

**Anexo A: Cálculo hidráulico estación de re-impulsión de agua industrial recuperada (planta RAB).**

En este anexo se presenta el cálculo hidráulico realizado para la estación de reimpulsión de agua industrial de Minera Valle Central.

El modelo hidráulico considera:

- Cada bomba se encuentra en la situación nominal (no se consideran desgastes que generen mermas en la hidráulica de la bomba).
- Desde la descarga de las bombas hacia el manifold de unión las pérdidas de carga en las líneas son semejantes.
- Se utilizan los modelos de Hazen –William para la estimación de pérdidas de carga en tramos rectos de tuberías.
- Se consideran las pérdidas menores en singularidades como un 5% de las pérdidas totales en tramo el recto.
- Los desniveles y largo del ducto son tomados respecto a datos de topografías MVC (Figura 1).

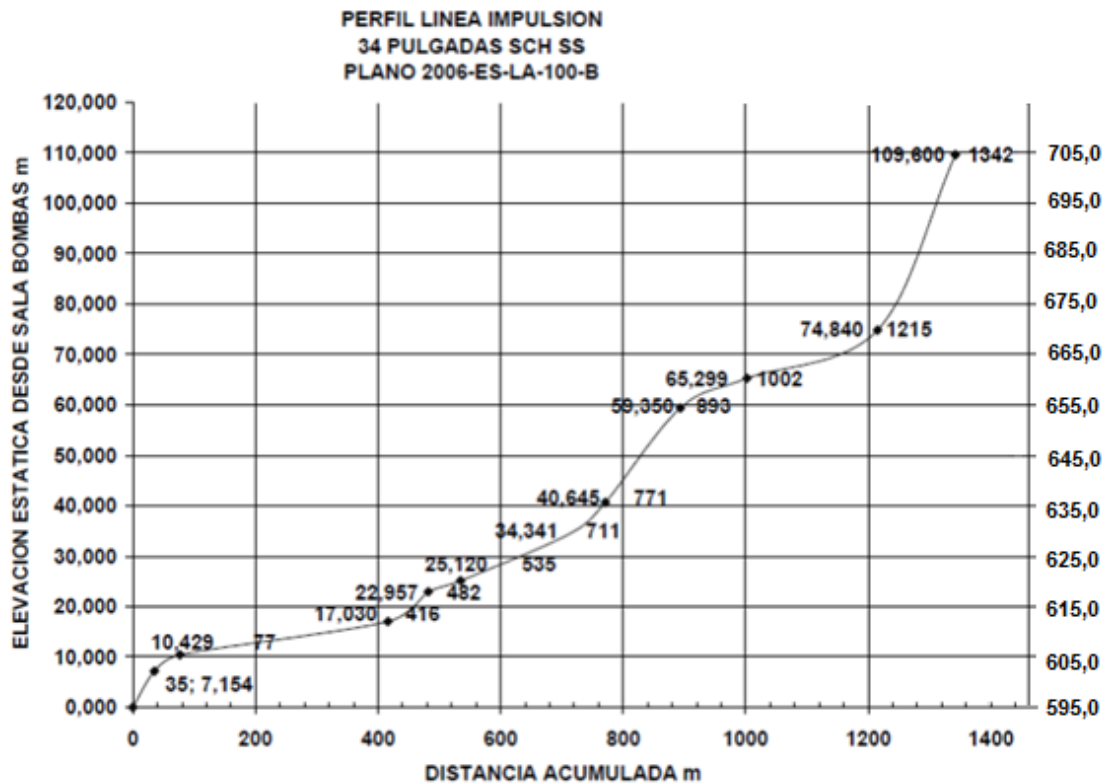


Figura 1, Perfil de elevación y largo ducto descarga bombas RAB1

- Se traza la curva del sistema a partir de la unión de puntos para los cuales se han calculado las pérdidas de carga.

El modelo de Hazen William (1) considera las pérdidas de carga en tramos rectos de tuberías proporcionales al caudal circulantes por ellas y al material del que están construidas, el ducto de impulsión del agua recuperada de los espesadores es de acero carbono con recubrimiento interior de goma, para esta configuración la literatura recomienda el uso de un factor de 150.

$$h_{HW} = 10,68 \cdot \left( \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} D^{4,871}} \right) \cdot L \quad (1)$$

$h_{HW}$  = pérdida de carga en tramo recto determinada según modelo de Hazen-William [m]

$Q$  = caudal volumétrico [m<sup>3</sup>/s]

$C$  = coeficiente de Hazen-William [-]

$D$  = diámetro de la tubería [m]

$L$  = largo del tramo de tubería [m]

Para la determinación de la curva del sistema, se hizo uso de la ecuación de energía más el modelo de pérdidas utilizado, en la

Tabla 1, se presentan los parámetros y cálculos realizados, en la Figura 2 se muestran las distintas configuraciones de bombeo, en la Tabla 2 se presentan los puntos de operación del sistema y cada bomba para cada configuración de bombeo.

Tabla 1, Planilla de cálculo hidráulico para la generación de curva del sistema de impulsión

Flujo Total	m <sup>3</sup> /h	1 230	2 350	3 440	4 350	5 200	5 850	6 450	6 900
Flujo Unitario	m <sup>3</sup> /h	1230	1175	1147	1088	1040	975	921	863
Elevación Descarga	msnm	705	705	705	705	705	705	705	705
Elevación Succión	msnm	595	595	595	595	595	595	595	595
Desnivel total	mca	110	110	110	110	110	110	110	110
Largo ducto	m	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400
Diámetro	mm	863,6	863,6	863,6	863,6	863,6	863,6	863,6	863,6
Espesor ducto	mm	22	22	22	22	22	22	22	22
Velocidad media	m/s	0,65	1,24	1,81	2,29	2,74	3,08	3,40	3,63
Perdidas mayores	m/m	0,000	0,001	0,003	0,004	0,006	0,007	0,009	0,010
Perdidas Mayores HW	mca	0,57	1,89	3,83	5,92	8,23	10,24	12,27	13,90
TDH	mca	110,60	111,99	114,02	116,21	118,65	120,75	122,88	124,60
Potencia hidráulica	kW	371	717	1 069	1 378	1 681	1 925	2 160	2 343
eficiencia unitaria	-	83%	83%	83%	83%	82%	80%	80%	79%
Potencia eje bomba	HP	598	1 158	1 726	2 224	2 747	3 224	3 618	3 974
Eficiencia acople	-	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%
Eficiencia motor	-	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%	98%
Potencia Unitaria	HP	617	597	593	573	566	554	533	512
Potencia total	HP	617	1 193	1 779	2 292	2 832	3 323	3 729	4 096

### Configuración bombeo estación RABI de MVC

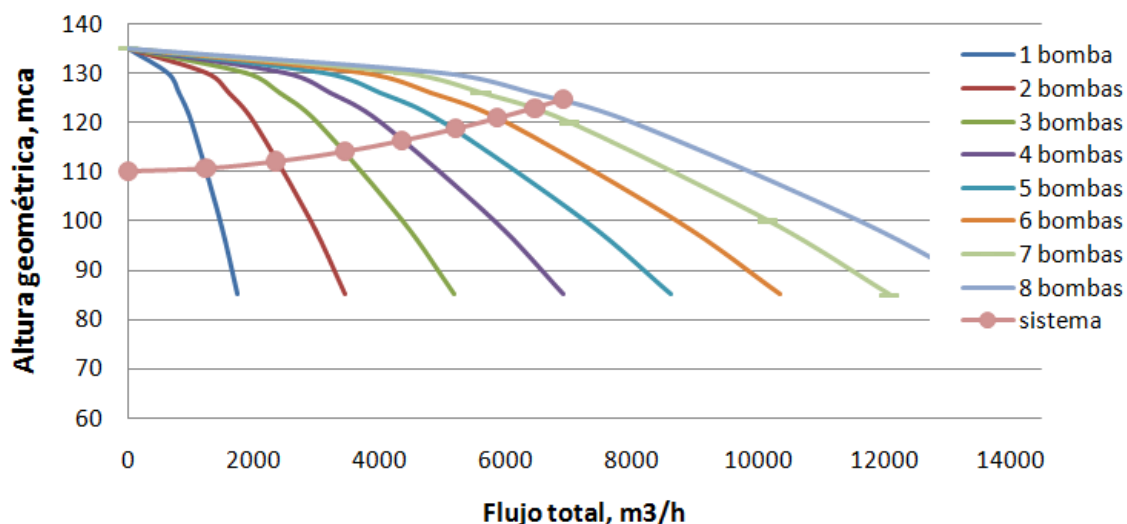


Figura 2, Configuraciones de bombeo con válvulas de descarga abiertas al 100%

Tabla 2, Resumen operación bajo distintas configuraciones de bombeo con válvulas de descarga abiertas en un 100%

Número bombas	Caudal total m <sup>3</sup> /h	Caudal por bomba m <sup>3</sup> /h	Aumento caudal m <sup>3</sup> /h
1	1230	1230	1230
2	2350	1175	1120
3	3440	1147	1090
4	4350	1088	910
5	5200	1040	850
6	5850	975	650
7	6450	921	600
8	6900	862	450

Antes de la construcción de la sala de bombas 2 y como una medida de determinación de la curva real del sistema (tomando en cuenta las pérdidas de carga en las singularidades que se tienen entre la piscina de alimentación de las bombas y el empalme en la matriz), se realizó, por personal de KSB (proveedores de las bombas), una prueba de operación<sup>1</sup> en la sala de bombas 1. La prueba consistió en incrementar el flujo bombeado aumentando de a una en una las bombas presentes en la sala, junto con esto se registraron los flujos individuales, las diferenciales de presión entre alimentación y descarga de la bomba y consumos eléctricos. En la figura 3 se presenta la configuración proyectada para la operación de 6 equipos en paralelo.

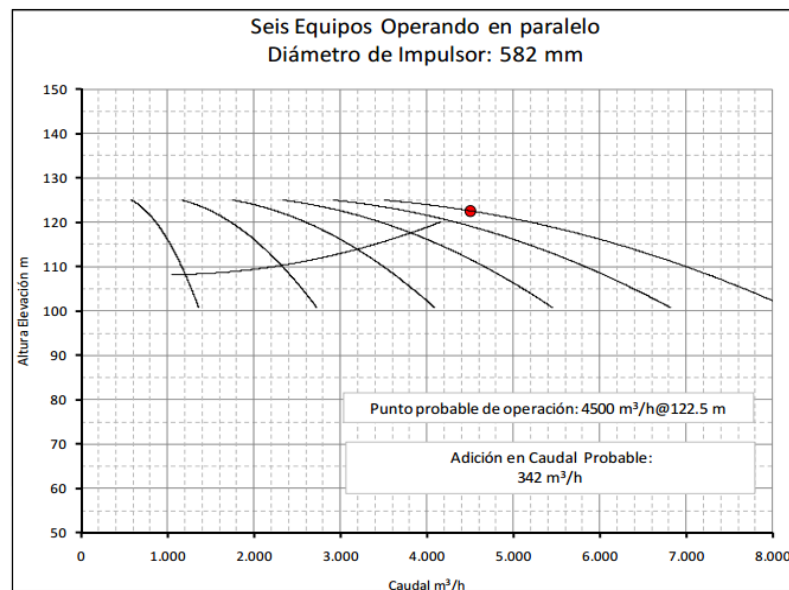


Figura 3, Configuraciones de bombeo según datos obtenidos en prueba realizada por empresa KSB Chile.

<sup>1</sup> Reporte de servicio empresa KSB, según orden de trabajo: OS 103481. Archivo: PROT#AW#.pdf