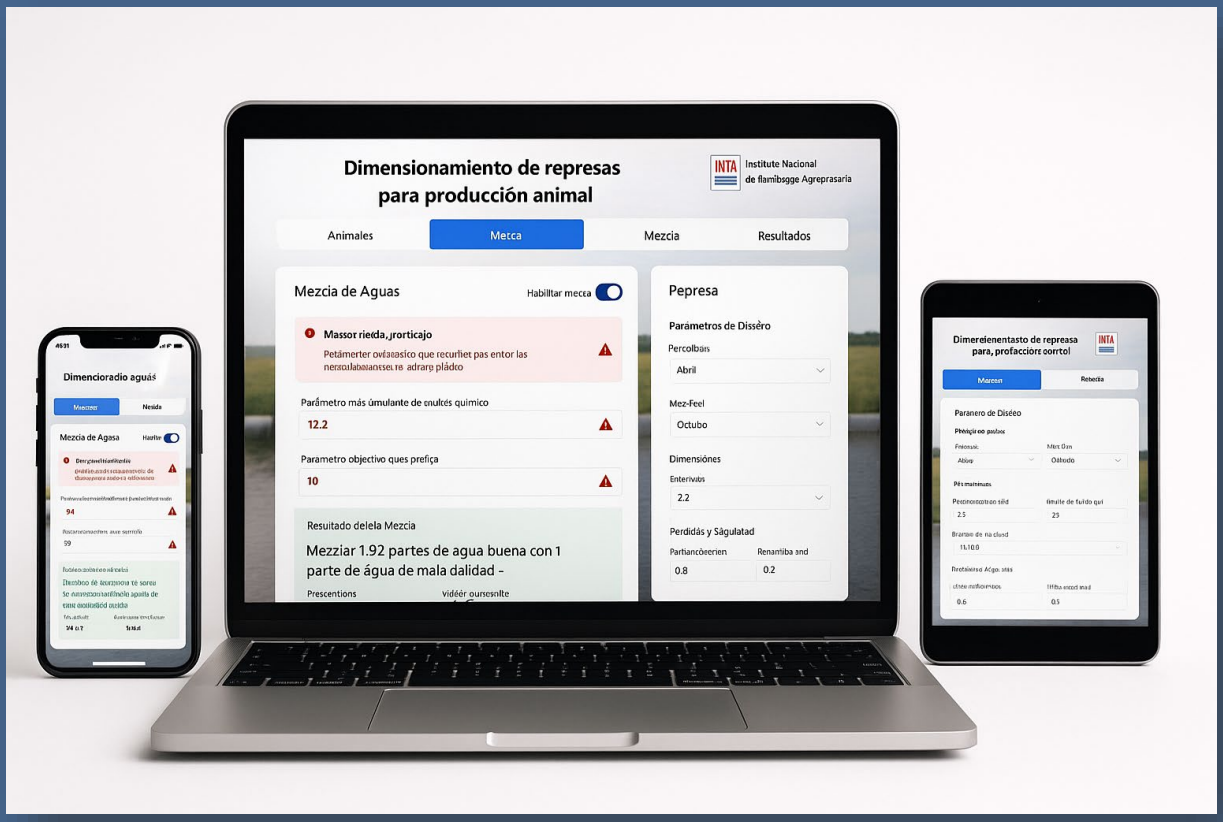
Guía de Usuario

Plataforma Web

Planificación Hídrica

para establecimientos ganaderos



Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Argentina

Plataforma Web "Y porã" ("agua buena" en guaraní)

Dimensionamiento de represas con complemento de otras fuentes y cañerías de distribución con bebederos en sistemas de producción animal
https://app-represas.vercel.app/

Autores:
Mario Basán Nickisch; Carlos Navarro
Emails: basannickisch.mario@inta.gob.ar; navarro.carlos@inta.gob.ar
TE: +54 9 11 34382177; +54 9 3513 991883

Unidad: INTA EEA Reconquista

...

Planificación Hídrica para establecimientos ganaderos

Herramienta para el óptimo dimensionamiento de represas y cañerías de distribución en sistemas de producción animal

1. Categorías de Animales

Selecciona la cantidad de cada categoría de animal presente en tu producción.

- **¿Por qué es importante?** El consumo diario de agua depende del tipo y número de animales.
- 🐄 Vacas, 🐖 Cerdos, 🐑 Ovinos, etc.

Pasos para completar:

1. Identifica cada categoría según su actividad (carne, leche, gestación).
2. Ingresa la cantidad de animales en el campo correspondiente.
3. Verifica el **consumo diario** total en la sección de resumen.

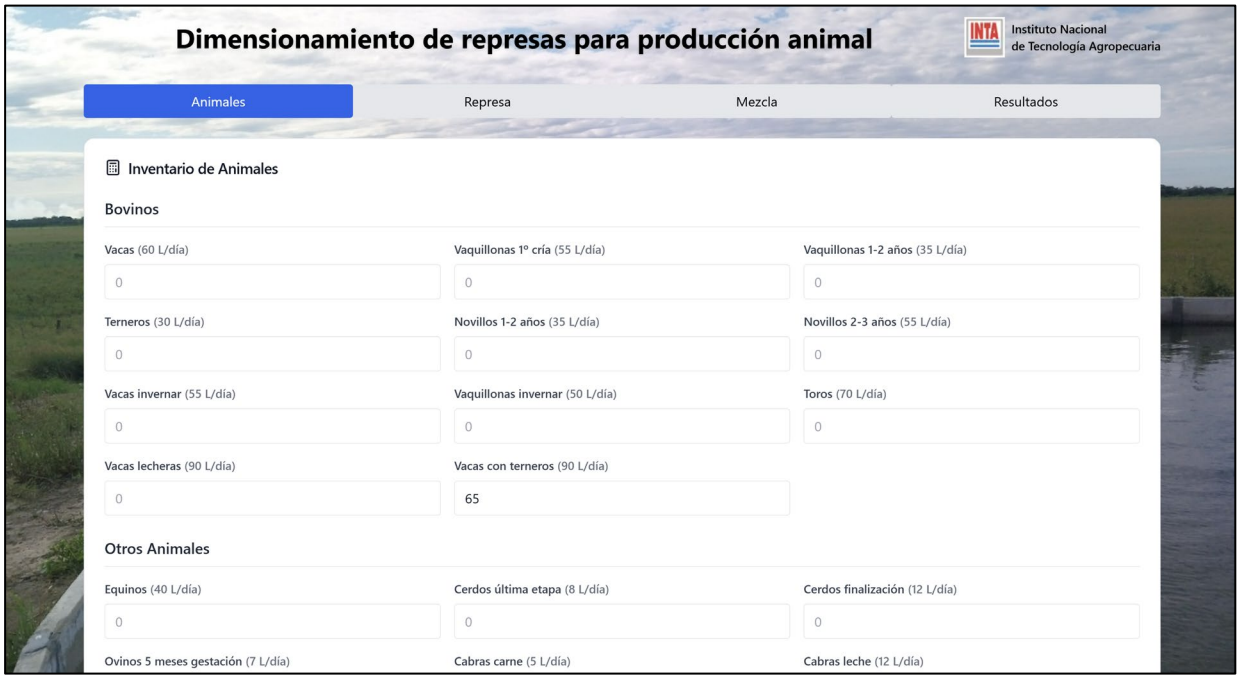


Figura 1. En este ejemplo solo se seleccionaron 65 vacas y 32 terneros

Parámetro crítico: - Cantidad de animales: cualquier valor en cero no formará parte del cálculo.

Tablas de **referencia** de consumo de agua según las diferentes especies:

Requerimiento de agua por especie (l/día)

Especie	Dotación	
Vacas adultas secas	57	
Vacas adultas productoras leche	80	130
Equinos	40	
Cerdos en última etapa (55 Kg peso vivo)	6	8
Cerdos en finalización (100 Kg peso vivo)	8	12
Ovinos a 5 meses de gestación	7	
Cabras productoras de carne	5	
Cabras productoras de leche	12	
Conejos machos adultos y conejas preñadas	0,5	
Pollos de 1,3 Kg de peso vivo	0,16	
Gallinas de 2,2 Kg de peso vivo	0,25	

Fuente: Anaya Garduño, México, 1998

Necesidad de agua para bovinos de carne (l/día)

Peso (Kg)	Temperatura del ambiente (°C)					
	4,4	**10**	**14,4**	**21,1**	**26,6**	**32,2**
Vaquilonas, novillos y toros en crecimiento						
182	15	16	19	22	25	36
273	20	22	25	30	34	48
364	24	26	30	35	40	57
Bovinos en terminación						
273	23	25	28	33	38	54
364	28	30	34	41	47	66
454	33	36	41	48	55	78
Vacas preñadas						
409	25	27	31	37	----	----
Vacas lactando						
> 409	43	48	55	64	68	71
Toros adultos						
636	30	33	38	44	51	72
> 727	33	36	41	48	55	78

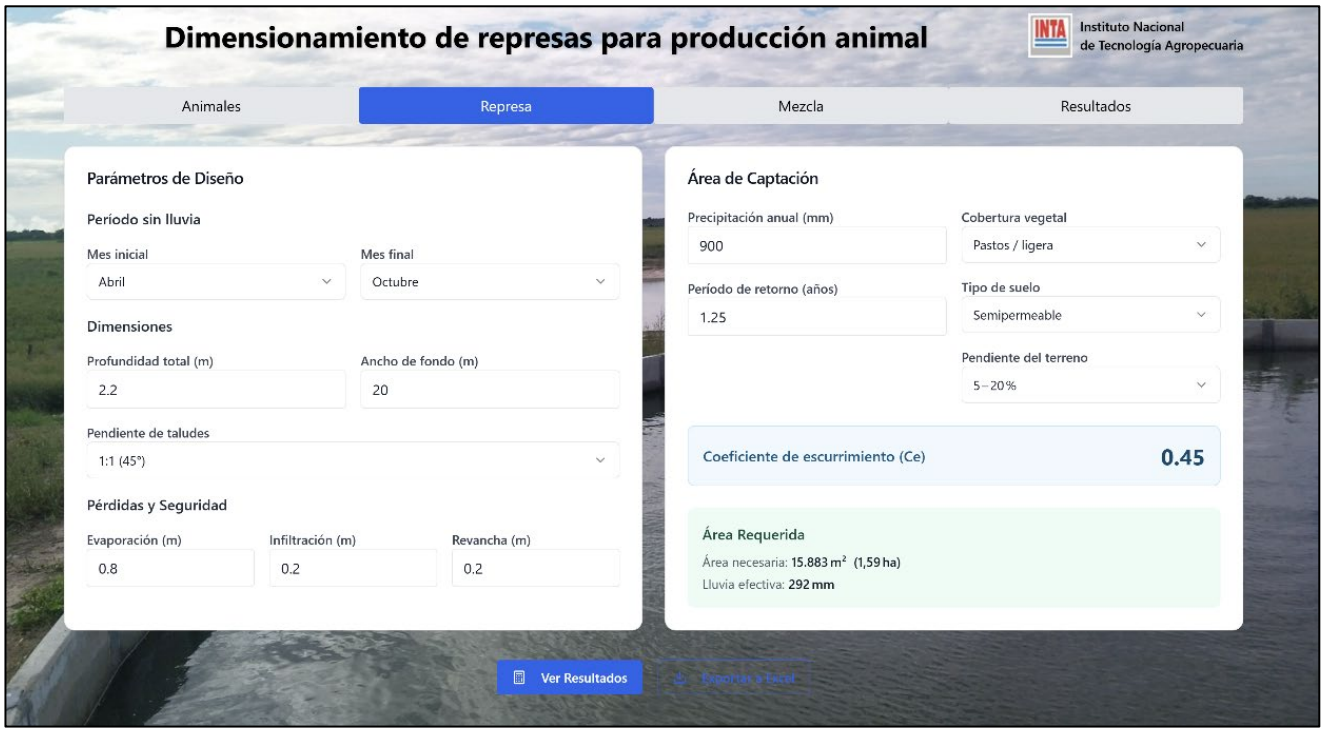
Fuente: Winchester y Morris, 1956

2. Diseño de Represa y Área de Captación (sin mezcla)

Define tanto la geometría y pérdidas de la represa como el área de captación necesaria para asegurar el abastecimiento.

Datos para especificar inicialmente para el dimensionamiento:

- **Profundidad total (m)**: altura máxima desde base a superficie (Esto es en función del porcentaje de arcilla del perfil, del nivel freático, teniendo en cuenta que a mayor profundidad menor pérdida por evaporación)
- **Ancho de fondo (m)**: dimensión horizontal en la base.
- **Pendiente de taludes**: relación 1:x, influye en estabilidad y volumen.
- **Evaporación (m)**, **Infiltración (m)**: pérdidas de agua, medidas en altura de agua de la represa.
- **Revancha (m):** se deja un margen de seguridad sin llenar para que no rebalse la represa. Se puede incorporar el nivel de agua del volumen muerto en el fondo.
- **Precipitación anual (mm):** Datos de lluvia promedio de la zona.
- **Período de retorno (años)**: es un dato que permite pasar de la lluvia promedio a una lluvia probabilística. Generalmente se adopta 1,25 años.
- **Tipo de vegetación**, **tipo de suelo** y **pendiente del terreno** que sale de Tabla para calcular el **coeficiente de escurrimiento (Ce)**.



Pasos para completar:

1. Selecciona el período con escasas a nulas precipitaciones del año (**mes inicial** y **mes final**).
2. Ingresa la **profundidad total** y el **ancho de fondo**.
3. Escoge **la pendiente de taludes** adecuada (está en función de la maquinaria a utilizar).
4. Especifica las pérdidas por:
   i) **Evaporación**, en metros, la que se obtiene de los Tanques de Evaporación Tipo A, afectada por un coeficiente 0,7, para que se asemeje a lo que sucede en la represa.
   ii) **Infiltración**, en metros, que se obtiene de ensayos de infiltración o midiendo de la represa, por balance.
5. Especifica la **revancha**, que el valor que se deja de nivel por seguridad, para que no rebalse, que también puede incluir el nivel del volumen muerto en el fondo, aquel que está por debajo de las cañerías de salida/distribución.
6. Ingresa la **precipitación anual** y el **Período de Retorno** (recomendación que sea bien bajo, por ejemplo, Tr = 1,25 años). Esto permite transformar la PP media en PP probabilística.
7. Selecciona de Tabla cobertura vegetal, tipo de suelo y pendiente para obtener el porcentaje de escorrentía superficial, denominado **coeficiente de escorrentía**.

Coeficientes de escurrimiento (Ce) para zonas rurales

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		> 50%	20 - 50%	5 - 20%	1 - 5%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierbas, gramma	Impremeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Autor: INCYTH " Técnicas modernas de predicción en Hidrología"

8. Revisa el **área requerida** (m² y Ha) y la **lluvia efectiva** (agua que realmente llega a la represa).

3. Mezcla de Aguas (fuente adicional)

Opcional: combina agua de calidad menor (puede provenir de perforaciones/pozos o de algún curso superficial) con agua de buena calidad, por ejemplo, agua de lluvia, para optimizar el agua obtenida con la mezcla, ganando volumen y calidad final.

- **Parámetro más limitante**: Se obtiene del análisis de Laboratorio, el valor del catión, anión o sales totales/conductividad eléctrica que sea el más perjudicial para los animales.
- **Parámetro objetivo**: Es el valor de ese parámetro más limitante al cual queremos lograr con la mezcla de otra fuente de mejor calidad.
- **Parámetro de agua buena**: Es el valor del parámetro más limitante en cuestión, pero en este caso de la fuente de agua que vamos a utilizar para diluir y lograr el parámetro objetivo.

IMPORTANTE: Para el análisis de la mezcla de aguas se toma en cuenta las tablas que nos permiten referenciarnos, como por ejemplo la Tabla de Bavera para ganadería bovina o alguna tabla que haga referencia a valores máximos recomendados para diferentes especies de animales.

Clasificación de aguas para bebida de bovinos (g/l)

Para			Sales totales	Cloruro de Sodio	Sulfato	Magnesio
Cría	Inverne - Tambo					
Deficiente	Deficiente	Menos de	< 1	-----	-----	-----
Muy buena	Muy buena	Más de	1	0,6	0,5	0,2
Muy buena	buena	Hasta aprox.	2	1,2	1	0,25
Buena	Aceptable	Hasta aprox.	4	2,4	1,5	0,3
Aceptable	Mala	Hasta aprox.	7	4,2	2,5	0,4
Mala		Hasta aprox.	11	6,6	4	0,5
Condicionada		Hasta	13	10	7	0,6

Fuente: "Manual de Aguas y Aguadas para el Ganado" 4ta. Edición 2011 Guillermo Bavera

Concentraciones máximas aceptables por categoría animal (g/l)

Animales	Sales totales	Sulfato	Magnesio
Aves de corral	1,5	0,4	0,125
Cerdos	5	1	0,25
Equinos	6,5	0,5	0,25
Bovinos para leche	4	1,5	0,3
Bovinos para carne	7	2,5	0,4
Caprinos y ovinos	11	3	0,55

Autor: Basán Nickisch, Mario (2017). Adaptado de: Bontempo & Savoini, 2009; Bavera G., 2001; Sager R., 2001; Carrazzoni, 1982; SENASA,2019.

Pasos para completar:

1. Activa la opción de mezcla con el botón ubicado en el sector superior derecho.
2. Ingresa los tres valores de sales totales, conductividad o el parámetro químico considerado más limitante del análisis de agua.
3. Revisa la proporción y el % de agua buena requerido respecto a una parte de agua mala.

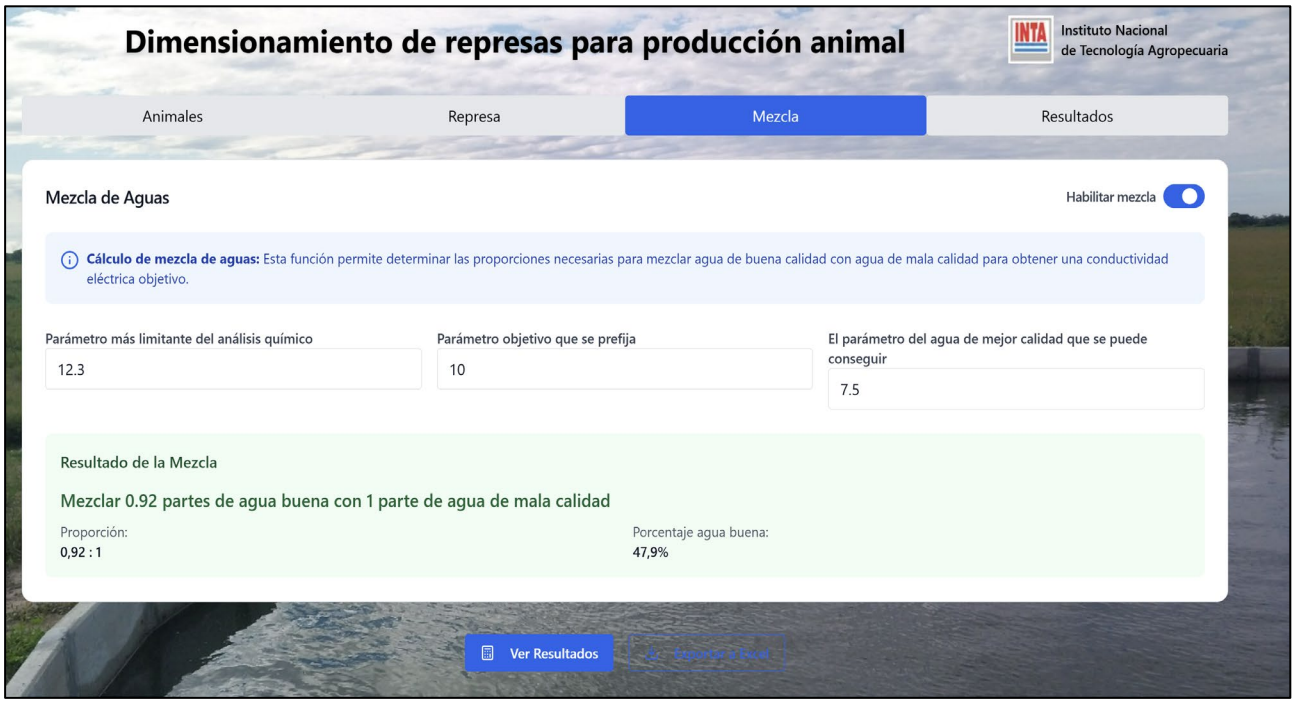


Figura 3. Ejemplo de mezcla con dos fuentes de agua de distinta calidad

4. Resultados y Recomendaciones

Obtén el resumen final, junto a los datos críticos para la excavación.

- **Dimensiones de excavación**: fondo, superficie y profundidad total.
- **Volumen total (m³)** a excavar. Datos útil para consensuar el trabajo con el dueño o Empresa a contratar para realizar el trabajo.
- **Recomendaciones de taludes** según maquinaria a utilizar. Especificado en la aplicación.

Pasos para revisar:

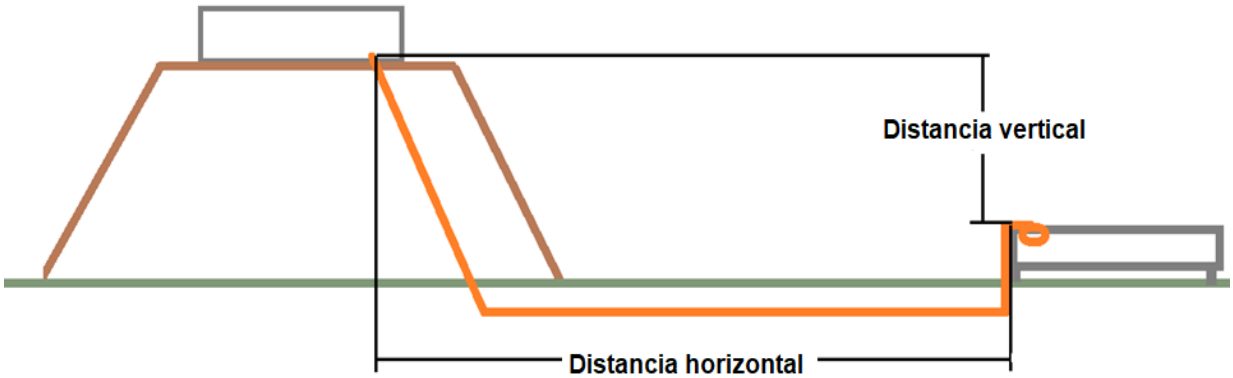
1. Confirma las dimensiones de fondo y superficie.
   2. Verifica el volumen total y los días de autonomía.
   3. Consulta las recomendaciones de taludes:
      a. 1:2→1:1 con pala hidráulica traccionada por un tractor.
      b. 1:1→1:2 con retroexcavadora.
      c. Se recomienda no usar pendientes más empinadas que 1:2 ya que corre riesgo la estabilidad de los taludes.

Parámetros críticos:

- Volumen total: base para planificación de obra.
- Días de autonomía: asegura el suministro durante sequías.

Diseño de cañerías para distribuir agua

Para distribuir agua desde un reservorio elevado hasta un determinado punto hace falta conocer:



- **La diferencia de desnivel** (distancia vertical en el gráfico) entre la base del reservorio elevado y el lugar donde sale el agua, que generalmente es el flotante de un bebedero media caña o tanque bebedero. Para esto es necesario tener relevamiento planialtimétrico mediante un nivel óptico o una estación laser, para obtener el dato preciso. No sirve obtener este dato con Google Earth o con Inteligencia Artificial o con cualquier otro método similar, ya que donde hay escaso desnivel el error no permite garantizar buenos resultados.
- **La distancia horizontal** desde el reservorio elevado hasta el bebedero. Esto sí se puede obtener con Google Earth, por ejemplo.
- **La cantidad y tipo de animales** máxima a abastecer en ese lugar del bebedero.
- **El caudal** que debe transportar la cañería de alimentación del bebedero. El mínimo caudal posible de una cañería o, lo que es lo mismo, el mínimo diámetro posible de abastecimiento de un bebedero, es aquel que se puede reponer durante las 24 hs del día.

Supongamos que se tiene 50 vacas (60 L/día cada animal) y 30 terneros (30 l/día por animal) consumiendo de un bebedero específico, significa un consumo diario de 3.900 litros diarios.

Si implemento un bebedero de 3.900 litros de capacidad real de agua, quiere decir que puedo reponer ese volumen de agua durante las 24 horas del día y **es el mínimo diámetro posible de la cañería de abastecimiento**.

¿Cuál es el caudal por hora? 3.900 l/24 hs = 162,5 litros/hora que debe transportar la cañería.

Ese dato es el inicio del cálculo para la fórmula que se va a utilizar en este caso, en esta aplicación, que es la fórmula de **Prandtl-Colebrook**.

La ecuación de Prandtl-Colebrook se usa para calcular el factor de fricción de Darcy en tuberías con flujo turbulento. Es una ecuación implícita que se resuelve iterativamente. Donde se maneja el factor de fricción de Darcy, la rugosidad absoluta de la tubería, el diámetro de la tubería y el Número de Reynolds.

Para utilizar la ecuación de Prandtl-Colebrook, primero se necesita calcular el número de Reynolds y la rugosidad relativa (ε/D). Luego, se resuelve la ecuación iterativamente para encontrar el valor de f.

Factor de fricción de Darcy (f): Representa la resistencia al flujo debido a la fricción entre el fluido y la pared de la tubería. Es un valor adimensional.

Rugosidad absoluta (ε): La rugosidad absoluta de la cañería es la medida de las irregularidades o desniveles en la superficie interior de una tubería, que se expresa como una altura media equivalente de granos de arena y se mide en milímetros (mm) o pulgadas.

Diámetro de la tubería (D): Es el diámetro interior de la tubería. Se mide en mm o en pulgadas. Y normalmente es exterior el valor que se maneja comercialmente, por lo que para la fórmula hay que utilizar el diámetro interior (el diámetro que tiene en cuenta al agua, no al material de la cañería).

Para el cálculo siempre hay que arrancar con el menor posible cuya pérdida de carga total en el tramo sea igual o menor a la altura hidrostática proveniente de la diferencia entre la base del reservorio y la altura del flotante (distancia vertical en el gráfico). Si no se cumple se prueba con el diámetro inmediato superior de las medidas comerciales.

Una cosa para remarcar es que debemos elegir el menor diámetro posible, siempre y cuando llegue el caudal que pretendemos que abastezca a los animales en ese bebedero, donde tampoco hay que sobredimensionar eligiendo un diámetro en

exceso, eso significa dinero mal invertido, costos elevados sin sentido, que la persona que quiera producir va a dejar de tener para usar en otra cosa necesaria.

Número de Reynolds (Re): Es una medida adimensional que describe la naturaleza del flujo (laminar o turbulento). Se calcula como: Re = (ρ * V * D) / μ, donde:

- ρ: Densidad del fluido.
- V: Velocidad media del fluido.
- μ: Viscosidad dinámica del fluido.

En resumen, la ecuación de Prandtl-Colebrook es una herramienta fundamental para el cálculo de la pérdida de carga en tuberías con flujo turbulento, utilizando la información del número de Reynolds, la rugosidad de la tubería y el diámetro.

Datos claves para que todos estos cálculos tengan sentido y perduren en el tiempo:

A) **La cañería debe ser bien colocada**.

   a. Con **una profundidad mínima adecuada** dependiendo de las circunstancias externas: paso de maquinarias agropecuarias, trabajos de mantenimiento de cunetas y caminos, riesgos puntuales de carcavamientos.

   b. Especialmente si se trata de cañerías de polietileno (manguera negra) se recomienda colocarla y **taparla llena de agua**. Esto minimizará los riesgos de que pierda su forma, que no se aplaste en algún sector y pierda sentido el cálculo hidráulico.

   c. **Todos los accesorios**, especialmente los de las salidas del reservorio, por ejemplo, curvas, codos, válvulas de retención, válvulas esclusas, válvulas esféricas, etc., es recomendable que **se implementen con un diámetro inmediato superior** al obtenido del cálculo.

   d. **Cada 400 a 500 metros** y especialmente **donde la cañería haga un domo hacia arriba** (un lomo de burro) sí o sí hay que **implementar cañerías verticales de purga o válvulas de purga**, para facilitar el escape del aire atrapado en la cañería. Esto permitirá la libre circulación del flujo sin ningún impedimento.

B) **Por la cañería debe circular agua limpia**, no agua con sedimentos. Es importante que los reservorios sean tapados en la medida de lo posible y tengan buenos filtros a la salida de las cañerías de distribución.

   Hay que garantizar agua limpia circulando por las cañerías. Si eso no sucede y, especialmente, con velocidades del flujo bajas, cosa que ocurre normalmente cuando solo se trabaja con presión hidrostática, y no se usan bombas de impulsión, el sedimento que circula en suspensión, puede depositarse en la cañería, provocando una disminución en el caudal, incluso corriendo el riesgo de obstrucciones.

Bibliografía

BASÁN NICKISCH, Mario (2011). Manejo de los Recursos Hídricos para áreas de secano – 2da. Edición. INTA
BAVERA, Guillermo (2009) Aguas y Aguadas para el Ganado 3era Edición



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Argentina