

# **Memoria de Cálculo Hidráulico y Sanitario**

Obra: Espacios de Promoción de la Producción  
Autogestiva de Alimentos - E.P.P.A.As - Buenos Aires

Fecha: 09 de diciembre de 2022

# Índice

<b>1. Descripción del proyecto</b>	<b>3</b>
<b>2. Demanda</b>	<b>3</b>
2.1 Población de diseño	3
2.2 Tipo de producción	3
2.3 Demanda de agua	4
<b>3. Cisterna de almacenamiento</b>	<b>5</b>
3.1 Cálculo de volumen	5
3.2 Bombeo y cañería de impulsión a tanque elevado	5
3.2.1 Cañería de impulsión	5
3.2.2 Selección de equipo de bombeo	6
<b>4. Tanque elevado e instalación</b>	<b>7</b>
4.1 Cálculo de volumen	7
4.2 Altura	8
<b>5. Caudales del efluente</b>	<b>9</b>
<b>6. Tratamiento y disposición de efluentes</b>	<b>9</b>
6.1 Biodigestor	9
6.2 Cañería colectora	10
6.3 Campo de infiltración	10

## 1. Descripción del proyecto

El objetivo del presente proyecto es diseñar el proyecto de infraestructura necesaria para el establecimiento de 32 Pequeñas Unidades Productivas de Alimentos en predios de ámbito escolar distribuidos en la provincia de Buenos Aires. Cada predio tiene asociado un galpón.

El proyecto está conformado por una toma de agua desde cada uno de los establecimientos educativos que descarga en una cisterna de 1000 litros enterrada en las proximidades de la estructura del galpón. En la cisterna se tiene una bomba sumergible para elevar el caudal hacia el tanque de 1000 litros ubicado en la parte superior del galpón, hasta una cota que asegure el correcto funcionamiento de todas la instalación de agua considerando, adicionalmente, el sistema combinado de agua caliente que consta de un termotanque solar ubicado sobre el faldón inferior del techo del galpón y un termotanque eléctrico.

En lo referente a los efluentes, al no existir posibilidad de conexión a la red cloacal, se realiza la captación de efluentes mediante un colector y el tratamiento se efectiviza mediante la colocación de una cámara colectora de grasas, un biodigestor y un campo de infiltración desarrollado sobre el terreno disponible. De no disponer de una superficie suficiente para la ejecución de campo de infiltración, se plantea la alternativa de disponer los efluentes mediante un pozo absorbente que disminuye significativamente el área afectada para su desarrollo. Cabe destacar que la calidad de los efluentes a tratar está asociado principalmente a la limpieza de las áreas productivas y al propio uso por parte de los individuos que trabajan en los galpones y no específicamente a la producción de alimentos, por lo tanto el tratamiento corresponde a un tipo de efluente doméstico.

## 2. Demanda

Para el cálculo de la demanda de agua de la instalación se considera por una parte la demanda de la población y por otro el consumo asociado a la producción de alimentos.

### 2.1 Población de diseño

Considerando la arquitectura, la distribución de ambientes, y el layout provisto por el Asociado, se estima que un máximo de 4 ocupantes pueden desarrollar sus actividades en cada galpón. La dotación considerada se corresponde con el hecho de que la población permanece como máximo 2 turnos de 8hs.

Demanda - Cálculo QC población				
Tipo Consumo	Cantidad	Dotación	Caudal medio diario	Caudal medio diario
	[hab]	[l/(hab.día)]	QC [l/día]	QC [m³/h]
Población	4	150	600	0.025
Total			600	0.025

### 2.2 Tipo de producción

Las Pequeñas Unidades Productivas tienen como objetivo el desarrollo de diferentes productos artesanales. En función del tipo de producto elaborado se tienen diferentes consumos de agua asociados. Los consumos están basados en cantidades estandarizadas obtenidos de diferentes fuentes

bibliográficas (Ej. Fundamentos para la elaboración de proyectos de agua potable del Enohsa, Metcalf-Eddy, etc.)

Demanda - Cálculo QC producción				
Tipo de producción	Consumo típico	Producción	Caudal medio diario	Caudal medio diario
	[l/kg]	[kg/día]	QC [l/día]	QC [m³/h]
Conservas	50	35	1750	0.073
Dulces	12	40	480	0.020
Panificados	5	60	300	0.013
Miel	18	40	720	0.030
Cerveza	10	50	500	0.021
Quesos	7	60	420	0.018
Max producción			1750	0.073

Se opta por considerar el máximo entre los tipos de producción para calcular la demanda de agua de la instalación.

## 2.3 Demanda de agua

Para estimar la demanda de agua se suma el máximo del consumo productivo estimado y el valor obtenido de demanda por población.

Demanda - Cálculo QC		
Tipo Consumo	Caudal medio diario	
Producción	0.073	m³/h
Población	0.025	m³/h
Total	0.098	m³/h

Finalmente, se consideraron coeficientes de mayoración para picos diarios y horarios. En cuanto a los valores adoptados para los mismos se aclara que en este caso en particular se utilizaron los coeficientes para poblaciones menores a 3000 habitantes y mayores a 500 por ser los que mejor se aproximan al presente caso (Normas Enohsa, Capítulo 2.1.4 Caudales).

Demanda - Cálculo QD, QE				
Caudal medio diario	Coef máx diario	Coef máx horario	Caudal máx diario	Caudal máx horario
QC [m³/h]	$\alpha_1$	$\alpha_2$	QD [m³/h]	QE [m³/h]
0.098	1.4	1.9	0.137	0.260

### 3. Cisterna de almacenamiento

Se adopta una cisterna prefabricada de polietileno de alta densidad de 1000 litros de capacidad.

#### 3.1 Cálculo de volumen

Para la selección de la cisterna se calcula el tiempo de reserva de autonomía para el día de mayor consumo (QD). Con el volumen seleccionado se verifica que el tiempo de reserva sea mayor a 6 hs según lo indicado en las Normas del Enohsa.

Cisterna de almacenamiento - Capacidad			
Capacidad	V	1.00	m <sup>3</sup>
Caudal máx diario	QD	0.137	m <sup>3</sup> /h
Autonomía	$t=V/QC$	7.29	hs

*verifica*

#### 3.2 Bombeo y cañería de impulsión a tanque elevado

Desde la Cisterna de almacenamiento se coloca una bomba para asegurar el suministro de agua en el tanque elevado.

##### 3.2.1 Cañería de impulsión

Se utilizan cañerías de Polipropileno reforzado con uniones aptas para ser ejecutadas mediante termofusión (PPR) de DN25, equivalente a 3/4" que resisten una presión nominal de 16 kg/cm<sup>2</sup>, enterradas 0,40 m de profundidad hasta el punto más cercano al tanque ubicado a nivel del terreno en donde subirá hacia el tanque con adecuada protección mecánica. Para las longitudes se tiene en cuenta el recorrido total de las cañerías.

Para las pérdidas localizadas se considera un coeficiente  $k=10$  que refleje la totalidad de las singularidades proyectadas (curvas, desembocaduras, válvulas). Para el cálculo de las pérdidas generalizadas se utiliza la ecuación de Hazen-Williams con un coeficiente de rugosidad C de 140 por ser una cañería de polipropileno.

Bombeo a tanque elevado - Pérdidas en la impulsión			
Caudal bombeo	Qb	0.29	m <sup>3</sup> /h
Coeficiente rugosidad	C	140	
Diámetro impulsión DN25	Di=3/4"	18	mm
Longitud impulsión	Li	20.00	m
Pérdidas localizadas	$\Delta h_{loc}=k.U^2/(2g)$	0.05	m
Pérdida en la impulsión	$\Delta h (H-W)$	0.19	m
Pérdida total	$\Delta h=\Delta h_{hw}+\Delta h_{loc}$	0.24	m

### 3.2.2 Selección de equipo de bombeo

En la cisterna se ubica una bomba que alimenta el tanque elevado ubicado en una estructura sobre el techo del galpón. Ante eventuales caídas en el suministro eléctrico se contempla una canilla de servicio sobre la alimentación de la cisterna para acceder en este punto al suministro de agua.

Para el cálculo del caudal de bombeo se considera un factor de bombeo de 1.1 según las Guías del Enohsa aplicado el caudal máximo horario.

Bombeo a tanque elevado - Caudal de bombeo (Qb)			
Caudal max horario	QE	0.26	m <sup>3</sup> /h
Factor de bombeo	m	1.1	
Caudal bombeo	Qb=m.QE	0.29	m <sup>3</sup> /h

Para la determinación de la altura manométrica se calcula por un lado el desnivel geométrico o topográfico que debe salvar la bomba, y por otro se estiman las pérdidas de carga en la impulsión.

Bombeo a tanque elevado - Altura manométrica			
Desnivel topográfico	htop	2.00	m
Altura tanque	htanq	6.73	m
Altura geométrica	hg=htop+htanq	8.73	m
Pérdida imp	$\Delta h$	0.24	m
Altura manométrica	H= $\Delta est$ +hg	8.97	m

Con los valores de Q y H se selecciona la bomba tipo, en este caso se indica la marca y modelo para dar lugar a las verificaciones correspondientes. El contratista podrá adoptar un equipo con prestaciones equivalentes.

Bombeo a tanque elevado - Selección de equipo			
Caudal bombeo	Qb	0.29	m <sup>3</sup> /h
Altura manométrica	H	8.97	m
Modelo bomba tipo	DAB serie K 21/41		
Boca de salida	Db	1	"
Potencia motor	P	0.5	HP
Potencia motor	P	0.37	kW

Para la selección de la bomba se tiene en cuenta, adicionalmente de la curva H-Q, las características del proyecto en cuanto a su ubicación dispersa a lo largo y ancho de la provincia de Buenos Aires, y la necesidad de robustez en cuanto a su funcionamiento a pesar de tener sólo 0.37kW de potencia. Las bombas de menor potencia que las seleccionadas son de uso hogareño o doméstico y por esos motivos se considera que su selección sea la más apropiada para el prototipo diseñado.

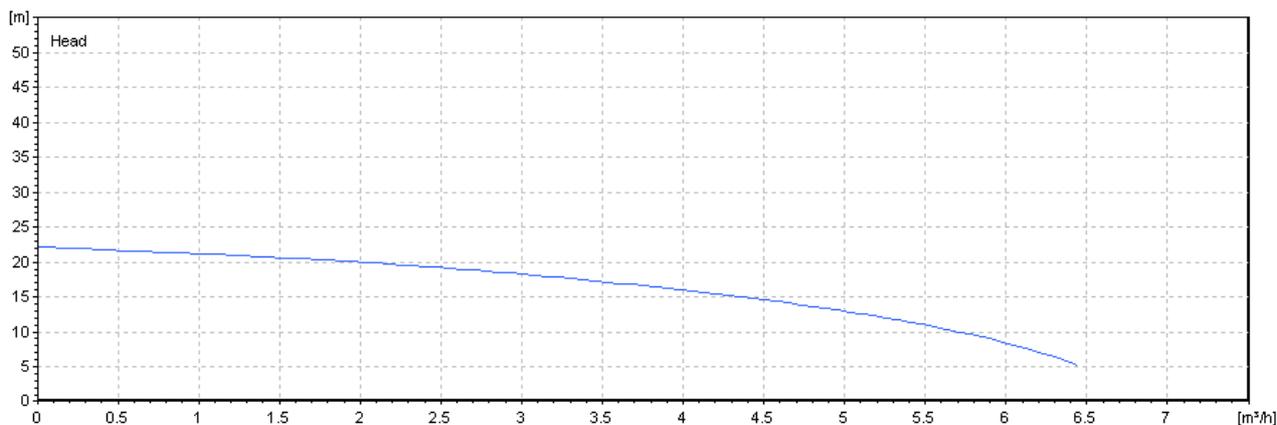


Figura 10. Curva característica de la bomba

Para verificar el cumplimiento de las condiciones de número de arranques máximos admisibles por la bomba, se ha considerado el caso más desfavorable, representado por el tanque elevado con su volumen útil estimado vacío. Esta capacidad se ha estimado en forma conservadora en 0.5 m<sup>3</sup>, regulada por el punto de funcionamiento del flotador de arranque y parada de la bomba ubicado en el tanque elevado y que comanda el funcionamiento de la misma para que arranque cuando alcanza el nivel mínimo regulado y se detenga en el máximo asignado. El caso desfavorable contempla también que no exista consumo durante el proceso de llenado de la cisterna.

Bombeo a tanque elevado - Funcionamiento de la bomba			
Caudal bombeo	Q <sub>b</sub>	0.29	m <sup>3</sup> /h
Volumen útil tanque	V <sub>u</sub>	0.50	m <sup>3</sup>
Tiempo de llenado	t=V <sub>u</sub> /Q <sub>b</sub>	1.75	h
Frecuencia arranques	f=1/t	0.57	a/h
Frecuencia max admisible	f <sub>max</sub>	6	a/h

*Verifica*

Se verifica entonces que la frecuencia de arranque de la bomba está dentro de los valores admisibles recomendados por el fabricante.

## 4. Tanque elevado e instalación

Se tiene un tanque elevado de 1000 litros de capacidad, apoyado sobre la estructura superior del techo del galpón. Al igual que la cisterna, se verifica el tiempo de autonomía que otorga en relación al caudal máximo diario.

Dentro del tanque se ubica el flotante que comanda el accionamiento de la bomba ubicada en la cisterna para abastecer al mismo.

### 4.1 Cálculo de volumen

Se verifica que el tanque tenga una autonomía superior a las 6 hs indicadas en las Guías de Diseño del Enohsa.

Tanque elevado - Capacidad			
Capacidad	V	1.00	m <sup>3</sup>
Caudal max diario	QD	0.137	m <sup>3</sup> /h
Autonomía	t=V/QC	7.29	hs

*verifica*

## 4.2 Altura

Para verificar la altura en la cual se coloca el tanque se tiene en cuenta como condición dominante, que se cumpla la presión mínima requerida por el proveedor del termotanque solar ubicado en la parte inferior sobre el techo del galpón.

El dato aportado por el proveedor indica que la carga mínima respecto del nivel inferior del termotanque solar y el pelo de agua sobre el tanque debe ser de 2.2 m.

Tanque elevado - Termotanque solar			
Altura total tanque 1000 litros	ht	1.48	m
Altura de pelo de agua en tanque	ha	0.90	m
Cota de base del techo	c1	3.86	m
Cota de la base del tanque	c2	5.25	m
Cota pelo de agua en tanque	c3	6.15	m
Desnivel pelo de agua - base techo	$\Delta h$	2.29	m
Presión min funcionamiento termotanque solar	$\Delta h_{min}$	2.20	m

*Verifica*

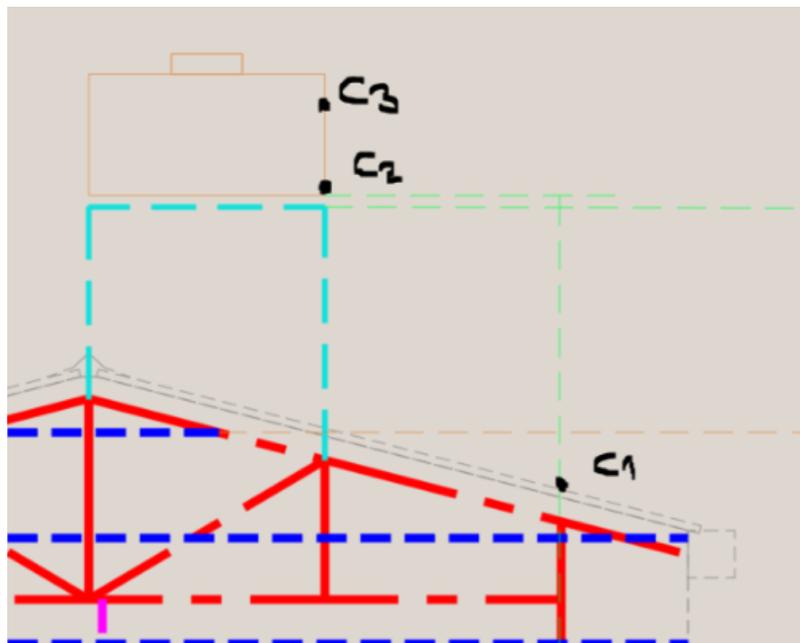


Figura 11. Esquema de ubicación del tanque y termotanque solar.

Finalmente, habiendo verificado la presión mínima de trabajo del termotanque solar, se concluye que la base del tanque ubicada en la cota 5.19 m tiene altura suficiente para el correcto funcionamiento de la instalación de agua fría y caliente.

## 5. Caudales del efluente

Para el cálculo del caudal de los efluentes se parte de un coeficiente de vuelco de 0.8 según lo indicado en las Guías del Enohsa asociado a efluentes domésticos. Adicionalmente, se tiene en cuenta que parte del efluente tiene origen en la demanda de agua para uso productivo, principalmente en operaciones de limpieza de las áreas de trabajo, lo que lleva a considerar un coeficiente levemente superior. Por estos motivos se aplica un coeficiente de vuelco de 0.85.

Tratamiento de efluentes - Caudales efluente			
Coeficiente de vuelco	c	0.85	
Caudal medio diario	$QC_e=QC.c$	0.083	m <sup>3</sup> /h
Caudal máximo diario	$QD_e=QD.c$	0.117	m <sup>3</sup> /h
Caudal máximo horario	$QE_e=QE.c$	0.221	m <sup>3</sup> /h

## 6. Tratamiento y disposición de efluentes

Los efluentes generados en la instalación sanitaria se transportan mediante un colector para su tratamiento. El tratamiento para los efluentes consiste en una cámara interceptora de grasas y un biodigestor. A continuación del tratamiento biológico, se dispone el líquido tratado mediante un campo de infiltración para la disposición final del efluente. Como alternativa al campo de infiltración se plantea la posibilidad de colocar un pozo absorbente en aquellos casos donde se pueda garantizar que la cota inferior de la base del pozo esté al menos 0,60 m por encima de la napa freática en todo momento según los lineamientos de las Guías de Diseño del Enohsa.

### 6.1 Biodigestor

Se diseña el biodigestor prefabricado en polietileno con una capacidad de 1300 litros tal que asegure el tiempo de permanencia establecido en las Guías del Enohsa tanto para caudal medio (QC) como para caudal máximo diario (QE), que debe superar 2,5 hs considerando el tipo de tratamiento que se tiene.

Tratamiento de efluentes - Biodigestor			
Volumen biodigestor	V	1.3	m <sup>3</sup>
Tiempo de perm QCe	$tp1=V/QC_e$	15.62	h
Tiempo de perm QEe	$tp2=V/QE_e$	5.87	h

*verifica*

*verifica*

Como referencia, el biodigestor comercial Rotoplas BRD 1300 (que es similar en cuanto a su tipología al diseñado) indica en su ficha técnica que tiene una capacidad de atender el tratamiento de efluentes producidos por 10 personas para un efluente de aguas negras, o bien 5 personas para aguas negras y jabonosas, o bien finalmente una capacidad para 50 personas de tratarse de uso en una oficina. Cabe destacar que estos valores son referenciales y para elaborar un predimensionado expeditivo de los

biodigestores provistos por esa marca comercial, los cuales no justifican con qué valores de dotación han sido realizados, o bien los coeficientes de vuelco asociados a las descargas.

Por estos motivos, los valores que se proponen en la ficha técnica no resultan comparables con los datos analizados para este proyecto en donde se realizó un estudio de caudales considerando la dotación diferencial según el uso y un coeficiente de vuelco particular.

En las Guías de Diseño del Enohsa para este tipo de tratamiento se verifica el tiempo de permanencia a caudal medio y máximo para asegurar la digestión anaerobia del efluente para su correcta disposición a través de un campo de infiltración.

## 6.2 Cañería colectora

La cañería colectora es de PVC de 110mm, se verifica que la pendiente se encuentre dentro de los valores admisibles.

Tratamiento de efluentes - Colector y CI			
Diámetro nominal	DN	110	mm
Diámetro interior	di	103.6	mm
Pendiente mínima	i_mín	1.67%	
Pendiente máxima	i_max	5.00%	
Pendiente adoptada	i>i_mín	4.00%	<i>verifica</i>

## 6.3 Campo de infiltración

Se diseña el campo de infiltración teniendo en cuenta las características del terreno y el caudal medio diario de efluente. Al tratarse de un área sin revestimiento impermeable superior, se tiene un coeficiente **re** de 0, obteniéndose una superficie total requerida de 41.6 m<sup>2</sup>.

Tratamiento de efluentes - Campo filtrante			
Velocidad de infiltración	Vp	5	mm/h
Caudal de diseño	QCe	0.08	m <sup>3</sup> /h
Sup requerida	A=QCe/Vp	16.65	m <sup>2</sup>
Factor precipitación	fp	2.50	
Sup terreno requerida	Ac'=A.fp	41.61	m <sup>2</sup>
Revestimiento superior	re	0	<i>sin revestir</i>
Sup total requerida	Ac=Ac'/(1-re)	41.61	m <sup>2</sup>

Se diseñan 3 ramas de cañería perforada verificando que la longitud total del campo de infiltración sea superior a la requerida y el distanciamiento entre zanjas verifique la distancia mínima entre ellas. Como criterio adicional se busca minimizar la cantidad de accesorios necesarios para la instalación y la superficie destinada a la ejecución del campo.

El perímetro efectivo de cada rama se calcula como:

$Pe = 0.77m \cdot (W + 0.56 + 2 \cdot D) / (W + 1.66)$  Con W y D expresados en [m].

Tratamiento de efluentes - Campo filtrante			
Ancho de zanja	W	0.60	m
Altura grava	D	0.50	m
Perímetro efectivo	Pe	0.74	m
Longitud total zanjas nec	$Lz=A/Pe$	22.62	m
Separacion e/zanjas nec	$Ls=Ac/Lz$	1.84	m
Cantidad de peines	n	3	
Largo de zanja adoptado	L	8.00	m
Separación zanja adopada	s	2.00	m
Longitud total adoptada	$Lt=L \cdot n$	24.00	m

*verifica*

*verifica*

En cuanto a la pendiente longitudinal de cada rama del campo se aplica el mismo criterio del colector adoptando una pendiente de 4%, indicando en los planos que la pendiente mínima es 1:60 para evitar profundizar la zanja en forma innecesaria.