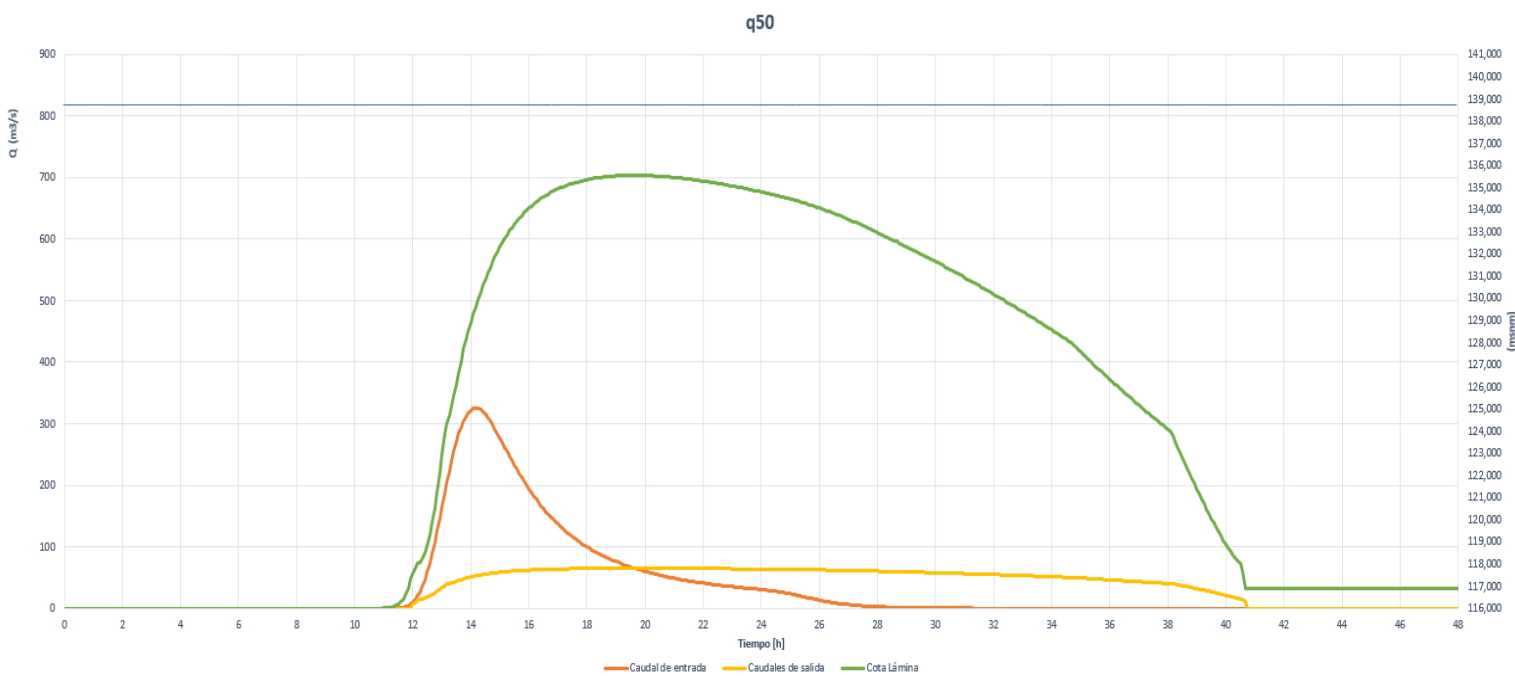
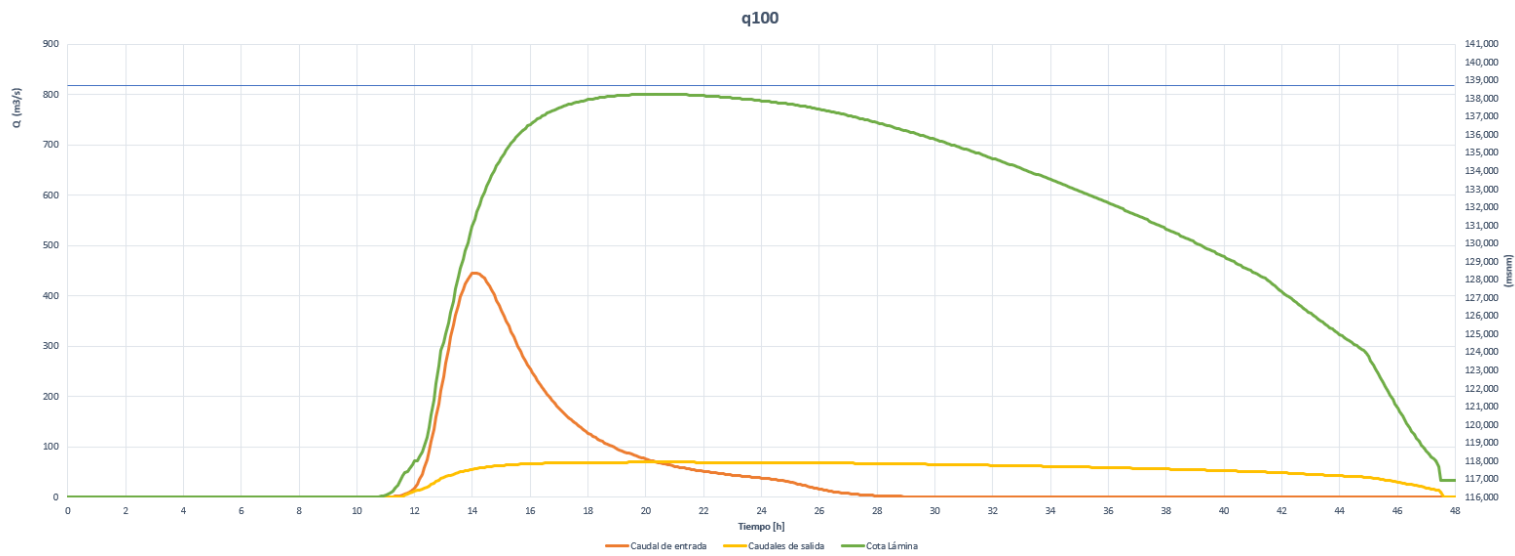




II.5.3 ALTERNATIVA 1.3.

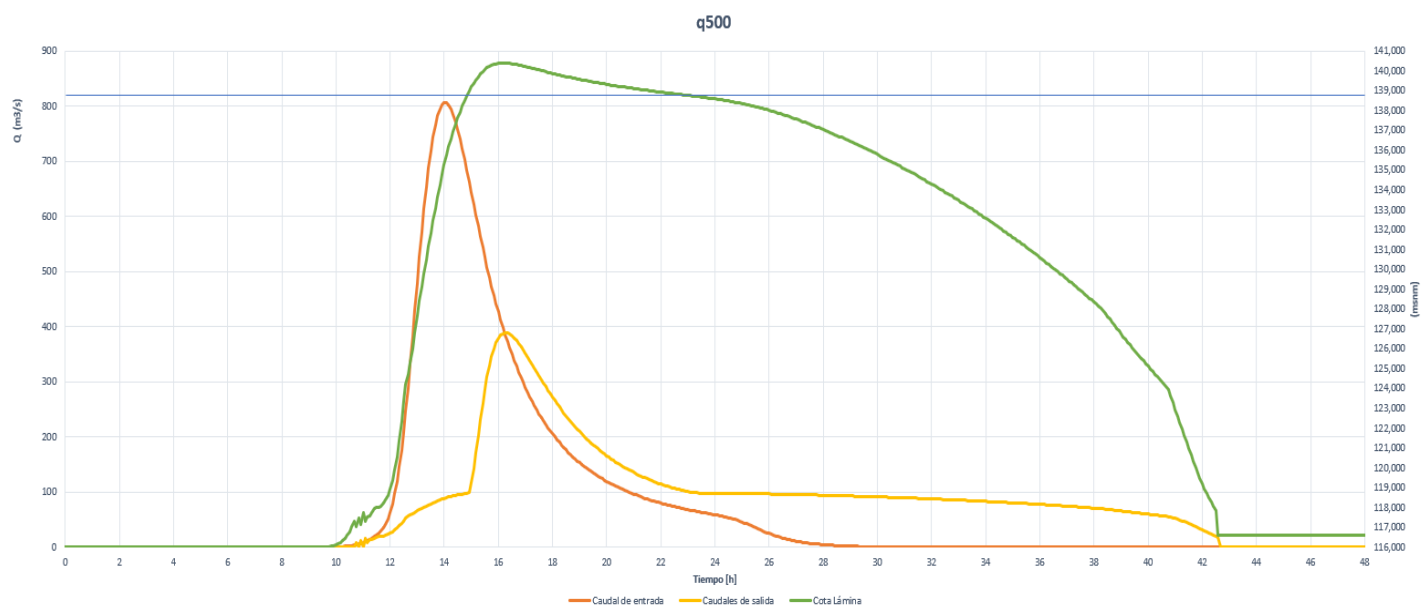
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del rio	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	70 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	2,2 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	404,747 m ³ /s
	q100	69,607 m ³ /s
	q500	65,004 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,564 m
	q100	138,243 m
	q500	135,545 m



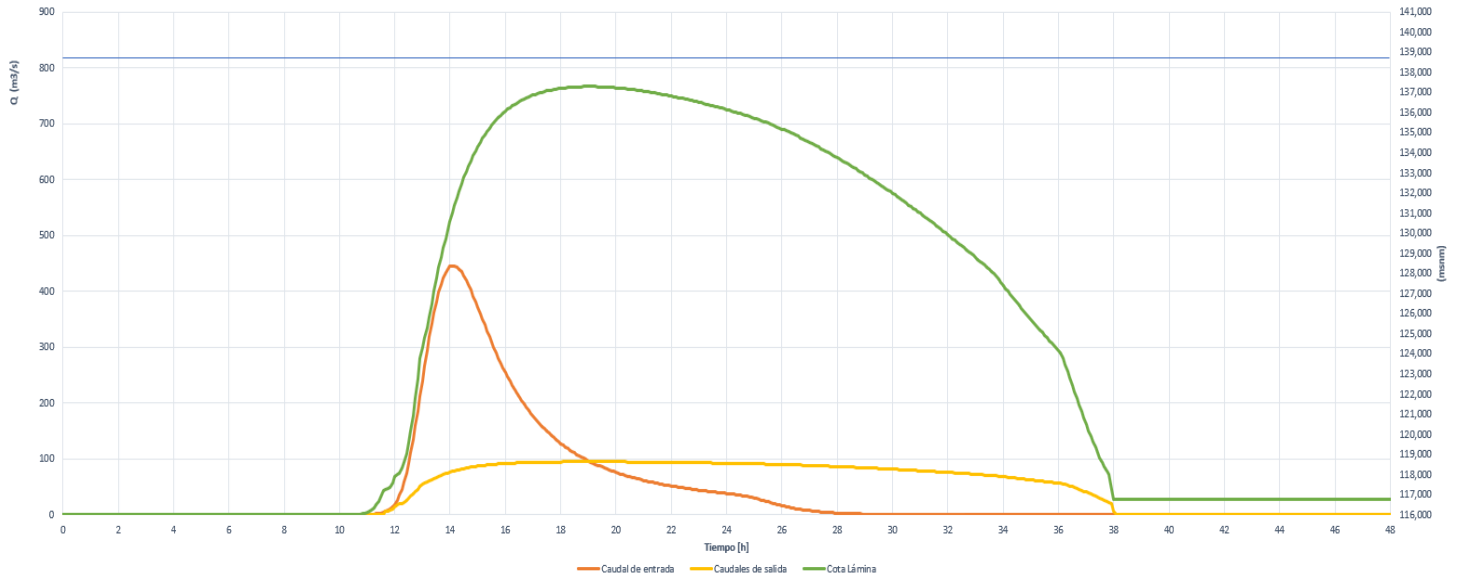


II.5.4 ALTERNATIVA 1.4.

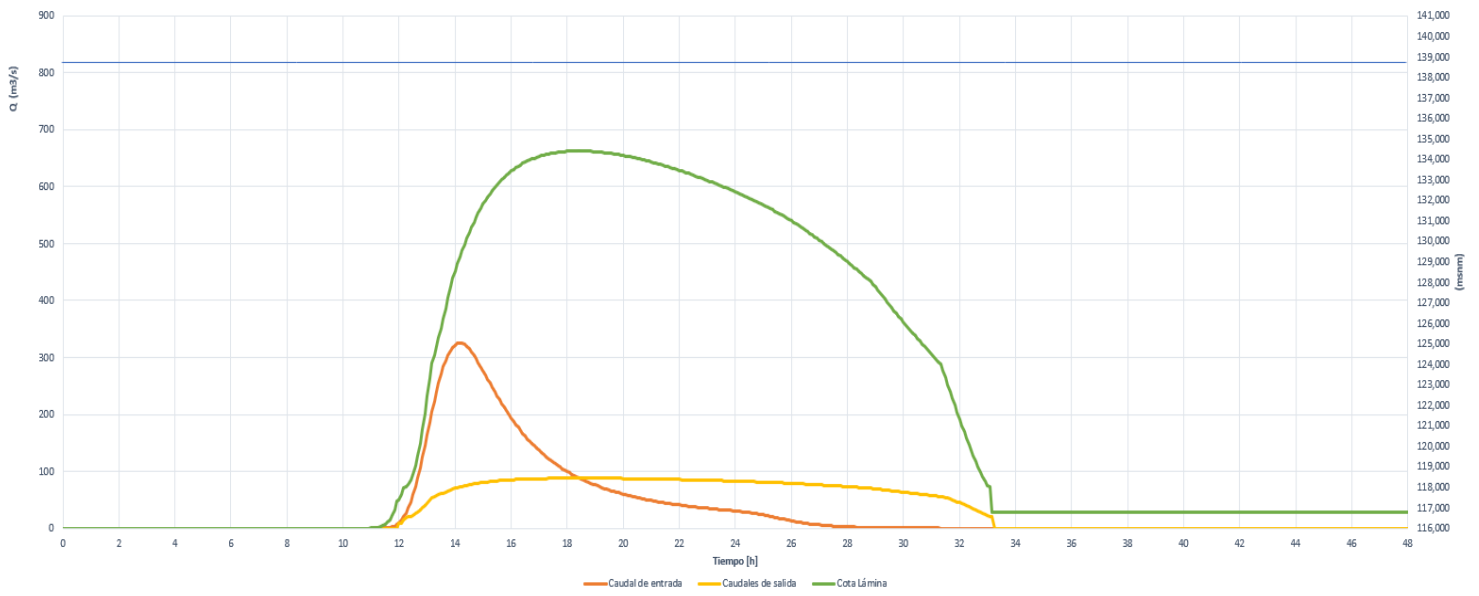
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del río	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	70 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	2,6 m
	Coeficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	389,042 m ³ /s
	q100	95,005 m ³ /s
	q500	87,962 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,394 m
	q100	137,293 m
	q500	134,417 m



q100

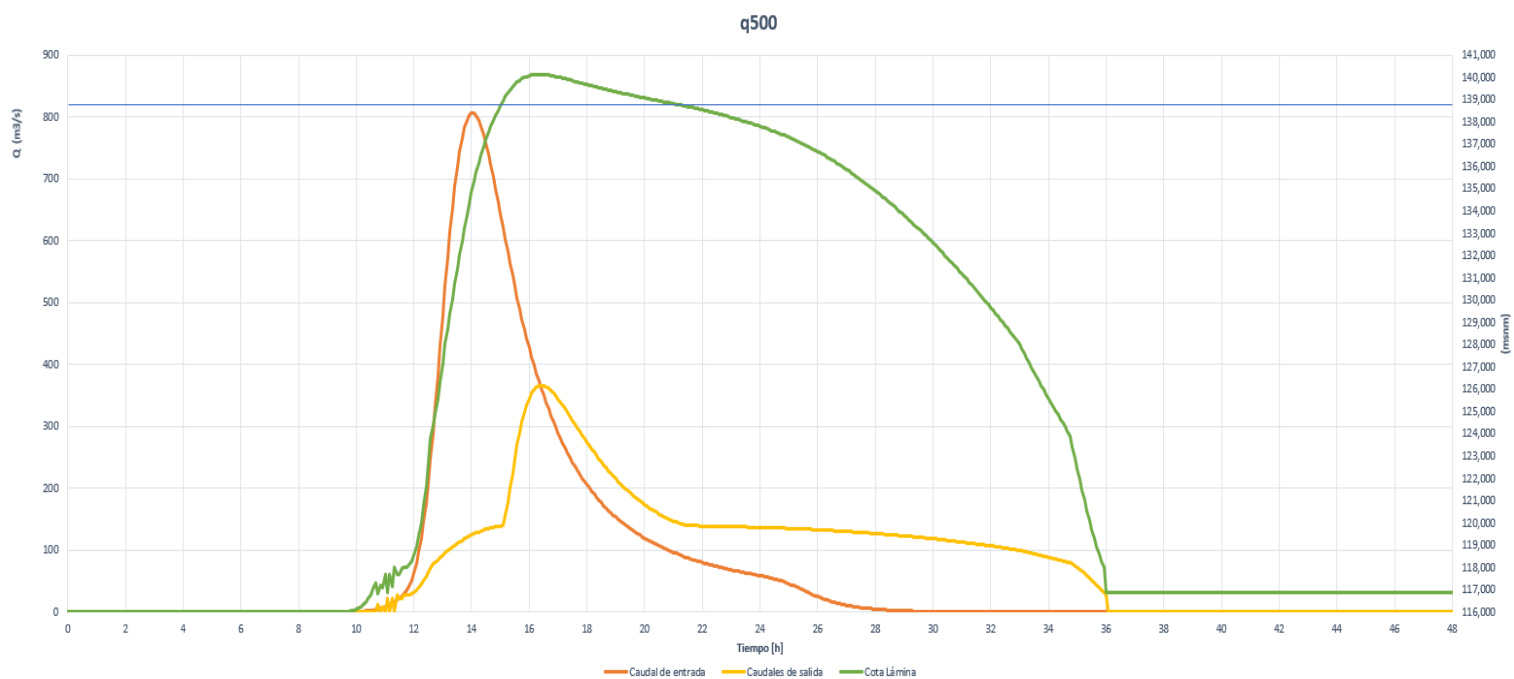


q50

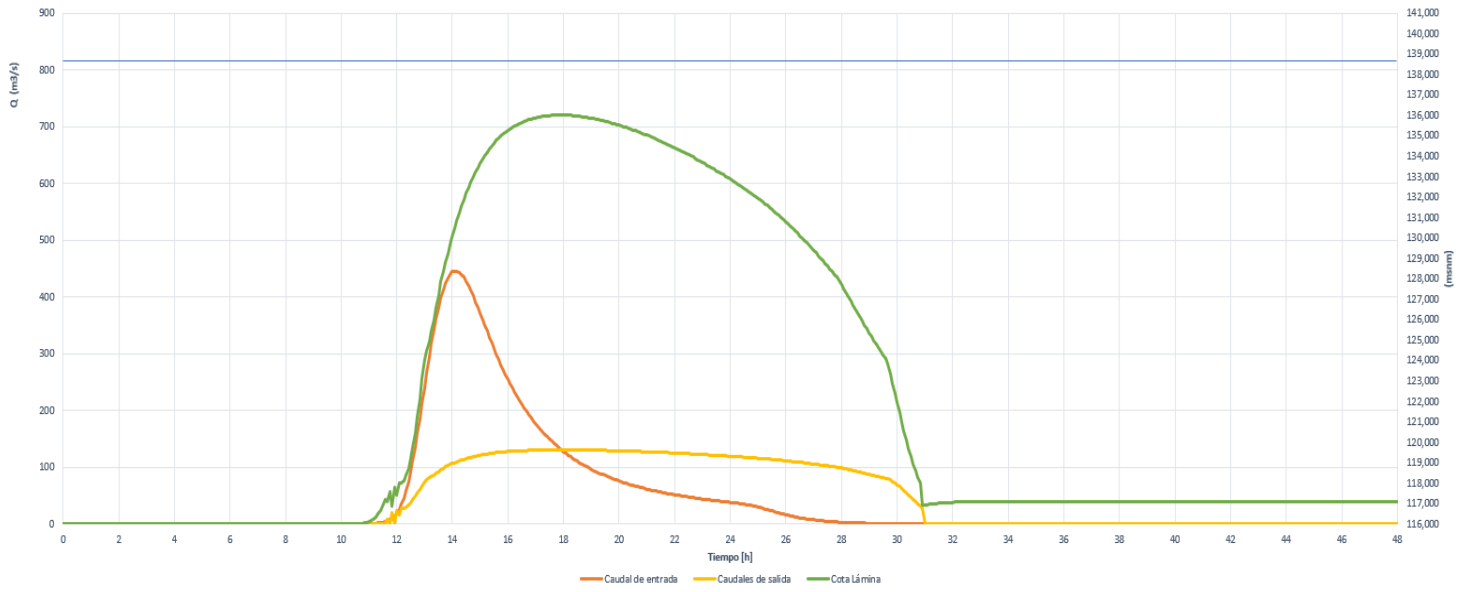


II.5.5 ALTERNATIVA 1.5.

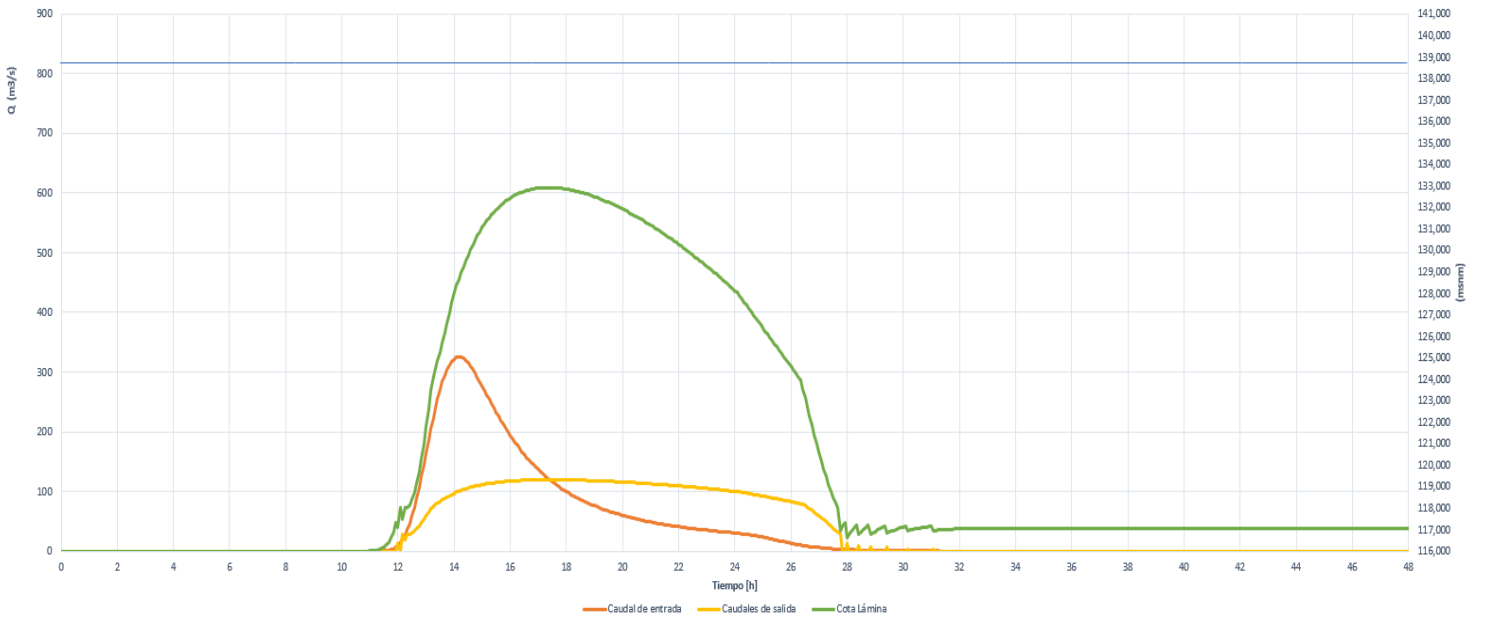
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del rio	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	70 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	3,1 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	366,319 m ³ /s
	q100	130,697 m ³ /s
	q500	119,557 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,128 m
	q100	136,013 m
	q500	132,934 m



q100

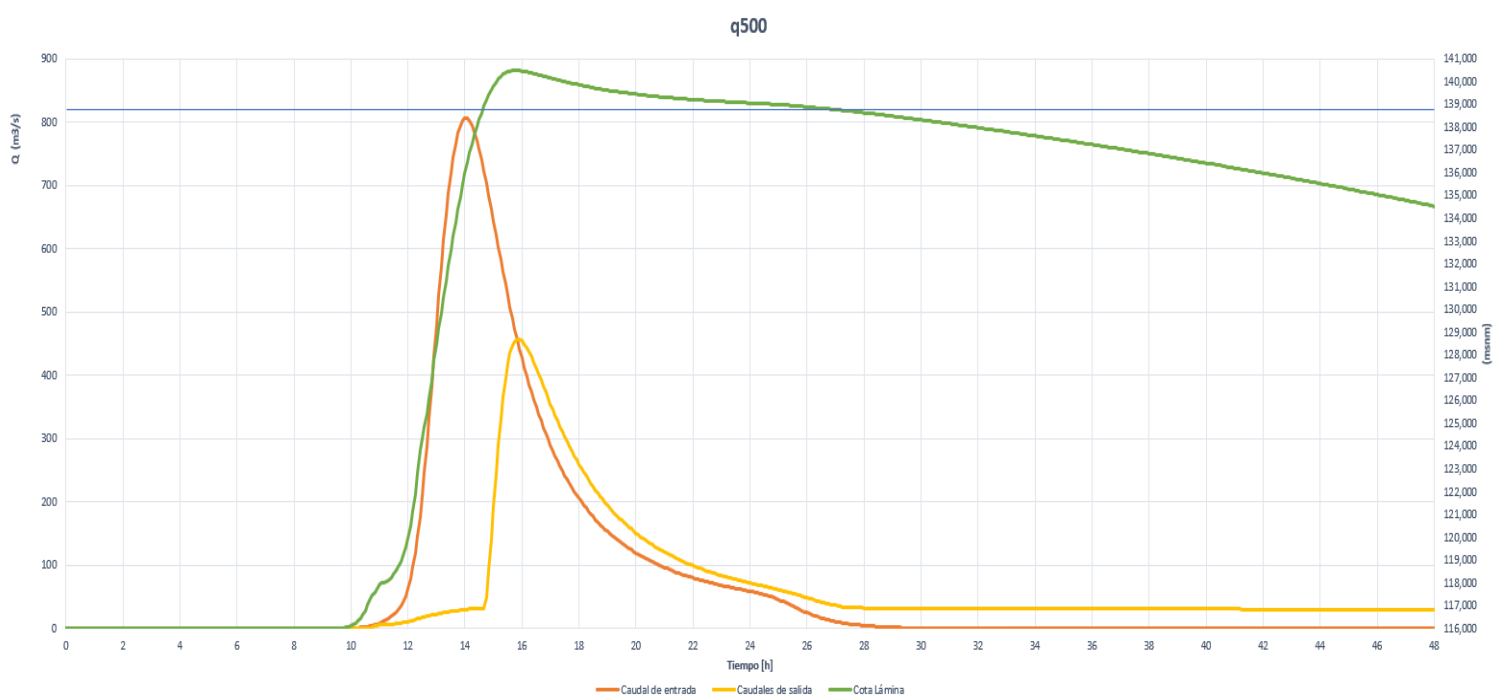


q50

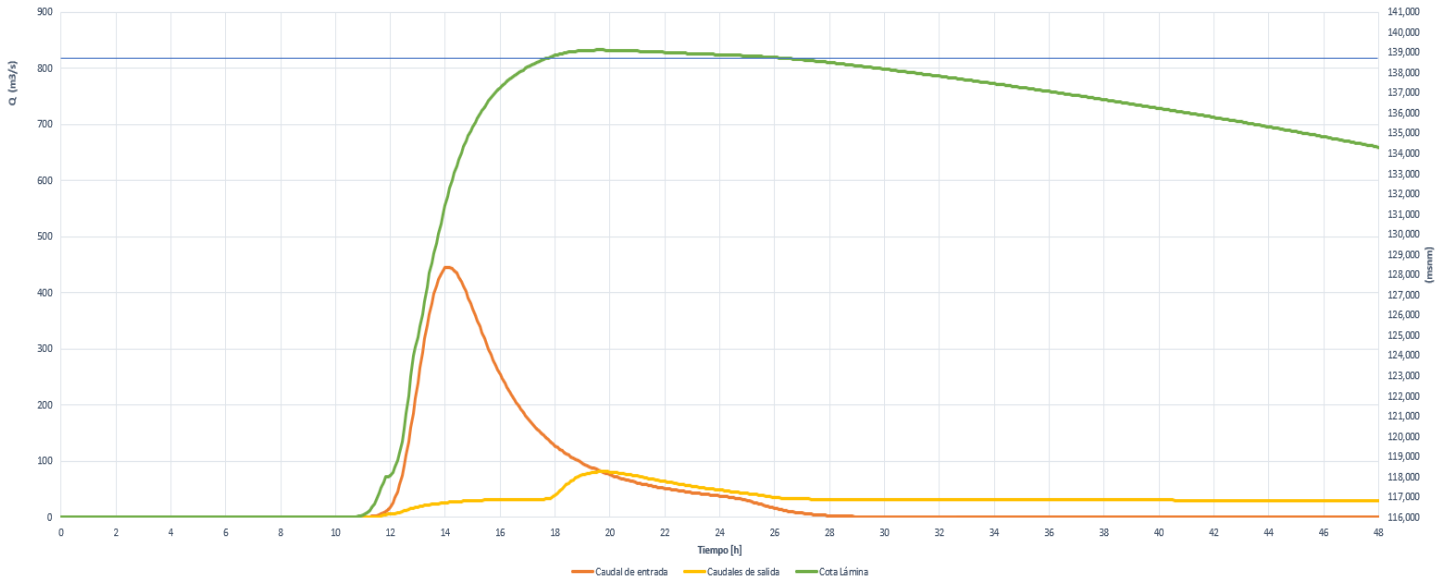


II.5.6 ALTERNATIVA 2.1.

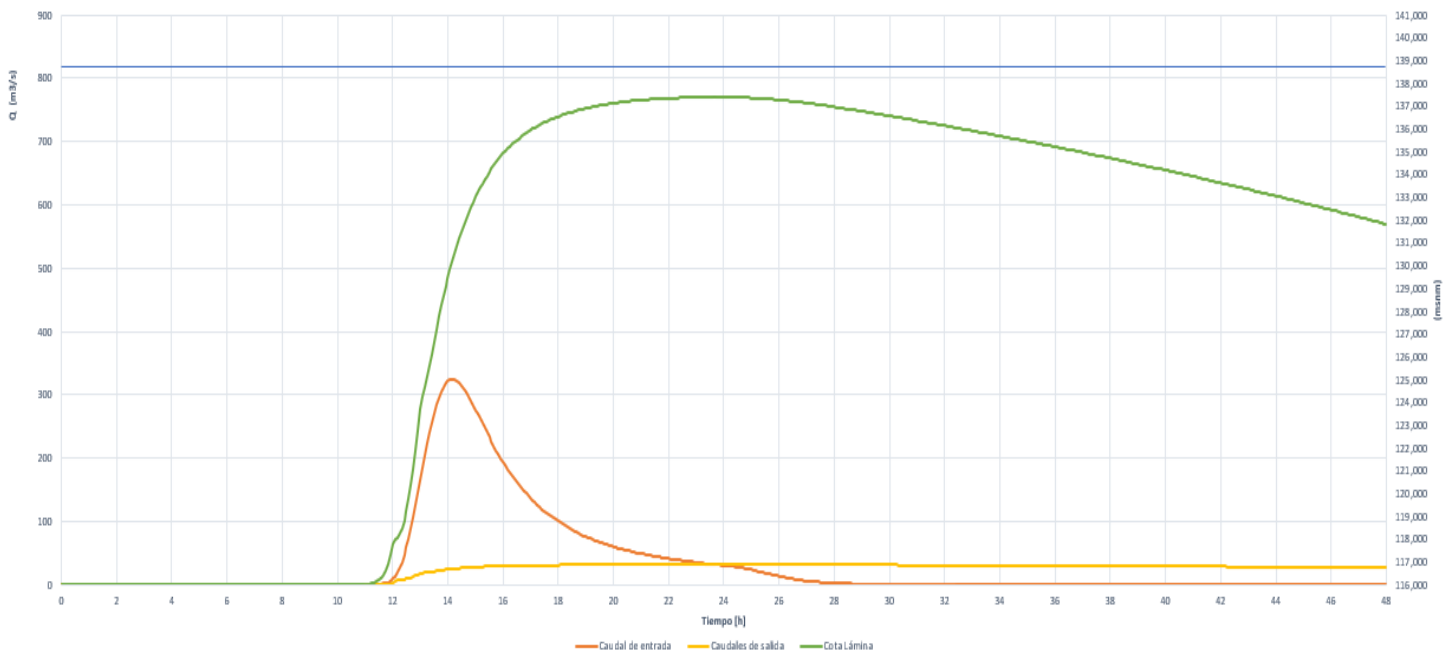
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del rio	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	95 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	1,5 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	456,710 m ³ /s
	q100	81,496 m ³ /s
	q500	31,695 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,489 m
	q100	139,122 m
	q500	137,387 m



q100

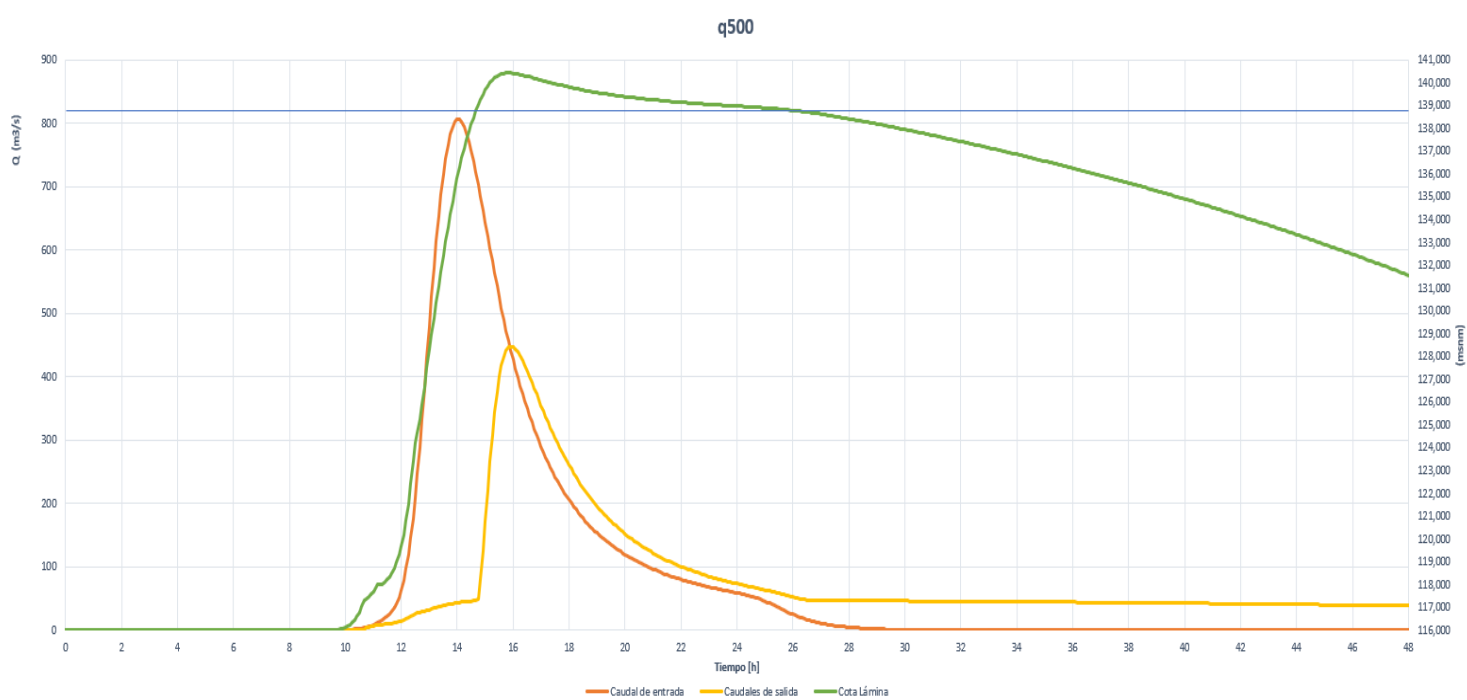


q50

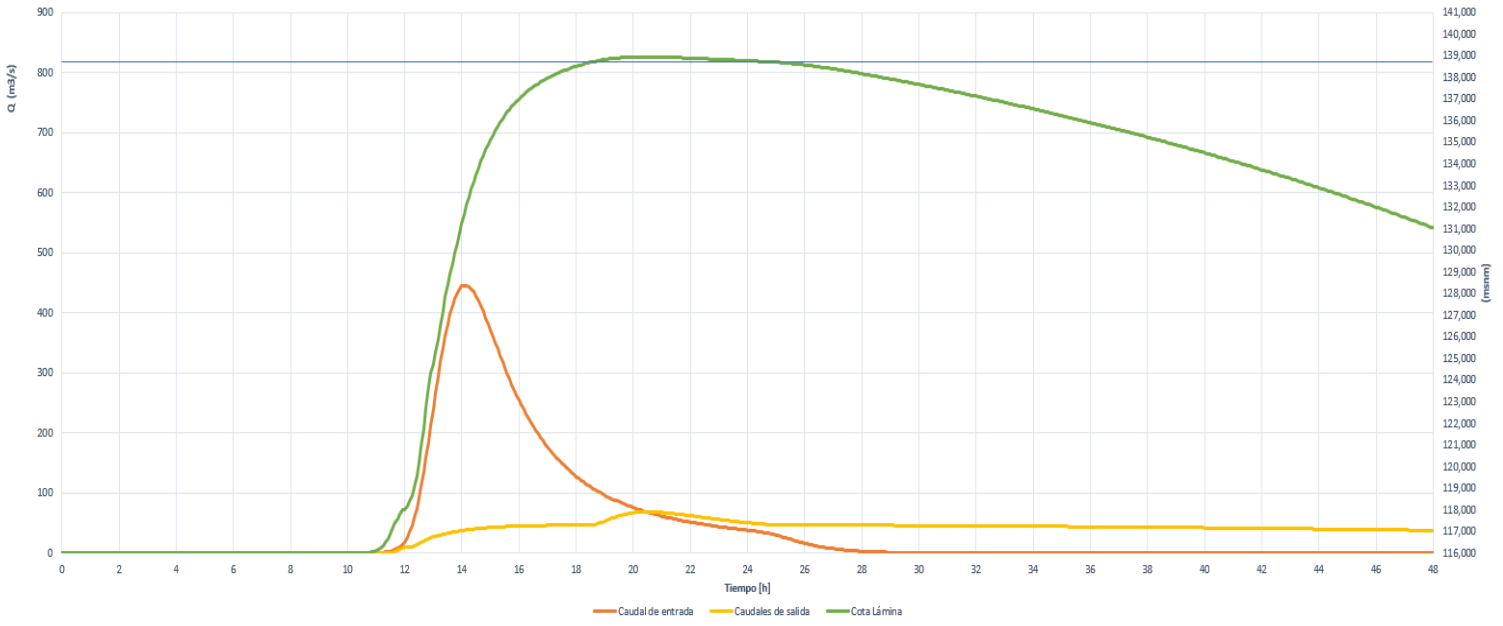


II.5.7 ALTERNATIVA 2.2.

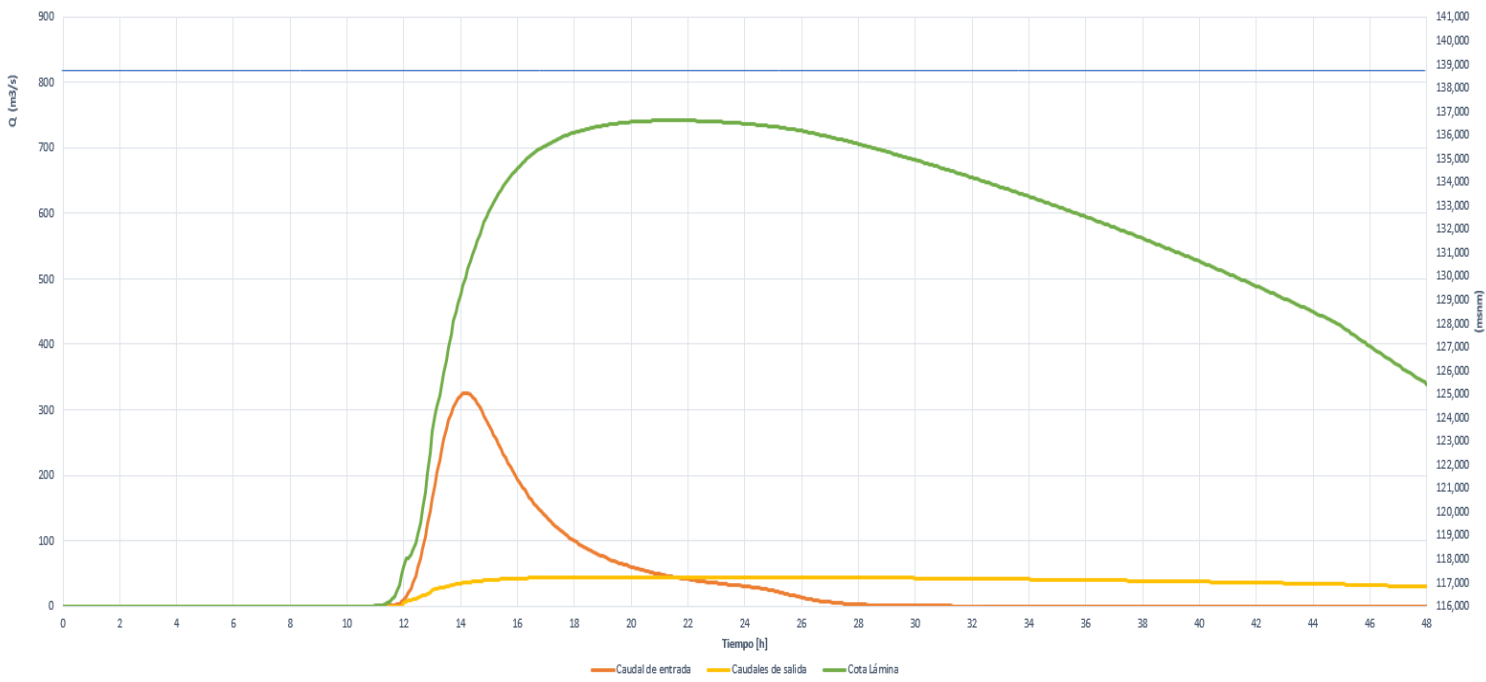
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del rio	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	95 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	1,8 m
	Coeficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	448,004 m ³ /s
	q100	68,750 m ³ /s
	q500	44,764 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,421 m
	q100	138,945 m
	q500	136,617 m



q100

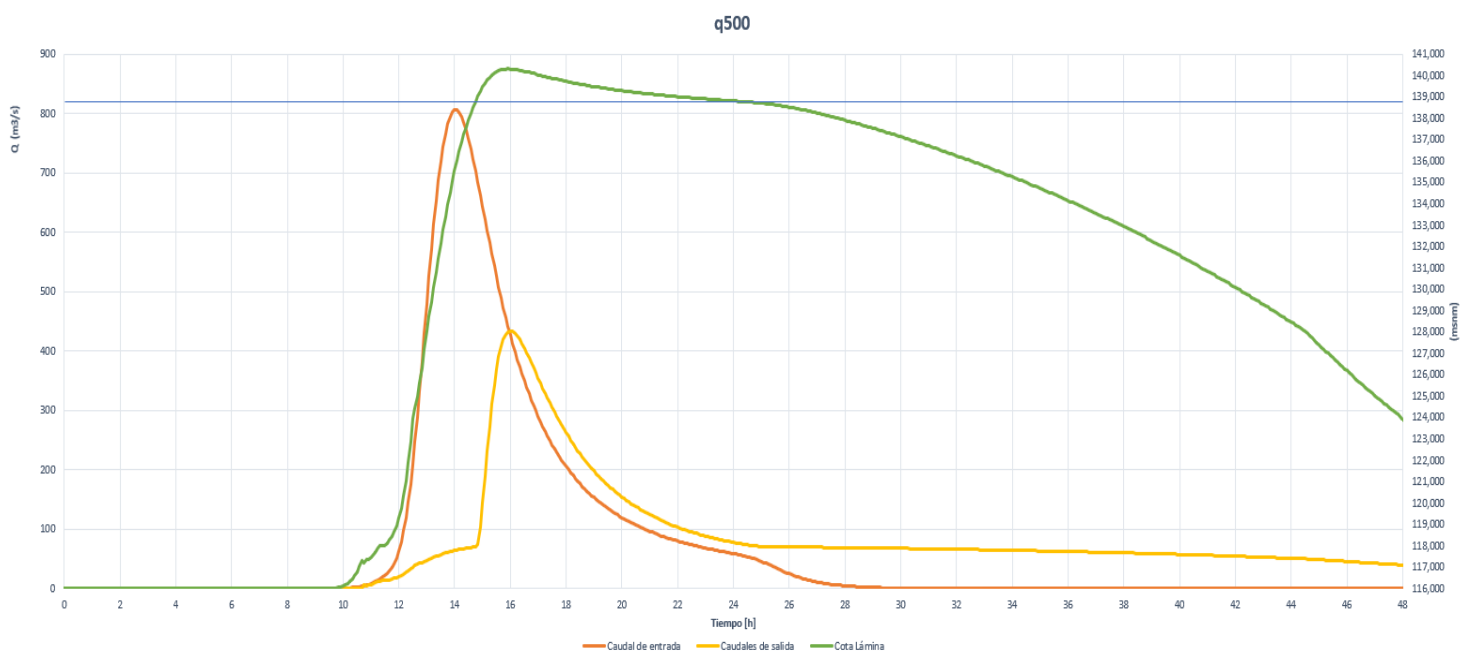


q50

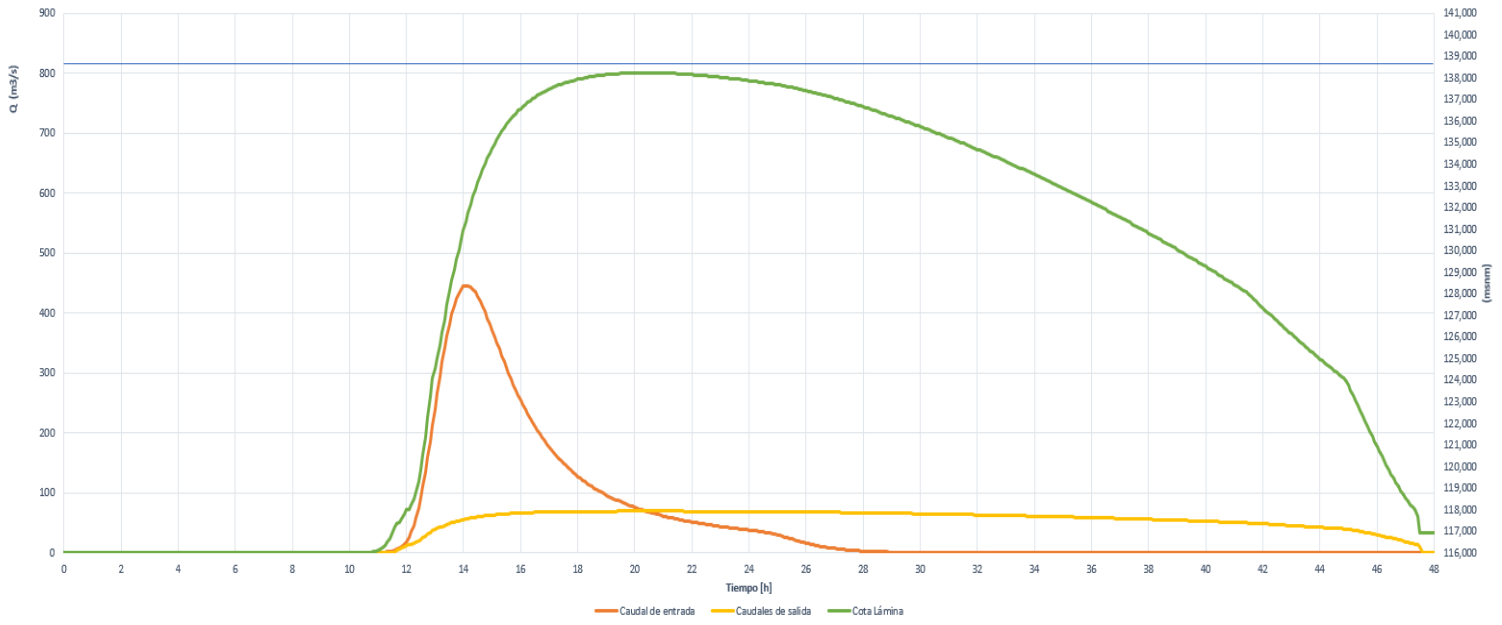


II.5.8 ALTERNATIVA 2.3.

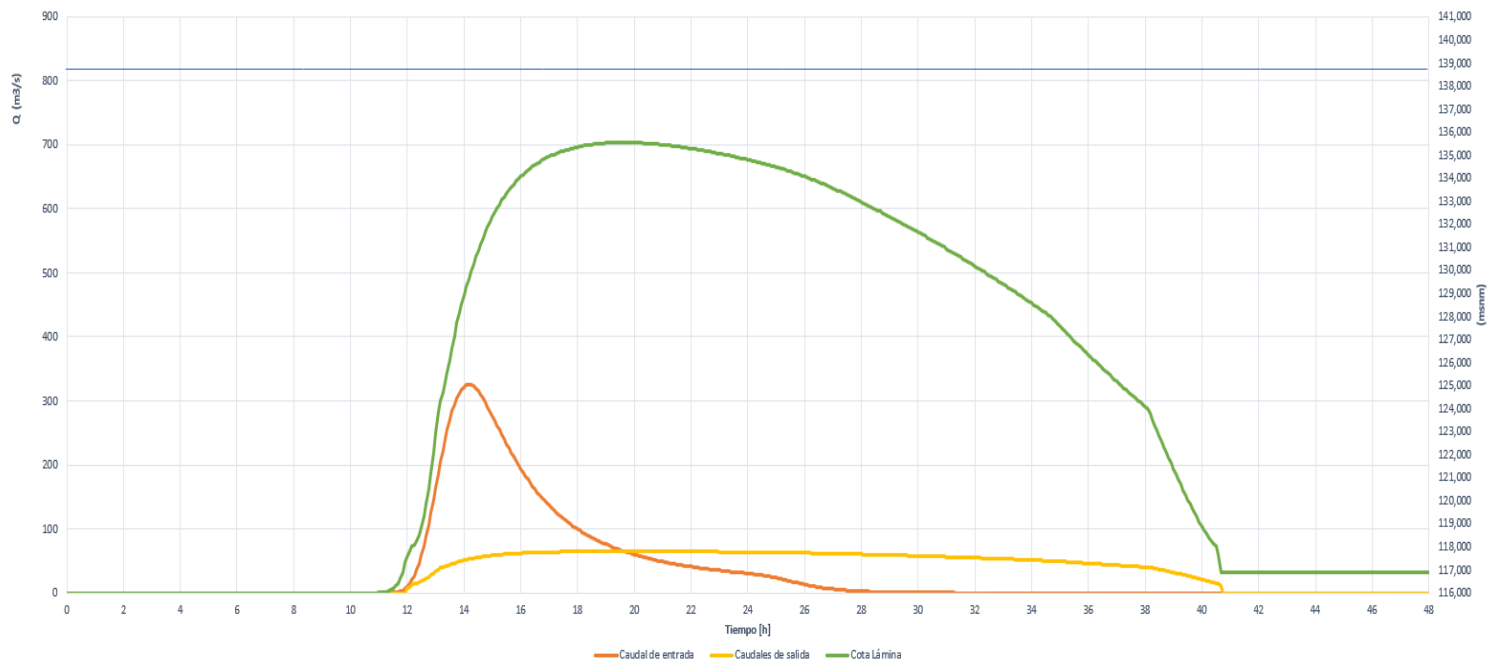
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del rio	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	95 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	2,2 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	433,668 m ³ /s
	q100	69,607 m ³ /s
	q500	65,004 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,309 m
	q100	138,243 m
	q500	135,545 m



q100



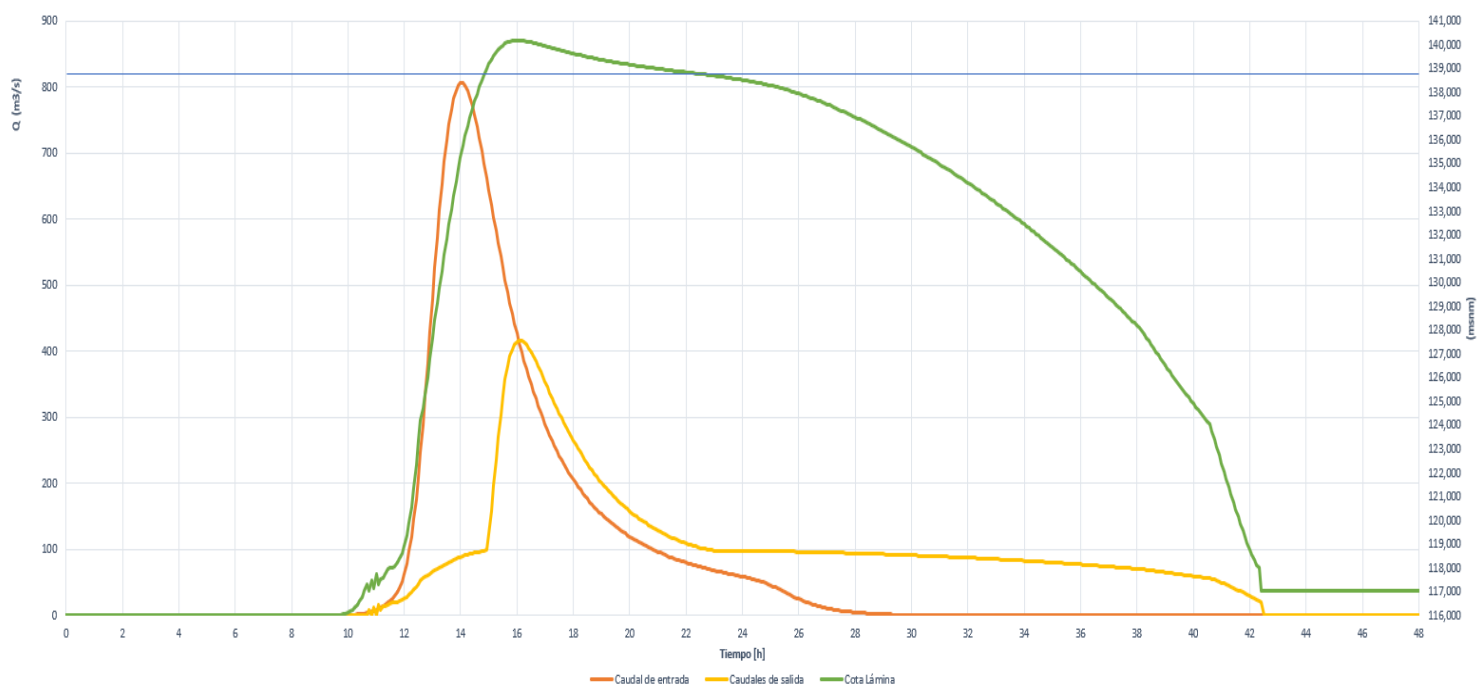
q50



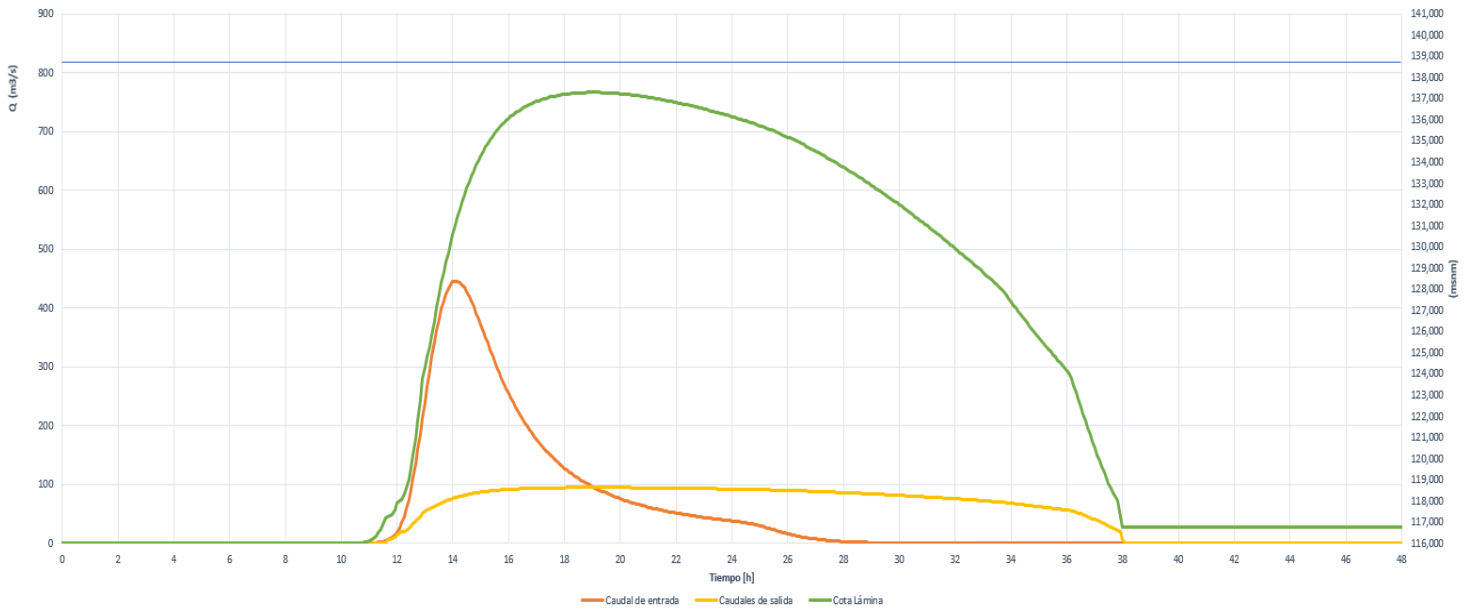
II.5.9 ALTERNATIVA 2.4.

DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del río	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	95 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	2,6 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máxima Alcanzada	q500	416,588 m ³ /s
	q100	95,005 m ³ /s
	q500	87,962 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,170 m
	q100	137,293 m
	q500	134,417 m

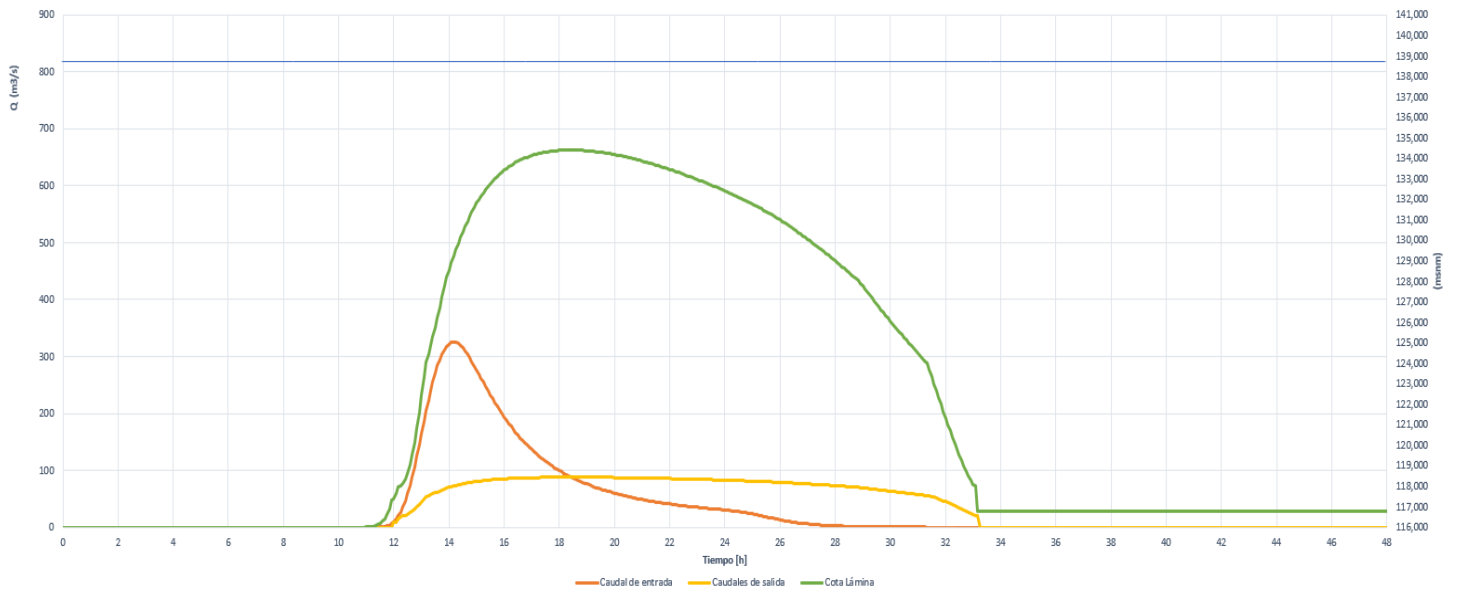
q500



q100

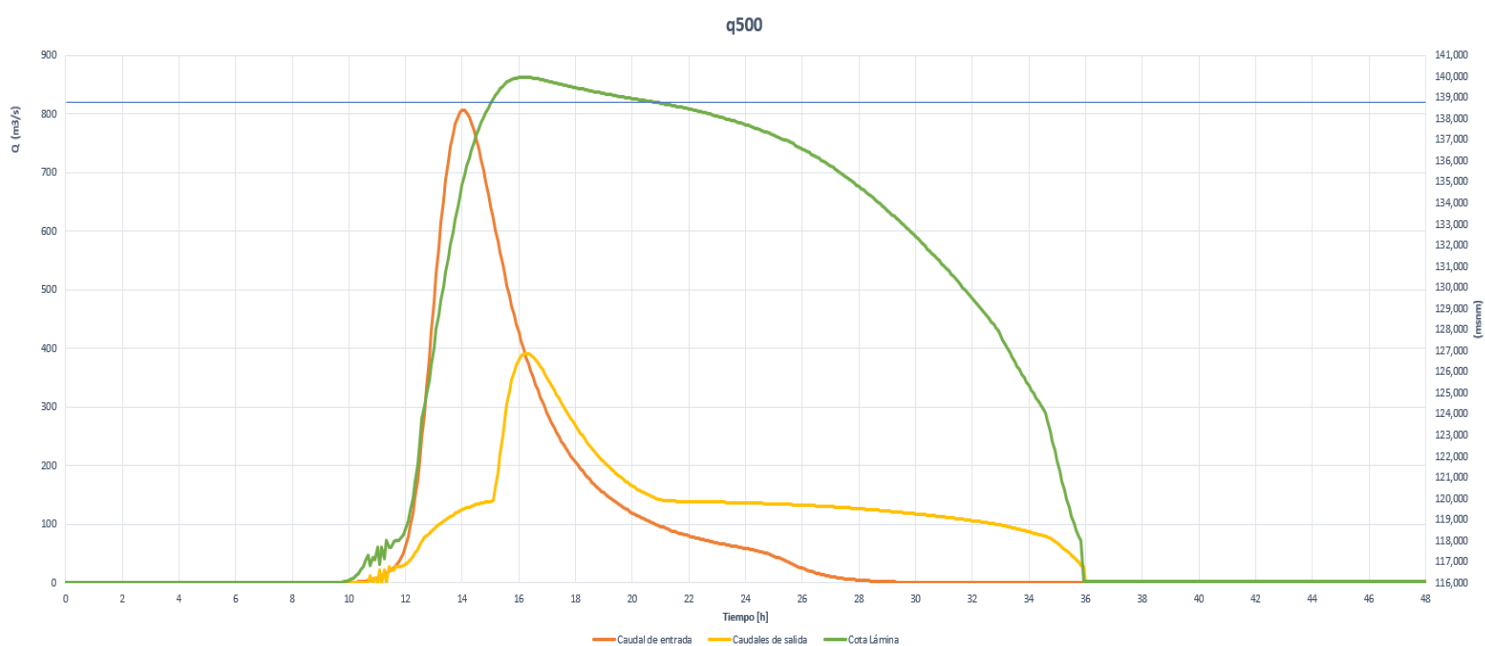


q50

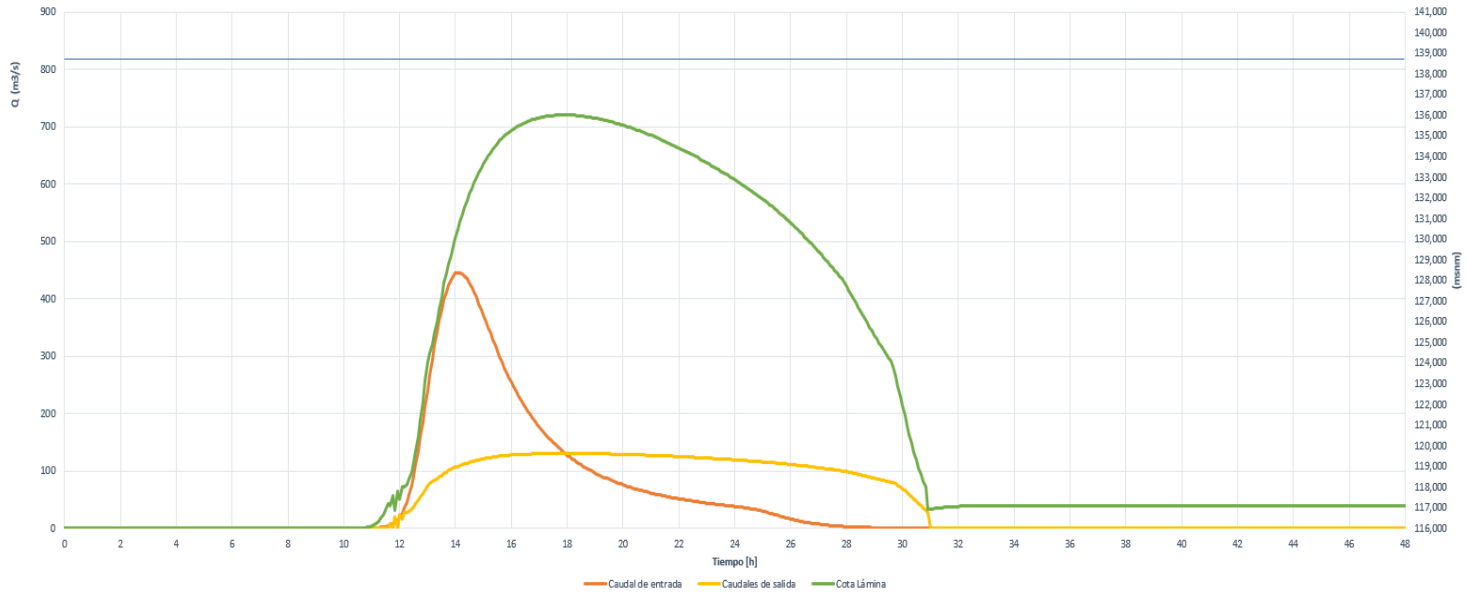


II.5.10 ALTERNATIVA 2.5.

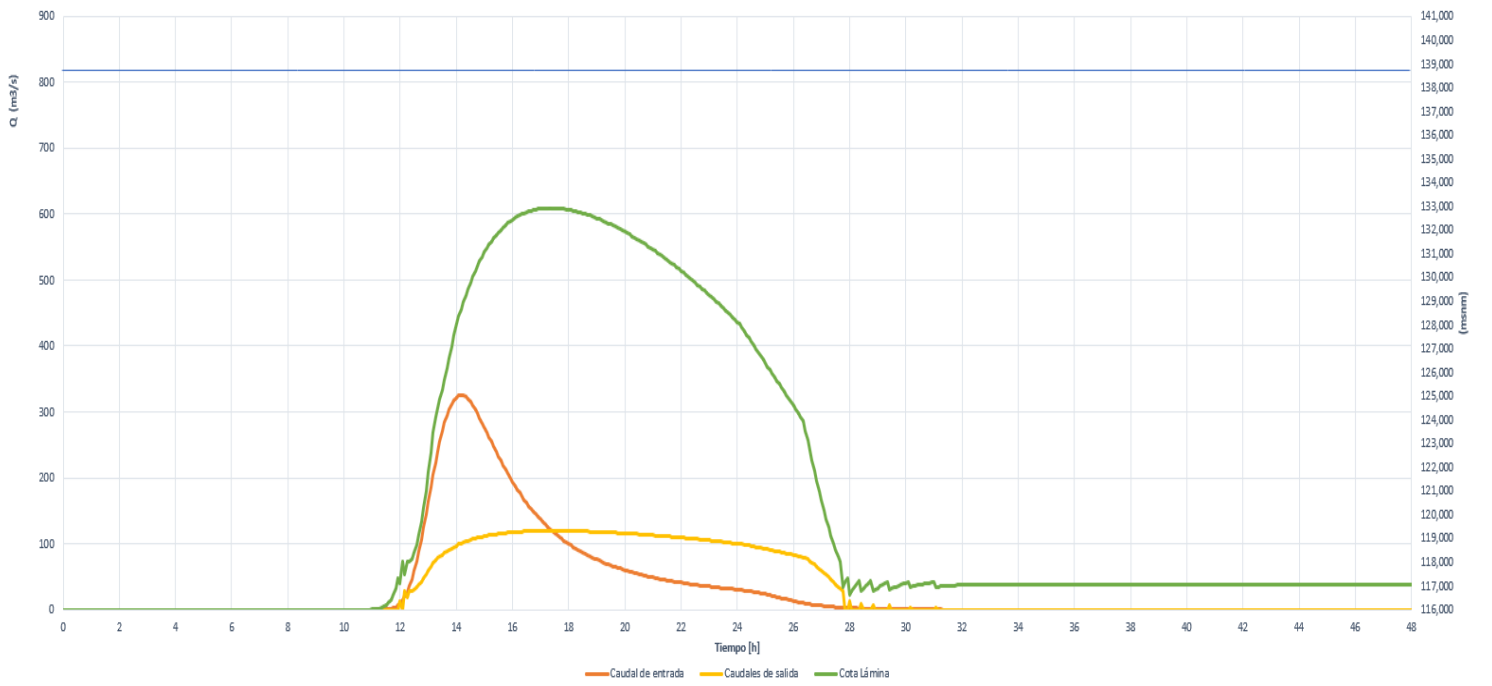
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del río	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	95 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	3,1 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	391,128 m ³ /s
	q100	130,697 m ³ /s
	q500	119,557 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	139,952 m
	q100	136,013 m
	q500	132,934 m



q100

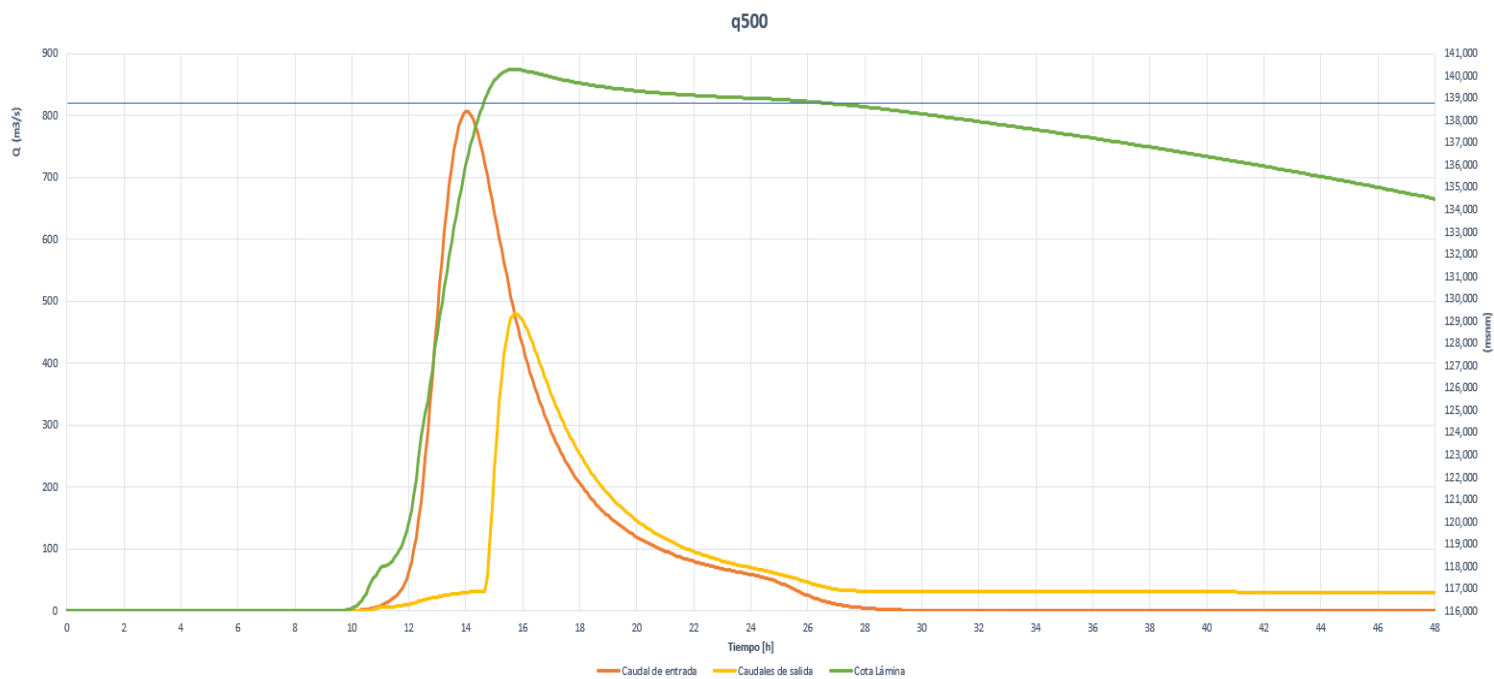


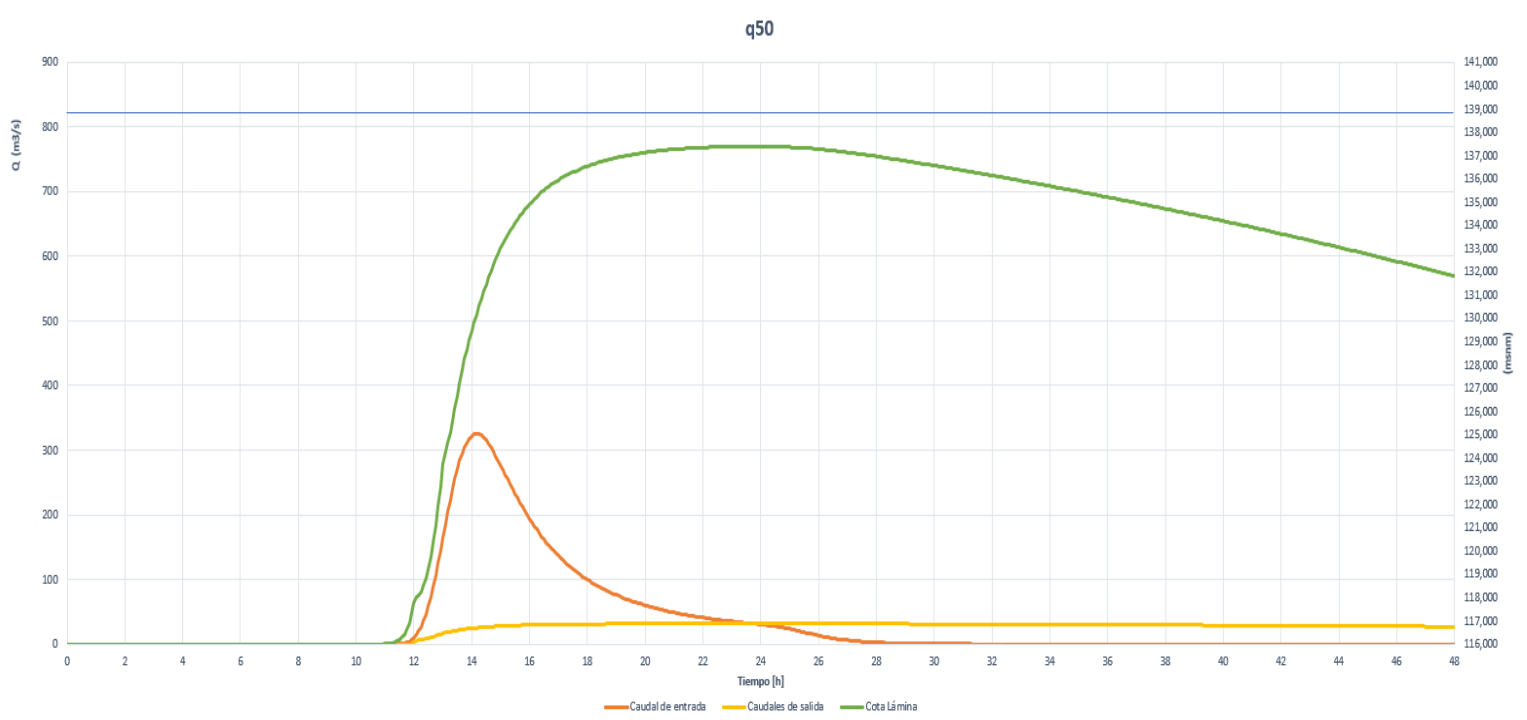
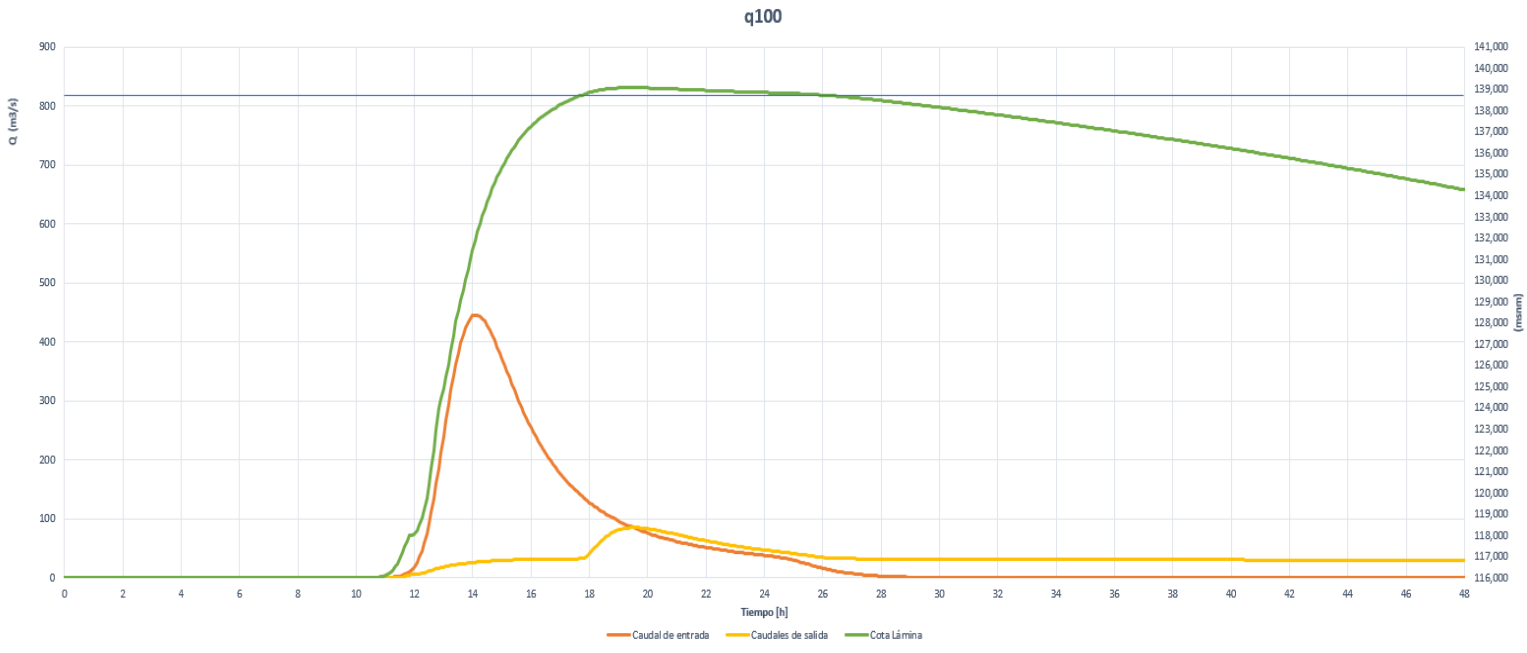
q50



II.5.11 ALTERNATIVA 3.1.

DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del río	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	120 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	1,5 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	480,360 m ³ /s
	q100	85,480 m ³ /s
	q500	31,695 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,288 m
	q100	139,081 m
	q500	137,387 m

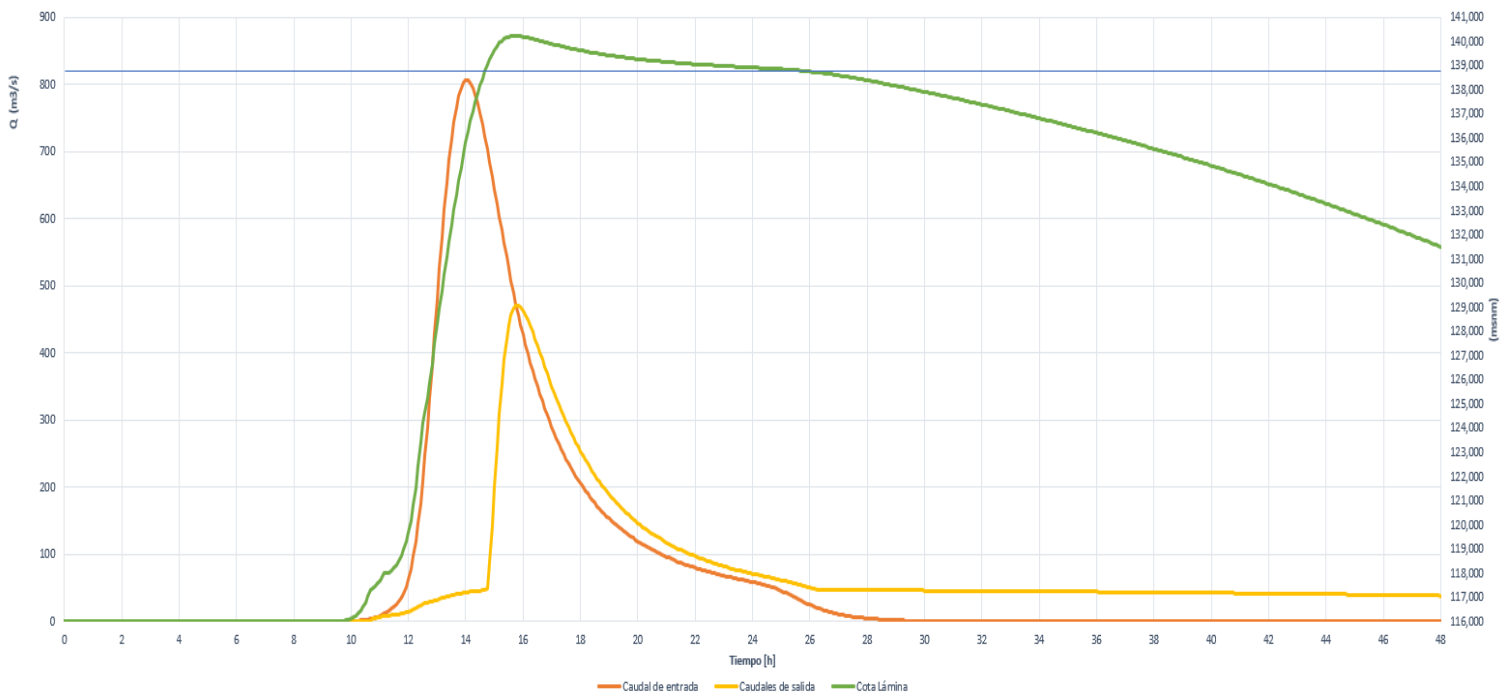


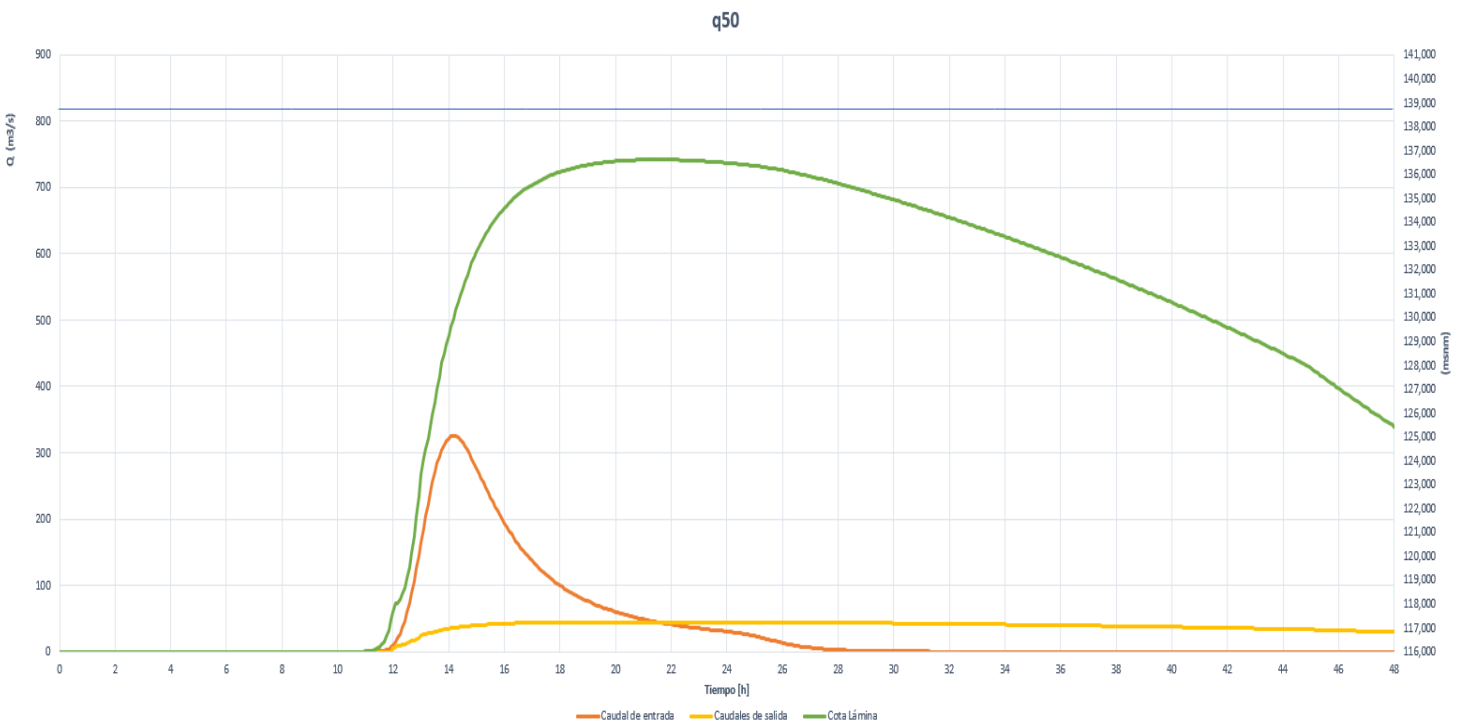
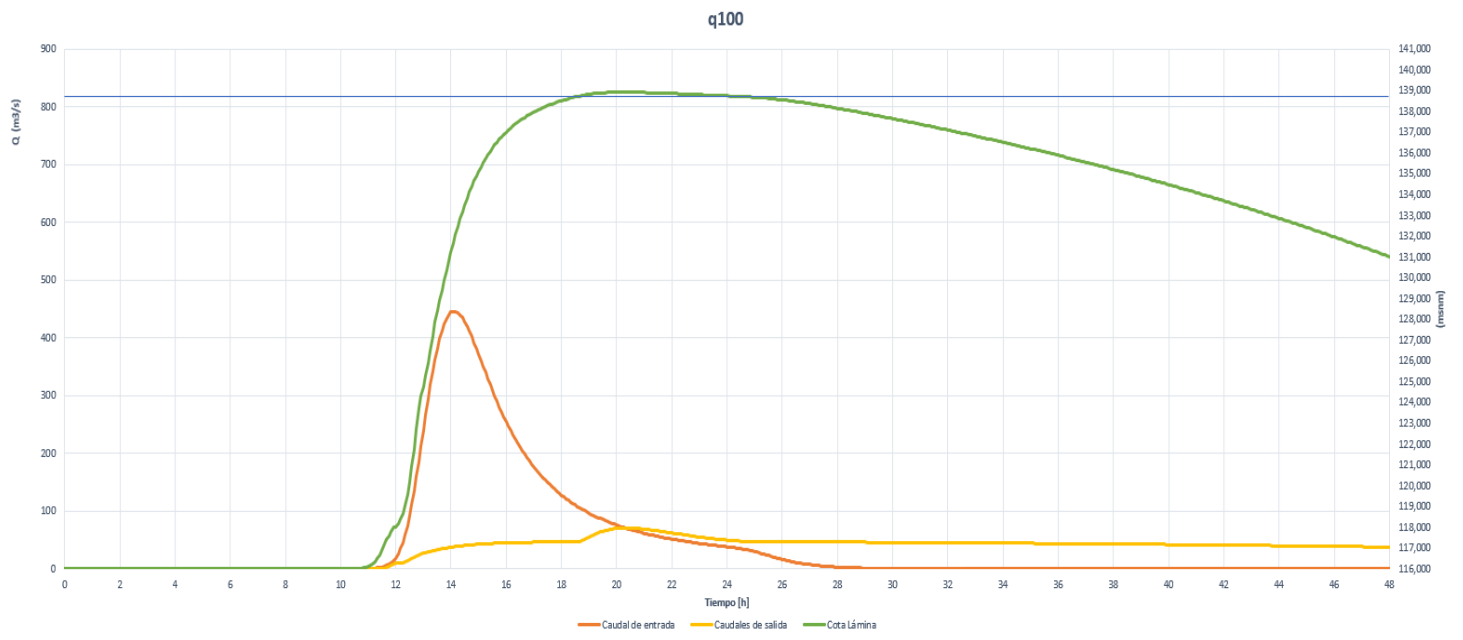


II.5.12 ALTERNATIVA 3.2.

DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del río	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	120 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	1,8 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	470,799 m ³ /s
	q100	71,122 m ³ /s
	q500	44,764 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,229 m
	q100	138,925 m
	q500	136,617 m

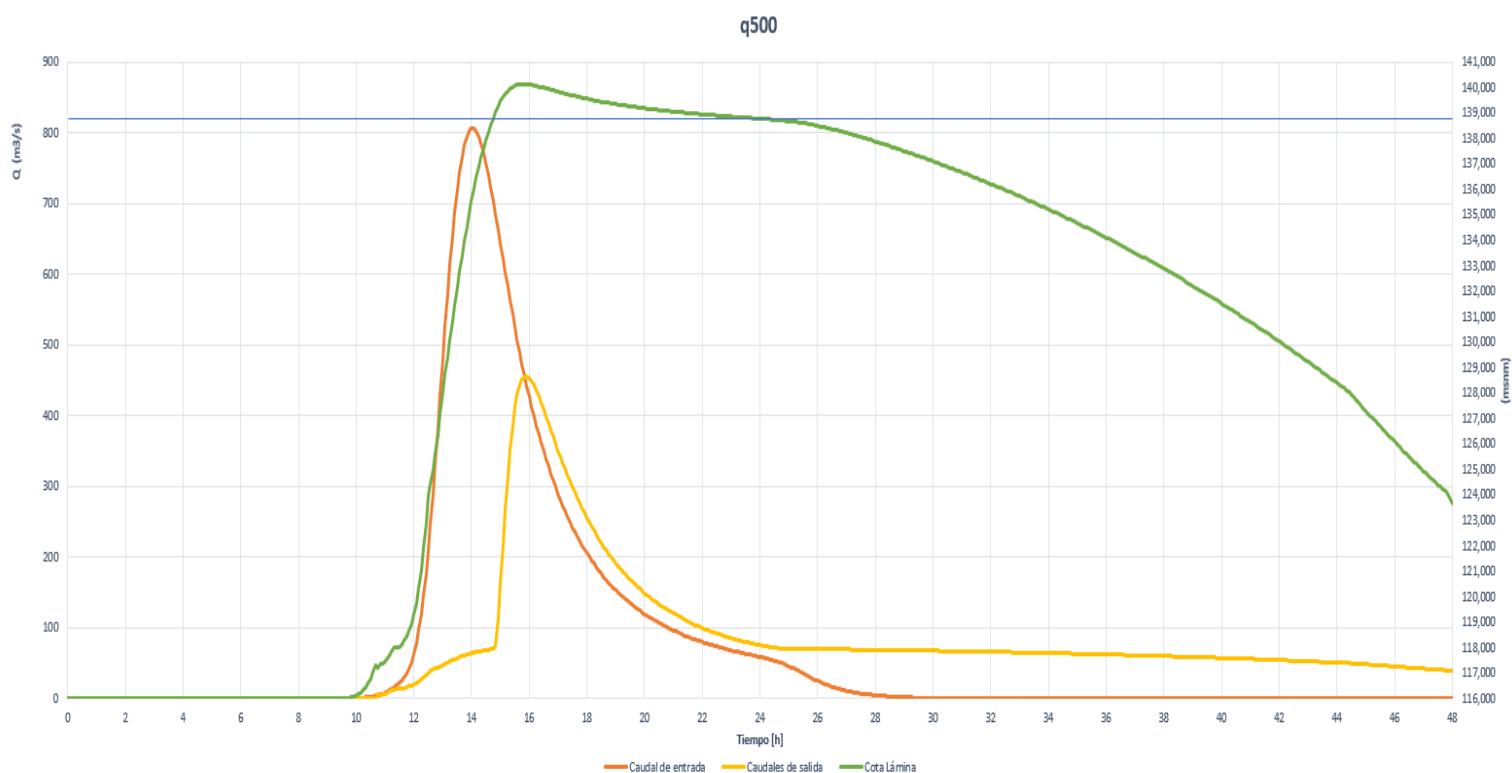
q500



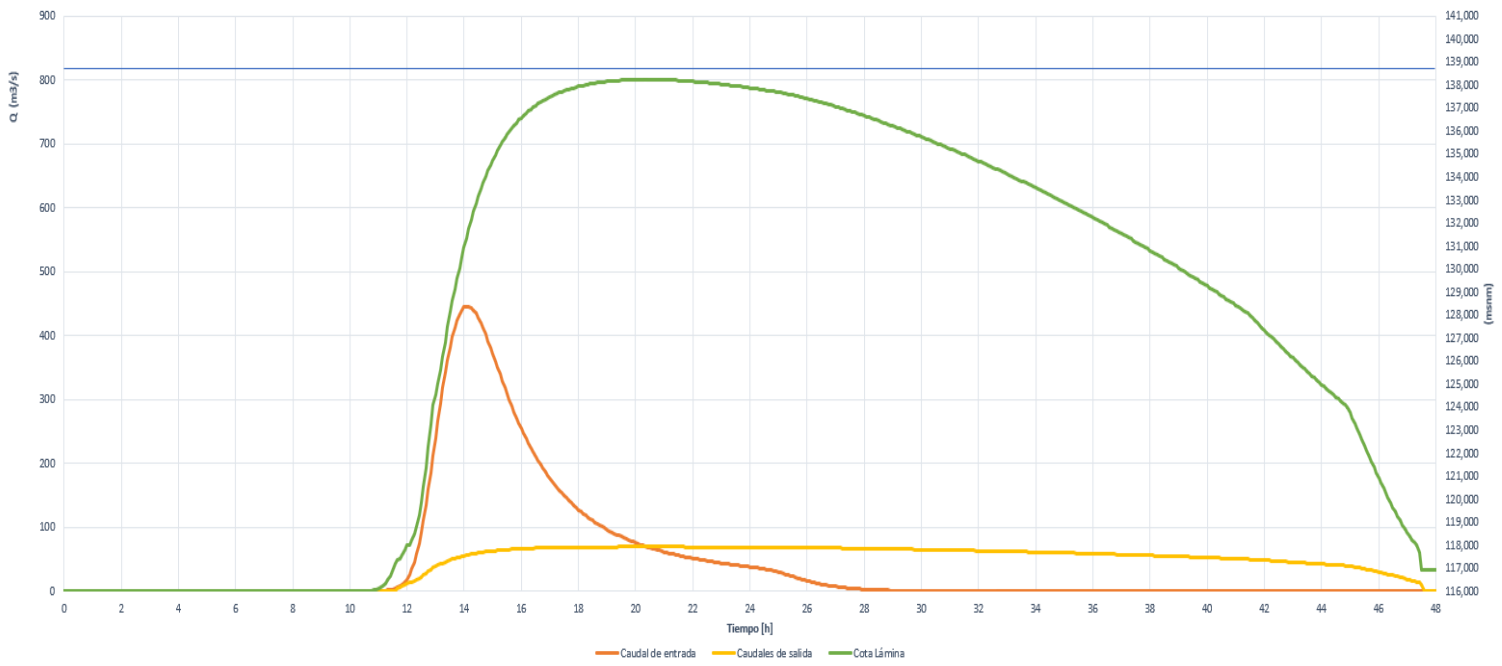


II.5.13 ALTERNATIVA 3.3.

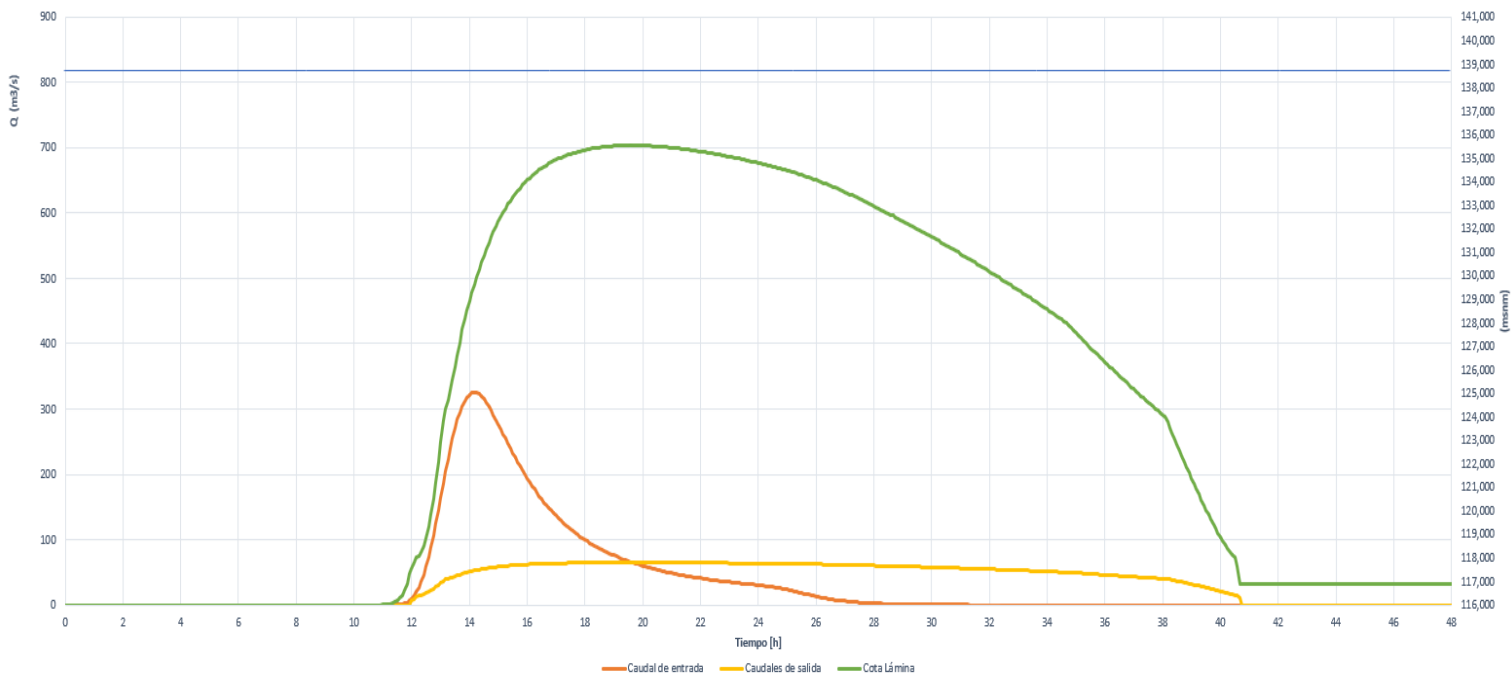
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del rio	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	120 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	2,2 m
	Coeficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	455,656 m ³ /s
	q100	69,607 m ³ /s
	q500	65,004 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,133 m
	q100	138,243 m
	q500	135,545 m



q100

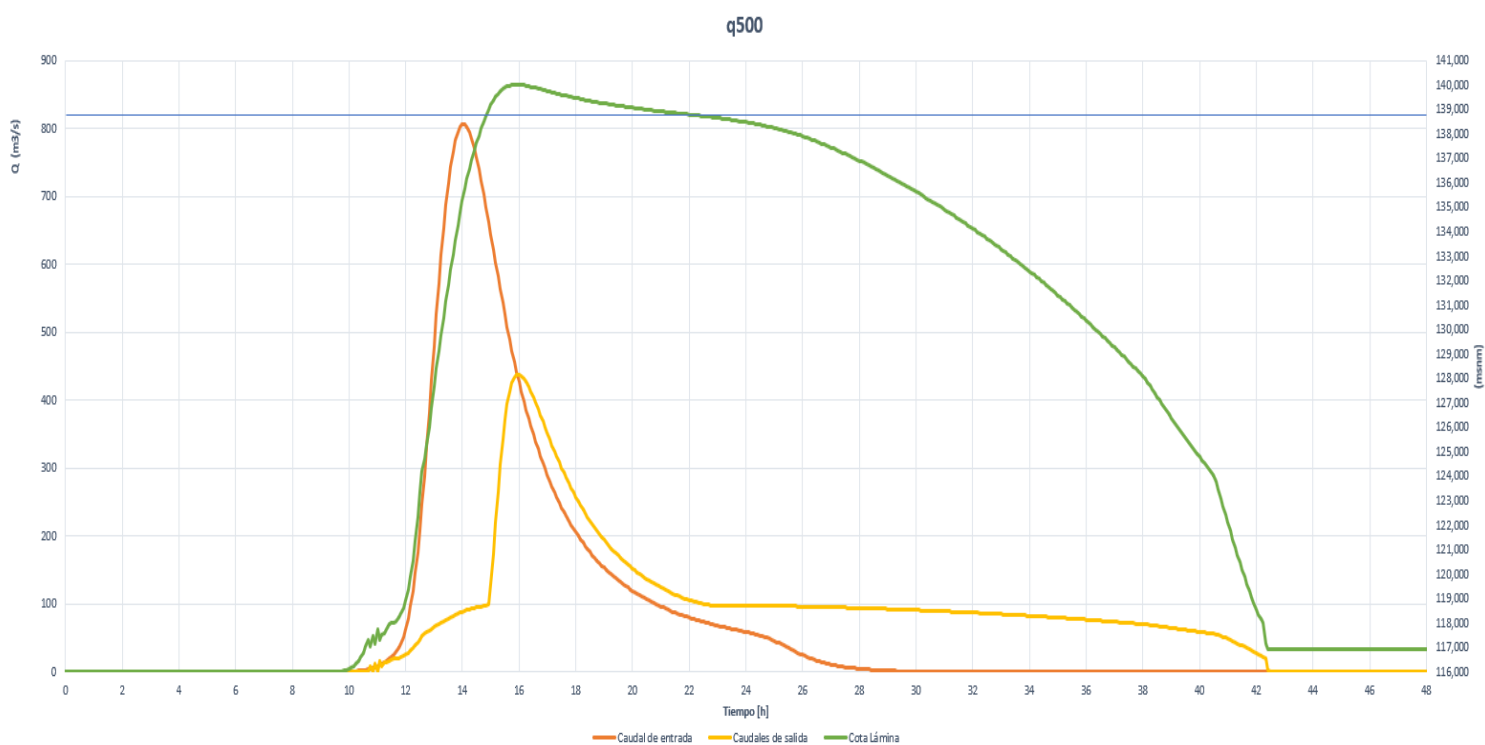


q50

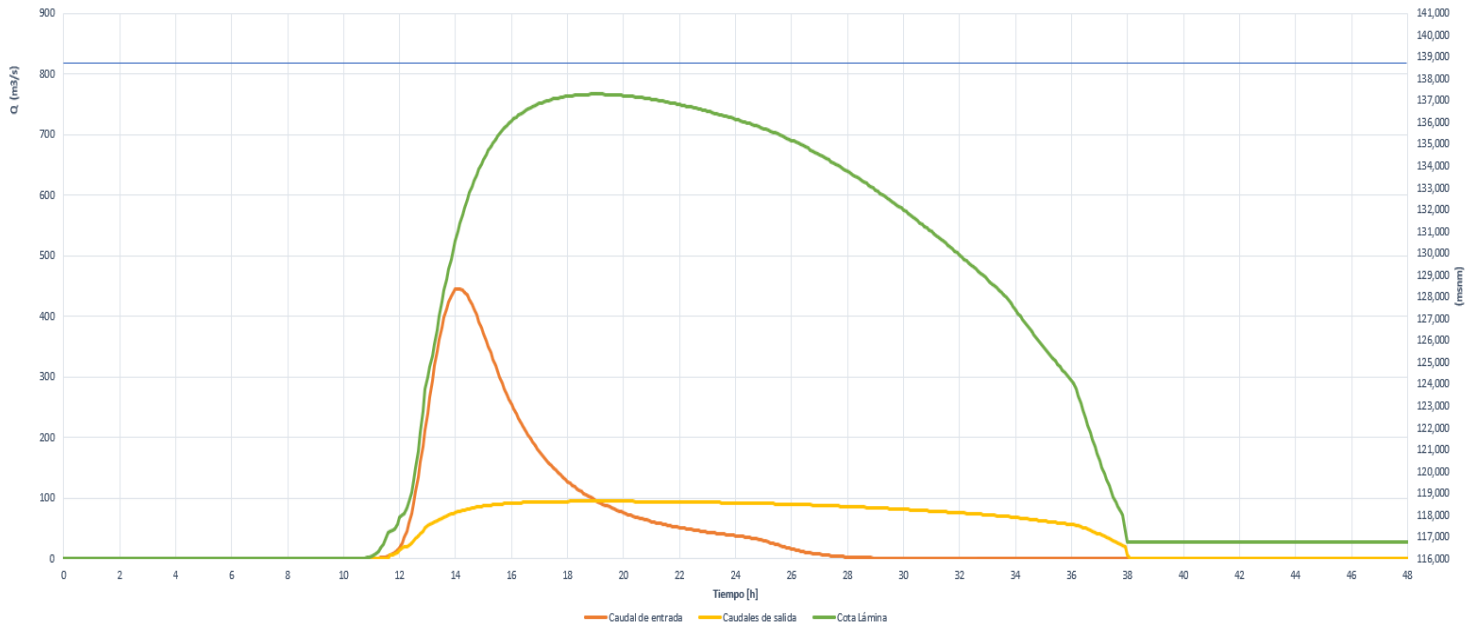


II.5.14 ALTERNATIVA 3.4.

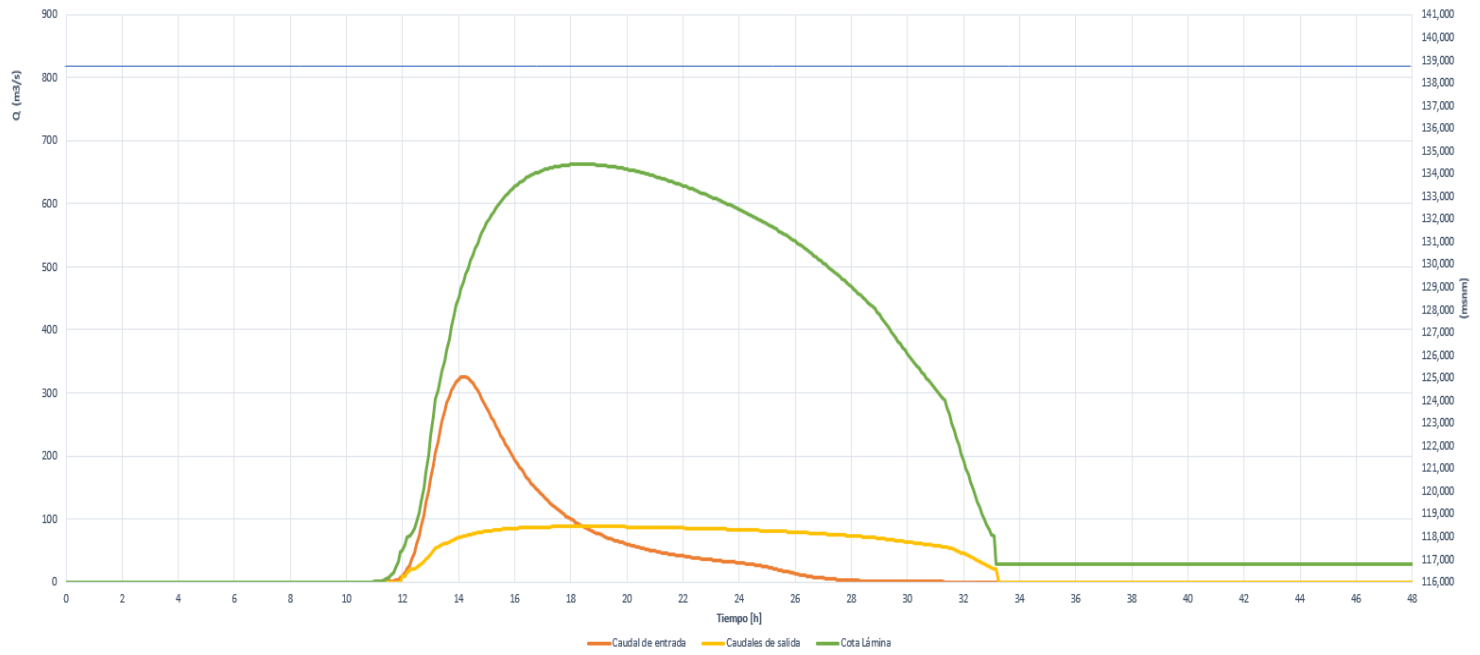
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del rio	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	120 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	2,6 m
	Coeficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	437,728 m ³ /s
	q100	95,005 m ³ /s
	q500	87,962 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,015 m
	q100	137,293 m
	q500	134,417 m



q100

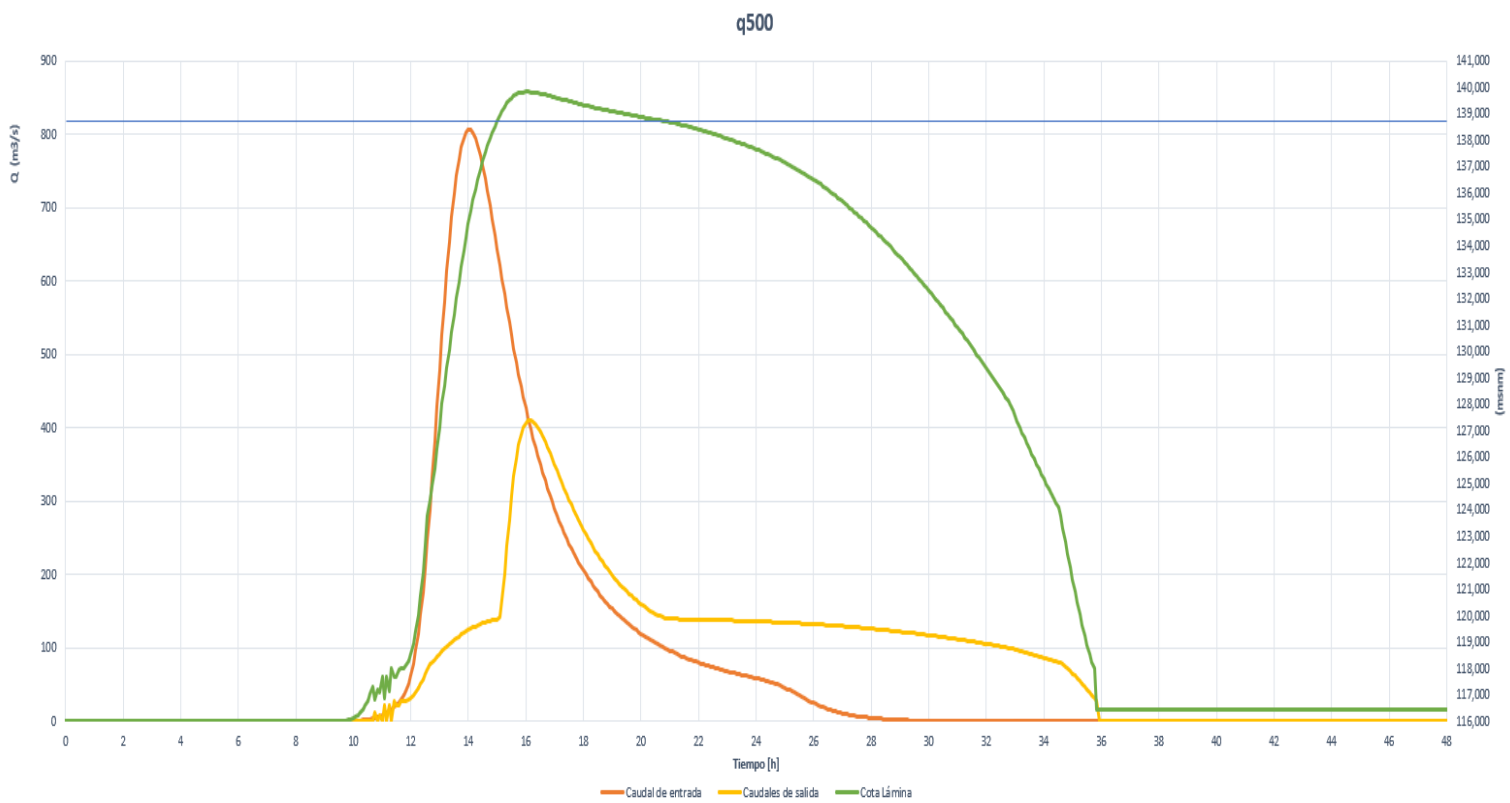


q50

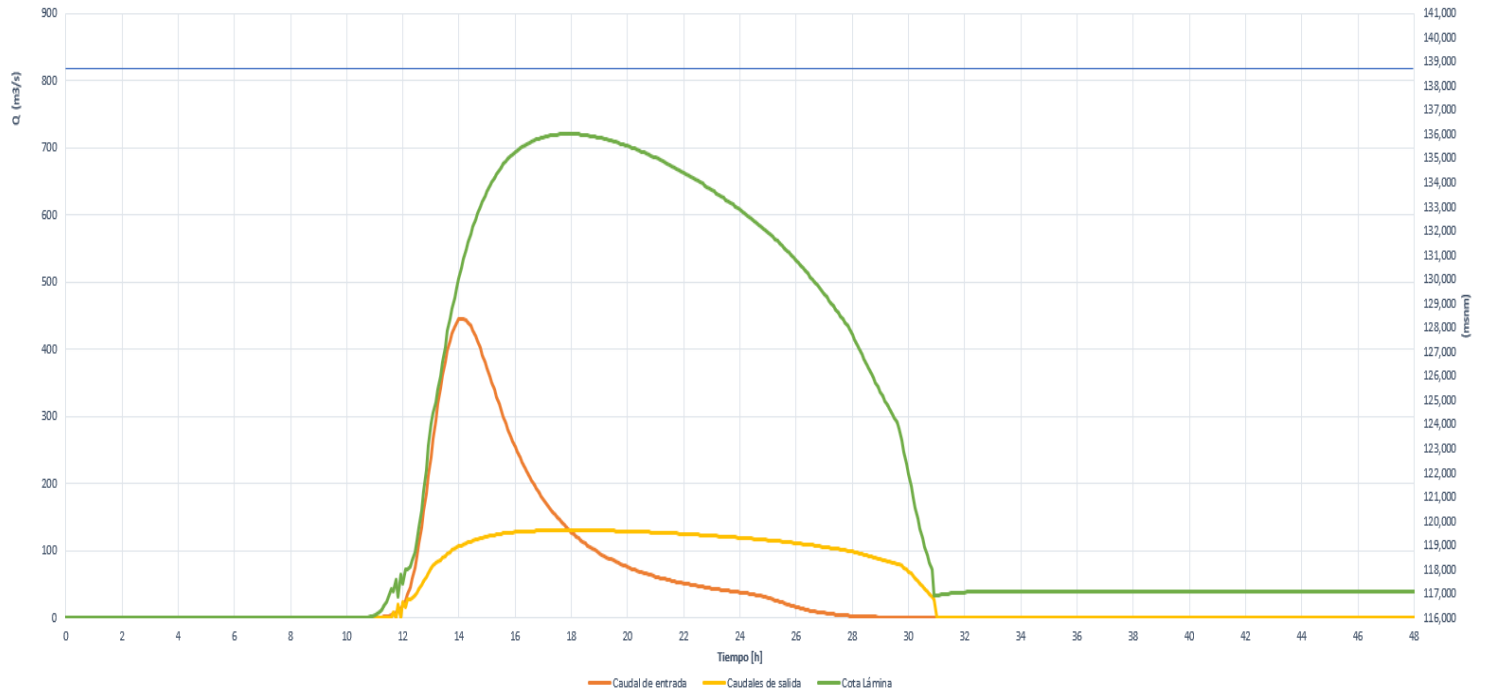


II.5.15 ALTERNATIVA 3.5.

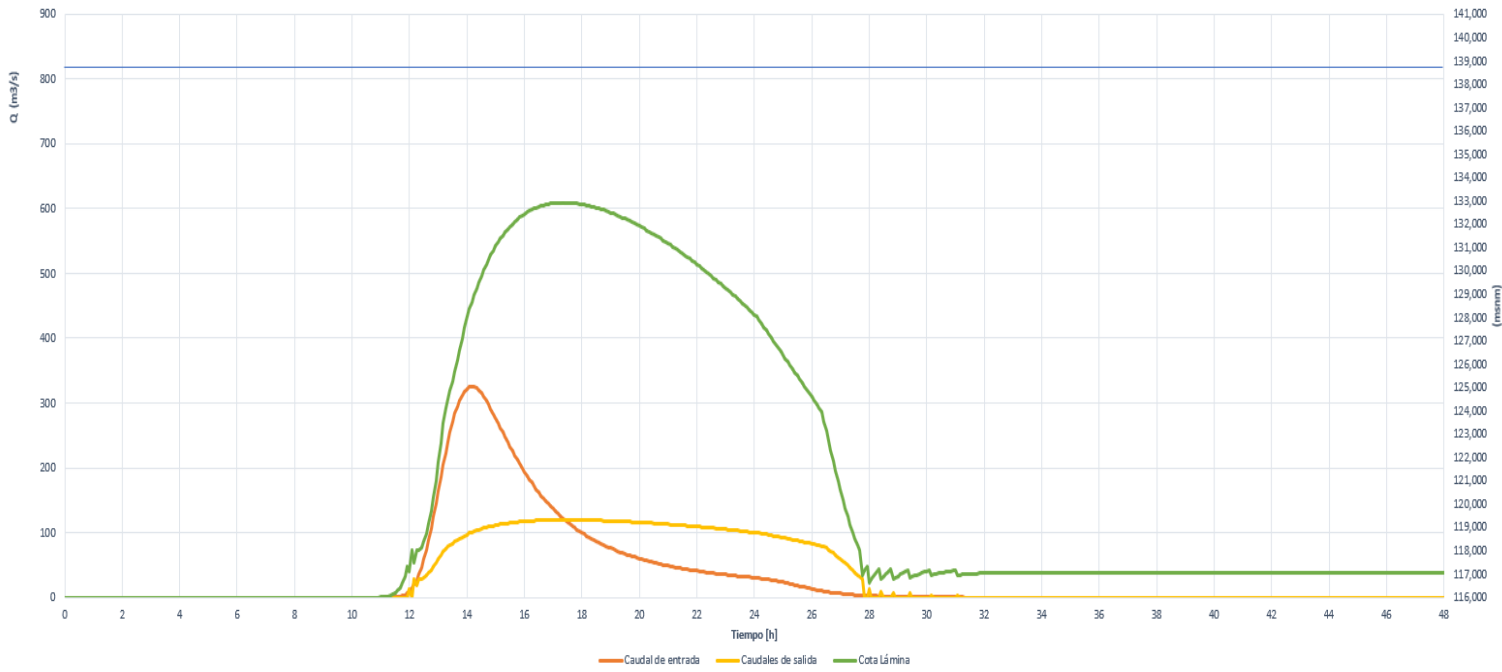
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del río	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	120 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	3,1 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	410,096 m ³ /s
	q100	130,697 m ³ /s
	q500	119,557 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	139,826 m
	q100	136,013 m
	q500	132,934 m



q100

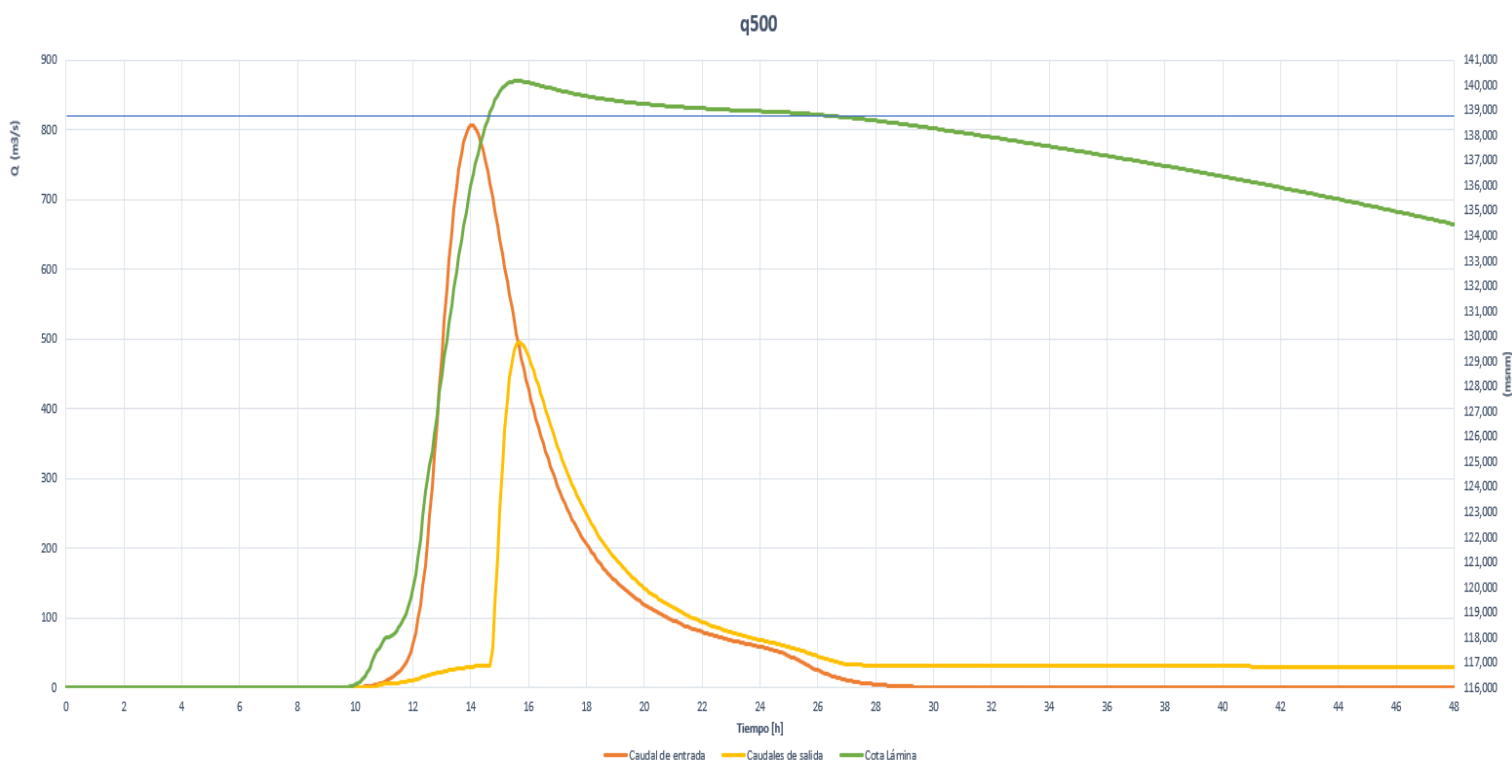


q50

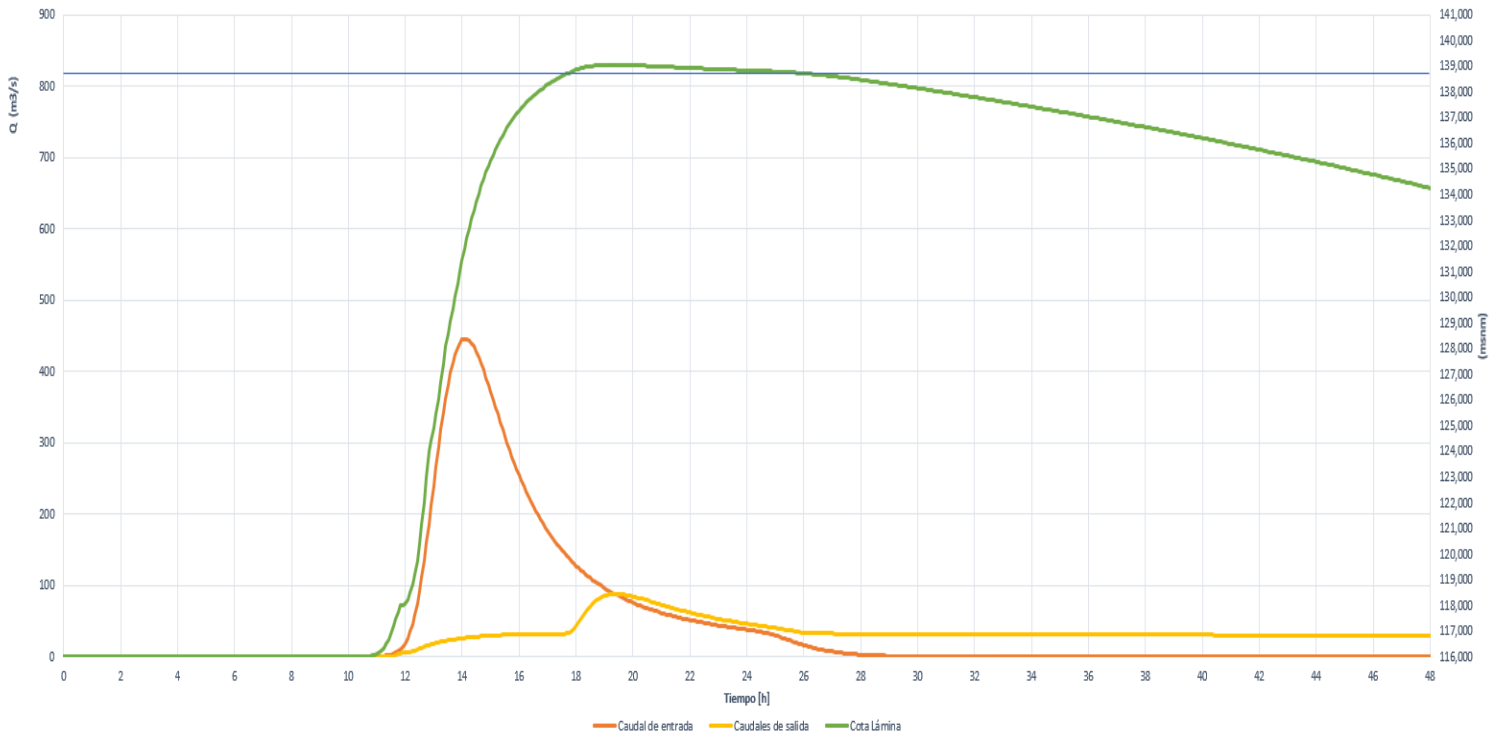


II.5.16 ALTERNATIVA 4.1.

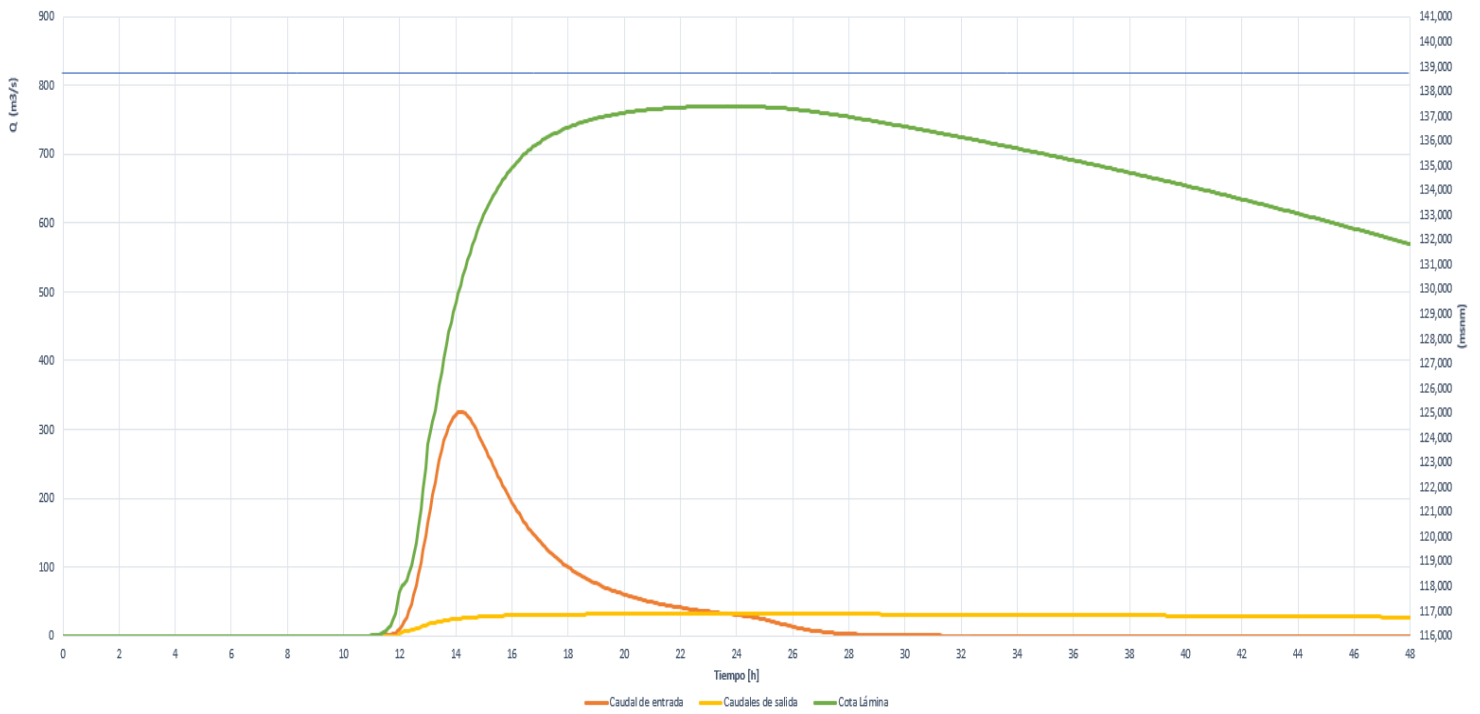
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del río	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	140 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	1,5 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	495,649 m ³ /s
	q100	88,116 m ³ /s
	q500	31,695 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,165 m
	q100	139,055 m
	q500	137,387 m



q100

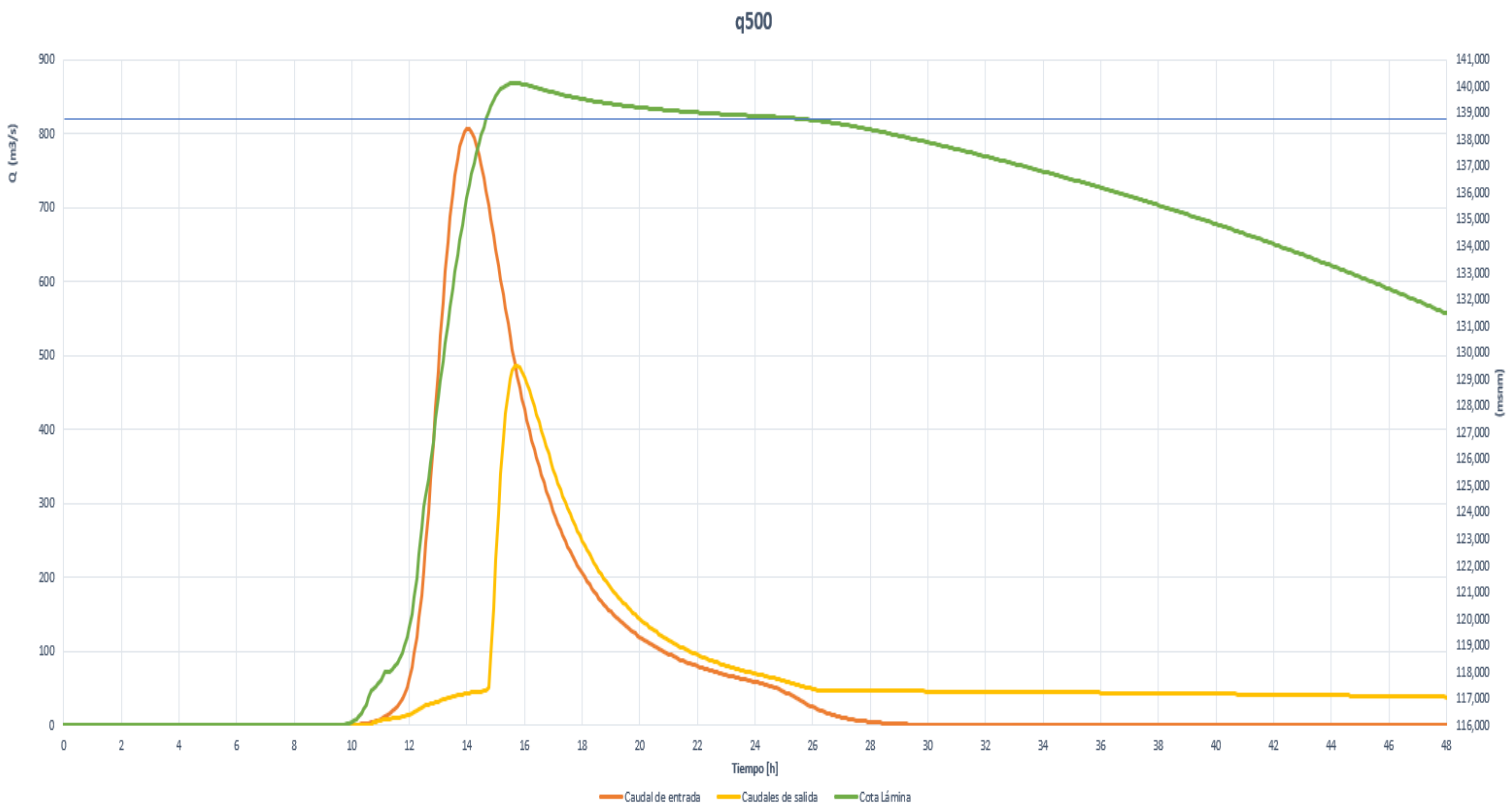


q50

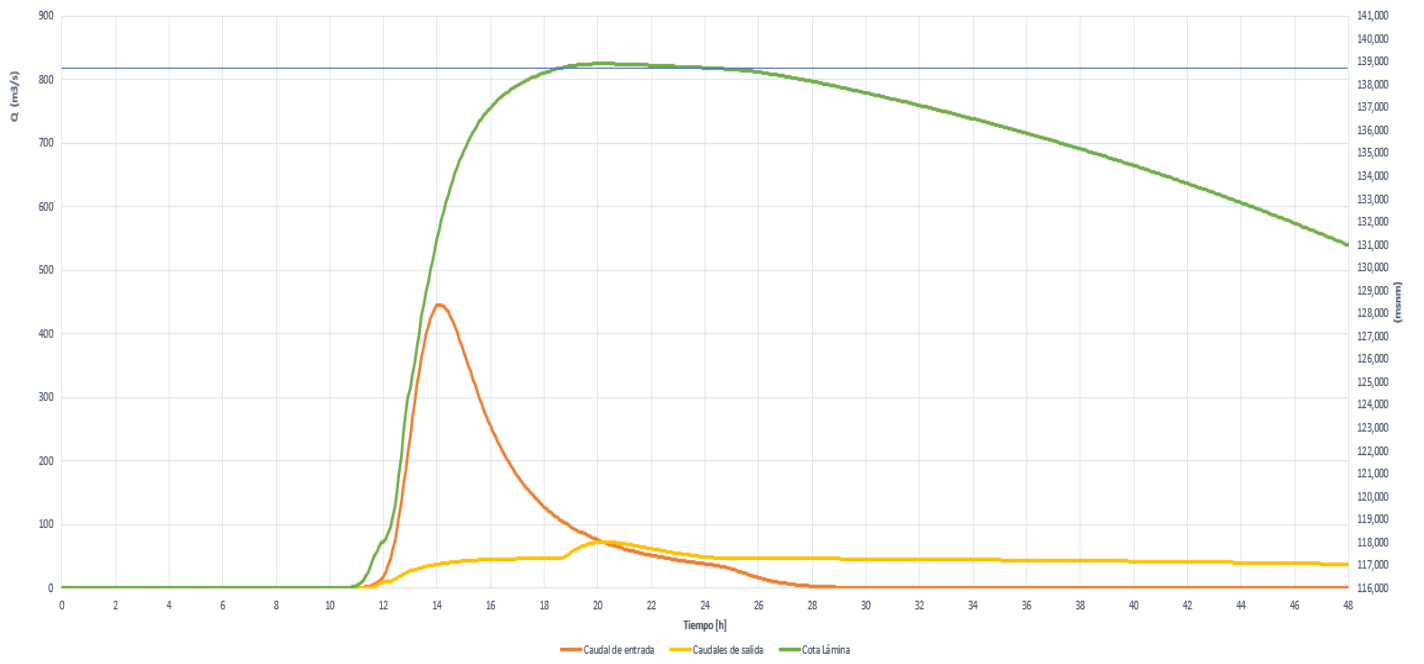


II.5.17 ALTERNATIVA 4.2.

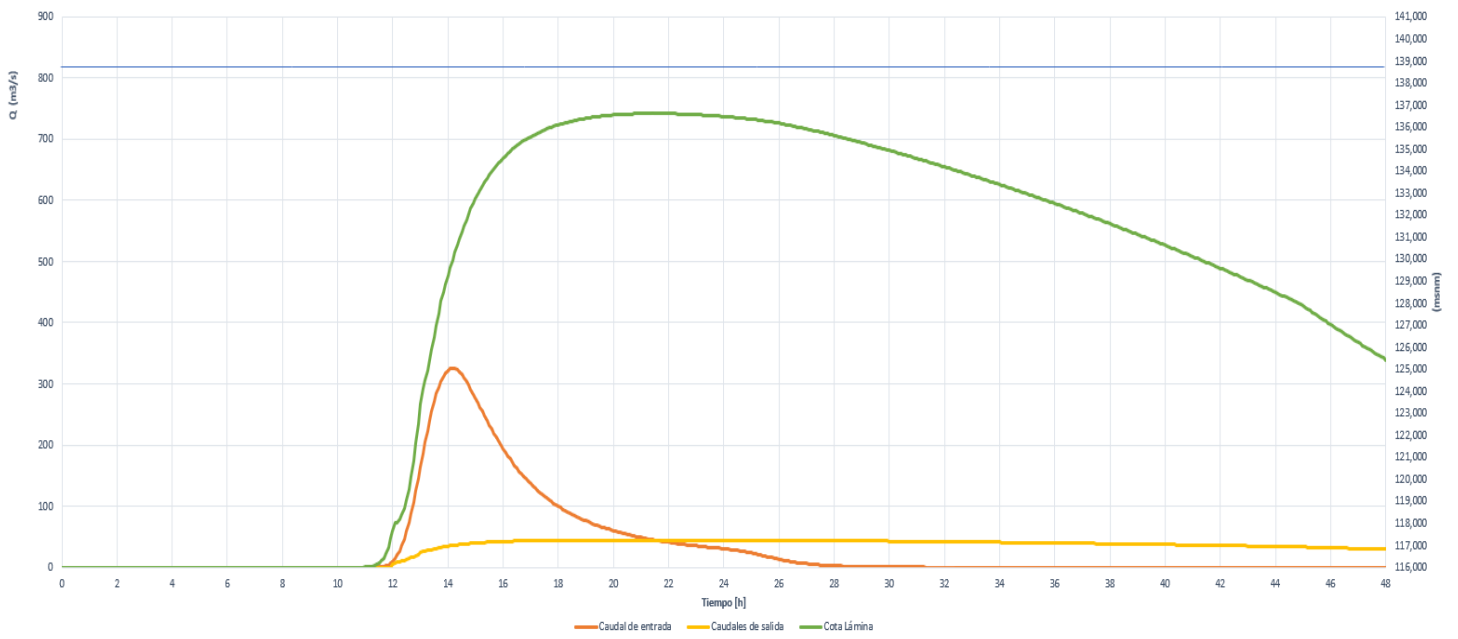
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del río	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	140 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	1,8 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	485,981 m ³ /s
	q100	72,711 m ³ /s
	q500	44,764 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,113 m
	q100	138,912 m
	q500	136,617 m



q100

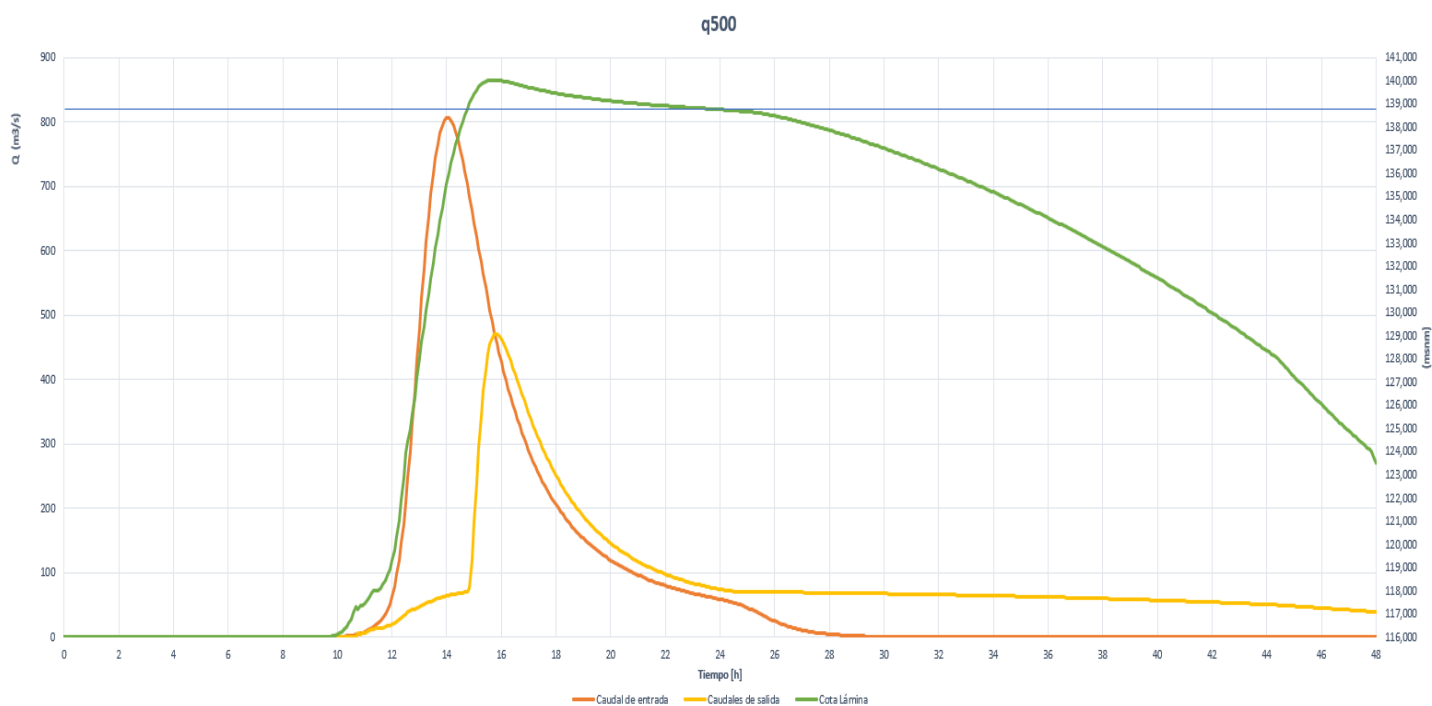


q50

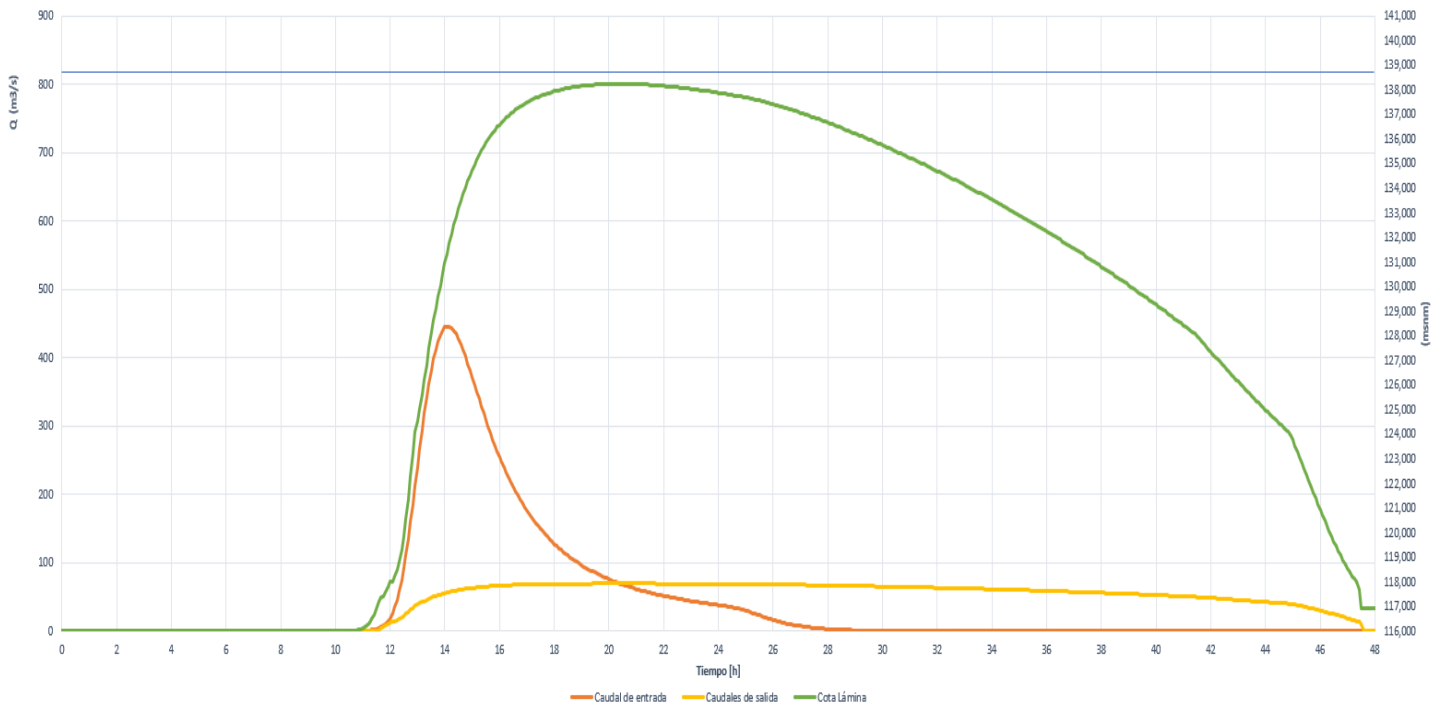


II.5.18 ALTERNATIVA 4.3.

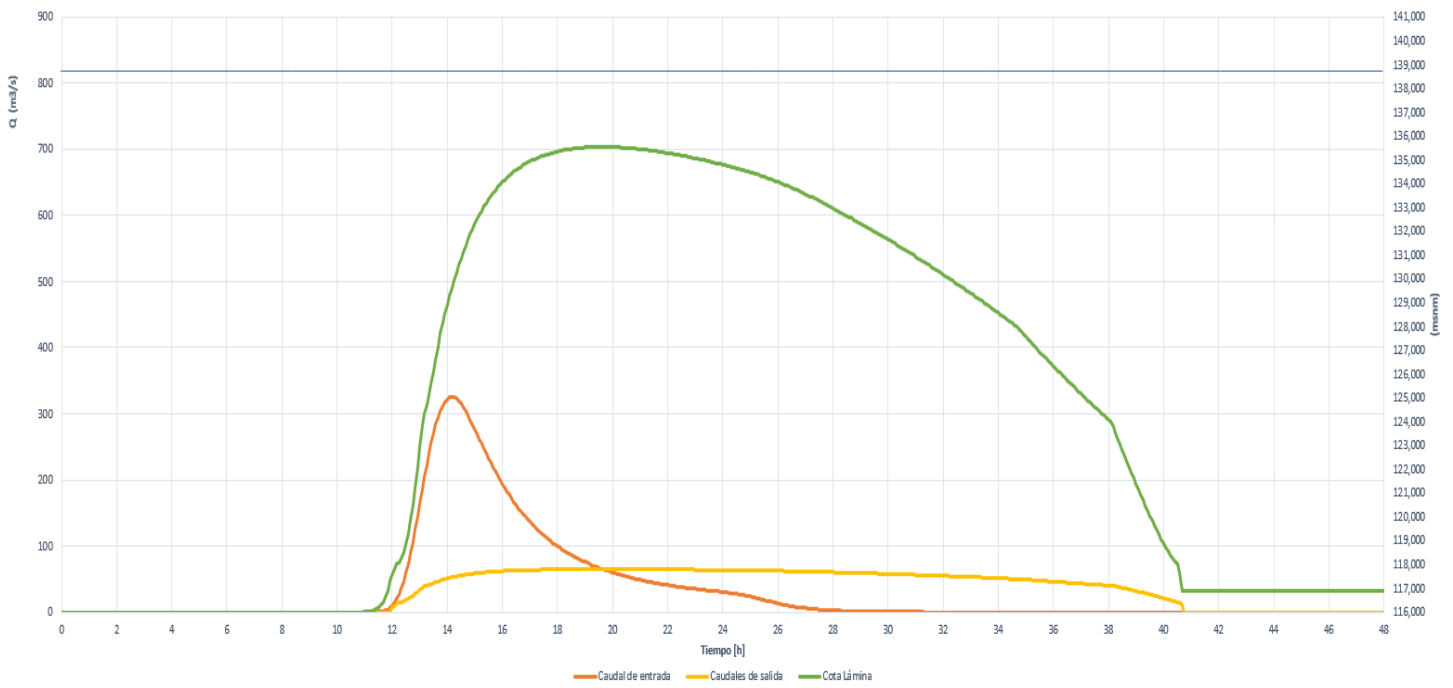
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del rio	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	140 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	2,2 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	470,326 m ³ /s
	q100	69,607 m ³ /s
	q500	65,004 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,027 m
	q100	138,243 m
	q500	135,545 m



q100

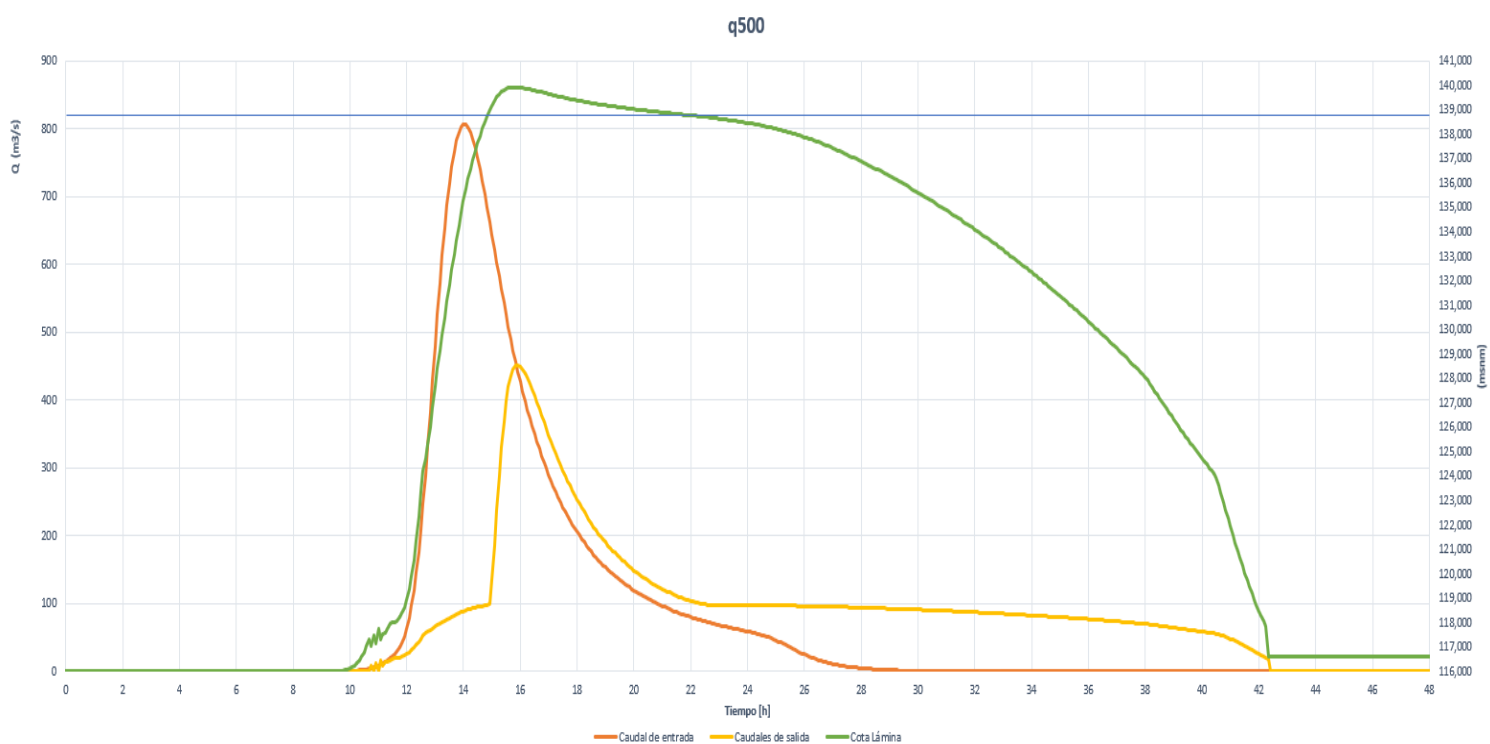


q50

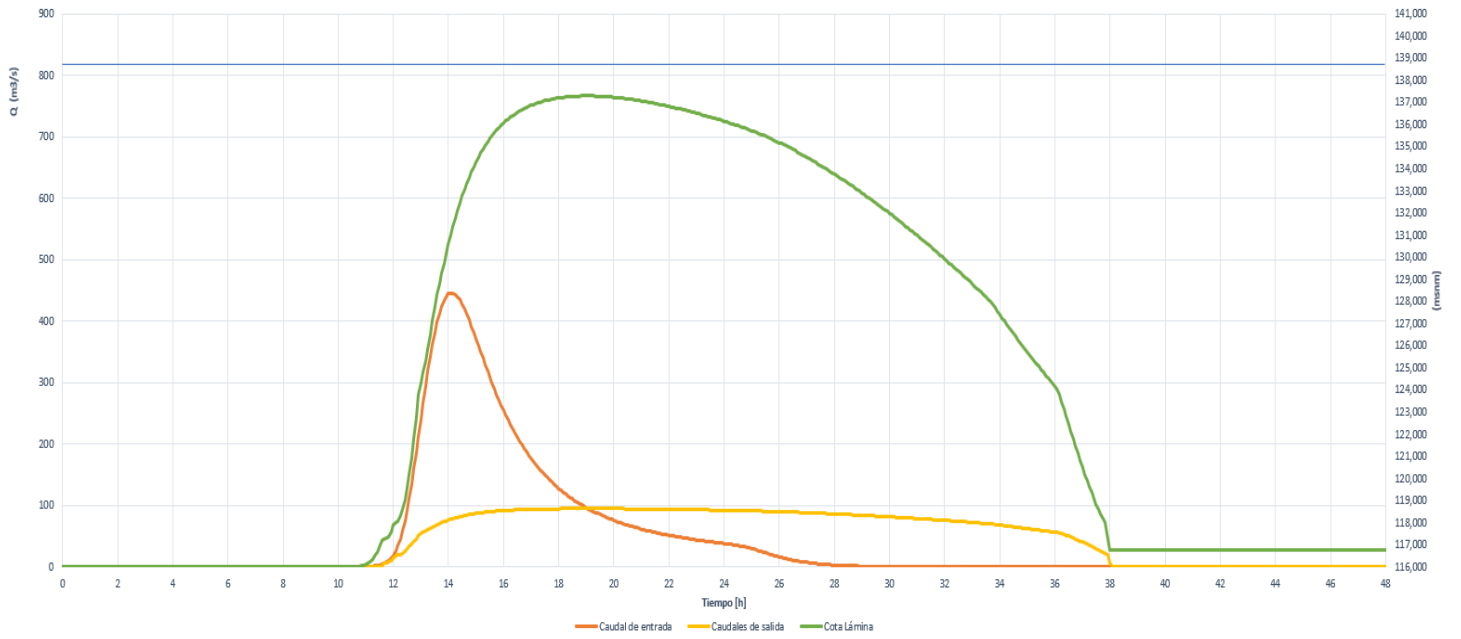


II.5.19 ALTERNATIVA 4.4.

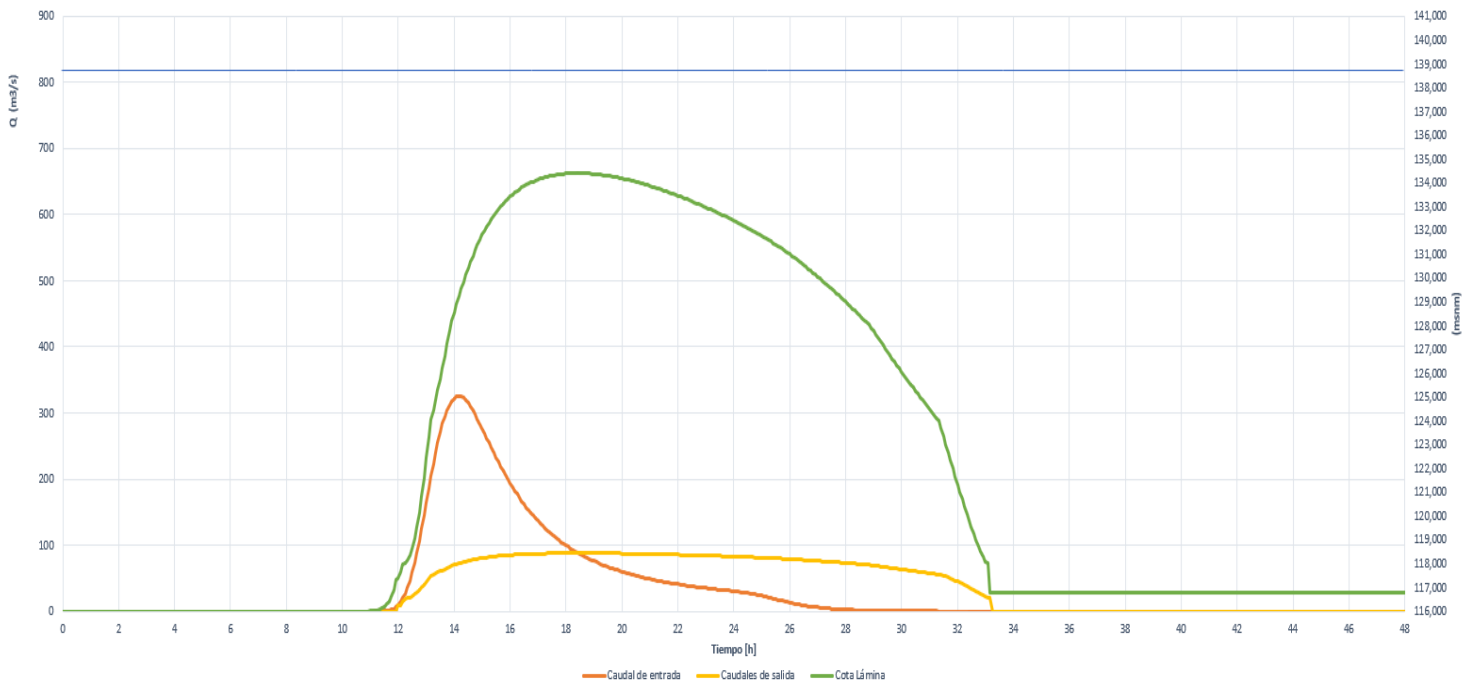
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del rio	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	140 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	2,6 m
	Coficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	451,633 m ³ /s
	q100	95,005 m ³ /s
	q500	87,962 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	139,919 m
	q100	137,293 m
	q500	134,417 m



q100



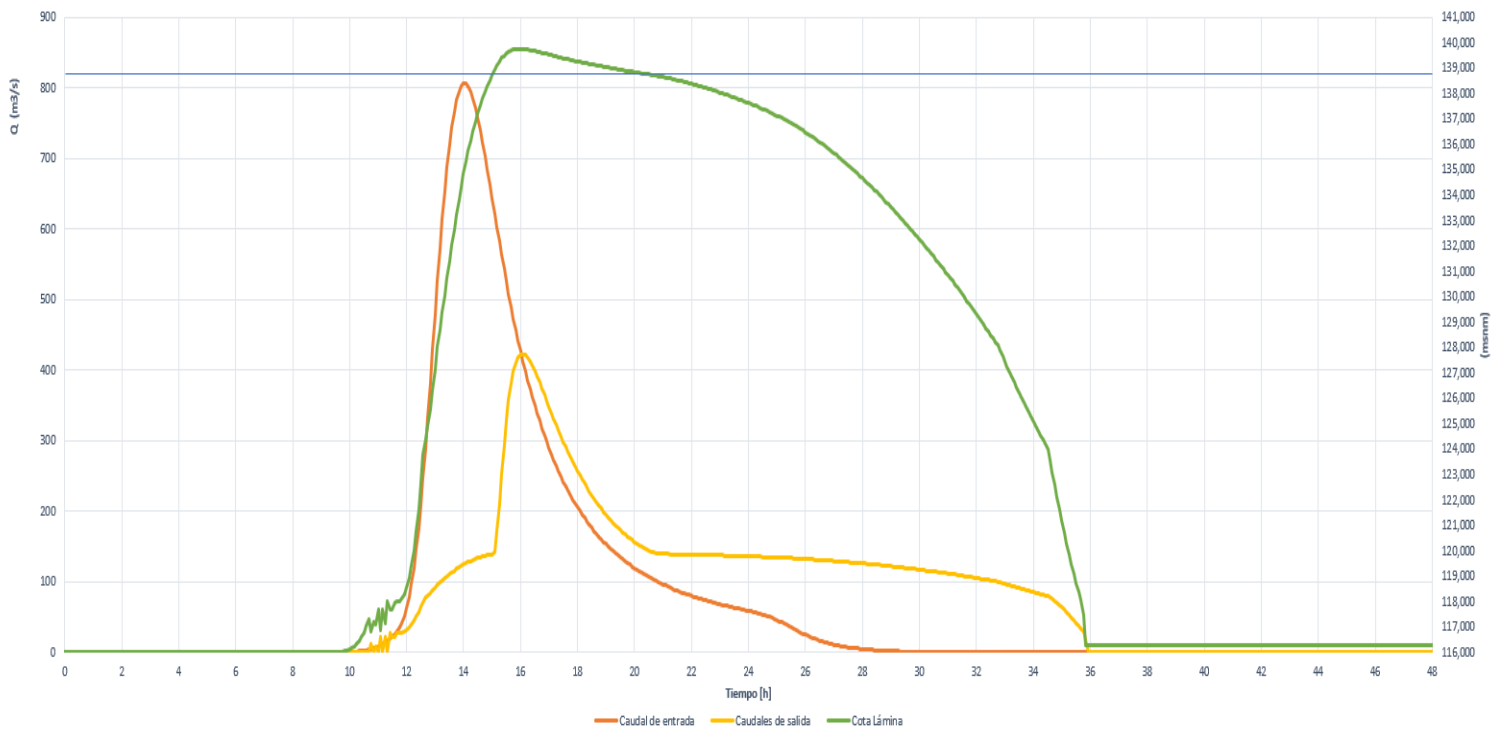
q50



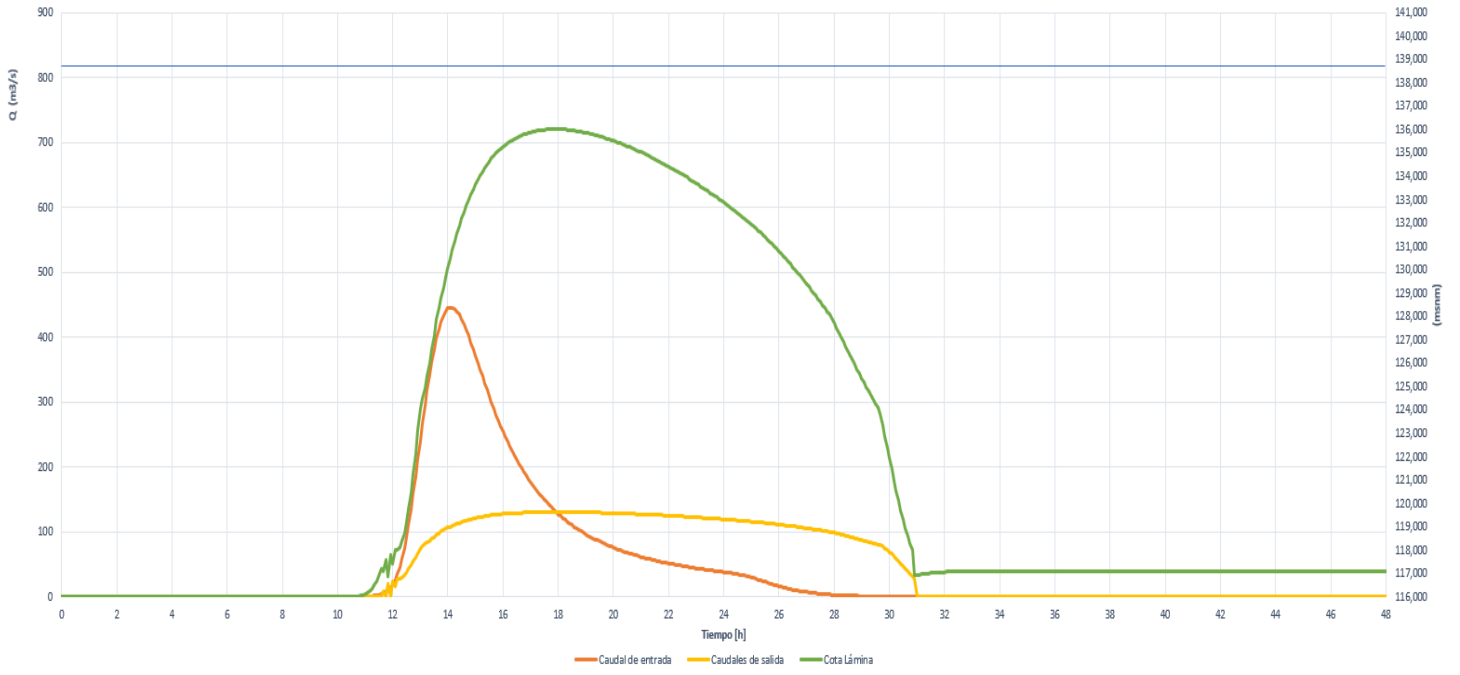
II.5.20 ALTERNATIVA 4.5.

DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del rio	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	140 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	3,1 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	422,663 m ³ /s
	q100	130,697 m ³ /s
	q500	119,557 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	139,749 m
	q100	136,013 m
	q500	132,934 m

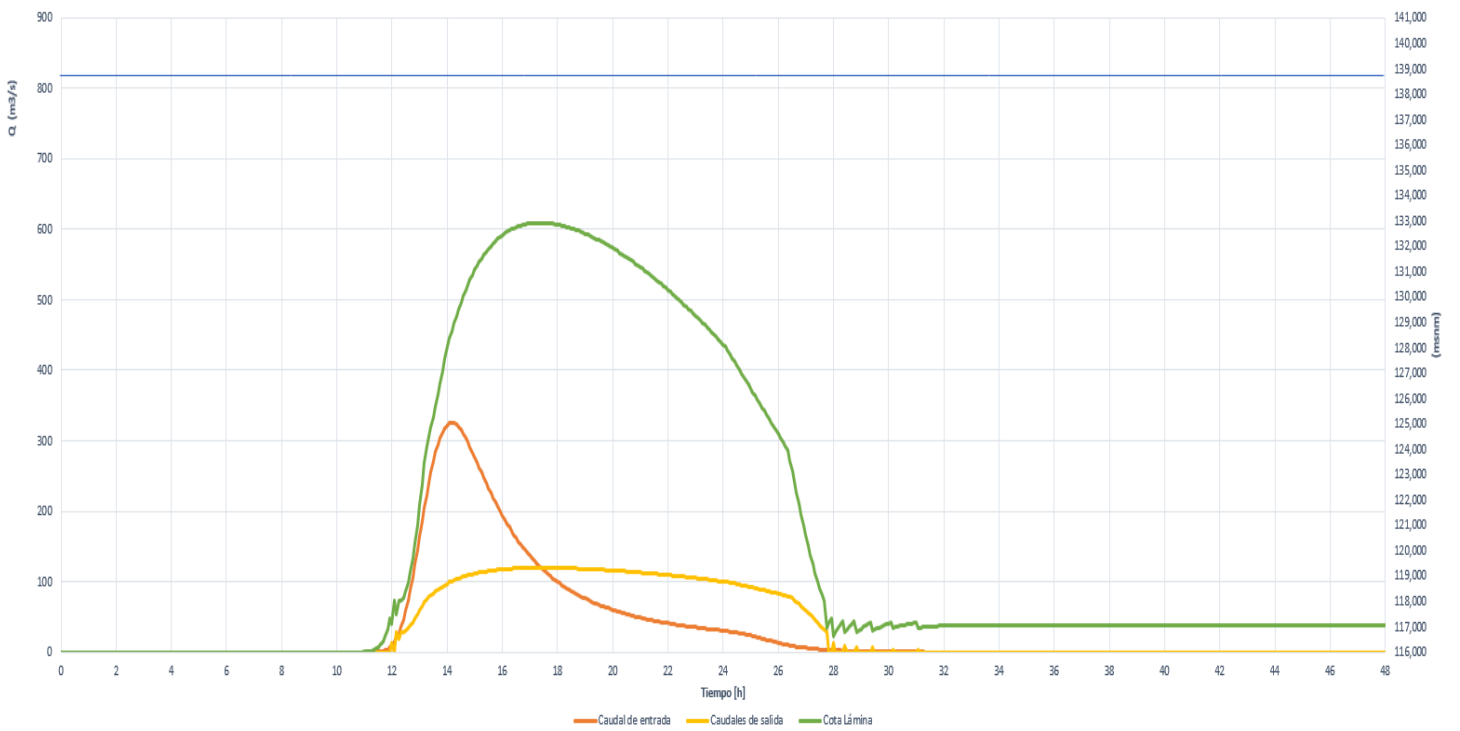
q500



q100

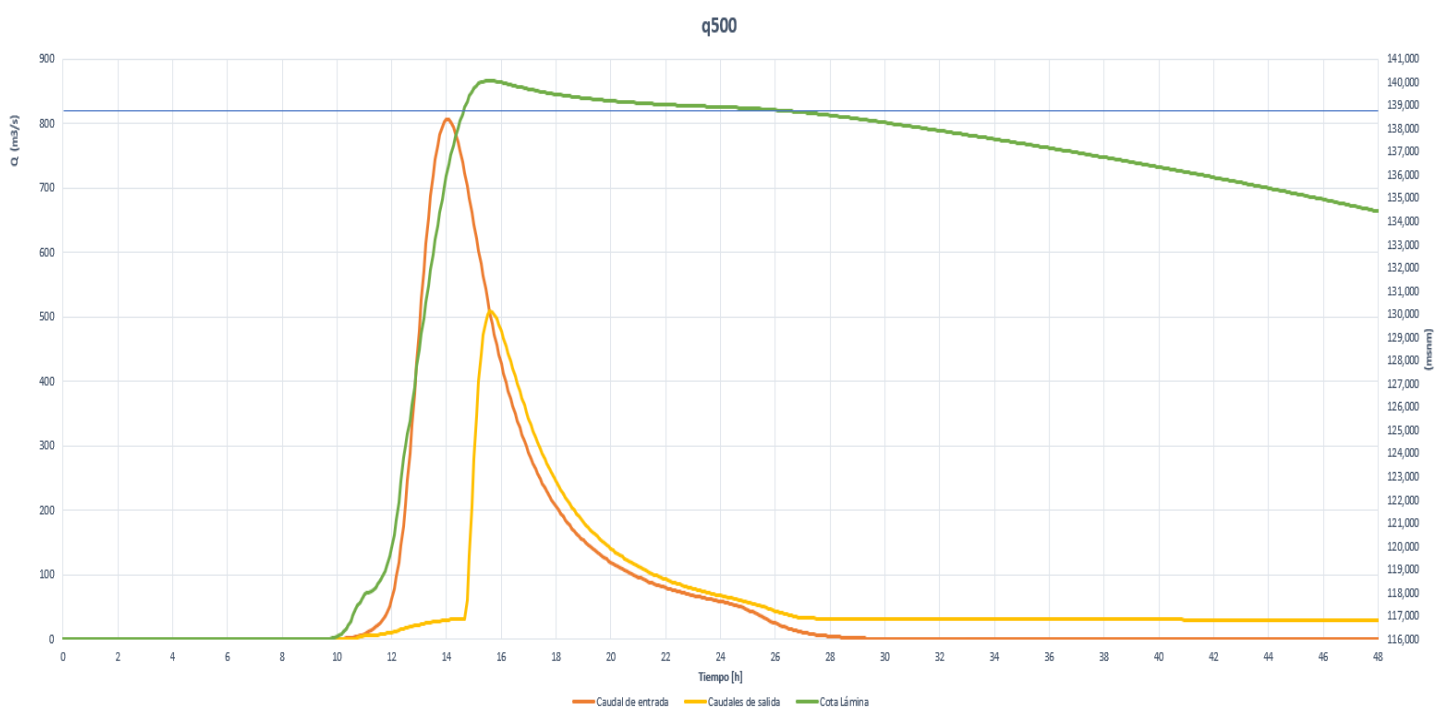


q50

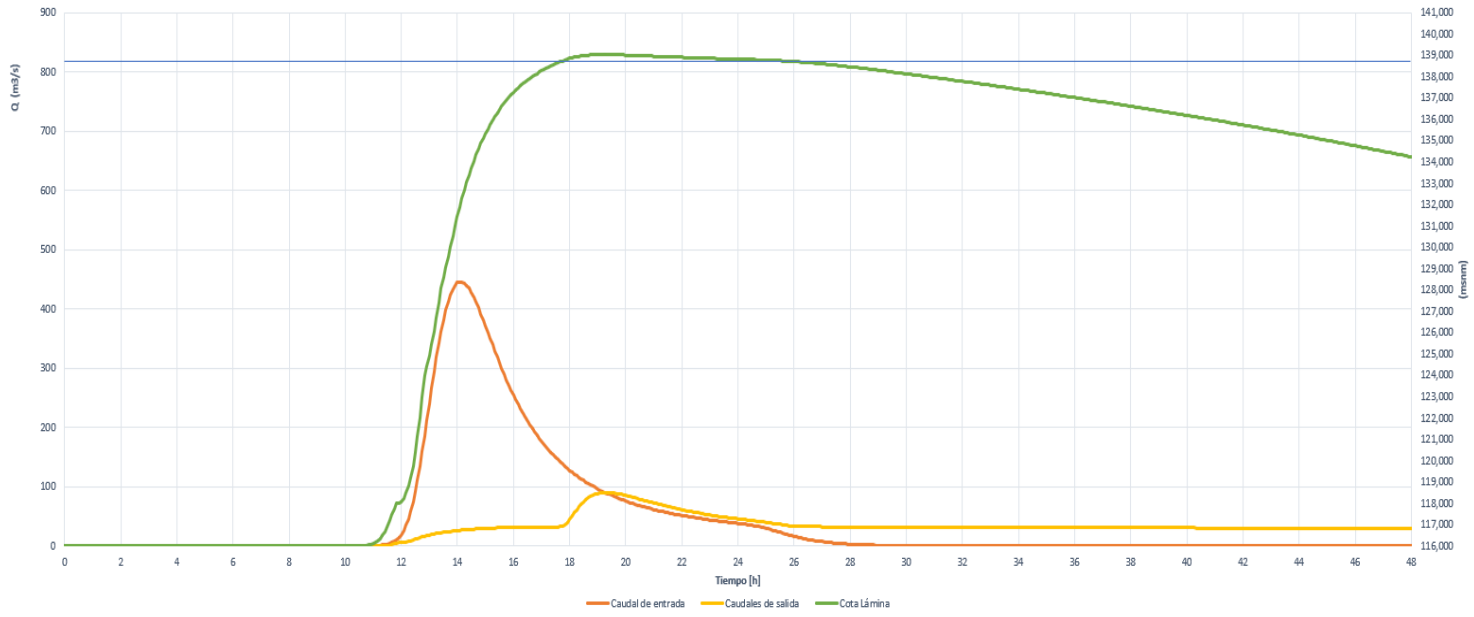


II.5.21 ALTERNATIVA 5.1.

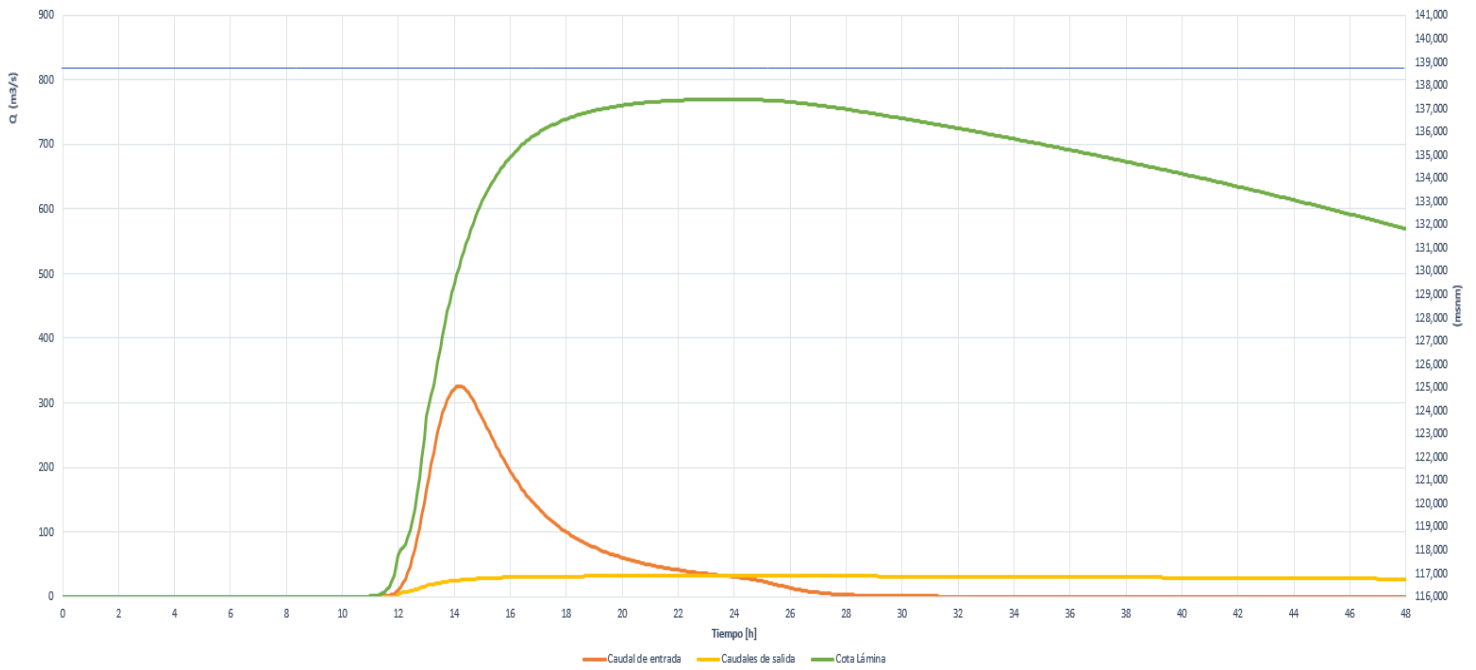
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del río	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	160 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	1,5 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	508,434 m ³ /s
	q100	90,363 m ³ /s
	q500	31,695 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,065 m
	q100	139,034 m
	q500	137,387 m



q100

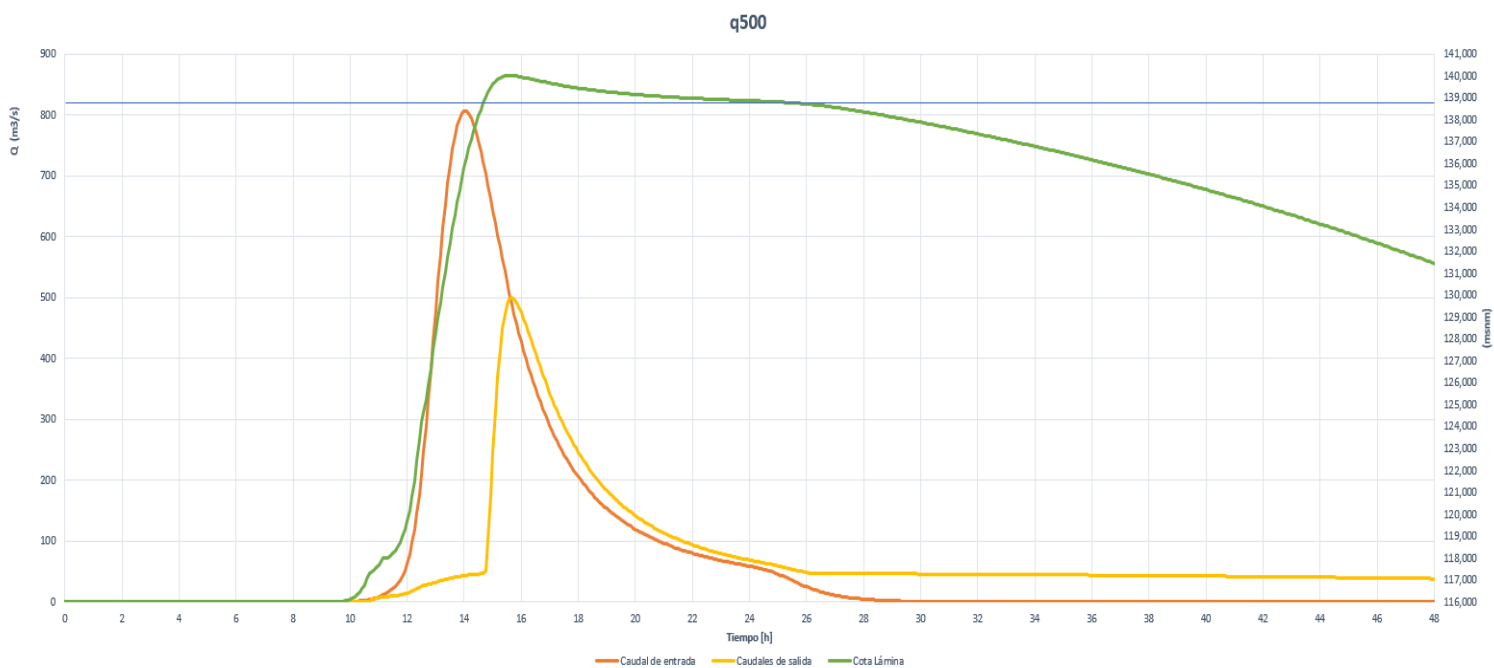


q50

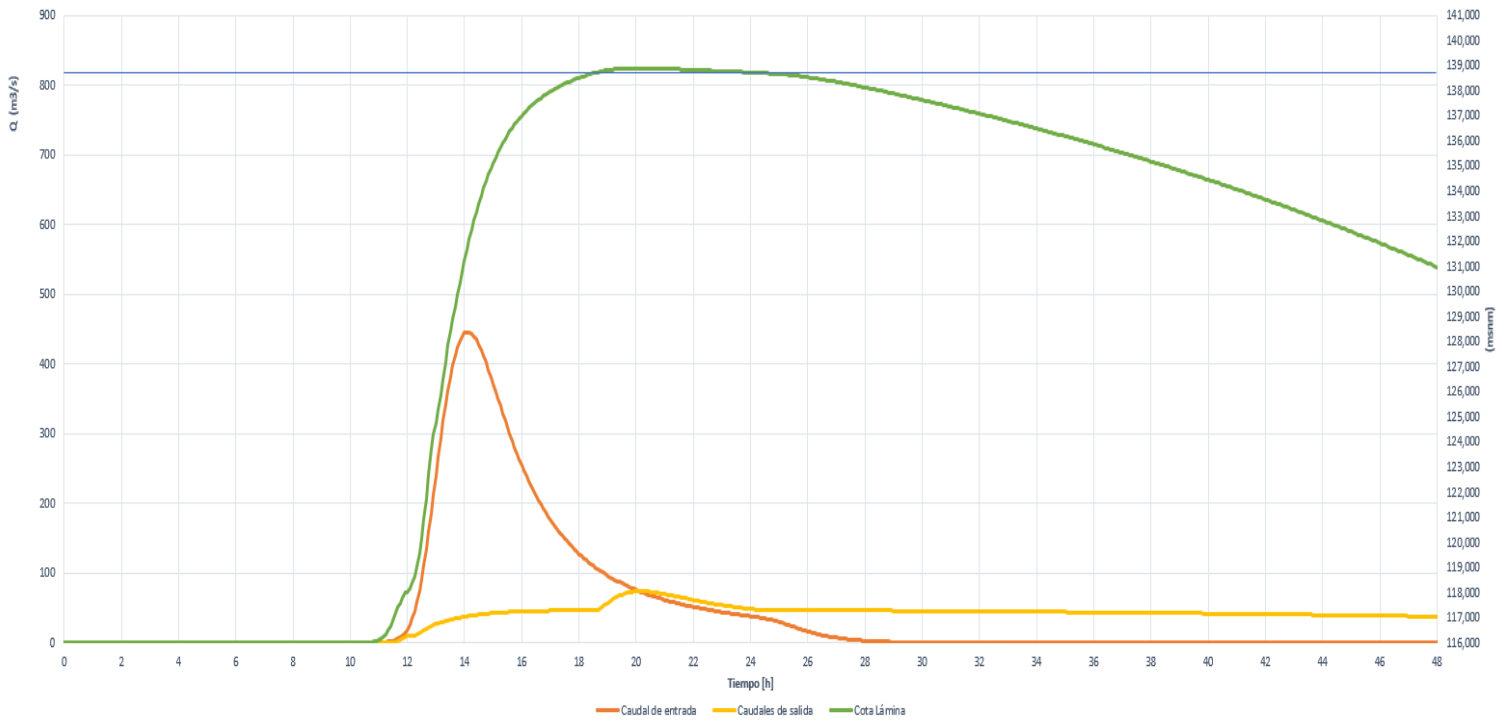


II.5.22 ALTERNATIVA 5.2.

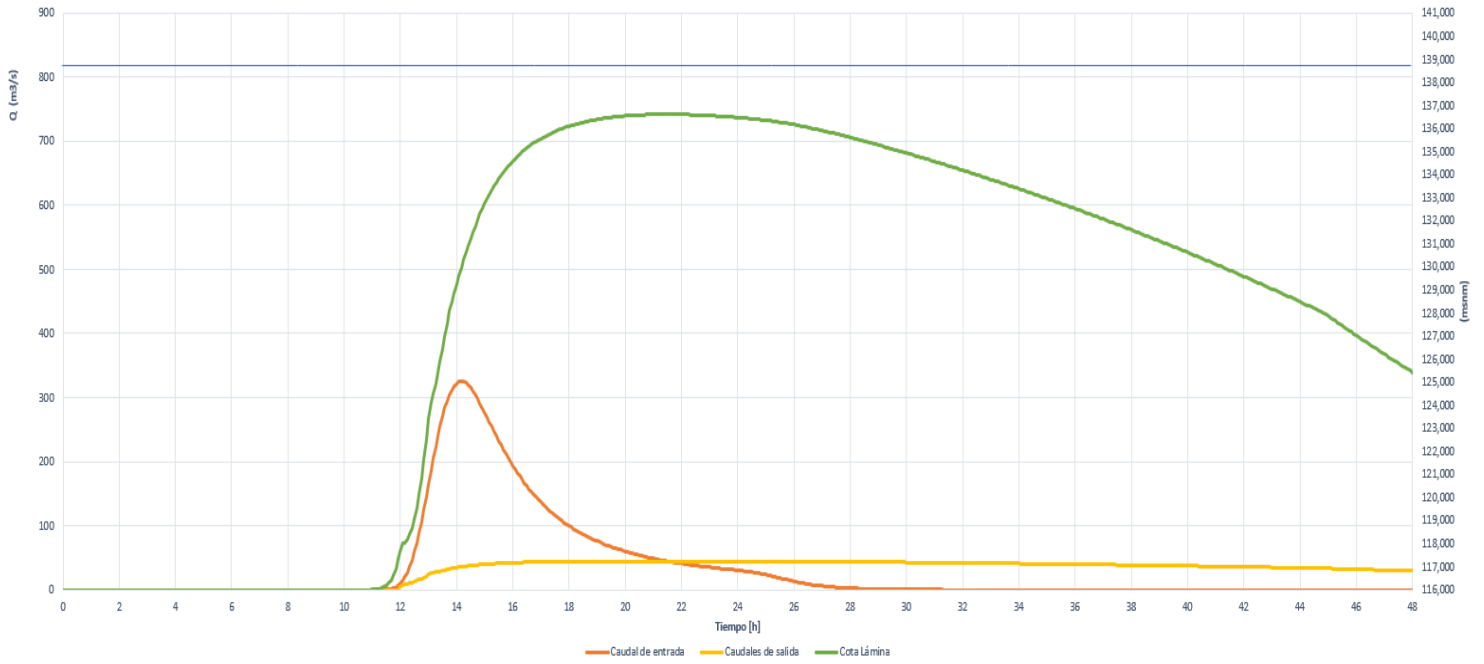
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del rio	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	160 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	1,8 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	499,072 m ³ /s
	q100	74,096 m ³ /s
	q500	44,764 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	140,018 m
	q100	138,901 m
	q500	136,617 m



q100

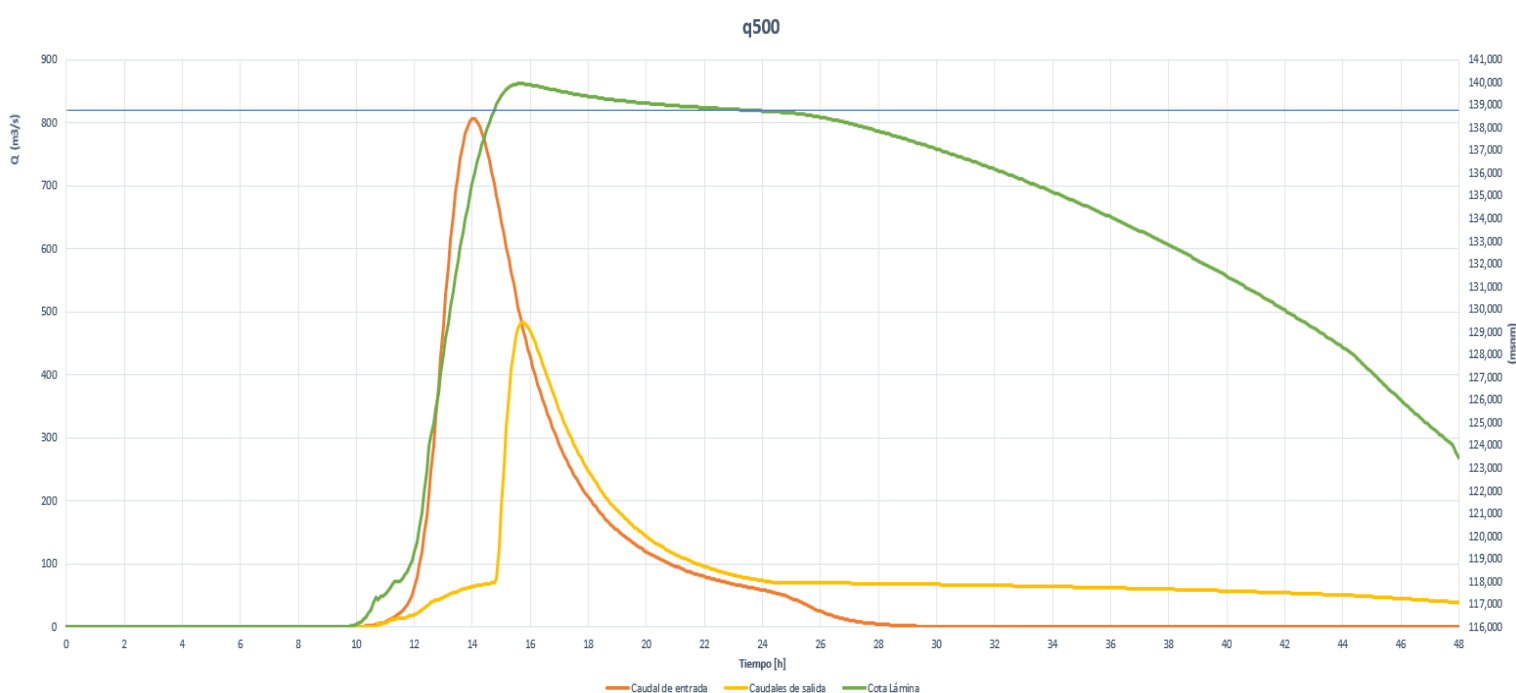


q50

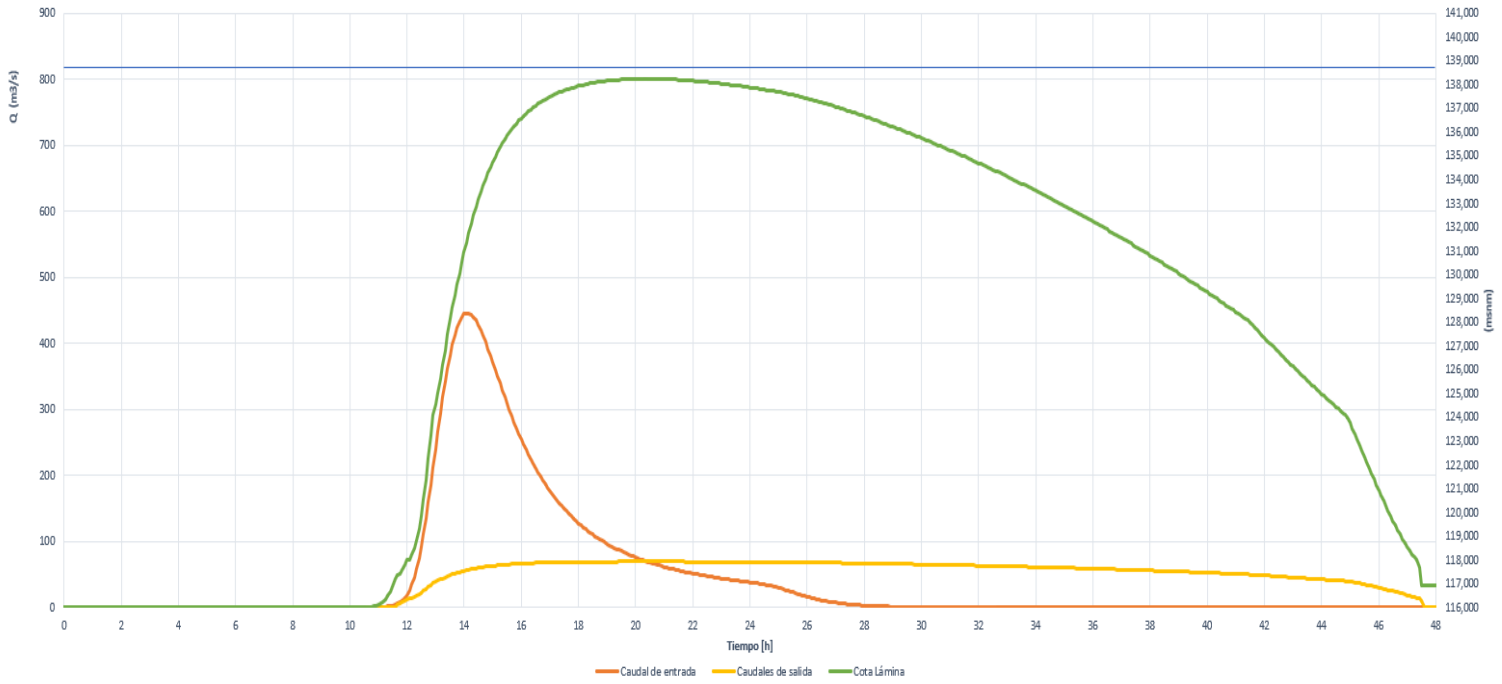


II.5.23 ALTERNATIVA 5.3.

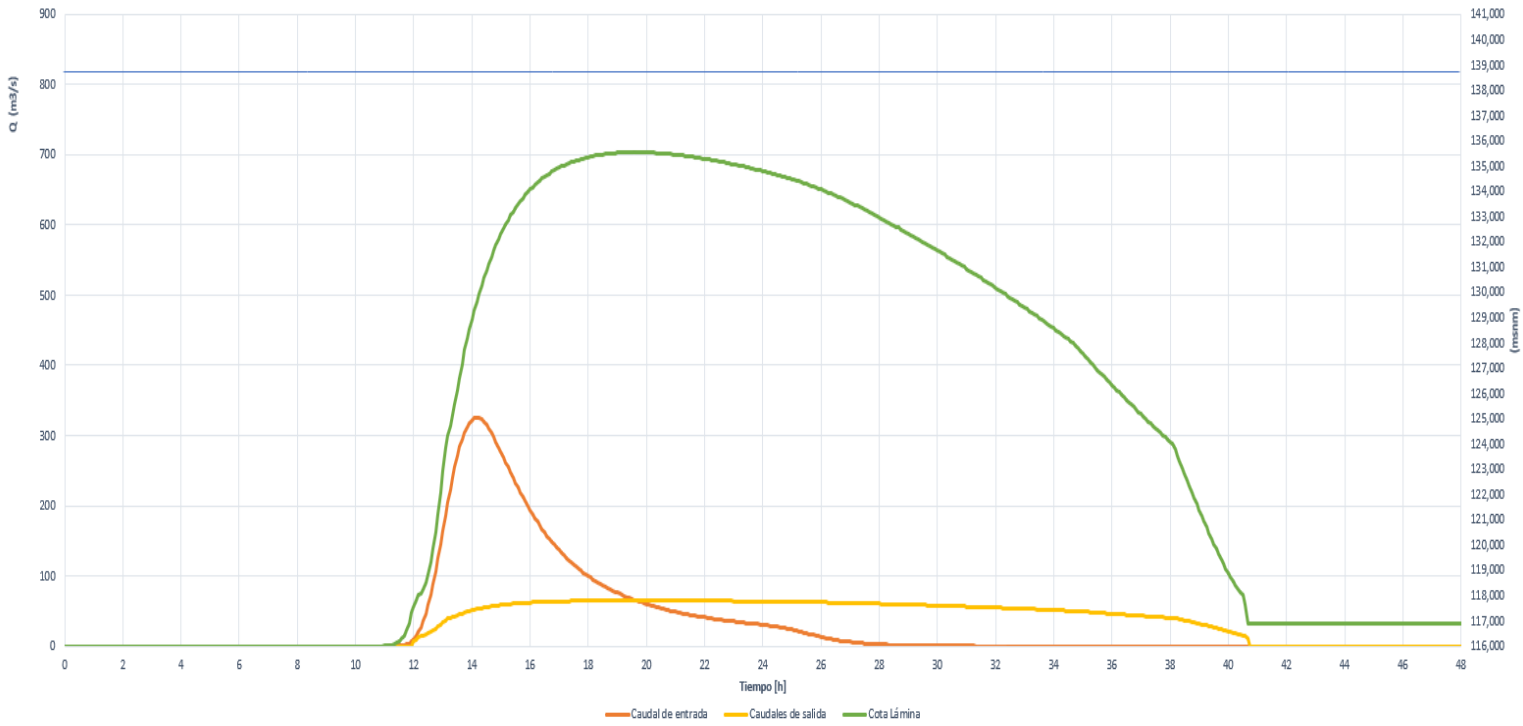
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del río	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	160 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	2,2 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	483,044 m ³ /s
	q100	69,607 m ³ /s
	q500	65,004 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	139,940 m
	q100	138,243 m
	q500	135,545 m



q100

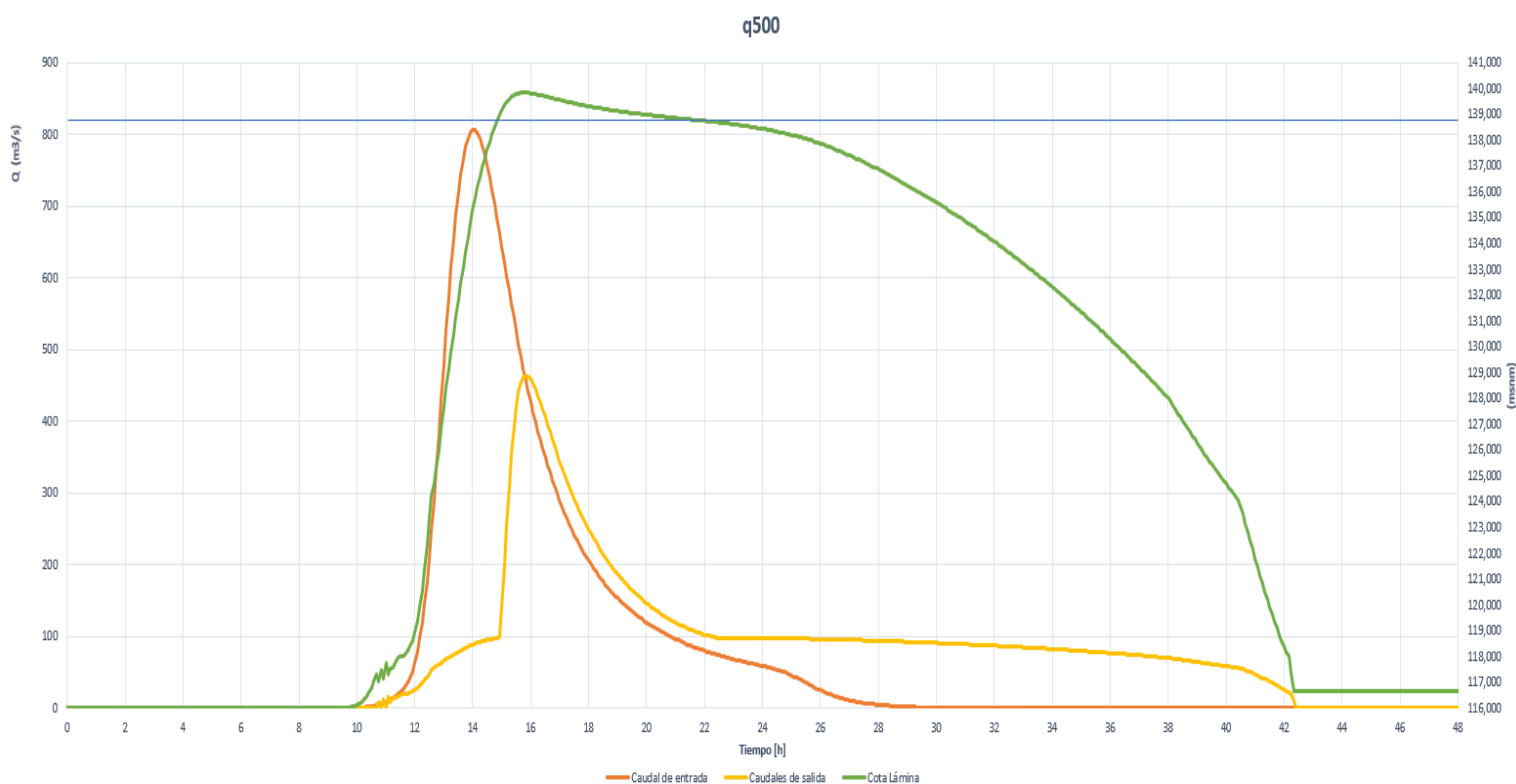


q50

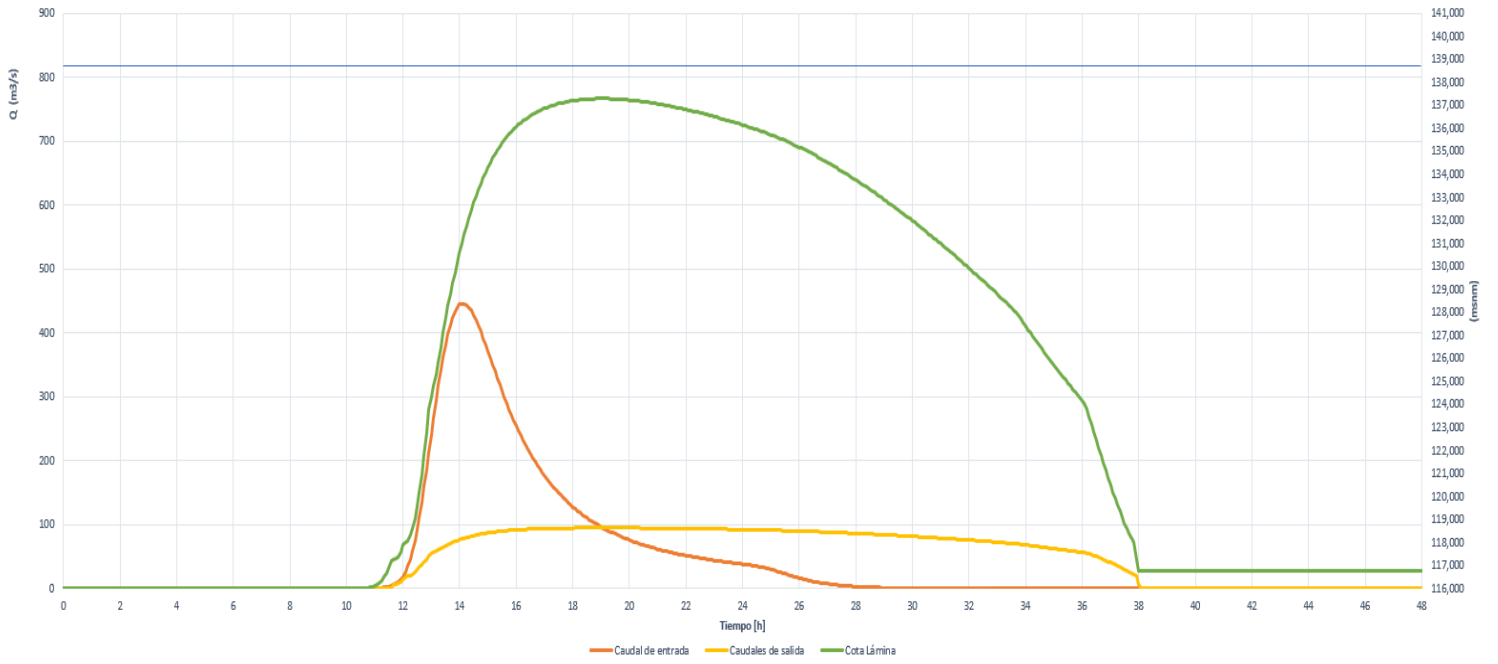


II.5.24 ALTERNATIVA 5.4.

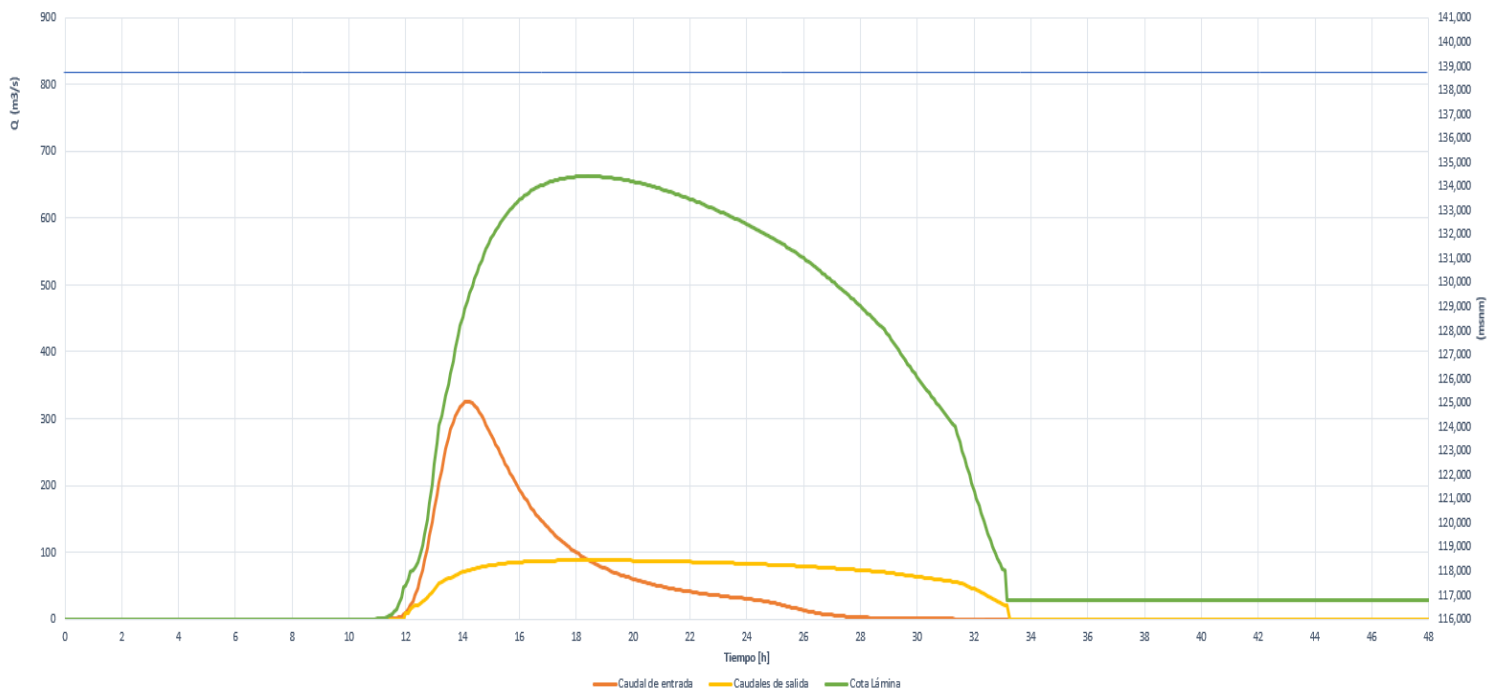
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del rio	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	160 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	2,6 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	463,569 m ³ /s
	q100	95,005 m ³ /s
	q500	87,962 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	139,841 m
	q100	137,293 m
	q500	134,417 m



q100

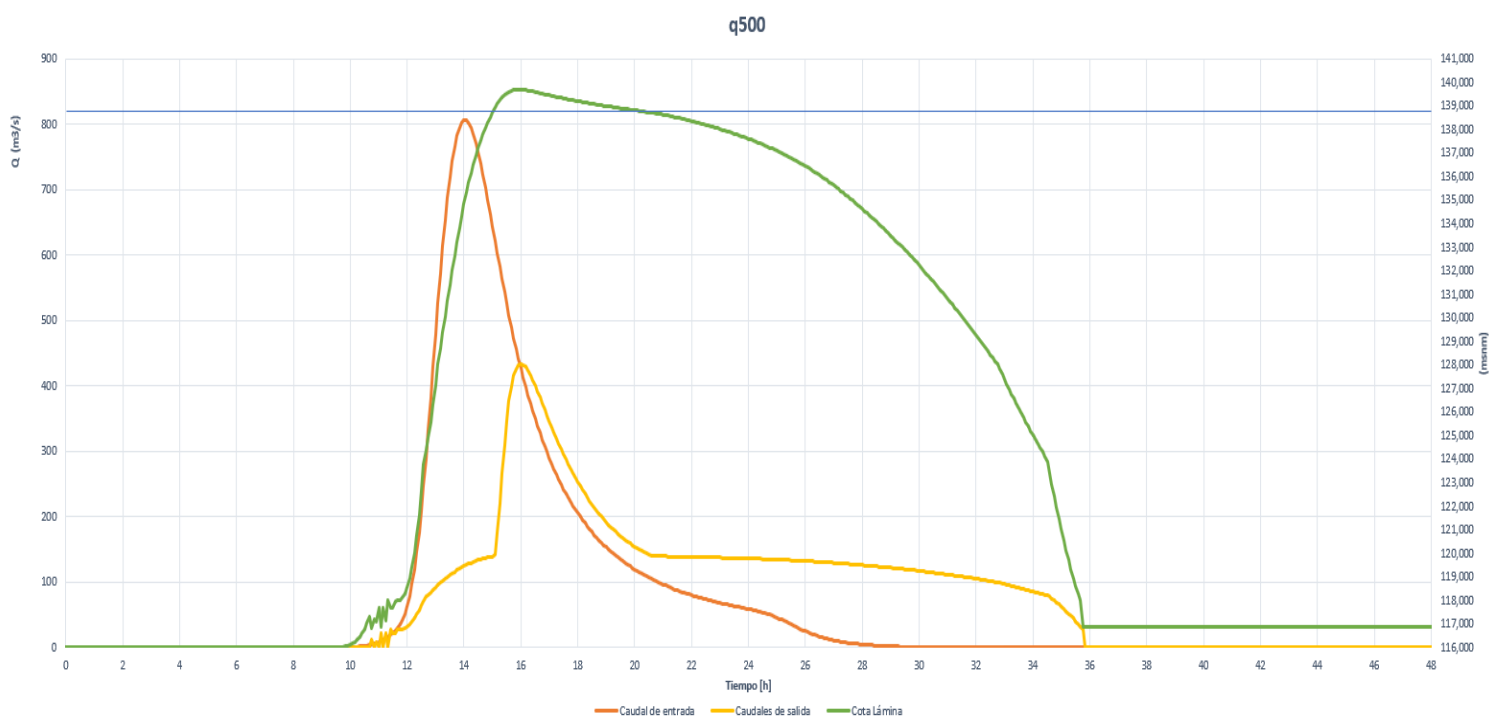


q50

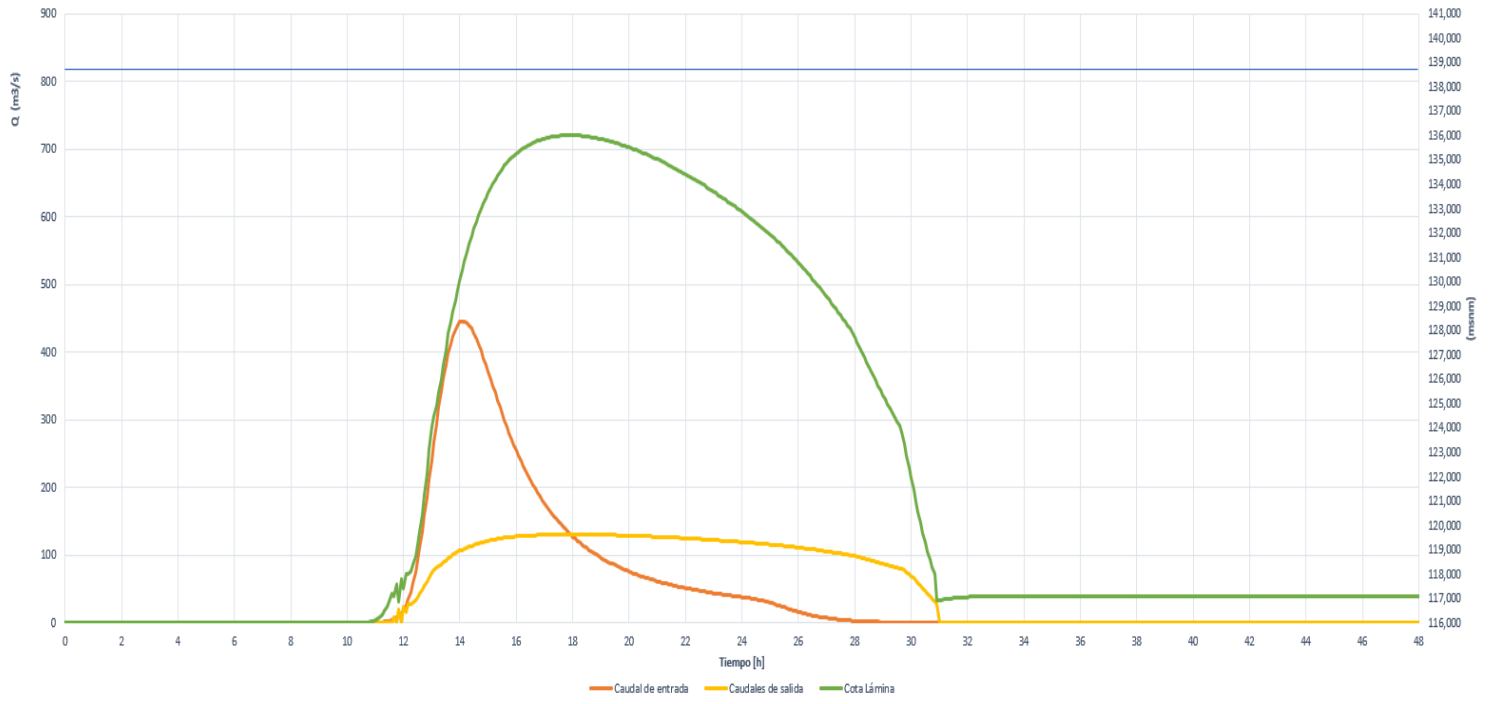


II.5.25 ALTERNATIVA 5.5.

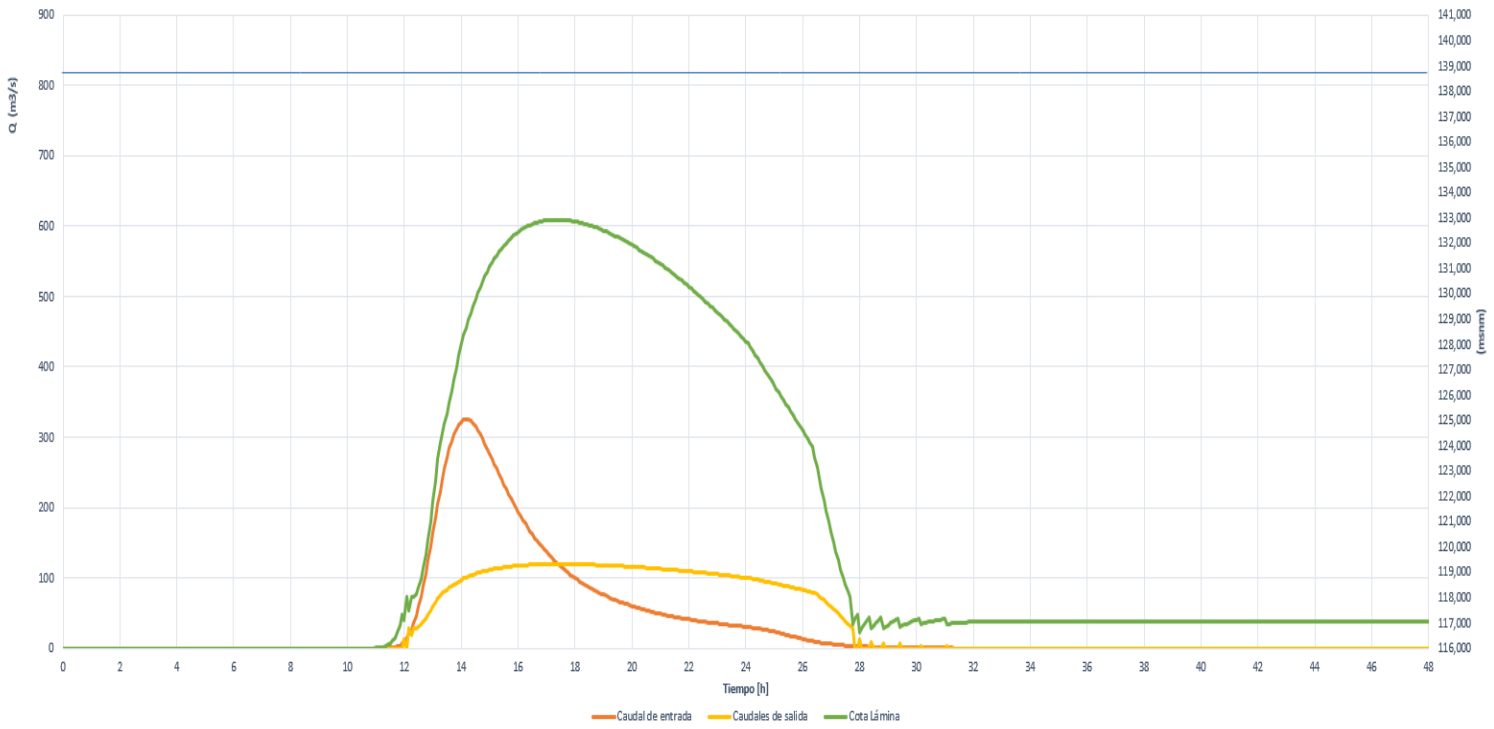
DATOS		
Cotas	Cota de Coronación	141 msnm
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 msnm
	Cota del NMN	116 msnm
	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Cota del Lecho del rio	116 msnm
	Cota de Cimentación	114,5 msnm
Aliviadero	Longitud total de aliviadero	160 m
	Cota del Umbral del aliviadero	138,7 m
	Tipo de Aliviadero (Pared Delgada)	1,86 -
Desagües de fondo	Cota de los Desagües de fondo	117,145 msnm
	Nº de desagües de fondo	1 -
	Diámetro	3,1 m
	Coefficiente desagüe	0,9 -
Datos de interés	∇t	5 min
	Altura de la Presa	26,5 m
	Distancia Aliviadero - Cimentación	24,2 m
	Volumen coronación	6,81 hm ³
	Volumen labio aliviadero	4,95 hm ³
Caudal de Salida Máximo Alcanzada	q500	433,462 m ³ /s
	q100	130,697 m ³ /s
	q500	119,557 m ³ /s
Cota Máxima Alcanzada	q500	139,684 m
	q100	136,013 m
	q500	132,934 m



q100



q50



II.6 ANEJO 06: VALORACIÓN ECONÓMICA.

La valoración económica de la obra completa se resume con las siguientes tablas. Se muestran las mediciones, los precios unitarios y el importe total de la obra sin IVA y con IVA.

Las unidades de obra son dos: el cuerpo de presa y el aliviadero. Esta última se desglosa, principalmente en: sistema de aliviamiento y configuración del desagüe de fondo. Las obras singulares son la ejecución de las teclas de piano y el desagüe de fondo.

		Descripción	Mediciones	Precios Unitarios	Subtotal		
Unidades de obra	CUERPO DE PRESA	Limpieza, desbroce y excavación	7970,10 m3	4,03 € / m3	32.119,50 €		
		Núcleo arcilloso	82995,35 m3	25,00 € / m3	2.074.883,78 €		
		Filtro y drenes	13238,39 m3	20,00 € / m3	264.767,84 €		
		Espaldón de zahorras	135352,71 m3	8,00 € / m3	1.082.821,65 €		
		Escollera	10630,00 m3	42,41 € / m3	450.818,30 €		
	ALIVIADERO	Preparación Terreno		Excavación	71730,90 m3	4,03 € / m3	289.075,53 €
		Sistema de Aliviamiento	Teclas de Piano	Ejecución Teclas de Piano	-	571.500,00 €	571.500,00 €
			Canal y Cuenco	Encofrado plano	5726,94 m2	31,77 € / m2	181.944,88 €
				Hormigón en masa	1671,37 m3	69,93 € / m3	116.878,90 €
		Hormigón estructural		1764,79 m3	200,50 € / m3	353.841,22 €	
		Relleno granular		2244 m3	10,89 € / m3	24.437,16 €	
		Configuración Desagüe de fondo		Ejecución de la Tubería	215,02 m	1.400,00 € / m	301.028,00 €
Expropiaciones		Cítricos	34,55 m2	50.000,00 € / m2	1.727.500,00 €		
		Erial	68,45 m2	5.000,00 € / m2	342.250,00 €		

Figura 41. Desglose de precios. Fuente: realización propia.

	OBRA LINEAL	OBRA SINGULAR	OBRA CIVIL
CUERPO DE PRESA	3.905.411,08 €		3.905.411,08 €
ALIVIADERO	966.177,69 €	872.528,00 €	1.838.705,69 €
Total :			5.744.116,77 €

Figura 42. Coste Obra Civil. Fuente: realización propia.

	OBRA LINEAL	OBRA SINGULAR	OBRA CIVIL	EJECUCIÓN CONTRATA	EXPROPIACIONES	SUBTOTAL	SUBTOTAL CON IVA 21%
CUERPO DE PRESA	3.905.411,08 €		3.905.411,08 €	4.647.439,19 €	2.069.750,00 €	6.717.189,19 €	7.693.151,42 €
ALIVIADERO	966.177,69 €	872.528,00 €	1.838.705,69 €	2.188.059,77 €		2.188.059,77 €	2.647.552,32 €
Total:	4.871.588,77 €	872.528,00 €	5.744.116,77 €	6.835.498,95 €	2.069.750,00 €	8.905.248,95 €	10.340.703,73 €

Figura 43. Coste total de la obra. Fuente: realización propia.

II.7 ANEJO 07: ODS

Los ODS son los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Son una iniciativa impulsada por Naciones Unidas para dar continuidad a la agenda de desarrollo tras los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

En total hay 17 objetivos. Se describen a continuación. El fin de la pobreza busca que todas las personas posean estándares mínimos de calidad. El hambre cero tiene como fin que nadie padezca problemas relacionados con la comida. Salud y bienestar. Educación de calidad. Igualdad de género. Agua limpia y saneamiento, es un bien común, es de todos y debe repartirse. Energía asequible. Trabajo decente. Industria e innovación. Reducción de desigualdades, justicia en el mundo. Ciudades sostenibles. Producción de consumo responsable. Acción por el clima. Vida Submarina. Vida de ecosistemas terrestres. Paz e instituciones sólidas, para coordinar asuntos intergubernamentales. Alianzas para lograr objetivos.

Con la construcción de la presa de El Tinajón se consiguen mejorar bastantes estatutos de los ODS. Se resumen en la siguiente tabla.

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. Fin de la pobreza.		X		
ODS 2. Hambre cero.				X
ODS 3. Salud y bienestar.	X			
ODS 4. Educación de calidad.				X
ODS 5. Igualdad de género.				X
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.	X			
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.				X
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.			X	
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.	X			
ODS 10. Reducción de las desigualdades.				X
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.	X			
ODS 12. Producción y consumo responsables.				X
ODS 13. Acción por el clima.				X
ODS 14. Vida submarina.				X
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.	X			
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.				X
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				X

La presa tendrá una alta afección sobre la salud y bienestar de la población murciana, pues evitará lo acontecido en siglo XVIII. Se dispondrá de agua limpia pues no se anegarán ríos ni canales. Se innovará en infraestructuras ya que se diseñan las teclas de piano, un avance revolucionario en la construcción de aliviaderos.

En cuanto a las ciudades sostenibles, se evitarán inundaciones. Abolirlas supondrá, de manera indirecta, reducir gastos en labores de emergencia, en tener que volver a construir edificios que aún tienen vida útil etc.

Finalmente, se protegerá la vida de ecosistemas terrestres, pues una avenida descontrolada destroza los habitats de muchas especies.

En menor medida se conseguirá erradicar la pobreza. Al menos, se evitará que personas de clase media y baja pierdan sus bienes e inmuebles. De modo que no aumente la pobreza y el deterioro de sus explotaciones agrarias. No se pauperizaría la sociedad ni habría pérdida de oportunidades.

Continúa en 2º documento

