



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA
COMUNIDAD NATIVA DE TSOROJA, ANALIZANDO LA
INCIDENCIA DE COSTOS SIENDO UNA COMUNIDAD DE
DIFÍCIL ACCESO**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, que presenta el bachiller:

Jorge Luis Meza De la Cruz

ASESOR: Doctora Iris Domínguez Talavera

Lima, abril del 2010

DEDICATORIA



No hay palabras que puedan resumir el agradecimiento que tengo a mis padres. A quienes dedico este trabajo, ya que fueron ellos quienes me apoyaron incondicionalmente e infaliblemente en todas las etapas de mi vida.

AGRADECIMIENTOS



Mis mas sinceros agradecimientos a...

... mis padres y hermanos, por que sin su apoyo no hubiese podido culminar este trabajo.

... mi asesora de tesis, la Doctora Iris Domínguez Talavera, por haberme brindado su confianza y conocimientos para llevar a cabo este trabajo de tesis.

JORGE LUIS MEZA DE LA CRUZ

ÍNDICE GENERAL

VOLUMEN I	MEMORIA DESCRIPTIVA Y ANEXOS
VOLUMEN II	PLANOS
VOLUMEN III	ANEXOS



Item	ÍNDICE DE MEMORIA DESCRIPTIVA	Pág.
	RESUMEN	
1.	INTRODUCCIÓN	01
	1.1 Ingeniería hidráulica	01
	1.2 Antecedentes históricos	01
	1.3 Agua potable rural en el Perú	02
2.	OBJETIVO	04
3.	ZONA DE ESTUDIO	05
	3.1 Ubicación geográfica	05
	3.2 Clima	05
	3.3 Características hidrológicas	05
	3.4 Topografía y tipos de suelos	05
	3.5 Vías de comunicación	06
4.	SITUACION ACTUAL DE LA COMUNIDAD	08
	4.1 Aspectos socio económicos	08
	4.2 Actitud de los pobladores	08
	4.3 Enfermedades Predominantes	09
	4.4 Costos de flete, materiales y mano de obra	09
5.	FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	12
	5.1 Abastecimiento actual	12
	5.2 Fuente para el diseño	12
6.	DATOS GENERALES DE DISEÑO	13
	6.1 Población actual	13
	6.2 Población de diseño	13
	6.3 Dotación, caudales de diseño y variación de consumo	14
	6.3.1 Consumo promedio diario anual (Qm)	14
	6.3.2 Consumo máximo diario (Qmd)	14
	6.3.3 Consumo máximo horario (Qmh)	15
7.	NORMAS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL	16
	7.1 Norma E.060	16
	7.2 Norma ACI-350 Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures, del American Concrete Institute	16
	7.2.1 Requerimientos generales	17
	7.2.2 Muros	17
	7.2.3 Losas apoyadas sobre suelo	18

8.	DISEÑO DEL SISTEMA CONVENCIONAL	20
8.1	Descripción de componentes del sistema	20
8.1.1	Captación	20
8.1.2	Línea de conducción	21
8.1.3	Reservorio apoyado de 9m ³	21
8.1.4	Equipo de desinfección	22
8.1.5	Línea de aducción	22
8.1.6	Red de distribución	22
8.1.7	Piletas domiciliarias	24
8.2	Específic. técnicas del acero, concreto, tuberías y encofrado	25
8.3	Diseño hidráulico	29
8.3.1	Cámara de captación	29
8.3.2	Dimensionamiento de la tubería de conducción	33
8.3.3	Reservorio apoyado	36
8.3.4	Tubería de aducción y red de distribución	38
8.4	Diseño Estructural	39
8.4.1	Reservorio	39
8.4.2	Cámara de captación	42
9.	DISEÑO DEL SISTEMA OPTIMIZADO	43
9.1	Descripción de componentes del sistema	43
9.1.1	Captación	44
9.1.2	Línea de conducción	44
9.1.3	Reservorio de polietileno de 10m ³	44
9.1.4	Equipo de desinfección	45
9.1.5	Línea de aducción	45
9.1.6	Red de distribución	46
9.1.7	Piletas domiciliarias	46
9.2	Especificaciones técnicas	46
9.3	Diseño hidráulico	46
9.4	Diseño Estructural	46
9.4.1	Reservorio	46
9.4.2	Cámara de captación	47
10.	ALTERNATIVAS PARA LA DISPOSICIÓN DE EXCRETAS	55
10.1	Justificación	55
10.2	Tecnologías disponibles	55
10.2.1	Letrina tradicional simple	55
10.2.2	Letrinas de pozo seco ventilados	57

	10.2.3 Letrina de cierre hidráulico	59
	10.2.4 Letrinas de pozo elevado	60
	10.2.5 Letrina seca sobre – elevada del suelo	62
	10.2.6 Letrina con asiento y piso en fibra de vidrio	63
	10.2.7 Letrina abonera (alcalina) seca familiar, LASF	65
	10.2.8 Letrina de pozo anegado (lleno de agua)	68
	10.2.9 Selección de la tecnología	70
11.	IMPACTO AMBIENTAL	72
12.	PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE EJECUCION DE OBRA	78
	12.1 Sistema convencional	78
	12.1.1 Presupuesto	78
	12.1.2 Cronograma de ejecución de obra	85
	12.2 Sistema optimizado	87
	12.2.1 Presupuesto	87
	12.2.2 Cronograma de obra	94
13.	ANALISIS DE RESULTADOS	96
14.	CONCLUSIONES	98
	REFERENCIAS	

ÍNDICE DE ANEXOS

- A-1** RESULTADOS DEL ANALISIS EN WATERCAD V3.1 DE LA LINEA DE CONDUCCIÓN - SISTEMA CONVENCIONAL.
- A-2** RESULTADOS DEL ANALISIS EN WATERCAD V3.1 DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN Y RED DE DISTRIBUCIÓN – SISTEMA CONVENCIONAL.
- A-3** ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS Y METRADO – SISTEMA CONVENCIONAL.
- A-4** RESULTADOS DEL ANALISIS EN WATERCAD V3.1 DE LA LINEA DE CONDUCCIÓN - SISTEMA OPTIMIZADO.
- A-5** RESULTADOS DEL ANALISIS EN WATERCAD V3.1 DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN Y RED DE DISTRIBUCIÓN – SISTEMA OPTIMIZADO.
- A-6** ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS Y METRADO – SISTEMA OPTIMIZADO.
- A-7** ANALISIS BACTERIOLOGICO DE MUESTRA DE AGUA.
- A-8** ANÁLISIS FISICO QUIMICO DE MUESTRA DE AGUA.
- A-9** DESCRIPCION DEL SOFTWARE PARA EL MODELAMIENTO DE SISTEMAS DE TUBERÍAS (WATERCAD V3.1).

ÍNDICE DE PLANOS

- P-1** Mapa de ubicación en el Perú – Distrito Río Tambo.
- P-2** Línea de conducción – sistema convencional.
- P-3** Perfil de conducción – sistema convencional.
- P-4** Red de distribución – sistema convencional.
- P-5** Reservorio de almacenamiento – sistema convencional.
- P-6** Válvulas del reservorio – sistema convencional.
- P-7** Cámara de captación – sistema convencional.
- P-8** Válvulas de red de distribución – sistema convencional.
- P-9** Pileta domiciliaria – sistema convencional.
- P-10** Línea de conducción – sistema optimizado.
- P-11** Perfil de conducción – sistema optimizado.
- P-12** Red de distribución – sistema optimizado.
- P-13** Reservorio, tanque de polietileno – sistema optimizado.
- P-14** Válvulas de reservorio – sistema optimizado.
- P-15** Cámara de captación – sistema optimizado.
- P-16** Válvulas de red de distribución – sistema optimizado.
- P-17** Pileta domiciliaria – sistema optimizado.
- P-18** Letrina de pozo seco.

REFERENCIAS:

1. Banco Mundial: “Perú – La oportunidad de un país diferente: Próspero, equitativo y gobernable”, 2006
2. MVCS: “Norma OS.100: Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria”, RNE, 8 de junio de 2006 y 9 de mayo de 2009
3. MEF: “Guía para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Saneamiento Básico en el Ámbito Rural, a Nivel de Perfil”, Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, 2007
4. American Concrete Institute, ACI Committee 350: “Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary”, ACI 350-06, 484 páginas, 1 de enero de 2006
5. MVCS: “Norma OS.010: Captación y conducción de agua para consumo humano”, RNE, 8 de junio de 2006 y 9 de mayo de 2009
6. MVCS: “Norma OS.030: Almacenamiento de agua para consumo humano”, RNE, 8 de junio de 2006 y 9 de mayo de 2009
7. Agüero Pittman, Roger: “Agua potable para poblaciones rurales”, Asociación Servicios Educativos Rurales (SER), 1997
8. García Trisolini, Eduardo: “Manual de Proyectos de Agua Potable y Saneamiento en Poblaciones Rurales”, Fondo Perú-Alemania, Deuda por Desarrollo, Lima, mayo 2008
09. Giles Ranald V., Mecánica de los Fluidos e Hidráulica
10. SEDAPAL, “Como Ejecutar Obras de Agua y Desagüe”
11. Harmsen Teodoro E., “Diseño de Estructuras de Concreto Armado” Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005.
12. Departamento de Hidráulica, Universidad del Cauca – Colombia: “Estudio y Patronamiento de Orificios y Boquillas”.
13. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería: “Curso Integrador, Proyecto Inmobiliario de Edificaciones de Interés Social”.
14. American Concrete Institute, ACI Committee 318: “Building Code Requirements for Structural Concrete” ACI 318-08, 465 páginas, Enero de 2008.
15. Instituto Nacional de Estadísticas, INEI: Cuadro N° 17, Mapa de Necesidades Básicas Insatisfechas de los Hogares a Nivel Distrital”.
16. INGLESIA, “Diseño y Cálculo de Tanques de Almacenamiento”.
17. Programa de Agua Potable y Alcantarillado, (PROAGUA), Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua y Saneamiento, Convenio Gobierno Perú-Alemania, 2002.

18. Antúñez de Mayolo R. Hercilia, Pajares R. Javier, Stoynic D. Antonio, Manual de Instalación: “Las Redes de Agua Potable y Desagüe”, Fondo Ítalo-Peruano, Deuda por Desarrollo, Lima, octubre 2002.
19. Pittman Agüero Roger, Cornejo Carlos, Montalvo R. Rosa: “Manual de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Potable por Gravedad sin Tratamiento”, Asociación Servicios Educativos Rurales (SER), 2004.
20. “Guía de Diseño para Líneas de Conducción e Impulsión de Sistemas de Abastecimiento de Agua Rural”, Organización Panamericana de la Salud, 2004.
21. Yagua Briceño Jhon, Pastrana Freddy, Sosa Arias Juana: “Saneamiento Básico en Municipalidades”, Dirección Ejecutiva de Salud, DESA, Agosto 2007.
22. “Guía de Diseño para Líneas de Conducción e Impulsión de Sistemas de Abastecimiento de Agua Rural”, Organización Panamericana de la Salud, 2004.
23. “Especificaciones Técnicas para la Construcción de Letrinas de Procesos Secos”, Organización Panamericana de la Salud, 2004.
24. Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA “Batería de 3 Letrinas Sanitarias”, Ministerio de Salud, 2007.
25. Especificaciones Técnicas para la Construcción de Letrinas con Arrastre Hidráulico y Letrinas de Pozo Anegado”, Organización Panamericana de la Salud, 2005.
26. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, “Especificaciones Técnicas para el Diseño de Letrinas Ventiladas de Hoyo Seco”, División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, 2003.
27. “Agua y Saneamiento, Experiencia en el Perú”, Convenio Comisión Hábitat – ITDG, 1997.
28. “Guía para el Diseño y Construcción de Reservorios Apoyados”, Organización Panamericana de la Salud, 2004.
29. “Diseño Construcción y Mantenimiento de Letrinas Ecológicas”, Experiencia en Ayacucho, CARE – Perú, Diciembre 2005.
30. Normas sobre la Calidad del Agua para Consumo Humano en el Perú, Estudio Jurídico Legal, Organización Panamericana de la Salud, 2004.
31. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, “Especificaciones Técnicas para el Diseño de Letrinas Ventiladas de Hoyo Seco”, División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, 2003.
32. Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Mayor de San Simón – Bolivia, “Abastecimiento de Agua Potable”.
33. Smith Cavalie Wálter, “Rendimientos Mínimos y Promedios de Mano de Obra en Lima”, Organización Internacional del Trabajo, octubre 2003.

34. Departamento de hidráulica de la Escuela de Ingeniería de Antioquia - Colombia, "Los Diferentes Tipos de Boquillas", ubicada en la página Web: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/accesorioshidraulicos/losdiferentestiposdeboquillas/losdiferentestiposdeboquillas.html>
35. Agüero Pittman, Roger: "Agua Potable y Saneamiento en Localidades Rurales del Perú", Asociación Servicios Educativos Rurales (SER), 22 de Julio de 2009, ubicada en la página Web: http://www.ser.org.pe/index.php?option=com_content&task=view&id=1106&Itemid=112
36. MVCS: "Norma E.020: Cargas", RNE, 8 de junio de 2006 y 9 de mayo de 2009
37. MVCS: "Norma E.030: Diseño sismorresistente", RNE, 8 de junio de 2006 y 9 de mayo de 2009
38. MVCS: "Norma E.060: Concreto armado", RNE, 8 de junio de 2006 y 9 de mayo de 2009
39. Organización Panamericana de la Salud, Representación en Colombia, "Guía Latinoamericana de Tecnologías Alternativas en Agua y Saneamiento", documento ubicado en la siguiente página Web: [http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-letrinas.htm#Letrina tradicional simple](http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-letrinas.htm#Letrina_tradicional_simple)
40. MVCS: "Norma OS.050: Redes de distribución de agua para consumo humano", RNE, 8 de junio de 2006 y 9 de mayo de 2009.



RESUMEN

El presente trabajo de tesis consiste en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad para la Comunidad Nativa de Tsoroja, perteneciente al distrito de Río Tambo, Provincia de Satipo, Departamento de Junín. Localidad que no cuenta con acceso terrestre ni fluvial. Lo que implica un incremento en los costos de transporte al lugar de la obra, de materiales de construcción y personal, por el alquiler de helicópteros como medio de transporte aéreo. Hecho que hace necesario el análisis de alternativas de solución contemplando la minimización de costos, considerando el factor transporte como crítico dentro del presupuesto. En primera instancia se diseñó el sistema de abastecimiento de agua potable, considerando toda estructura de concreto armado, al que se denominó, Sistema Convencional. Se observó que era posible optimizar el uso de materiales de construcción utilizando estructuras de materiales alternativos, por lo que se elaboró un nuevo diseño del sistema de abastecimiento al que se denominó, Sistema Optimizado.

El diseño del sistema convencional comprende: una cámara de captación de agua, de un manantial elegido por tener un caudal constante y suficiente para abastecer la demanda de la población de Tsoroja (incluso en épocas de estiaje). La conducción de agua se definió a través de una red de tuberías, para el almacenamiento un reservorio de concreto armado, y para la distribución una red de tuberías formando mallas; de modo tal, que el sistema pueda abastecer de agua potable a todas las viviendas contabilizadas. Así mismo para cada vivienda se consideró una pileta de mampostería.

A diferencia del sistema convencional, en el que todas las estructuras son de concreto armado, en el sistema optimizado se contempló la cámara de captación completamente de mampostería y para el reservorio un tanque industrial de polietileno.

Adicionalmente para la disposición de excretas y buscando la menor incidencia en el ambiente se consideró para cada vivienda una letrina de hoyo seco.

Finalmente para obtener conclusiones acerca de la factibilidad técnico-económica de sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano en el ámbito rural de la selva del Perú, se elaboró un presupuesto por sistema; comprobándose que la mayor incidencia en costos se produce por el transporte aéreo de los materiales a la zona de la obra.

1. INTRODUCCION

1.1 Ingeniería hidráulica

La Ingeniería Hidráulica a lo largo de la historia ha tenido un papel fundamental en el desarrollo humano, debido a que el suministro de agua potable es indispensable para cualquier población humana. No sólo por ese factor, sino también en el desarrollo de técnicas para la eliminación y manejo adecuado de los residuos humanos generados, para así prevenir en lo posible la contaminación ambiental y evitar enfermedades.

1.2 Antecedentes históricos

La piedra angular de toda población sana es tener acceso al agua potable. Desde tiempos de la revolución de la agricultura y los inicios de la vida sedentaria en los años 9.000-10.000 A. de C., comenzaron los primeros esfuerzos por controlar el caudal de agua, proveniente de manantiales, fuentes y arroyos. Ya a partir del segundo milenio A. de C., en las antiguas ciudades, el suministro de agua es mediante gravedad, con tuberías o canales y sumideros.

Tales sistemas de abastecimiento no distribuían agua a viviendas individuales, sino que a un lugar central desde el cual la población podía llevarla a sus hogares. Estos sistemas eran con frecuencia inadecuados y apenas cubrían las modestas demandas sanitarias, por lo que nace la construcción de acueductos para transportar agua desde fuentes lejanas.

Luego de la caída del Imperio Romano, se dio comienzo a una época de retroceso en la tecnología hídrica, lo que provocó que el saneamiento y la salud pública sufrieran un declive en Europa. Eran tales las condiciones sanitarias, que el agua suministrada estaba contaminada, había desechos de animales y humanos en la calles, y las aguas servidas se arrojaba por las ventanas a las calles, sobre los transeúntes. Como resultado, nacen terribles epidemias que provocaron estragos en Europa.

Hasta mediados del siglo XVII, los materiales de construcción utilizados en redes para el suministro de agua eran tuberías hechas de madera, arcilla o plomo, que

apenas lograban resistir bajas presiones, sin embargo las redes generalmente estaban instaladas de acuerdo a la línea del gradiente hidráulico.

Con la inserción del hierro fundido en la construcción, las redes de distribución de agua potable se instalan con tuberías de este material, además, gracias a su bajo costo y al avance en nuevos métodos de elevación de agua, se hizo posible que el vital elemento llegara a cada residencia, no sólo a los considerados ricos, como ocurría en la antigüedad.

A pesar de los nuevos desarrollos en tecnología en los sistemas de suministro de agua potable, con el explosivo crecimiento de las ciudades, los residuos generados en éstas, comenzaron a contaminar tanto sus propias fuentes de abastecimiento como las de otras ciudades. Entonces, ya no sólo se comienza a desarrollar nuevas tecnologías para el mejoramiento de las redes, sino que además, comienza la preocupación por la protección de la salud de los consumidores con métodos de tratamiento para las aguas. Recién en 1900 aproximadamente, se dio inicio a la aplicación de tratamientos en las ciudades, en que fueron puestos en uso los filtros, que redujeron fuertemente las enfermedades provocadas por ingerir agua potable, aunque con la introducción de la desinfección con cloro, aumentó enormemente la eficacia de los tratamientos en el agua potable.

1.3 Agua potable rural en Perú

Según Agüero (**Ref.35**), El agua y saneamiento son factores importantes que contribuyen a la mejora de las condiciones de vida de las personas. Lamentablemente, no todos tenemos acceso a ella. Las más afectadas son las poblaciones con menores ingresos. Según revelan cifras actuales, en el Perú existen 7.9 millones de pobladores rurales de los cuales 3 millones (38%) no tienen acceso a agua potable y 5.5 millones (70%) no cuentan con saneamiento. Esta falta trae consecuencias negativas sobre el ambiente y la salud de las personas y, en los niños y niñas el impacto es tres veces mayor.

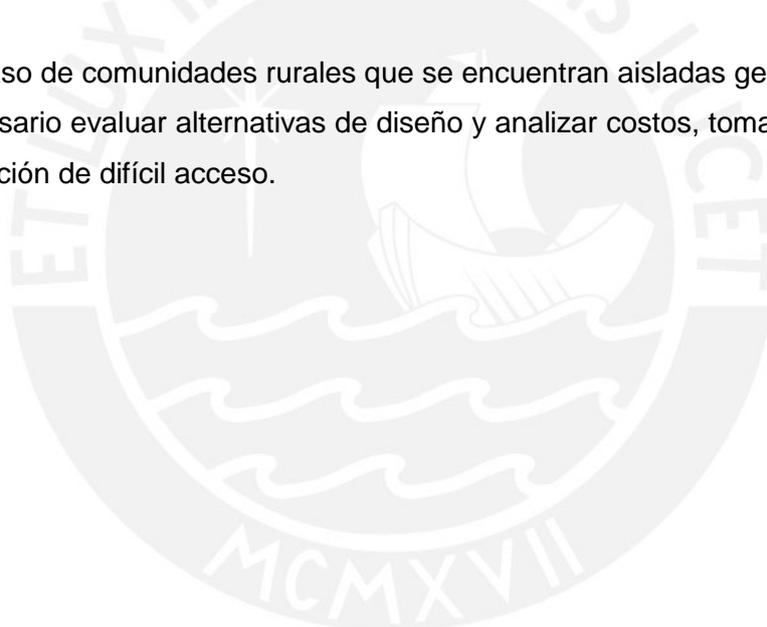
En el futuro esta situación se agravará. Para el 2025 se prevé la escasez de agua en 48 países y uno de ellos es el Perú. Recibimos una debilidad histórica de los años 1990 al 2002 por los limitados recursos económicos y el lento aprendizaje de parte de los diferentes gobiernos. No se entendió la importancia del tema de agua y saneamiento y no se abordó de manera integral el

componente educativo y el fortalecimiento organizacional de los modelos de gestión comunitaria.

Ante esta debilidad histórica, fueron principalmente las ONGs y las entidades de cooperación al desarrollo, las que implementaron proyectos que llenaban estos vacíos y en la práctica hicieron incidencia en las políticas de intervención.

En los últimos 5 años y con el financiamiento del Banco Mundial, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento a través del Programa Nacional de Agua Potable y Saneamiento Rural (PRONASAR), viene implementando masivamente proyectos de agua y saneamiento con Operadores Regionales. Dentro de sus actividades incorpora los componentes de Infraestructura, Educación Sanitaria, Gestión de las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) y fortalecimiento a la unidad técnica municipal (UTM).

En el caso de comunidades rurales que se encuentran aisladas geográficamente, es necesario evaluar alternativas de diseño y analizar costos, tomando en cuenta la condición de difícil acceso.



2.0 OBJETIVOS

El Objetivo del presente trabajo es presentar el diseño de un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano en una comunidad nativa de la selva del Perú. Esta comunidad no cuenta con los servicios básicos, siendo una comunidad que sufre extrema pobreza. El difícil acceso a la comunidad debido a la falta de vías de comunicación, eleva la inversión que se requiere para infraestructura en la zona. Para fines del diseño, se analizó diferentes alternativas, aquí se presenta los resultados de dos de ellas, incluido el análisis de costos, que toma en cuenta la condición de difícil acceso físico.



3. ZONA DE ESTUDIO

3.1 Ubicación Geográfica

La Comunidad Nativa Tsoroja pertenece al distrito de Río Tambo, provincia de Satipo, Región Junín. Está ubicada a una altura de 550 metros sobre el nivel del mar con coordenadas UTM 650 489 E; 8 738 612 N.

3.2 Clima

El clima de la localidad es cálido y húmedo, con temperaturas de 18 a 30° C. entre los meses de diciembre a abril y de 8 a 20° C entre los meses de Mayo a Setiembre, con régimen constante de lluvias entre los meses de Noviembre a Abril, presentando sequía en los meses de Junio a Octubre.

3.3 Hidrología

La principal fuente hídrica es el Río Tsoroja, el cual se encuentra en promedio a 100m de la población. Así mismo por tratarse de una población selvática, los recursos hídricos son abundantes, contando con varios manantiales alrededor de la población, muchos de los cuales de volumen irregular o en cotas no adecuadas para usarse como fuente para la construcción de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad nativa de Tsoroja.

3.4 Topografía y tipos de suelo

Mediante el levantamiento topográfico se pudo determinar el relieve de la zona con el fin de poder tener una representación digital del terreno. Para luego poder realizar el modelado de la red de conducción y distribución de agua potable de la Comunidad Nativa de Tsoroja. La cota de terreno más alta en la cual se ubicará la línea de conducción es 541.60m y la más baja es 533.38m. Así mismo la cota de terreno más alta en la cual se ubica la línea de aducción y la red de distribución es 532.22m y la más baja es 524.50m. Lo que demuestra la poca pendiente que tiene el terreno. El área que cubre la red de distribución es 154,522m².

No se hizo un análisis de suelos, por la despreciable presión que ejerce la estructura sobre el terreno (ver Capítulo 14 – Conclusiones). Sin embargo se hicieron calicatas explorativas de 2.00m y 3.50m, no encontrándose el nivel freático a esa profundidad. La localidad se encuentra en promedio a 100m del Río Tsoroja. Por lo tanto el tipo de material predominante conformante del suelo es del tipo aluvial conglomerado, el cual a su vez se encuentra conformado por arena, grava y piedras de diversos tamaño con los cantos redondos, teniendo en cuenta que sólo existe una capa superior de 50cm aprox. de suelo del tipo orgánico.

3.5 Vías de comunicación

La Comunidad Nativa de Tsoroja no cuenta con vías de comunicación. Se encuentra ubicada a 24 Km. de distancia de la localidad de Poyeni, a la cual se llega vía fluvial desde Puerto Ocopa, hasta donde existe carretera en regular estado de conservación desde el distrito de Mazamari.

La manera de llegar a esta comunidad vía terrestre es como sigue:

- De Huancayo a Satipo, la carretera es asfaltada y el tiempo de viaje promedio en bus es de aproximadamente 3 horas.

- De Satipo a Puerto Ocopa, la carretera es afirmada, por lo que en épocas de lluvia los vehículos adecuados para viajar son las camionetas 4x4, el tiempo de viaje promedio es de 2.5 horas.

- De Puerto Ocopa a Poyeni, no existe carretera alguna, por lo que el viaje es vía el Río Tambo, en bote, el tiempo de viaje promedio es de 4 horas.

- De Poyeni a Tsoroja, la única forma de llegar es a pie, puesto que no hay carretera, así mismo el río Poyeni tiene un ramal denominado Río Tsoroja que pasa en promedio a 50m de la localidad de Tsoroja, el cual no es navegable debido a la presencia de piedras angulosas que sobresalen del agua, es turbulento y el tirante del río no es uniforme.

Partiendo de Poyeni se llega a la Comunidad Nativa de Corinto, existe un camino de herradura en regulares condiciones y el viaje es a pie de 4 a 5 horas. De Corinto a Tsoroja no hay camino. Solo puede aprovecharse la playa del río

Poyeni, en los meses de sequía, hasta el lugar denominado “Piedra Tallada” (de 1 a 2 horas desde Poyeni), cruzando el río hasta en cuatro ocasiones. De Piedra Tallada a Tsoroja existen pequeños caminos. El tiempo de viaje desde Corinto hasta Tsoroja es de 7 a 8 horas aproximadamente.

Así mismo existe una única empresa, “Alas Esperanza”, que brinda servicio exclusivo para transporte de personas. Parte desde Satipo directamente a Tsoroja, el costo por vuelo (ida y regreso) es de S/. 2500.00 (incluido el combustible), la avioneta puede transportar como máximo 5 personas o 400 Kg. por vuelo. El tiempo de viaje promedio es de 40 minutos. Cabe indicar que lo que se desee transportar en la avioneta debe tener un volumen tal, que pueda entrar dentro del compartimento destinado al transporte de carga.



4. SITUACION ACTUAL DE LA COMUNIDAD

4.1 Aspectos socio económicos

La población de Tsoroja pertenece a la etnia Kakinte, grupo que se encuentra en peligro de extinción. Su idioma es el kakinte, que tiene dialecto similar al Ashaninka.

La población se encuentra en extrema pobreza, porque no existe medio alguno que le permita obtener ingresos económicos.

La actividad agrícola es únicamente de autoconsumo. Complementariamente se dedican a la caza y pesca. Sus principales cultivos son: yuca, plátano y maíz.

Según el estudio realizado para el presente trabajo de tesis. Existen 49 viviendas, las cuales están construidas de palos y caña bambú en las paredes, con cobertura de hojas, las cuales se encuentran con regular espaciamento entre si.

La localidad cuenta con una radio como servicio público de comunicación.

4.2 Actitud de los pobladores

Los pobladores desean contar con un sistema de agua potable, para lo cual se han comprometido a participar en la capacitación que efectuara el Proyecto para la operación y mantenimiento. Debería de firmarse un Acta de Donación de Terreno (Para el Manantial de Agua) entre el propietario del terreno y la comunidad beneficiada, siendo el representante el Presidente de la comunidad beneficiada. Así mismo se debería crear una Junta Administradora de Agua Potable y la determinación de la tarifa del servicio, para el adecuado funcionamiento, mantenimiento y reparación del sistema en conjunto, procurando el autosostenimiento, de ese modo no necesitar el apoyo de instituciones estatales tales como Municipio o Gobierno Regional.

Del mismo modo en obras realizadas en el sector rural, se suele firmar un sub convenio para la ejecución de obra, operación, mantenimiento y administración del sistema en conjunto, entre la junta administradora de agua potable y el

Gobierno Regional o Municipio, documento en el cual la población se compromete entre otros a Promover la participación de la comunidad beneficiada con su mano de obra voluntaria y provisión de materiales de la zona (arena, piedra, hormigón, madera y otros, etc.) para la ejecución de la obra.

4.3 Enfermedades predominantes

Las enfermedades más comunes en esta localidad son:

- Diarrea
- Infecciones respiratorias
- UTA

4.4 Costos de Flete, materiales y mano de obra

El flete esta dividido en dos grupos que son; flete aéreo y flete local.

- Flete aéreo

Se plantea un flete aéreo con helicóptero cuyo costó depende de tres factores que son: movilización y desmovilización (envío de la unidad desde determinado ubicación en el territorio nacional hacia la zona de trabajo), costo por hora y costo del combustible utilizado en los factores antes mencionados. Mas adelante, en base a los pesos del material total obtenido luego del diseño se calculará el costo total que implicaría este servicio, en base a información proporcionada por empresas que se dedican a este rubro.

La otra posibilidad es con avioneta de Satipo a Tsoroja con capacidad de carga máxima de 400 kilogramos por viaje, a un costo de S/. 2,500.00 por vuelo (ida y regreso). Sin embargo por este medio no podrían trasladarse objetos cuyo volumen no quepa en el compartimento destinado al transporte de carga dentro de la avioneta.

- Flete local

El flete local consiste en el traslado de agregado desde la playa (cantera) de la margen derecha del río Poyeni, a 400 metros en promedio, del área de la obra.

El costo promedio es de S/. 33.00 por metro cúbico.

- Costos de materiales

Los costos de materiales, con excepción de los agregados, son precios referentes a la ciudad de Satipo. Los costos más importantes en el proyecto son:

- Cemento: S/.18.50/bolsa.
- Acero $f_y=4200\text{kg/cm}^2$, Grado 60: S/. 3.50/kg
- Arena :S/. 33/m³.
- Hormigón : S/. 33./m³.
- Piedra : S/. 25/m³.
- Madera: S/. 1.2/P². (Adquirida en la misma zona de la obra, la cual será proporcionada y preparada por los pobladores de la zona, de acuerdo a dimensiones indicadas)

- Costos de mano de obra

Estos costos no incluyen beneficios sociales. Ya que son precios que se manejan en la zona, por mano de obra de los lugareños, definidos por la Municipalidad de Río Tambo por trabajos eventuales.

- Operario : S/. 5.98 h – h. Será contratado en Satipo u otra ciudad
- Oficial : ... S/. 5.35 h – h. Será contratado en Satipo u otra ciudad,
- Peón : ... S/. 4.83 h – h. Será suministrado por la Comunidad Nativa de Tsoroja.

- Costos de la obra

Los costos de la obra se definirán luego del diseño y análisis de costos de cada alternativa planteada. Teniendo en consideración que el tipo de cambio de dólar a moneda nacional usado para el presente trabajo es de S/.2.91. Las tarifas, costos de materiales y mano de obra calificada se han determinado en base a los precios que se manejan en la ciudad de Satipo.

- Costos del tanque de polietileno

- o Costo unitario S/. 10000 + IGV.
- o No incluye accesorios.
- o Costo de transporte hasta Satipo S/.1000.



5. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

5.1 Abastecimiento actual

La población se abastece actualmente de un manantial ubicado a 700m en promedio de la localidad; de la cual no es posible el abastecimiento de agua por gravedad, debido a que se encuentra por debajo de la zona urbana. Se realizó el estudio de las fuentes de la zona, habiéndose determinado que el manantial fuente de abastecimiento para la población de Tsoroja es el que se describirá a continuación.

5.2 Fuente para el diseño

El manantial es de ladera, aflorando de tres puntos que desemboca en un lecho de 1.30 metros de ancho aproximadamente. Por el lugar hay otros afloramientos, que se hace visible por la humedad del suelo. En época de lluvias, el área se vuelve mojada. Por lo que la construcción de la captación deberá hacerse en época de sequía.

La medición del caudal de la fuente se realizó por el método volumétrico; en el que con ayuda de un recipiente de volumen conocido, 15lts, se midió 5 veces el tiempo que demoró en llenarse. Los resultados se presentan en el cuadro siguiente:

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN (litros)	TIEMPO (Segundos)
1	15.00	5
2	15.00	5
3	15.00	5
4	15.00	5
5	15.00	4
TOTAL	75.00	24

Cuadro N°1

El promedio obtenido y el utilizado para el diseño es **3 l/seg.**

El estudio y aforo del manantial indicado, se hizo el día 27/07/07, en temporada de estiaje. Además se concluye que el caudal proporcionado por la fuente es suficiente y superior al Qmd y Qmh. (ver resultados Cap. 6)

6. DATOS GENERALES DE DISEÑO

6.1 Población actual

Se realizó un estudio para la elaboración de un sistema de abastecimiento de agua potable, justamente para esta comunidad, en el que se hizo un censo de la cantidad de habitantes, contabilizándose 271 personas. Dicho censo se hizo en fecha 27/07/2007. Actualmente la población es probablemente mayor por lo que de acuerdo al Art. 1.3 de la Norma OS.100 (**Ref.2**), cuando se trata de nuevas habilitaciones para viviendas se debe considerar 6 personas/vivienda por lo que la cantidad de habitantes a considerarse en este trabajo de tesis es:

Población Actual = 49viviendas x 6 habitantes/vivienda = 294 habitantes.

6.2 Población de diseño

En el cuadro N° 17 publicación del INEI, se muestra las tasas de crecimiento geométrico medio anual. El inconveniente es que están separadas por regiones. A Tsoroja no se le puede asignar una tasa directamente por pertenece a la selva de Junín, (t.c.g.m.a para la sierra=0.1%) y estar cerca de Ucayali (t.c.g.m.a=0.29%). Se definió como tasa a usarse el valor promedio, que es 0.2%.

En el Art. 1.2 de la norma OS.100 (**Ref.2**), se indica que el periodo de diseño debe ser elegido por el proyectista, así mismo el SNIP indica que el horizonte de evaluación (periodo durante el cual, el proyecto es capaz de generar beneficios por encima de sus costos esperados) para un proyecto típico de saneamiento es de 20 años.

Teniendo en consideración que dicho periodo podría diferir con el periodo de vida útil de los principales activos del proyecto, contados a partir del primer año de operación. Es por ello y además de tratarse de un proyecto para una comunidad de difícil acceso y con escasos recursos económicos que se considera como periodo de diseño, 20 años. Con lo que se obtiene:

$P_a := 294$ Hab.		Poblacion Actual	
$t := 20$ Años		Período de diseño	
$r := 0.020$		Tasa de crecimiento	
Fecha de toma de datos: 27/07/2007			
Se proyecta a 20 años: +			
$P_f := P_a \cdot (1 + t \cdot r)$	$P_f := \text{round}(P_f, 0)$	$P_f = 412$ Hab	Población Futura

6.3 Dotación, caudales de diseño y variación de consumo

De acuerdo a “La Guía para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Saneamiento Básico en el Ámbito Rural, a Nivel de Perfil del Sistema Nacional de Inversión Pública - Ministerio de Economía y Finanzas” (Ref. 3), la dotación de agua para el uso doméstico en el ámbito rural de la selva a considerarse, debe ser aquella que esté en el intervalo [60 – 70] l/hab/día.

Por ello la dotación considerada en el presente trabajo de tesis es de 70 l/hab/día, con el que se realizaron los siguientes cálculos:

6.3.1 Consumo promedio diario anual (Q_m)

El consumo promedio diario anual, se define como el resultado de una estimación per cápita para la población futura del periodo de diseño, expresada en litros por segundo (l/s), se determinó mediante la siguiente expresión:

$$d := 70 \quad \text{l/hab/día}$$

$$Q_m := P_f \cdot \frac{d}{86400} \quad Q_m := \text{round}(Q_m, 2) \quad Q_m = 0.33 \text{ l/s}$$

6.3.2 Consumo máximo diario (Q_{md})

El consumo máximo diario se define como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año. Para su cálculo, según el Art. 1.5 de la Norma OS.100 (Ref. 2), si no se cuenta con

un registro estadístico de los consumos se debe utilizar un coeficiente K1 igual a 1.3 y se estima con la siguiente expresión:

$$Q_{md} = K1 \times Q_m$$

$$Q_{md} := 1.3 \cdot Q_m \quad Q_{md} := \text{round}(Q_{md}, 2) \quad Q_{md} = 0.43 \text{ l/s}$$

6.3.3 Consumo máximo horario (Qmh)

El caudal máximo horario se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo, Para su cálculo, según el Art. 1.5 de la Norma OS.100 (Ref.2), si no se cuenta con un registro estadístico de los consumos se debe utilizar un coeficiente K2 el cual debería estar en el intervalo [1.8-2.5] y se estima con la siguiente expresión:

$$Q_{mh} = K2 \times Q_m$$

$$Q_{mh} := 2.5 \cdot Q_m \quad Q_{mh} := \text{round}(Q_{mh}, 2) \quad Q_{mh} = 0.83 \text{ l/s}$$

7. NORMAS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL

7.1 Norma E.060

La norma peruana “**E.060 Concreto Armado**” (Ref.38), del **Reglamento Nacional de Edificaciones** no incluye especificaciones para estructuras de concreto en contacto con líquidos, por ello, para todo diseño estructural realizado en el presente trabajo de tesis, se utilizó también el **ACI-350.06, Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures, del American Concrete Institute (ACI)** (Ref.4).

De la Norma E.060, se tuvieron en cuenta los siguientes artículos:

- **Art. 9.7.2** indica que el refuerzo mínimo, (en losas macizas), por retracción y temperatura es 0.18%.
- **Art. 9.2.6** indica que el factor de combinación de cargas a usarse es de 1.4 para carga muerta, 1.7 para carga viva y 1.4 para presión de líquidos.
- **Art. 14.8.3** indica que los muros con espesor mayor a 25cm deben llevar refuerzo en las dos caras.

En cuanto a los detalles de refuerzo, referidos a gancho estándar y diámetros mínimos de doblado, se harán de acuerdo a especificaciones dadas en el **Capítulo 7** de la presente norma y serán indicados en los planos correspondientes. De la misma norma se tomará como referencia el **Capítulo 12** referido a desarrollo de barras corrugadas sujetas a tracción, a compresión y desarrollo de gancho estándar a tracción, que serán indicados también en los planos.

7.2 Norma ACI-350.06, Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures, del American Concrete Institute

Como se mencionó anteriormente la Norma ACI-350.06, es usada como guía para el diseño estructural de todo elemento de concreto en contacto con líquidos y suelos. Por ello se hizo un resumen de los artículos utilizados en el presente trabajo de tesis.

7.2.1 Requerimientos generales

- **Art. 7.6.1**, indica que el espaciamiento mínimo entre dos barras paralelas (en una capa) debe ser el diámetro de la barra mayor y nunca menor a 1".
- **Art. 7.6.2**, indica que cuando el reforzamiento paralelo es colocado en 2 o más capas, las barras de la capa superior deben colocarse exactamente encima una a una de las barras inferiores siempre respetando que el espaciamiento mínimo entre capa y capa debe ser de 1".
- **Art. 7.6.5**, indica que en losas, el espaciamiento del refuerzo principal a flexión no debería ser mayor al doble del espesor de la losa ni mayor a 12".
- **Art. 7.7.1**, indica que para proteger el refuerzo en muros y losas expuestas permanentemente a agua el recubrimiento mínimo debe ser 1 1/2" y 2" respectivamente. Por otro lado cuando estén unidos a elementos estructurales y estén expuestas a tierra permanentemente, el recubrimiento mínimo debe ser 3".
- **Art. 7.12.12.1**, (referido al refuerzo por contracción y temperatura) da las cuantías mínimas de acero, para estructuras en contacto con líquidos, las cuales están en función del grado del refuerzo y el espesor del muro. Para este diseño se utilizará refuerzo grado 60 y espesor de muro menor a 20", por lo que la cuantía mínima correspondiente será 0.3% veces el espesor del muro. Así mismo se indica que el refuerzo mínimo en la losa inferior, en contacto con el suelo, se puede reducir al 50% de la cuantía calculada, del mismo modo que en los muros la losa de fondo tendrá un espesor menor a 20", por lo que la cuantía mínima será de 0.15% veces el espesor de la losa.

7.2.2 Muros

- **Art. 7.12.2.2**, (referido al refuerzo por contracción y temperatura), indica que la cuantía hallada se puede distribuir en varias caras, pero en cada una el área de acero no debe ser menor a 1/3 de la cuantía hallada. Del mismo modo para estructuras en contacto con líquidos, el espaciamiento de las barras no debe ser mayor a 12".

- **Art. 19.2.7**, indica que todos los muros correspondientes a una estructura pueden ser diseñados indistintamente por el método de los esfuerzos admisibles o por el método de resistencia. Así mismo indica que el espesor mínimo del muro debe ser de 4" y el menor diámetro de barra a usarse debe ser 1/2".

En la Norma E.060 no hay restricción respecto al diámetro mínimo a utilizarse y por tratarse de una estructura pequeña se utilizarán barras de 3/8".

- **Art. 19.4.3**, indica que la cuantía mínima de refuerzo a colocar debe ser la mayor entre la indicada en el **Art. 7.12** y 0.28% del área de la sección transversal del muro.

- **Art. 19.4.10**, indica que el espaciamiento de las barras en los muros no debe ser mayor a 12" ni mayor al triple del espesor del muro.

7.2.3 Losas apoyadas sobre suelo

En el **Apéndice H**, Losas sobre Suelo, se denomina slabs on grade a aquellas losas apoyadas directamente sobre suelo firme, de donde se listan los siguientes artículos como guía para el diseño requerido:

- **Art. H.2.3**, indica que se debe diseñar un sistema de drenaje o evaluar otro modo de evitar la erosión de la base de la losa debido a flujo de agua por debajo. Así mismo indica que si el suelo no cuenta con la capacidad portante adecuada para soportar la estructura, se debe de reemplazar el material por uno relleno previamente diseñado.

- **Art. H.3.1**, indica que el espesor mínimo de la losa debe ser de 4".

- **Art. H.4.1**, indica que el acero mínimo en direcciones ortogonales debe ser el indicado en el **Art.7.12**.

- **Art. H.4.4**, indica que el recubrimiento mínimo sobre el refuerzo hasta la superficie de la losa debe ser de 1 1/2". Del mismo modo el recubrimiento mínimo entre el refuerzo y la base de la losa debe ser de 2". Así mismo

cuando el espesor de la losa sea mayor a 8" se deben de asumir los recubrimientos indicados en el **Art. 7.7.1.**



8. DISEÑO DEL SISTEMA CONVENCIONAL

8.1 Descripción de componentes del sistema

8.1.1 Captación

De acuerdo al **Art. 4.2.4** de la **norma OS.010 (Ref. 5)**, en donde se indica, que si se capta agua de manantiales la estructura de captación debe ser tal que permita obtener el máximo rendimiento del afloramiento, por lo que se diseñará la captación con el caudal máximo proporcionado por la fuente (3 l/s).

Se realizó el diseño hidráulico y estructural en concreto armado, de una cámara de captación de un manantial de ladera y concentrado para un caudal de 3 lt/s; constará de tuberías, válvulas y accesorios correspondientes. El abastecimiento hacia la cámara de captación será a partir del afloramiento por intermedio de 8 orificios de $\phi=1\frac{1}{2}$ "; la salida hacia la línea de conducción será de $1\frac{1}{2}$ " y las tuberías de rebose y limpia de $\phi=3$ ".

Adicionalmente se diseñó la canastilla en el ingreso hacia la línea de conducción de $\phi=4$ ", con 47 ranuras de 7x7mm, distribuidas en toda su área lateral.

El fondo de la cámara de captación se ubicará en la cota 541.50m.s.n.m. (0.1m por debajo del inicio de la tubería de conducción).

Adyacente a ella se construirá una caja de válvulas.

La capacidad de la cámara de captación es de 0.72 m³ de capacidad que asegura el abastecimiento de agua en las horas de máxima demanda, el cual representa el 8 % del volumen de almacenamiento del reservorio. Será de 1.00 m x 1.60m de sección y 1.00 m de altura (medidas interiores), los muros, la base y su cubierta, según diseño serán de concreto armado. Adyacente a ella se construirá una caja de válvulas cuya salida será de 2" y rebose y limpia 3" de diámetro; estará ubicado en la cota de terreno 541.35m.s.n.m.

Adicionalmente se construirá losas de concreto armado como cubierta de protección del afloramiento sobre y a los costados del afloramiento. Ver **plano P-7**.

8.1.2 Línea de conducción

La Línea de Conducción ha sido diseñada para conducir un caudal de 0.7 lts/seg. El tipo de tubería a utilizarse será PVC SAP clase 5 de $\phi = 1\ 1/2''$, ya que en ningún punto de la red se excede los 35m de presión estática máxima soportada por esta clase. La longitud total de tubería de conducción es 511.50m. El inicio de la línea de conducción se encuentra en la cota 541.60m y la cota de llegada en la cota 533.38m.

Se verifica además que la velocidad: $Q/A = (0.7 \times 10^{-3}) / ((\pi \times (1.5 \times 0.0254)^2 / 4)) = 0.61\text{ m/s}$, cumple lo estipulado en el **Art. 5.1.2 de la Norma OS.010**; en donde se indica que la velocidad de conducción para no producir erosión ni sedimentación en las tuberías debe ser mayor a 0.6 m/s y menor a 3 m/s.

En el anexo **A-1** se muestra la tabla resumen del análisis realizado en el software WATERCAD. (Ver **plano P-2**).

8.1.3 Reservorio apoyados de 9 m³

Con el fin de asegurar el abastecimiento de agua en las horas de máxima demanda, se diseñó un reservorio apoyado de concreto armado de 9 m³ de capacidad, tendrá 2.30 x 2.30m de sección y 2.00m de altura (medidas interiores), según diseño. El fondo se ubicará en la cota del terreno 533.28m.s.n.m, (0.1m por debajo de la cota de inicio de la tubería de aducción).

Adyacente se construirá una caseta de válvulas del tipo apoyado.

La tubería de abastecimiento, será aquella proveniente de la línea de conducción de $\phi=1\ 1/2''$, la tubería de salida o de aducción será de $\phi=2''$ y las tuberías de rebose y limpia de $\phi=2''$. Para la canastilla, su diámetro será de 10.16cm, con longitud de 30cm, la cual contará con un número de

rendijas igual a 83 und., y área de 0.49cm^2 (para cada rendija). (Ver **plano P-5**).

8.1.4 Equipo de desinfección

No se coloca equipo de desinfección, porque según el Análisis Bacteriológico, y Físico Químico, no amerita la implementación. (Resultado de los análisis en los **anexos A-7 y A-8**).

8.1.5 Línea de aducción

La línea de aducción y la red de distribución han sido diseñadas con el gasto máximo horario 0.83 lts/seg mediante fórmula de Hazen Williams, garantizando la suficiente presión en los distintos puntos de la red. La velocidad de conducción es de 0.41 m/s . El inicio de la tubería de conducción se encuentra en la cota 533.38m.s.n.m .

El tipo de tubería a utilizarse será PVC clase 5, ya que en ningún caso la presión estática excede los 35m de carga hidráulica soportada por esta clase.

La longitud total de la red de aducción es 121.30m ($\phi=2''$).

En el anexo **A-2** se muestra la tabla resumen del análisis realizado en el software WATERCAD. (Ver **plano P-4**).

8.1.6 Red de distribución

Con el objetivo de obtener mayor eficiencia en la redistribución de caudales y debido a la lotización existente en el lugar, la red de distribución se diseñó del tipo cerrada, formando mallas.

La longitud total de tuberías es de 2601.35m . Distribuyéndose, de acuerdo al diámetro de la siguiente manera:

- Redes de Distribución: 159.70 m ($\phi = 3/4''$, indicado en **plano P-9**)
- Redes de Distribución: 325.00 m ($\phi = 1''$, indicado en **plano P-9**)
- Redes de Distribución: 1599.45 m ($\phi = 1\ 1/2''$, indicado en **plano P-9**)

- Redes de Distribución: 364.50 m ($\phi = 2''$, indicado en **plano P-9**)
- Acometidas domiciliarias: 152.70 m ($\phi = 1/2''$, indicado en **plano P-9**)

En el **anexo A-2** se muestra la tabla resumen del análisis realizado en el software WATERCAD.

En la figura 11 se esquematiza la red de distribución y se divide en tramos con el objetivo de indicar la ubicación de las tuberías en la calzada, tal como sigue:

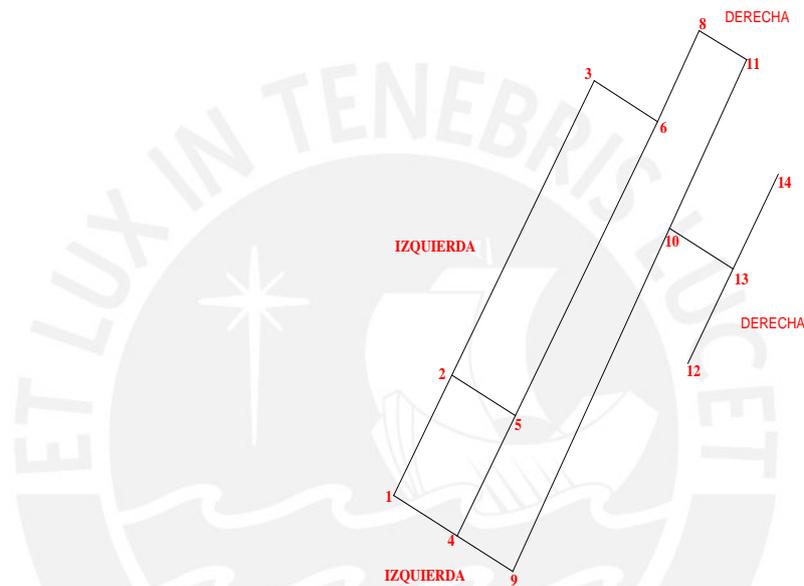


Figura 11

- En el tramo 1-2-3 las tuberías deben ir hacia el lado derecho de la calzada.
- En el tramo 2-5 las tuberías deben ir hacia el lado derecho de la calzada.
- En el tramo 4-1 las tuberías deben ir hacia el lado derecho de la calzada.
- En el tramo 3-6 las tuberías deben ir hacia el lado derecho de la calzada.
- En el tramo 8-11 las tuberías deben ir hacia el lado izquierdo de la calzada.
- En el tramo 9-4 las tuberías deben ir hacia el lado derecho de la calzada.

- En el tramo 4-5-6-8 las tuberías deben ir hacia el lado izquierdo de la calzada.
- En tramo 9-10-11 las tuberías deben ir hacia el lado derecho de la calzada.
- En el tramo 10-13 las tuberías deben ir hacia el lado izquierdo de la calzada.
- En el tramo 12-13-14 las tuberías deben ir hacia el lado izquierdo de la calzada.

En el artículo 6.3.3 de la **Norma OS.050 (Ref. 40)**, se indica que la tubería debe ubicarse a una distancia máxima de 1.20 m desde el límite de propiedad hasta el eje del ramal. Por lo que en todos los casos se usará 1.20m como distancia para la ubicación de la red en la calzada.

En el mismo artículo la norma contempla como recubrimiento mínimo 0.3m en zonas sin acceso vehicular, pero por recomendaciones dadas en diversos textos referidos a diseño de sistemas de agua potable en zonas rurales se usará como recubrimiento mínimo en todas las tuberías 0.80m.

Respecto a las acometidas domiciliarias, se considerará sólo 1.5m a partir del límite de propiedad, no se contempla hasta la ubicación de cada vivienda en el lote correspondiente, puesto que en la mayoría de los casos las viviendas se encuentran muy alejadas de la red. (Ver **plano P-4**).

8.1.7 Piletas Domiciliarias

Teniendo en cuenta que es una población de extrema pobreza, el diseño considera conexiones domiciliarias con piletas. Por ello se contempla la instalación de 49 conexiones domiciliarias con el objetivo de abastecer de agua al total de las viviendas habitadas. Las piletas constarán de tubería, válvulas y accesorios de $\frac{1}{2}$ ", además tendrán un pozo de percolación para las aguas servidas, el cual estará relleno de grava clasificada $\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$ ". (Ver **plano P-9**).

8.2 Especificaciones Técnicas del Acero, Concreto, Tuberías y Encofrados

a) Acero $f_y=4200\text{kg/cm}^2$.- El tipo de acero contemplado en el diseño, es aquel que cumpla con alguna de las siguientes normas: Norma Peruana ITINTEC 341.031-A-42 Acero Grado 60 o Norma ASTM A615. Grado 60. De acuerdo a ello, los aceros a usarse deben de tener las siguientes características:

- Grado 60.
- Esfuerzo de fluencia (f_y), mínimo 4200 kg/cm^2 .
- Esfuerzo máximo o último mínimo (f_u) 6300 kg/cm^2 .
- $E_s = 2 \times 10^6\text{ kg/cm}^2$.
- Deformación en el inicio de la fluencia $\varepsilon_y = 0.0021$
- Deformación de rotura mayor a 30-40 veces la deformación de fluencia.
- Elongación a la rotura entre 7-9%.
- Coeficiente de dilatación $11 \times 10^{-6}\text{ }1/^\circ\text{c}$.

Para que haya adherencia adecuada entre el concreto y el acero, este último debe estar limpio; es decir libre de polvo, pintura, óxido, grasa o cualquier otra material que disminuya su adherencia.

b) Concreto.- Para toda la estructura se contempló concreto $f_{ac}=175\text{ kg/cm}^2$, el cual es una mezcla de agua, cemento, arena y piedra preparada en una mezcla mecánica, cuyo máximo diámetro debe ser $\frac{3}{4}$ ". Las armaduras de acero serán embebidas en el concreto de acuerdo a especificaciones en planos. En un clima cálido se recomienda que la relación agua cemento sea de 0.6.

Los materiales a usarse en la elaboración del concreto son los siguientes:

- El cemento deberá ser del tipo PORTLAND; la calidad de dicho cemento Portland deberá ser equivalente a la de las Especificaciones ASTM-C-150, AASHTO M-85, clase I. El cemento a utilizarse debe estar fresco, libre de humedad.
- El uso de aditivos retardantes deberá realizarse únicamente si el clima en el día del vaciado, perjudica el normal fraguado del concreto. Todos los aditivos

deberán ser medidos con una tolerancia de tres por ciento (3%) en mas o menos, antes de echarlos a la mezcladora.

- El agregado fino será arena natural proveniente de las playas del Río Tsoroja. Será limpio, libre de impurezas, sales y sustancias orgánicas.
- Para el agregado grueso se utilizarán piedras naturales del Río Tsoroja con diámetro menor a $\frac{3}{4}$ ". Con resistencia última mayor a la del concreto en el que se emplee, químicamente estable, durable, sin materias extrañas y orgánicas, adheridas a su superficie. El tamaño máximo del agregado grueso, no deberá exceder los $\frac{2}{3}$ del espacio libre entre barras de refuerzo.
- El agua a utilizarse para preparar y curar el concreto deberá ser aquel proveniente del Río Tsoroja o de alguno de los varios manantiales cercanos a la zona de la obra. El agua potable no requiere ser sometida a pruebas de minerales nocivos o materias orgánicas. No deberá contener sales como cloruro de sodio en exceso de tres (3) partes por millón, ni sulfatos de sodio en exceso de dos (2) partes por millón.

c) Solado $e=4\text{cm}$.- Este concreto estará compuesto por 70% de concreto simple $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ y un 30% de piedra mediana, cuyo tamaño podrá fluctuar de $\frac{3}{4}$ " a 2", dependiendo de las dimensiones del elemento en el que se vaya a utilizar.

d) Encofrado y Desencofrado.- Esta partida comprende el suministro, ejecución y colocación de las formas de madera y/o metal necesarias para el vaciado del concreto de los diferentes elementos que conforman las estructuras y el retiro del encofrado en el lapso que se establece más adelante.

Se podrán emplear encofrados de madera o metal. Los alambres que se empleen para amarrar los encofrados, no deberán atravesar las caras del concreto que queden expuestas en la obra terminada. En general, se debe unir los encofrados por medio de pernos que puedan ser retirados posteriormente.

Los encofrados deberán ser suficientemente rígidos como para evitar la pérdida de verticalidad y alineamiento durante las operaciones de colocación y además ser perfectamente herméticos para evitar las pérdidas de pasta y mortero.

Los encofrados sugeridos a utilizarse en este trabajo de tesis, deberán ser de madera nueva (hasta 05 usos) y estar tratados o cubiertos para evitar deterioros químicos en el concreto. El tipo de la madera debe ser de la zona montaña, tornillo o similar, proporcionada por los mismos pobladores de Tsoroja.

Los encofrados antes de recibir el concreto deberán tratarse con vaselina fina y refinada o aceites minerales refinados, además estarán libres de restos de mortero pastas u otros materiales extraños.

Los encofrados serán convenientemente humedecidos antes de depositar el concreto y sus superficies interiores debidamente lubricadas para evitar la adherencia del mortero.

- e) Filtro de Grava.- El agregado a usarse como filtro debe ser aquel proveniente del Río Tsoroja, sus dimensiones deben estar entre 1/4" y 1/2". Así mismo debe estar limpio de materia orgánica, con preferencia debe ser de naturaleza ígnea.
- f) Tuberías Clase 5 y Accesorios PVC – SAP.- El tipo de tubería a utilizarse para todo el sistema será PVC clase 5, ya que en ningún caso la presión estática excede los 35m de carga hidráulica soportada por esta clase. Serán de policloruro de vinilo no plastificados (PVC) de la clase pesada (SAP). Las tuberías se ajustarán a la Norma Técnica Peruana NTP ISO 4422-2007.

Toda tubería de agua que cruce ríos, líneas férreas o alguna instalación especial, necesariamente deberá contar con un diseño específico, que contemple básicamente la protección que requiera la tubería.

Las zanjas requeridas serán de 0.6 x 0.8m, cuyo fondo previamente deberá refinarse y conformarse para luego colocar una cama de apoyo para las tuberías la cual tendrá un espesor no menor de 0.10 m, y deberá cubrir la tubería, la cual será compactada o acomodada (en caso de gravilla). El material a utilizarse será específicamente arena gruesa o gravilla, que cumpla con las características exigidas como material selecto a excepción de su granulometría. El relleno o la cobertura de la zanja deberá ser de material propio de la zanja, que deberá ser colocada en capas de 0.20m compactadas.

g) Mampostería.- Se usará concreto ciclópeo $f'c=140\text{kg/cm}^2 + 70\%PM$. Los muros serán ejecutados con piedra de la cantera natural, proporcionada por el Río Tsoroja.

Antes de construir la mampostería, el terreno de fundación deberá estar bien nivelado y compactado. Las excavaciones para las fundaciones deberán estar de acuerdo con los detalles indicados en los planos. Para construir las fundaciones primero se emparejará el fondo de la excavación con mortero pobre 1:8 en un espesor de 5 cm. sobre el que se construirá la mampostería de fundación con piedra bruta de dimensiones mínimas de 40 x 40 cm., asentadas con mortero de cemento y arena 1:6, cuidando que exista una adecuada trabazón sin formar planos de fractura vertical ni horizontal.

Antes de asentar cualquier piedra, deberá humedecerse bien y estar húmeda la plantilla o las piedras sobre las que se coloque el mortero. Las piedras se juntarán con mortero recién preparado en la misma proporción (1:6), el cual deberá llenar completamente las juntas. Estas no deberán ser de más de cuatro (4) ni menos de dos (2) centímetros de espesor.

Las piedras se asentarán teniendo cuidado de no aflojar las ya colocadas.

En el caso de que una piedra se afloje o quede mal asentada o se abra una de las juntas, dicha piedra será rechazada, después de quitar el mortero del lecho y de las juntas; se volverá a asentar con mortero nuevo, humedeciendo perfectamente el sitio de asiento. No se deberán usar lajas ni calzas en ninguna parte de la mampostería. El amarre de las piedras y las juntas verticales se hará colocando las piedras alternadamente de manera que formen un entramado que le de solidez a la obra. Las piedras ocuparán por lo menos el 70% del volumen de la mampostería y serán escogidas, labradas y colocadas de manera que resistan las presiones normales a las cuales se estima que pueda ser sometida la mampostería formada por ellas.

El entallado se hará después que el mortero de la mampostería expuesta a la intemperie, se cubra con una capa de mortero de las mismas proporciones a las del mortero de la mampostería y con un espesor mínimo de un (1) cm. El coronamiento se terminará dándole una pendiente no menor del 2% para que no se acumule agua sobre la superficie. Una vez terminado se curará durante tres (3) días.

8.3 Diseño Hidráulico

8.3.1 Cámara de Captación

Para hallar el ancho de la pantalla de descarga (agua proveniente del afloramiento), se hará el análisis hidráulico teniendo como referencia gráfica la Figura 12.

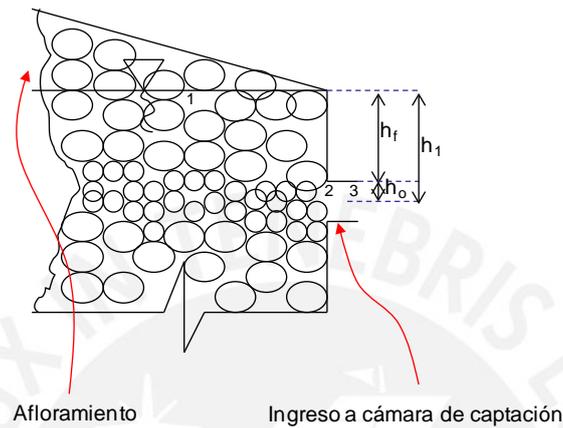


Figura 12

El coeficiente de descarga (C_d) depende del tipo de descarga. Por ello en diversos textos de consulta se define como boquilla, a aquella abertura cuya pared que atraviesa es mayor al doble del diámetro. Por tanto en este diseño dicha abertura tiene que ser considerada como boquilla. De acuerdo al artículo "Los Diferentes Tipos de Boquillas" (**Ref. 34**), el coeficiente de descarga medio es de 0.82.

Siendo:

C_v : coeficiente de velocidad.

C_c : coeficiente de contracción.

C_d : coeficiente de descarga.

V_1 : velocidad en la superficie libre.

V_2 : velocidad de ingreso al agujero de descarga.

V_3 : velocidad del chorro o de descarga.

h_f : carga hidráulica considerada sobre el borde superior del agujero de descarga.

h_o : carga hidráulica igual al diámetro del agujero dividida entre 2.

Se hará el análisis para un agujero con diámetro de ingreso y descarga constante. Y se Usará como nivel de referencia el plano horizontal que pasa por el eje del agujero.

Por el principio de conservación de la energía se tiene:

$$\frac{P_1}{g} + \frac{V_1^2}{2g} + h_1 - \left(\frac{1}{C_v^2} - 1 \right) \frac{V_3^2}{2g} = \frac{P_3}{g} + \frac{V_3^2}{2g} + h_3$$

Considerando:

- $P_1 = P_3 = P_{atm}$ $V_1 = 0$ $h_3 = 0$
se obtiene: $h_1 = \frac{1}{Cv^2} \cdot \frac{V_3^2}{2g}$ **(a)** (pérdida de energía)
- Por continuidad: $Q_2 = Q_3$ además,
- $Q_3 = A_3 \times V_3$ (sabiendo que $A_3/A_2 = Cc$ ó despejando $A_3 = A_2 \times Cc$)

Entonces, $Q_3 = (A_2 \times Cc) \times V_3$, elevando al cuadro se obtiene: $Q_3^2 = A_2^2 \times Cc^2 \times V_3^2$

$$V_3^2 = \frac{Q_3^2}{A_2^2 \times Cc^2} \quad \textbf{(b)} \quad \text{(velocidad del chorro a la salida del agujero)}$$

Reemplazando (b) en (a):

$$h_1 = \frac{Q_3^2}{A_2^2 \times Cd^2 \times 2 \times g} \quad \textbf{(c)} \quad \text{Despejando } A_2, \text{ se obtiene:}$$

$$A_2^2 = \frac{Q_3^2}{h_1 \times Cd^2 \times 2 \times g} \quad \textbf{(d)} \quad \text{(área del agujero en el ingreso)}$$

- Por continuidad $Q_2 = Q_3$ entonces $A_2 \times V_2 = A_3 \times V_3$ y $A_3/A_2 = Cc$ entonces:

$$V_2^2 = Cc^2 \times V_3^2 \quad \textbf{(e)} \quad \text{(velocidad en el ingreso del agujero en función del coeficiente de contracción y velocidad del chorro de descarga)}$$

- Reemplazando (e) en (a) se obtiene que:

$$V_2 = Cd \times (2 \times g \times h_1)^{0.5} \quad \textbf{(f)} \quad \text{(velocidad en ingreso del agujero en función del coeficiente de descarga y carga disponible)}$$

- $g := 9.81 \text{ m/s}^2$ Aceleración gravitatoria
- $Cd := 0.82$ Coeficiente de descarga
- $h_1 := 0.42 \text{ m}$ Altura o carga asumida sobre el centro del orificio desde el nivel de la superficie del agua.
- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ Aceleración gravitatoria
- $Q = 3 \text{ l/s}$ Caudal proporcionado por la fuente

de la ecuación (d), el área mínimo del agujero requerido para descargar los 3 l/s proporcionado por la fuente, con una carga hidráulica de 0.4m es:

$$A_2 := \left[\frac{(Q \cdot 10^{-3})^2}{h_1 \cdot C_d^2 \cdot 2 \cdot g} \right]^{0.5}$$

El diámetro de agujero requerido es de:

$$D_2 := \left(4 \cdot \frac{A_2}{\pi} \right)^{0.5} \cdot 100 \quad D_2 := \text{round}(D_2, 2) \quad D_2 = 4.03 \quad \text{cm}$$

De la tabla III.1 del documento "Estudio y Patronamiento de Boquillas" (Ref. 12), se desprende que para boquillas rectas con vena adherida, el Cd medio es de 0.82, Cv medio es de 0.82 y Cc medio es de 1.0, por lo tanto:

De la ecuación (e), la velocidad de ingreso al agujero es:

$$V_2 := C_d \cdot (2 \cdot g \cdot h_1)^{0.5} \quad V_2 = 2.354 \quad \text{m/s}$$

El análisis anterior es conservador, ya que se hizo considerando la descarga por boquillas rectas. Si las boquillas fueran del tipo cónico divergentes, el coeficiente de descarga aumentaría y el coeficiente de velocidad disminuiría. Por lo que para este análisis se asumirá la máxima velocidad que podría adquirir el chorro, que es la velocidad teórica (Cv = 1). Por lo tanto:

$$C_v := 1 \quad V_3 := C_v \cdot V_2 \quad V_3 = 2.354 \quad \text{m/s}$$

Sin embargo, Agüero (Ref. 7), sugiere que la velocidad del chorro de descarga sea ser menor a 0.6 m/s, (esto es debido a que mientras mayor sea la velocidad, el chorro tendrá mayor alcance en el sentido horizontal). Entonces se asumirá como velocidad de ingreso al agujero 0.5 m/s entonces:

$$V_{2\text{asumida}} := 0.5 \quad \text{m/s}$$

$$Q := 3 \quad \text{l/s} \quad \text{Caudal máximo proporcionado por la fuente}$$

$$A_2 := \frac{Q}{C_d \cdot V_{2\text{asumida}}} \cdot 10^{-3} \quad A_2 := \text{round}(A_2, 4) \quad A_2 = 7.3 \times 10^{-3} \quad \text{m}^2$$

$$D_2 := \left(4 \cdot \frac{A_2}{\pi} \right)^{0.5} \cdot 100 \quad D_2 := \text{round}(D_2, 2)$$

$$D_2 = 9.64 \quad \text{cm} \quad \text{Diámetro calculado en el ingreso del agujero de descarga.}$$

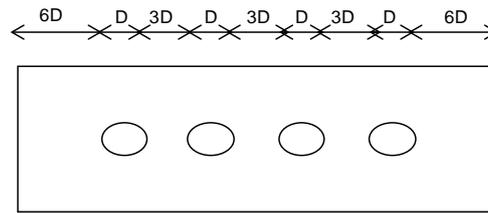
Como se mencionó anteriormente el diámetro asumido de los agujeros de descarga es de 1 1/2" entonces:

$$D_{\text{elegido}} := 3.81 \quad \text{cm}$$

El número de orificios se calcula de la siguiente forma:

$$N_{\text{orificios}} := \left(\frac{D_2}{D_{\text{elegido}}} \right)^2 + 1 \quad N_{\text{orificios}} = 7.402 \quad N_{\text{orificios}} := \text{Ceil}(N_{\text{orificios}}, 1) \quad N_{\text{orificios}} = 8 \quad \text{und.}$$

Del mismo modo, Agüero (Ref. 7), sugiere que el ancho de la pantalla de descarga debe tener la siguiente configuración:



D: diámetro de agujero de descarga

Fuente: "Agua Potable para Poblaciones Rurales (Ref.7), pág. 42.

Figura 13

$$b := 2 \cdot 6 \cdot \text{Delegido} + N_{\text{orificios}} \cdot \text{Delegido} + 3 \cdot \text{Delegido} \cdot (N_{\text{orificios}} - 1) \quad b_{\text{sumida}} := \text{Round}(b, 2)$$

b = 156 cm Se asume la longitud de la pantalla: basumida := 160 cm

Para hallar el ancho de la cámara húmeda, deberá calcularse primero la distancia máxima para un chorro de agua desde la salida de un agujero de descarga. Siendo conocidos el diámetro de cada agujero, (1 1/2"), y el coeficiente de velocidad, 0.985, y teniendo como referencia gráfica la Figura 14, se procede como sigue:

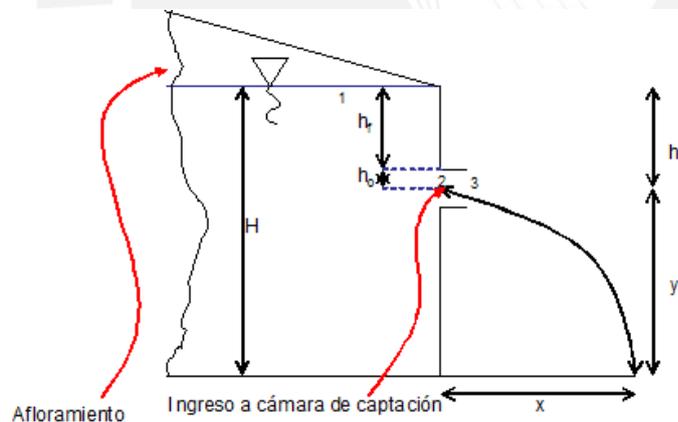


Figura 14

De utilizar el teorema de Torricelli y de relaciones experimentales se sabe que:

$$C_d = \frac{Q_{\text{real}}}{Q_{\text{teórico}}} \quad \text{coeficiente de descarga} \quad C_v = \frac{V_{\text{real}}}{V_{\text{teórico}}} \quad \text{coeficiente de velocidad}$$

$$C_c = \frac{A_{\text{real}}}{A_{\text{teórico}}} \quad \text{coeficiente de contracción} \quad \text{y} \quad C_d = C_v \cdot C_c$$

La ecuación de trayectoria del chorro se define por: $y = \frac{gx^2}{2v_3^2}$

$$\text{Despejando } x = v_3 \cdot \frac{(2y)^{0.5}}{(g)^{0.5}} \text{ entonces } x = C_v \cdot v_2 \cdot \frac{(2y)^{0.5}}{(g)^{0.5}} \dots\dots(1)$$

Sabiendo que:

- $y=0.4681$ m aprox.
- $v_2=0.5$ m/s y habiendo asumido $C_v=1$ entonces:
 $v_3=C_v \cdot v_2= 1.0 \cdot 0.5=0.50$ m/s

Reemplazando lo anterior en (1) se obtiene que : $x = 0.15$ m

Considerándose además, que la canastilla no debe estar al alcance del chorro de agua y que según Agüero (**Ref. 7**), la longitud de la canastilla debe estar comprendida en el intervalo [3-6] veces el diámetro de la tubería de conducción, adicionalmente brindándosele una longitud de 0.4m, se obtendría ($0.18+0.3+0.4=0.88$ m), por lo que:

Se asume la longitud transversal de la cámara de captación: $L_c := 1.00$ m

8.3.2 Dimensionamiento de la Tubería de Conducción

En el capítulo 5 de la Norma OS.010 (**Ref. 5**), se indica que la tubería debe ser capaz de conducir por lo menos el Q_{md} , a una velocidad no menor de 0.6m/s ni mayor de 3m/s, para esta verificación se utilizó el software WATERCAD, asignando un caudal de conducción de 0.7l/s (mayor al $Q_{md}=0.43$ l/s) con el objetivo de lograr en las tuberías una velocidad mayor a 0.6m/s. Para ello se definió un diámetro de 1 1/2" a lo largo de los 511.50m de tubería de conducción, con el que se obtuvo una velocidad en las tuberías de 0.61 m/s.

Ninguna norma impone restricción alguna respecto a la presión mínima de descarga en la tubería de conducción, pero algunos textos sugieren que al menos la energía de descarga sea de 1m. Debido a la topografía y el poder cumplir con la exigencia de la norma OS.010 (respecto a la velocidad mínima), y considerando la configuración de tuberías definida en planos se obtuvo como presión de descarga 1.70m.

Para el modelado en el software WATERCAD se tuvieron las siguientes consideraciones:

- Reservorio de ingreso R-1.

- Tuberías de PVC enumeradas consecutivamente desde t-1 hasta t-26, todas de PVC con coeficiente de rugosidad $C=140$.
- De t-1 a t-26 el diámetro asignado fue de 1 1/2".
- El caudal demandado 0.7 l/s se colocó en el nudo Z.
- Las pérdidas menores de carga de acuerdo a la tabla 4 del apéndice del texto "Mecánica de los Fluidos e Hidráulica" (Ref. 9), asignadas fueron:

- + $K=1$ tubería entrante.
- + $K=1$ descarga tubería a reservorio.
- + $K=0.2$ para todas las uniones de tubería

Considerando esos coeficientes de pérdida la energía de descarga es de 1.70m, y sin considerar pérdidas es de 1.71m. Para ver el cuadro por tubería, longitud, diámetro, rugosidad, pérdida de carga etc., ver **Anexo A-1**.

- Para evitar futuras fugas, se consideró en el nudo L (ver **plano P-2**), un dado de concreto de dimensiones 0.4x0.4x0.6m debido a que en ese nudo las tuberías forman un ángulo de casi 90°. Sería innecesario el diseño de tal dado puesto que el concreto a corte sin refuerzo resiste V_c : $V_c=0.53 \times (f'c)^{0.5} \times \text{base} \times \text{peralte efectivo}$, si se considera $f'c=140\text{kg/cm}^2$ entonces $V_c=10\text{Ton}$.

Para el dimensionamiento de la canastilla a colocarse en el ingreso de la tubería de Conducción, se usará el diámetro definido:

$$D_{\text{tubconduccion}} := 3.81 \quad \text{cm}$$

$$A_{\text{tubconduccion}} := \frac{\pi D_{\text{tubconduccion}}^2}{4} \quad A_{\text{tubconduccion}} := \text{round}(A_{\text{tubconduccion}}, 2)$$

$$A_{\text{tubconduccion}} = 11.4 \quad \text{cm}^2$$

Se asume que el diámetro de la canastilla será el doble de la tubería de conducción:

$$D_{\text{canastilla}} := 2 \cdot D_{\text{tubconduccion}} \quad D_{\text{canastilla}} = 7.62 \quad \text{cm} \quad \text{diám. de canastilla}$$

Por lo tanto el diámetro de la canastilla es de 3".

La longitud asumida de la canastilla asumida es:

$$L_{\text{canastilla}} := 30 \quad \text{cm}$$

Se define arbitrariamente las dimensiones de ranura como sigue:

$$x := 7 \text{ mm} \quad y := 7 \text{ mm} \quad \text{Aranura} = 0.49 \text{ cm}^2$$

En el libro "Agua Potable para Poblaciones Rurales" (Ref. 7), sugieren que el área total de las ranuras deber ser igual al doble del área de la tubería de conducción, del mismo modo sugieren que el área total no debe exceder al 50% del área lateral de la canastilla; de donde se tiene:

$$A_{\text{totalranuras}} := 2 \cdot A_{\text{tubconduccion}} \quad A_{\text{totalranuras}} := \text{round}(A_{\text{totalranuras}}, 2) \quad A_{\text{totalranuras}} = 22.8 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{lateralcanastilla}} := \frac{\pi \cdot D_{\text{canastilla}} \cdot L_{\text{canastilla}}}{2} \quad A_{\text{lateralcanastilla}} := \text{round}(A_{\text{lateralcanastilla}}, 2)$$

$$A_{\text{lateralcanastilla}} = 359.08 \text{ cm}^2$$

El número total de ranuras se halla de la siguiente forma:

$$N^{\circ}\text{totalranuras} := \frac{A_{\text{totalranuras}}}{\text{Aranura}} \quad N^{\circ}\text{totalranuras} := \text{round}(N^{\circ}\text{totalranuras}, 0) \quad N^{\circ}\text{totalranuras} = 47 \text{ und.}$$

Para hallar las dimensiones de la tubería de rebose y limpia se usará la fórmula de Hazen Williams: $V=0.8494.C.R^{0.63}.s^{0.54}$

se puede reescribir de la siguiente forma: $D=0.71.Q^{0.38}.s^{0.21}$

Teniendo en cuenta las unidades: - Q (l/s) - s (m/m) - C (pie^{1/2}/seg) - D (pulg)

$s_s := 0.015$ Pendiente recomendada (Ref. 7).

$$D_{\text{tubrebose}} := \frac{0.71 \cdot Q^{0.38}}{s^{0.21}} \quad D_{\text{tubrebose}} := \text{round}(D_{\text{tubrebose}}, 2)$$

$$D_{\text{tubrebose}} = 2.6 \text{ pulg.} \quad D_{\text{tubreboseelegida}} := 3.0 \text{ pulg.}$$

En la Figura 15, se muestra gráficamente la altura de la cámara húmeda, definida según Agüero (Ref. 7):

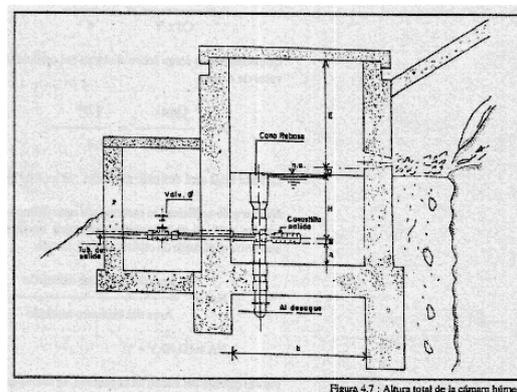


Figura 15

Fuente: "Agua Potable para Poblaciones Rurales" (Ref. 7), pág. 42

Conocidos Qmd y área de la tubería de conducción:

$Q_{md} = 0.43$	l/s	Gasto máximo diario.
$A_{\text{tubconduccion}} = 11.4$	cm ²	
$A := 0.10$	m	Se considera una altura mínima de 10cm que permita la sedimentación de partículas.
$B := \frac{D_{\text{canastilla}}}{2 \cdot 100}$	B = 0.038 m	Se considera la mitad del diámetro de la canastilla de salida.

El mismo autor sugiere que la altura mínima de agua, para facilitar el paso sea de 30cm (Hasumida). Así mismo para evitar que la descarga proveniente del afloramiento hacia la cámara de captación no sea del tipo ahogada se debe considerar un desnivel (D) mínimo de 3cm y un borde libre (E) de por lo menos 10cm. Entonces:

Hasumida := 0.4	m	Asumida
D := 0.03	m	Asumida
E := 0.3	m	Asumida
$H_{\text{total}} := A + B + \text{Hasumida} + D + E$		$H_{\text{total}} = 0.868$ m
Se asume una altura de la cámara de captación igual a:		$H_{\text{total}} := 1.00$ m

8.3.3 Reservorio Apoyado

En el capítulo 4 de la Norma OS.030 (Ref. 6), se indica que el volumen del reservorio de almacenamiento debe contemplar el volumen de reserva, mas un volumen contra incendio, mas un volumen de reserva.

De acuerdo al artículo 4.1, para el volumen de regulación, cuando no se cuente con el diagrama masa, correspondiente a la variación horaria, se debe de adoptar como mínimo el 25% del promedio anual de la demanda como capacidad de regulación, siempre que el suministro de la fuente de abastecimiento sea calculado para 24 horas de funcionamiento. No se considera volumen contra incendio ni volumen de reserva, porque este sistema ha sido diseñado teniendo una fuente continua de abastecimiento de agua (el manantial de ladera).

Cabe indicar que en documentos obligatorios de consulta tal como: "La Guía para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Saneamiento Básico en el Ámbito Rural, a Nivel de Perfil del Sistema Nacional de Inversión Pública - Ministerio de Economía y Finanzas" (Ref. 3), queda definida como población rural

aquella que tenga mas de 200 y menos de 2000 habitantes y en todos los casos que se trate de poblaciones rurales se diseña considerando únicamente el volumen de regulación.

Además en la localidad de Tsoraja, existen otras fuentes menores de agua, tales como riachuelos e incluso el río Tsoraja que se encuentra en promedio a 100m de la población. En base a ello el cálculo del volumen se traduce como sigue:

$$Q_{md} = 0.43 \quad \text{l/s}$$

$$P_f = 412 \quad \text{habitantes}$$

$$d = 70 \quad \text{l/hab/día}$$

Se asumirá el 32% del consumo promedio anual de la demanda para 24 horas de funcionamiento, teniendo en cuenta que en realidad no todo el volumen calculado es utilizado ya que un porcentaje de éste, queda siempre por debajo del ingreso a la tubería de aducción (10cm por debajo, tal como se puede observar en el plano **P-06**). Por lo tanto:

$$Vol_m := d \cdot P_f \cdot 10^{-3} \quad \text{Consumo promedio diario anual.}$$

$$Vol_m = 28.84 \quad m^3$$

$$Vol_{asumido} := 0.32 \cdot Vol_m \quad Vol_{asumido} := \text{round}(Vol_{asumido}, 2)$$

$$Vol_{asumido} = 9.23 \quad m^3$$

Finalmente se optó por conveniente que el vol. del reservorio sea de 9m³; por lo tanto:

$$Vol_{reservorio} := 9 \quad m^3$$

Para el dimensionamiento de la canastilla a colocarse en el ingreso de la tubería de aducción, se usará el diám. definido luego en el análisis realizado en el WATERCAD :

$$D_{tubaducción} := 5.08 \quad \text{cm}$$

$$A_{tubaducción} := \frac{\pi D_{tubaducción}^2}{4} \quad A_{tubaducción} := \text{round}(A_{tubaducción}, 2)$$

$$A_{tubaducción} = 20.27 \quad \text{cm}^2$$

Se asume que el diámetro de la canastilla será el doble de la tubería de conducción:

$$D_{canastilla} := 2 \cdot D_{tubaducción} \quad D_{canastilla} = 10.16 \quad \text{'cm 'diám. de canastilla}$$

Por lo tanto el diámetro de la canastilla es de 4".

La longitud asumida de la canastilla asumida es: $L_{canastilla} := 30 \quad \text{cm}$

Se define arbitrariamente las dimensiones de cada ranura como sigue:

$$x := 7 \text{ mm} \quad y := 7 \text{ mm} \quad \text{Aranura} := x \cdot y \cdot 10^{-2} \quad \text{Aranura} = 0.49 \text{ cm}^2$$

Agüero (Ref. 7), sugiere que el área total de las ranuras deber ser igual al doble del área de la tubería de conducción y que el área total no debe exceder al 50% del área lateral de la canastilla; de donde se tiene:

$$A_{\text{totalranuras}} := 2 \cdot A_{\text{tubaducción}} \quad A_{\text{totalranuras}} := \text{round}(A_{\text{totalranuras}}, 2)$$

$$A_{\text{totalranuras}} = 40.54 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{lateralcanastilla}} := \frac{\pi \cdot D_{\text{canastilla}} \cdot L_{\text{canastilla}}}{2} \quad A_{\text{lateralcanastilla}} := \text{round}(A_{\text{lateralcanastilla}}, 2)$$

$$A_{\text{lateralcanastilla}} = 478.78 \text{ cm}^2$$

Fácilmente se puede hallar el número total de ranuras de la siguiente forma:

$$N^{\circ}\text{totalranuras} := \frac{A_{\text{totalranuras}}}{\text{Aranura}} \quad N^{\circ}\text{totalranuras} := \text{round}(N^{\circ}\text{totalranuras}, 0)$$

$$N^{\circ}\text{totalranuras} = 83 \quad \text{número total de ranuras}$$

Para hallar las dimensiones de la tubería de rebose y limpia se usará la fórmula

$$\text{de Hazen Williams:} \quad V = 0.8494 \cdot C \cdot R^{0.63} \cdot s^{0.54}$$

$$\text{se puede reescribir de la siguiente forma:} \quad D = \frac{0.71 \cdot Q^{0.38}}{s^{0.21}}$$

Sabiendo que:

- Q (l/s)
- C (pie^{1/2}/seg)
- s (m/m)
- D (pulg)

$$s := 0.015$$

Pendiente recomendada libro: Agua Potable para Poblaciones Rurales (1-1.5%)

$$D_{\text{tubrebose}} := \frac{0.71 \cdot 0.7^{0.38}}{0.015^{0.21}}$$

$$D_{\text{tubrebose}} := \text{round}(D_{\text{tubrebose}}, 2)$$

$$D_{\text{tubrebose}} = 1.5 \text{ pulg.}$$

$$D_{\text{tubrebose elegida}} := 2.0 \text{ pulg.} \quad \text{Diámetro de la tubería de rebose.}$$

8.3.4 Tubería de Aducción y Red de Distribución

Para el dimensionamiento, verificación de presión y velocidad en las tuberías se usó el software WATERCAD. Ver **anexo A-2**.

8.4 Diseño Estructural

8.4.1 Reservorio

En base al volumen hallado de 9m³, se definieron las siguientes dimensiones interiores:

$$\begin{aligned} \text{Largo} &:= 2.3 \quad \text{m} & \text{Ancho} &:= 2.3 \quad \text{m} & \text{Hagua} &:= 1.70 \quad \text{m} \\ \text{Bordelibre} &:= 0.30 \quad \text{m} & \text{Htotal} &:= 2.00 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Para el diseño de la losa de cubierta, se asume una losa de 10cm de espesor y se halla la carga de diseño de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} W_{\text{muerta}} &:= 0.10 \cdot 2.4 & W_{\text{muerta}} &= 0.24 \quad \text{Ton/m/m} \\ W_{\text{viva}} &:= 1 \cdot 0.10 & W_{\text{viva}} &= 0.1 \quad \text{Ton/m/m} & \text{Sobrecarga asumida.} \\ W_u &:= 1.4 \cdot 0.24 + 1.7 \cdot 0.1 & W_u &= 0.506 \quad \text{Ton/m/m} \end{aligned}$$

Considerando que se encuentra simplemente apoyada en todos sus bordes y usando la tabla 13.2 del método de coeficientes de la Norma E.060 (Ref. 38):

$$M_u := 0.036 \cdot W_u \cdot 2.50^2 \quad M_u = 0.114 \quad \text{Ton-m/m}$$

En el cálculo del refuerzo se usará (como se supuso inicialmente), una losa de 10cm de espesor y se procederá como sigue:

$$d := 7 \quad \text{cm} \quad f_c := 175 \quad \text{kg/cm}^2 \quad f_y := 4200 \quad \text{kg/cm}^2 \quad \phi := 0.9$$

$$M_u := 0.114 \cdot 10^5 \quad \text{kg-cm} \quad K_u := \frac{M_u}{b \cdot d^2} \quad K_u = 1.491$$

$$w := \frac{1}{1.18} - \frac{1}{1.18} \cdot \left(1 - \frac{2.36 \cdot K_u}{\phi \cdot f_c} \right)^{0.5} \quad w = 9.522 \times 10^{-3}$$

$$\rho := w \cdot \frac{f_c}{f_y} \quad A_s := \rho \cdot b \cdot d \quad A_s = 0.433 \quad \text{cm}^2$$

El cálculo del acero mínimo por retracción y temperatura se hará de acuerdo al Art. 9.7.2 de la Norma E.060 (Ref. 38):

$$A_{s\text{min}} := \frac{0.18}{100} \cdot 100 \cdot 10 \quad A_{s\text{min}} = 1.8 \quad \text{cm}^2$$

Se usarán $\phi 3/8'' @ .30 \text{ m}$ en cada cara y ambas direcciones ortogonales.

Para el diseño de la losa de fondo, se asumirá una losa de 20cm de espesor, por lo que la carga de diseño se halla de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} W_{\text{muerta}} &:= 0.20 \cdot 2.4 & W_{\text{muerta}} &= 0.48 \quad \text{Ton/m}^2 \\ W_{\text{agua}} &:= 1 \cdot 1.70 & W_{\text{agua}} &= 1.7 \quad \text{Ton/m}^2 \\ W_u &:= 1.3 \cdot (1.4 \cdot 0.48 + 1.4 \cdot 1.70) & W_u &= 3.968 \quad \text{Ton/m}^2 & 1.3: \text{coef. de durabilidad} \end{aligned}$$

Considerando que se trata de una placa flexible (sin aporte del suelo, situación crítica) y que todos los bordes se encuentran empotrados por efecto de los muros y usando la tabla 13.1 para momentos negativos. y 13.2 para momentos positivos del método de coeficientes de la Norma E.060 (Ref. 38), se tiene:

Momento negativo:

$$d := 14 \text{ cm} \quad M_{neg} := 0.045 \cdot W_u \cdot 2.5^2 \quad M_{neg} = 1.116 \text{ Ton-m}^2$$

$$M_u := 1.116 \cdot 10^5 \text{ kg-cm} \quad f_c := 175 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y := 4200 \text{ kg/cm}^2 \quad \phi := 0.9$$

$$K_u := \frac{M_u}{b \cdot d^2} \quad K_u = 3.65$$

$$w := \frac{1}{1.18} - \frac{1}{1.18} \cdot \left(1 - \frac{2.36 \cdot K_u}{\phi \cdot f_c} \right)^{0.5} \quad w = 0.023$$

$$\rho_w := w \cdot \frac{f_c}{f_y} \quad A_{s_{neg}} := \rho \cdot b \cdot d \quad A_{s_{neg}} = 2.138 \text{ cm}^2$$

Momento positivo:

$$d := 14 \text{ cm} \quad M_{pos} := 0.018 \cdot W_u \cdot 2.5^2 \quad M_{pos} = 0.446 \text{ Ton-m}^2$$

$$M_u := 0.446 \cdot 10^5 \text{ kg-cm} \quad f_c := 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_u := \frac{M_u}{b \cdot d^2} \quad K_u = 1.459 \quad f_y := 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi := 0.9$$

$$w := \frac{1}{1.18} - \frac{1}{1.18} \cdot \left(1 - \frac{2.36 \cdot K_u}{\phi \cdot f_c} \right)^{0.5} \quad w = 9.313 \times 10^{-3}$$

$$\rho_w := w \cdot \frac{f_c}{f_y} \quad A_{s_{pos}} := \rho \cdot b \cdot d \quad A_{s_{pos}} = 0.847 \text{ cm}^2$$

El cálculo del acero mínimo por retracción y temperatura se hará de acuerdo al Art. H.4.1 del ACI-350.06, (Ref. 4):

$$A_{s_{min}} := \frac{0.3}{100} \cdot 100 \cdot 20 \quad A_{s_{min}} = 6 \text{ cm}^2$$

Se usarán $\phi 3/8'' @ .25 \text{ m}$ en cada cara y ambas direcciones ortogonales.

Se comprueba que la presión sobre el suelo del reservorio lleno es: $24.38/3.1^2 = 2.54 \text{ Ton/m}^2$, que es menor a 10 Ton/m^2 (capacidad admisible del suelo asumida), ver conclusiones en memoria descriptiva.

Todos los muros, se consideraron de un espesor de 20cm y para hallar el refuerzo se procede como sigue:

Acero Horizontal

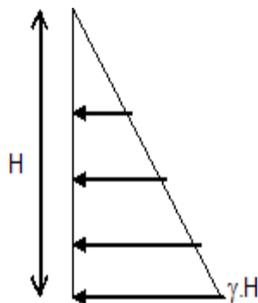


Figura16

Siendo:

$$\gamma := 1 \quad \text{Ton/m}^3 \quad (\text{Peso esp. del agua})$$

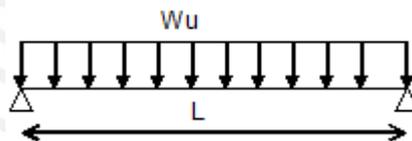
$$\text{Hagua} := 1.70 \text{ m} \quad (\text{Altura máxima de agua})$$

Para el diseño se considera presión constante a lo largo de 1m de altura:

$$W_u := 1.3 \cdot 1.4 (\gamma \cdot \text{Hagua} \cdot 1)$$

$$W_u = 3.094 \quad \text{Ton/m}$$

Cada muro se modela como viga, considerando que la situación crítica se da asumiendo cada uno articulado en sus extremos horizontales, tal como se muestra en la siguiente figura:



$$L := 2.5 \text{ m}$$

$$M_{u \text{ centroluz}} := \frac{W_u \cdot L^2}{8} \quad M_{u \text{ centroluz}} = 2.417 \quad \text{Ton-m}$$

Momento positivo:

$$d := 15 \quad \text{cm} \quad b := 100 \quad \text{cm}$$

$$M_u := M_{u \text{ centroluz}} \cdot 10^5 \quad \text{kg-cm} \quad f_c := 175 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$K_u := \frac{M_u}{b \cdot d^2} \quad K_u = 10.743 \quad f_y := 4200 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$\phi := 0.9$$

$$w := \frac{1}{1.18} - \frac{1}{1.18} \cdot \left(1 - \frac{2.36 \cdot K_u}{\phi \cdot f_c} \right)^{0.5} \quad w = 0.071$$

$$\rho := w \cdot \frac{f_c}{f_y} \quad A_s := \rho \cdot b \cdot d \quad A_s = 4.45 \quad \text{cm}^2$$

El cálculo del acero mínimo por retracción y temperatura se hará de acuerdo al Art. H.4.1 del ACI-350.06, (Ref.4):

$$A_{s \text{ min}} := \frac{0.3}{100} \cdot 100 \cdot 20 \quad A_{s \text{ min}} = 6 \quad \text{cm}^2$$

- Por lo que se usarán ϕ 3/8" @ .30 m en la cara interior, y ϕ 1/2" @ .30 en la cara exterior dirección horizontal.

- Se usarán ϕ 3/8" @ .25 m en cada cara en dirección vertical.

8.4.2 Cámara de Captación

Por simple inspección se puede notar que los esfuerzos en muros, paredes y tapa de la cámara de captación están muy por debajo de los esfuerzos en los elementos del reservorio. Por lo tanto, sin necesidad de realizar el diseño se utilizarán las cuantías mínimas y recubrimientos, especificados en el ACI-350.06.

Losa Superior

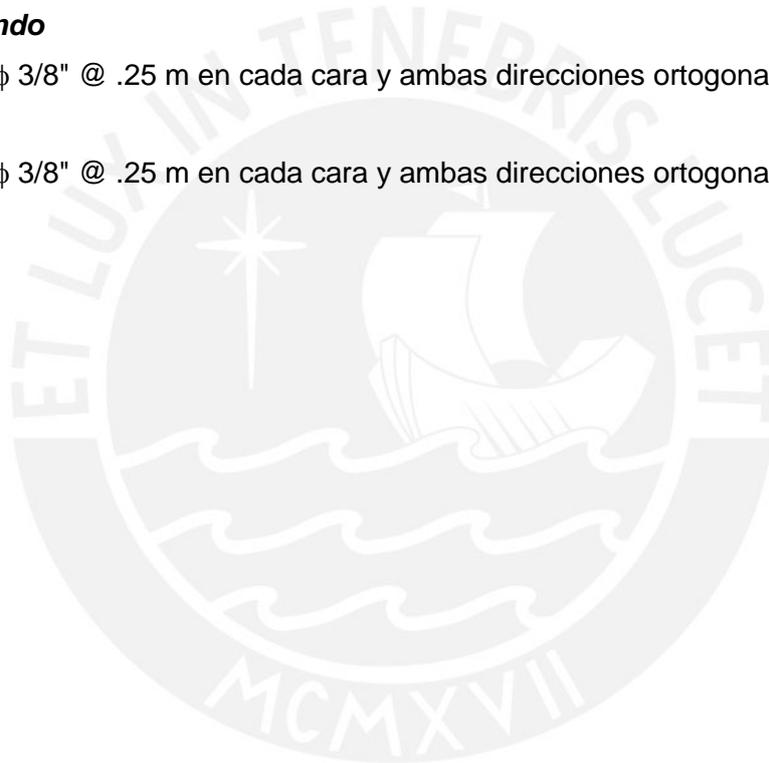
- Se usarán ϕ 3/8" @ .30 m en cada cara y ambas direcciones ortogonales.

Losa de Fondo

- Se usarán ϕ 3/8" @ .25 m en cada cara y ambas direcciones ortogonales.

Muros

- Se usarán ϕ 3/8" @ .25 m en cada cara y ambas direcciones ortogonales.



9. DISEÑO DEL SISTEMA OPTIMIZADO

9.1 Descripción de Componentes del Sistema

9.1.1 Captación

Se realizó el diseño hidráulico y estructural en mampostería, de una cámara de captación de un manantial de ladera y concentrado para un caudal de 3 lt/s; constará de tuberías, válvulas y accesorios correspondientes. El abastecimiento hacia la cámara de captación será a partir del afloramiento por intermedio de 8 orificios de $\phi=1\frac{1}{2}$ "; la salida hacia la línea de conducción será de 1 1/2" y las tuberías de rebose y limpia de $\phi=3$ ".

Adicionalmente se diseñó la canastilla en el ingreso hacia la línea de conducción de $\phi=4$ ", con 47 ranuras de 7x7mm, distribuidas en toda su área lateral.

El fondo de la cámara de captación se ubicará en la cota 541.50m.s.n.m. (0.1m por debajo del inicio de la tubería de conducción).

Adyacente a ella se construirá una caja de válvulas.

Tanto la cámara de captación como la caja de válvulas llevarán un tapa de fierro galvanizado de $e=1.5$ mm con ángulos de 1" x 1" también de fierro galvanizado soldados.

La capacidad de la cámara de captación es de 0.68 m³ de capacidad que asegura el abastecimiento de agua en las horas de máxima demanda, el cual representa el 7.5 % del volumen de almacenamiento del reservorio. Será de 0.9 m x 1.60m de sección (ligeramente variable por los muros) y 1.00 m de altura (medidas interiores), los muros, la base y su cubierta, según diseño serán de mampostería. Adyacente a ella se construirá una caja de válvulas cuya salida será de 2" y rebose y limpia 3" de diámetro; estará ubicado en la cota de terreno 541.20m.s.n.m.

Adicionalmente se hará un apilado de piedras con mortero de concreto $f'c=100$ kg/cm² como cubierta de protección del afloramiento sobre y a los costados del afloramiento. **Ver plano P-15.**

9.1.2 Línea de Conducción

Las dimensiones obtenidas luego del diseño son las mismas a las del sistema convencional, con la diferencia que la tubería de conducción tiene una cota de llegada al reservorio de 532.67m.s.n.m (0.71m por debajo de la cota de llegada en el sistema convencional), lo que no genera diferencia en el diseño respecto al sistema convencional. La cota de inicio de la línea de conducción es la misma a la del sistema convencional de 541.60m.

En el anexo **A-4** se muestra la tabla resumen del análisis realizado en el software WATERCAD. Ver **plano P-10**.

9.1.3 Reservorio de Polietileno de 10 m³

Se usará un tanque de Polietileno marca ETERNIT (ya que es la única empresa que fabrica tanques de polietileno con capacidad superior a 5m³ que pueden almacenar líquidos y alimentos). La garantía que brinda la empresa es de 5 años, que no implica, que ese sea su tiempo útil de vida. Según los fabricantes su tiempo útil de vida es de más de 35 años.

Los tanques reciben un tratamiento especial durante su fabricación, para poder almacenar cualquier tipo de líquidos, lo cual incrementa su costo. Para este trabajo no es necesario tratamiento especial alguno, puesto que el único objetivo de uso, es el de almacenar agua para el consumo humano.

Según los exámenes bacteriológicos y físico-químico, el agua cumple con los estándares establecidos por norma, para no recibir tratamiento.

El volumen de almacenamiento requerido es de 9m³, por lo que el tanque elegido es el de 10m³. Se utilizará hasta la altura de 2.40m para no exceder el volumen calculado, pudiendo utilizarse hasta la altura de 3.0m únicamente cambiando la altura de la válvula y flotador que se encuentra dentro del tanque. La cota del fondo del tanque es de 532.57m.s.n.m (0.10m por debajo de la cota del inicio de la tubería de aducción).

El tanque de Polietileno es de color negro con bandas de refuerzo cada 0.50m, cuyas dimensiones son: base de 2.20m de diámetro, altura neta 3.30m, siendo la altura útil 3.00m su peso es de 220kg, el cual tiene una tapa rosca en la parte superior con sentido horario de cerrado.

No es fabricado con material reciclado, y cumple con los estándares establecidos por la FDA (Food and Drug Administration), tiene recubrimiento externo con aditivos especiales, que impiden el paso de los rayos ultravioletas. Para propia protección y de lo almacenado.

Además no se oxida ni se corroe y no contamina ni altera el material almacenado.

Así mismo en su contorno cuenta con varias salidas (reforzadas) para facilitar el acople de tuberías de diámetros comprendidos entre ½" y 4".
(Ver plano P-13).

9.1.4 Equipo de Desinfección

Del mismo modo que en el sistema convencional, no será necesaria la implementación de un equipo de desinfección.

9.1.5 Línea de Aducción

Realizado el nuevo análisis. considerando que la llegada de la tubería de conducción e inicio de la tubería de aducción se encuentran en la cota 532.67m.s.n.m, se obtuvo que la variación en la presión en todos los puntos de la red fue de 0.01m menos que los obtenidos en el sistema convencional, valor despreciable para efectos de diseño. Por lo que las dimensiones y características de tuberías y accesorios obtenidas, fueron las mismas a las del sistema convencional.

En el **Anexo A-5** se muestra la tabla resumen del análisis realizado en el software WATERCAD. (Ver **plano P-12**).

9.1.6 Red de Distribución

Realizado el nuevo análisis, se obtuvo que la variación en la presión en todos los puntos de la red fue de 0.01m menos que los obtenidos en el sistema convencional, valor despreciable para efectos de diseño. Por lo que las dimensiones y características de tuberías y accesorios obtenidas, fueron las mismas a las del sistema convencional.

En el anexo **A-5** se muestra la tabla resumen del análisis realizado en el software WATERCAD. **Ver plano P-12.**

9.1.7 Piletas Domiciliarias

Serán las definidas en el acápite 8.1.7, piletas domiciliarias, correspondiente al sistema convencional. **Ver plano P-17.**

9.2 Especificaciones Técnicas

Serán las mismas especificaciones técnicas usadas en el acápite 8.1, correspondiente al sistema convencional.

9.3 Diseño Hidráulico

Será el mismo diseño realizado en el acápite 8.3, correspondiente al sistema convencional. **Ver Anexos A-4 y A-5.**

9.4 Diseño Estructural

9.4.1 Reservorio

Se usará un tanque de polietileno de capacidad 10m³, con dimensiones:

Diámetro := **2.20** m Alturaneta := **3.00** m Alturautilizada := **2.40** m

$$\text{Volumenutilizado} := \text{Alturautilizada} \cdot \frac{\pi \cdot \text{Diámetro}^2}{4} \qquad \text{Volumenutilizado} = \mathbf{9.123 \text{ m}^3}$$

9.4.2 Cámara de Captación

Se diseñará la cámara de captación considerando muros de mampostería (concreto ciclópeo $f'c=140\text{kg/cm}^2$ + 70% de piedra mediana) con enlucido interior para impermeabilizar las paredes (Ver **plano P-15**). A continuación se muestra un gráfico esquematizando los tipos de muros:

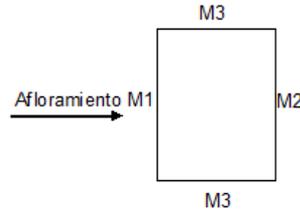


Figura 17

Diseño muro M1

La situación crítica se da cuando la cámara húmeda está vacía y se da el empuje del suelo y agua proveniente del afloramiento. Hallando fuerzas y momentos respecto al punto "o":

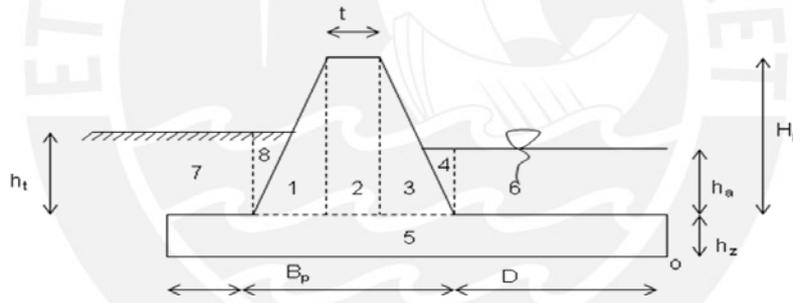


Figura 18

Conocidos:

$\gamma_c := 2.6$ Ton/m³ Peso específico del concreto ciclópeo.
 $\gamma_a := 1$ Ton/m³ Peso específico del agua.

Definidos:

$h_a := 0.45$ m $t := 0.35$ m
 $h_z := 0.30$ m $C := 0.20$ m
 $h_t := 1.2$ m $D := 0.50$ m
 $H_p := 1$ m $B_p := 0.40$ m

Por simple inspección se verificó que la capacidad portante del suelo es mayor a 1Ton/m², por ser de un tipo aluvial conglomerado, conformado

por arena, grava y piedras de diferentes tamaños; sin embargo no se conocen sus parámetros físicos, por lo que se diseñará asumiendo los valores indicados en la tabla 13.1 del libro, “Diseño de Estructuras de Concreto Armado” (Ref. 11). En el que se indica que para arena densa y grava, el peso específico de suelo (γ_s) es igual a 2.1Ton/m³ y coeficiente de fricción (ϕ) igual a 15°. Así mismo en el capítulo 13.2.4 se muestran los valores usuales de los coeficientes de fricción (μ); escogiéndose para este diseño (0.45) que es el correspondiente a concreto o mampostería contra grava limpia o arena gruesa. De donde se tiene:

$$\gamma_s := 2.0 \quad \text{Ton/m}^3 \quad \mu := 0.45$$

$$\phi := 15 \cdot \frac{\pi}{180} \quad Ca := \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)^2 \quad Ca = 0.589$$

(Tomando momentos respecto al punto o):

$F1 := \frac{1}{2} \gamma_c \cdot \frac{B_p - t}{2} \cdot H_p$	$F1 = 0.033$	Ton
$M1 := \left[D + t + \frac{B_p - t}{2} + \left(\frac{B_p - t}{2} \right) \cdot \frac{1}{3} \right] \cdot F1$	$M1 = 0.029$	Ton-m
$F2 := \gamma_c \cdot H_p \cdot t$	$F2 = 0.91$	Ton
$M2 := \left(D + \frac{B_p - t}{2} + \frac{t}{2} \right) \cdot F2$	$M2 = 0.637$	Ton-m
$F3 := \frac{1}{2} \gamma_c \cdot \frac{B_p - t}{2} \cdot H_p$	$F3 = 0.033$	Ton
$M3 := \left[D + \left(\frac{B_p - t}{2} \right) \cdot \frac{2}{3} \right] \cdot F3$	$M3 = 0.017$	Ton-m
$F4_{\text{peso}} := \gamma_a \cdot \frac{1}{2} \cdot \left[\frac{h_a}{H_p} \cdot \left(\frac{B_p - t}{2} \right) \right] \cdot h_a$	$F4_{\text{peso}} = 2.531 \times 10^{-3}$	Ton
$M4_{\text{peso}} := \left[D + B_p - \frac{1}{3} \cdot \left[\frac{h_a}{H_p} \cdot \left(\frac{B_p - t}{2} \right) \right] \right] \cdot F4_{\text{peso}}$	$M4_{\text{peso}} = 2.269 \times 10^{-3}$	Ton-m
$E_{\text{agua}} := \frac{1}{2} \cdot \gamma_a \cdot h_a^2$	$E_{\text{agua}} = 0.101$	Ton
$M_{\text{agua}} := \left(\frac{1}{3} \cdot h_a \right) \cdot E_{\text{agua}}$	$M_{\text{agua}} = 0.015$	Ton-m
$F6 := \gamma_a \cdot D \cdot h_a$	$F6 = 0.225$	Ton
$M6 := \left(\frac{D}{2} \right) \cdot F6$	$M6 = 0.056$	Ton-m
$F5 := \gamma_c \cdot (C + B_p + D) \cdot h_z$	$F5 = 0.858$	Ton
$M5 := \frac{C + B_p + D}{2} \cdot F5$	$M5 = 0.472$	Ton-m
$E_{\text{activo}} := \frac{1}{2} \cdot Ca \cdot \gamma_s \cdot h_t^2$	$E_{\text{activo}} = 0.848$	Ton
$M_{\text{activo}} := \left(\frac{1}{3} \cdot h_t \right) \cdot E_{\text{activo}}$	$M_{\text{activo}} = 0.339$	Ton-m

$$F8_{\text{peso}} := \gamma_s \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{ht}{H_p} \cdot \frac{B_p - t}{2} \right) \cdot ht \quad F8_{\text{peso}} = \mathbf{0.036} \quad \text{Ton}$$

$$M8_{\text{peso}} := \left[D + B_p - \frac{2}{3} \cdot \left[\frac{ht}{H_p} \cdot \left(\frac{B_p - t}{2} \right) \right] \right] \cdot F8_{\text{peso}} \quad M8_{\text{peso}} = \mathbf{0.032} \quad \text{Ton-m}$$

$$F7 := \gamma_s \cdot C \cdot ht \quad F7 = \mathbf{0.48} \quad \text{Ton}$$

$$M7 := \left(\frac{C}{2} + B_p + D \right) F7 \quad M7 = \mathbf{0.48} \quad \text{Ton-m}$$

$$Esc := \mathbf{0} \quad Esc = \mathbf{0} \quad \text{Ton}$$

$$Msc := \mathbf{0} \quad Msc = \mathbf{0} \quad \text{Ton-m}$$

$$\text{Normal} := F1 + F2 + F3 + F4_{\text{peso}} + F5 + F6 + F7 + F8_{\text{peso}} + Esc \quad \text{Normal} = \mathbf{2.577} \quad \text{Ton}$$

$$\text{Factuante} := E_{\text{activo}} \quad \text{Factuante} = \mathbf{0.848} \quad \text{Ton}$$

$$\text{Fresistente} := E_{\text{agua}} + \text{Normal} \cdot \mu \quad \text{Fresistente} = \mathbf{1.261} \quad \text{Ton}$$

$$\text{Mresistente} := M1 + M2 + M3 + M4_{\text{peso}} + M5 + M6 + M7 + M8_{\text{peso}} + M_{\text{agua}} + M_{\text{sc}}$$

$$\text{Mresistente} = \mathbf{1.74} \quad \text{Ton-m}$$

$$\text{Mactuante} := M_{\text{activo}}$$

$$\text{Mactuante} = \mathbf{0.339} \quad \text{Ton-m}$$

- Verificación de deslizamiento:

$$\frac{\text{Fresistente}}{\text{Factuante}} = \mathbf{1.487} \quad \text{Mayor a 1.25 indicado en el artículo 22 de la Norma E-020, Ref.36.}$$

- Verificación de volteo:

$$\frac{\text{Mresistente}}{\text{Mactuante}} = \mathbf{5.13} \quad \text{Mayor a 1.5 indicado en el artículo 21 de la Norma E-020, Ref. 36.}$$

- Verificación de esfuerzos:

Análisis en la dirección x-x (para 1m de ancho en longitud ortogonal):

$$\underline{B} := C + B_p + D \quad \text{Longitud en la dirección de análisis } B = \mathbf{1.1} \quad \text{m}$$

$$\underline{e} := \frac{B}{2} - \frac{\text{Mresistente} - \text{Mactuante}}{\text{Normal}} \quad e = \mathbf{6.384} \times 10^{-3} \quad \text{m}$$

$$\sigma_1 := \frac{\text{Normal}}{B} \cdot \left(1 + \frac{6e}{B} \right) \quad \sigma_1 = \mathbf{2.424} \quad \text{Ton/m}^2/\text{m}$$

$$\sigma_2 := \frac{\text{Normal}}{B} \cdot \left(1 - \frac{6e}{B} \right) \quad \sigma_2 = \mathbf{2.261} \quad \text{Ton/m}^2/\text{m}$$

Diseño Muro M2

La situación crítica se da cuando la cámara húmeda esté llena. Hallando fuerzas y momentos respecto al punto "o":

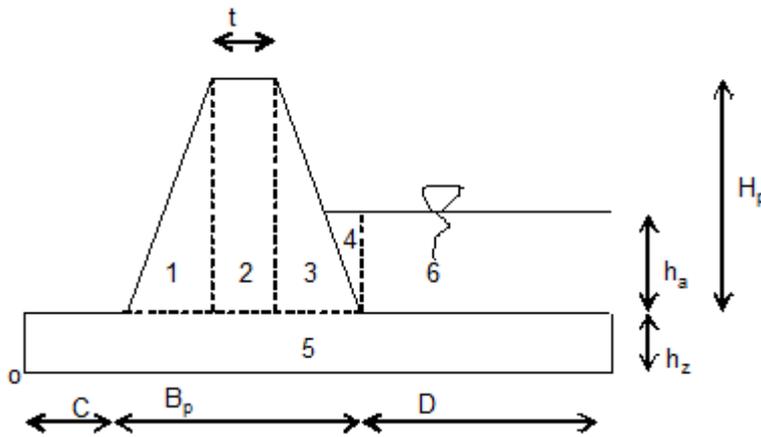


Figura 19

Conocidos:

- $\gamma_c := 2.6$ Ton/m³ Peso específico del concreto ciclópeo.
- $\gamma_a := 1$ Ton/m³ Peso específico del agua.

Definidos:

- $h_a := 0.45$ m $t := 0.30$ m
- $h_z := 0.30$ m $C := 0.20$ m
- $H_p := 1$ m $D := 0.50$ m
- $B_p := 0.35$ m

Igual que para M1 se usará el siguiente coeficiente de rozamiento:

$$\mu := 0.45$$

Tomando momentos respecto al punto o:

$F1 := \frac{1}{2} \gamma_c \cdot \frac{B_p - t}{2} \cdot H_p$	$F1 = 0.033$	Ton
$M1 := \left[D + t + \frac{B_p - t}{2} + \left(\frac{B_p - t}{2} \right) \cdot \frac{1}{3} \right] \cdot F1$	$M1 = 0.027$	Ton-m
$F2 := \gamma_c \cdot H_p \cdot t$	$F2 = 0.78$	Ton
$M2 := \left(D + \frac{B_p - t}{2} + \frac{t}{2} \right) \cdot F2$	$M2 = 0.527$	Ton-m
$F3 := \frac{1}{2} \gamma_c \cdot \frac{B_p - t}{2} \cdot H_p$	$F3 = 0.033$	Ton
$M3 := \left[D + \left(\frac{B_p - t}{2} \right) \cdot \frac{2}{3} \right] \cdot F3$	$M3 = 0.017$	Ton-m
$F4_{\text{peso}} := \gamma_a \cdot \frac{1}{2} \cdot \left[\frac{h_a}{H_p} \cdot \left(\frac{B_p - t}{2} \right) \right] \cdot h_a$	$F4_{\text{peso}} = 2.531 \times 10^{-3}$	Ton
$M4_{\text{peso}} := \left[D + B_p - \frac{1}{3} \cdot \left[\frac{h_a}{H_p} \cdot \left(\frac{B_p - t}{2} \right) \right] \right] \cdot F4_{\text{peso}}$	$M4_{\text{peso}} = 2.142 \times 10^{-3}$	Ton-m
$E_{\text{agua}} := \frac{1}{2} \cdot \gamma_a \cdot h_a^2$	$E_{\text{agua}} = 0.101$	Ton

$\underline{\text{Magua}} := \left(\frac{1}{3} \cdot h_a\right) \cdot E_{\text{agua}}$	Magua = 0.015	Ton-m
$\underline{\text{F6}} := \gamma_a \cdot D \cdot h_a$	F6 = 0.225	Ton
$\underline{\text{M6}} := \left(\frac{D}{2}\right) \cdot \text{F6}$	M6 = 0.056	Ton-m
$\underline{\text{F5}} := \gamma_c \cdot (C + B_p + D) \cdot h_z$	F5 = 0.819	Ton
$\underline{\text{M5}} := \frac{C + B_p + D}{2} \cdot \text{F5}$	M5 = 0.43	Ton-m
$\underline{\text{Esc}} := 0$	Esc = 0	Ton
$\underline{\text{Msc}} := 0$	Msc = 0	Ton-m
$\text{Normal} := \text{F1} + \text{F2} + \text{F3} + \text{F4}_{\text{peso}} + \text{F5} + \text{F6} + \text{Esc}$	Normal = 1.892	Ton

$$\underline{\text{Factuante}} := E_{\text{agua}} \quad \text{Factuante} = \mathbf{0.101} \quad \text{Ton}$$

$$\underline{\text{Fresistente}} := \text{Normal} \cdot \mu \quad \text{Fresistente} = \mathbf{0.851} \quad \text{Ton}$$

$$\underline{\text{Mresistente}} := \text{M1} + \text{M2} + \text{M3} + \text{M4}_{\text{peso}} + \text{M5} + \text{M6} + \text{Msc}$$

Mresistente = **1.059** Ton-m

$$\underline{\text{Mactuante}} := \text{Magua}$$

Mactuante = **0.015** Ton-m

Verificación de deslizamiento:

$$\frac{\text{Fresistente}}{\text{Factuante}} = \mathbf{8.407} \quad \text{Mayor a 1.25 indicado en el art. 22 de la Norma E-020 (Ref.36)}$$

Verificación de volteo:

$$\frac{\text{Mresistente}}{\text{Mactuante}} = \mathbf{69.711} \quad \text{Mayor a 1.5 indicado en el art. 21 de la Norma E-020 (Ref. 36)}$$

Verificación de esfuerzos:

Análisis en la dirección x-x (para 1m de ancho en longitud ortogonal):

$$\underline{\text{B}} := C + B_p + D \quad \text{Longitud en la dirección de análisis } B = \mathbf{1.05} \quad \text{m}$$

$$\underline{\text{e}} := \frac{B}{2} - \frac{\text{Mresistente} - \text{Mactuante}}{\text{Normal}} \quad e = \mathbf{-0.027} \quad \text{m}$$

El signo negativo indica que el peso propio del muro es más que suficiente para soportar las sollicitaciones de esfuerzo causado por la fuerza hidrostática.

$$\underline{\sigma_1} := \frac{\text{Normal}}{B} \cdot \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \quad \sigma_1 = \mathbf{1.527} \quad \text{Ton/m}^2/\text{m}$$

$$\underline{\sigma_2} := \frac{\text{Normal}}{B} \cdot \left(1 - \frac{6e}{B}\right) \quad \sigma_2 = \mathbf{2.076} \quad \text{Ton/m}^2/\text{m}$$

Diseño muros M3

La situación crítica se da cuando la cámara húmeda está llena. Hallando fuerzas y momentos respecto al punto “o”:

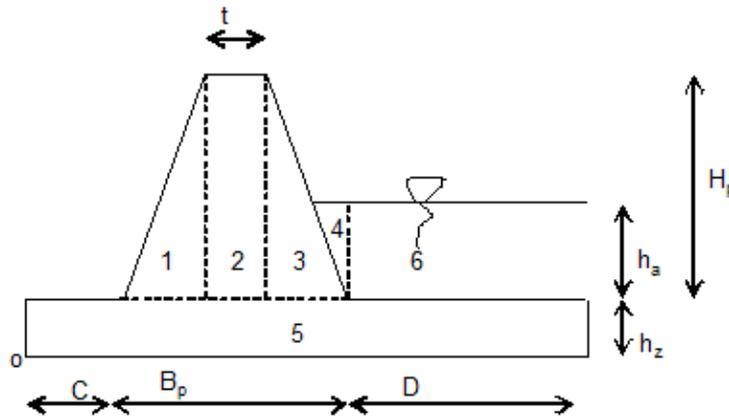


Figura 20

Conocidos:

- $\gamma_c := 2.6$ Ton/m³ Peso específico del concreto ciclópeo.
- $\gamma_a := 1$ Ton/m³ Peso específico del agua.

Definidos:

- $h_a := 0.45$ m $t := 0.30$ m
- $h_z := 0.30$ m $C := 0.20$ m
- $H_p := 1$ m $D := 0.80$ m
- $B_p := 0.35$ m

El coeficiente de rozamiento entre concreto o mampostería y arcilla o limo será asumido como:

$\mu := 0.35$

Tomando momentos respecto al punto o:

$F1 := \frac{1}{2} \gamma_c \cdot \frac{B_p - t}{2} \cdot H_p$	$F1 = 0.033$	Ton
$M1 := \left[D + t + \frac{B_p - t}{2} + \left(\frac{B_p - t}{2} \right) \cdot \frac{1}{3} \right] \cdot F1$	$M1 = 0.037$	Ton-m
$F2 := \gamma_c \cdot H_p \cdot t$	$F2 = 0.78$	Ton
$M2 := \left(D + \frac{B_p - t}{2} + \frac{t}{2} \right) \cdot F2$	$M2 = 0.761$	Ton-m
$F3 := \frac{1}{2} \gamma_c \cdot \frac{B_p - t}{2} \cdot H_p$	$F3 = 0.033$	Ton
$M3 := \left[D + \left(\frac{B_p - t}{2} \right) \cdot \frac{2}{3} \right] \cdot F3$	$M3 = 0.027$	Ton-m
$F4_{peso} := \gamma_a \cdot \frac{1}{2} \cdot \left[\frac{h_a}{H_p} \cdot \left(\frac{B_p - t}{2} \right) \right] \cdot h_a$	$F4_{peso} = 2.531 \times 10^{-3}$	Ton

$M4_{\text{peso}} := \left[D + Bp - \frac{1}{3} \cdot \left[\frac{ha}{Hp} \cdot \left(\frac{Bp - t}{2} \right) \right] \right] \cdot F4_{\text{peso}}$	$M4_{\text{peso}} = 2.901 \times 10^{-3}$	Ton-m
$Eagua := \frac{1}{2} \cdot \gamma a \cdot ha^2$	$Eagua = 0.101$	Ton
$Magua := \left(\frac{1}{3} \cdot ha \right) \cdot Eagua$	$Magua = 0.015$	Ton-m
$F6 := \gamma a \cdot D \cdot ha$	$F6 = 0.36$	Ton
$M6 := \left(\frac{D}{2} \right) \cdot F6$	$M6 = 0.144$	Ton-m
$F5 := \gamma c \cdot (C + Bp + D) \cdot hz$	$F5 = 1.053$	Ton
$M5 := \frac{C + Bp + D}{2} \cdot F5$	$M5 = 0.711$	Ton-m
$Esc := 0$	$Esc = 0$	Ton
$Msc := 0$	$Msc = 0$	Ton-m

$Normal := F1 + F2 + F3 + F4_{\text{peso}} + F5 + F6 + Esc$ $Normal = 2.261$ Ton

$Factuante := Eagua$ $Factuante = 0.101$ Ton

$Fresistente := Normal \cdot \mu$ $Fresistente = 0.791$ Ton

$Mresistente := M1 + M2 + M3 + M4_{\text{peso}} + M5 + M6 + Msc$

$Mresistente = 1.682$ Ton-m

$Mactuante := Magua$

$Mactuante = 0.015$ Ton-m

Verificación de deslizamiento:

$\frac{Fresistente}{Factuante} = 7.814$ Mayor a 1.25 indicado en el artículo 22 de la Norma E-020, **Ref. 36.**

Verificación de volteo:

$\frac{Mresistente}{Mactuante} = 110.719$ Mayor a 1.5 indicado en el artículo 21 de la Norma E-020, **Ref. 36.**

Verificación de esfuerzos:

Análisis en la dirección x-x (para 1m de ancho en longitud ortogonal):

$B := C + Bp + D$ Longitud en la dirección de análisis $B = 1.35$ m

$e := \frac{B}{2} - \frac{Mresistente - Mactuante}{Normal}$ $e = -0.062$ m

El signo negativo indica que el peso propio del muro es más que suficiente para soportar las solicitaciones de esfuerzo causado por la fuerza hidrostática.

$\sigma_1 := \frac{Normal}{B} \cdot \left(1 + \frac{6e}{B} \right)$ $\sigma_1 = 1.212$ Ton/m²/m

$\sigma_2 := \frac{Normal}{B} \cdot \left(1 - \frac{6e}{B} \right)$ $\sigma_2 = 2.137$ Ton/m²/m

Realizado el diseño de los muros, se comprobó que en ninguno de los casos se sobrepasó la capacidad portante del suelo asumida, de $1\text{kg/cm}^2 = 10\text{ Ton/m}^2$, que según la tabla 12.1 del texto, “Diseño de Estructuras de Concreto Armado” (Ref. 11), corresponde a arcillas inorgánicas plásticas, arenas diatomáceas o sienos elásticos; pero mediante calicatas explorativas se comprobó que el suelo correspondiente a la comunidad nativa de Tsoroja es de un tipo aluvial conglomerado cuya capacidad admisible es superior a la asumida. (Ver conclusiones).



10. ALTERNATIVAS PARA LA DISPOSICIÓN DE EXCRETAS

10.1 Justificación

De acuerdo al acápite 3.2.3.1 de la “Guía para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Saneamiento Básico en el Ámbito Rural, a Nivel de Perfil del Sistema Nacional de Inversión Pública” - Ministerio de Economía y Finanzas, (**Ref.3**), la población beneficiada con proyectos de letrinas sanitarias, corresponde a la población prevista en el año inicial de evaluación. Lo que para este documento se traduce en 49 letrinas sanitarias, para 49 familias, cubriéndose el 100% de la población en el primer año.

10.2 Tecnologías Disponibles

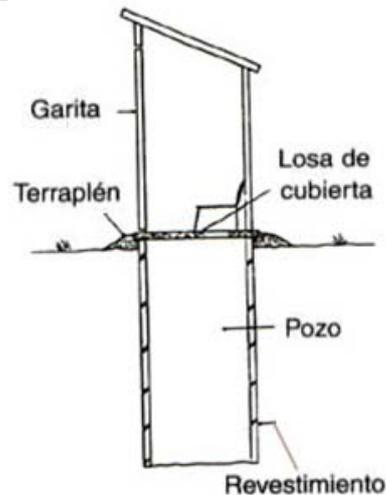
10.2.1 Letrinas Tradicional Simple

Este tipo de letrinas se compone de una losa colocada sobre un hueco o pozo cuya profundidad puede ser de 2.0 metros o más. La losa debe estar firmemente apoyada en todos sus lados y elevada por encima del terreno circundante, de manera que las aguas superficiales no puedan penetrar en el pozo.

Ante la posibilidad de que las paredes se derrumben deberán revestirse con mampostería o albañilería.

La losa está provista de un orificio o de un asiento para que las excretas caigan directamente en el pozo.

Los líquidos se infiltran en el suelo circundante y el material orgánico se descompone, produciendo gases que se escapan a la atmósfera o se dispersan en el suelo, produciendo líquidos que se infiltran en torno al área de influencia del pozo, y produciendo un residuo descompuesto (mineralizado) y compactado. (Ver figura 1)


Figura 1

Fuente: “Guía Latinoamericana de Tecnologías Alternativas en Agua y Saneamiento” (Ref.39).

Las características resaltantes de este tipo de letrina son:

- No necesitan agua para funcionar.
- El fondo del hueco deberá ubicarse por lo menos 1,5 m sobre cualquier nivel de agua subterránea.
- El hueco o pozo puede ser circular, cuadrado o rectangular, los circulares son más estables. La profundidad por lo general se ajusta a tradiciones locales, pero la misma dependerá de las condiciones del terreno, el costo del revestimiento y el nivel de las aguas subterráneas.
- La losa de cubierta debe estar por lo menos 15 cm sobre el nivel regular del terreno, a fin de impedir que las aguas superficiales penetren en el pozo.
- Por deficiencias, se tienen molestias considerables debido a moscas y malos olores.
- En el mejor de los casos, proporcionan un nivel de saneamiento por lo menos tan satisfactorio como otros métodos más complicados.
- Requieren de poco mantenimiento, debe mantenerse el lugar limpio y el orificio tapado cuando no se esté utilizando.
- Toda ventana de ventilación en la caseta debe de ser cubierta con una malla o cedazo fino en su extremo superior para evitar la

entrada de insectos, los agujeros deben ser de 1.5mm de diámetro como máximo.

10.2.2 Letrinas de Pozo Seco Ventilado

Las letrinas tradicionales presentan fundamentalmente los siguientes problemas: producen mal olor y atraen moscas, así como otros vectores de enfermedades que fácilmente se reproducen en los huecos o pozos. Del mismo modo los líquidos al infiltrarse en el suelo pueden contaminar las aguas subterráneas.

Para resolver esos problemas, se puede construir la letrina mejorada de pozo ventilado, que se diferencia de la letrina tradicional simple por poseer un tubo vertical de ventilación, el cual posee una malla o cedazo fino en su extremo superior para evitar la entrada de las moscas y a la vez ese tubo es la única entrada de luz que permite ser el punto apropiado para la atracción interna de las moscas.

El viento que pasa por encima del tubo crea una corriente de aire desde el pozo hacia la atmósfera, a través del tubo, y otra corriente descendente del exterior de la caseta hacia el pozo a través del asiento, provocándose la mayoría del tiempo una circulación conveniente de los gases.

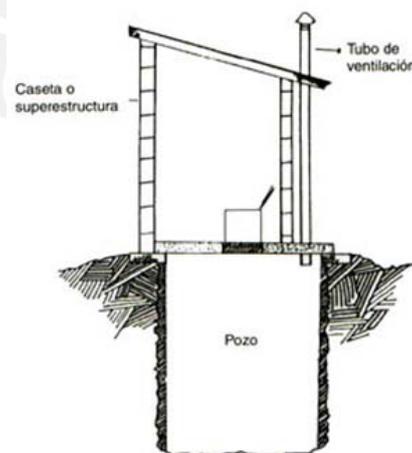


Figura 2

Fuente: "Guía Latinoamericana de Tecnologías Alternativas en Agua y Saneamiento" (Ref.39).

Para su construcción a continuación se dan las siguientes especificaciones técnicas:

- El pozo podrá ser circular o cuadrado, con diámetro o lado no menor a 0.80m ni mayor a 1.5m. Debe ser recubierto en sus paredes verticales.
- El brocal es el cimientado o base de la letrina, debe tener un espesor mínimo de 0.20cm si es de mampostería y tiene como función sostener la losa y elevarla sobre el nivel del suelo para evitar la infiltración del agua al pozo. Además, es un sello efectivo entre el revestimiento del pozo y la losa evitando de esta forma el escape de malos olores o el ingreso de insectos.
- Construirse terraplenes achaflanados para proteger el brocal.
- Se puede hacer cunetas opcionales alrededor de la caseta de modo tal que desvíen las aguas de escurrimiento en épocas de lluvia.
- Como aparato sanitario puede usarse el tipo turco o tipo taza, pudiendo pre fabricarse de concreto (lo mas liso posible), de acuerdo a las medidas deseadas y deben llevar un asiento y una tapa, cada una.
- La losa de la caseta puede ser de madera, fibra de vidrio, concreto armado o metálica, la única restricción es que sea capaz de soportar el peso de la persona que se encuentra dentro.
- El tubo de ventilación debe sobresalir 50 cm, de la caseta y desde la superficie del hoyo penetrar al menos 30cm en él y debe estar colocado de forma tal que durante la mayor parte del día el sol lo caliente directamente. Se puede pintar de negro para aumentar la absorción solar. En climas cálidos debe ser por lo menos 10cm de diámetro. Y en climas fríos por lo menos de 15cm. El extremo superior debe ser cubierto con una malla o cedazo fino para evitar la entrada de insectos, los agujeros deben ser de 1.5mm de diámetro como máximo.
- Toda ventana de ventilación en la caseta debe de ser cubierta con una malla o cedazo fino en su extremo superior para evitar la entrada de insectos, los agujeros deben ser de 1.5mm de diámetro como máximo.

10.2.3 Letrina de Cierre Hidráulico

A una letrina se le puede agregar un sifón o una trampa de agua con el propósito de establecer un cierre hidráulico que impida el paso de insectos y malos olores del pozo al interior de la caseta; la remoción o limpieza de las heces, del elemento donde se descarguen se hace con la aplicación de agua en cantidades suficientes como para provocar el arrastre de los sólidos hasta el hueco o pozo y reestablecer el cierre.

El cierre hidráulico utiliza muy poca cantidad de agua, funcionando con volúmenes entre 3 y 4 litros.

El pozo o hueco puede estar ubicado en otra posición, desplazado con respecto a la caseta de la letrina, en cuyo caso, ambas unidades estarán conectadas por una tubería de poca longitud. La caseta podrá construirse en el interior de la casa o pegada a ella.



Figura 3

Fuente: "Guía Latinoamericana de Tecnologías Alternativas en Agua y Saneamiento" (Ref.39).

Para un uso adecuado, a continuación se dan algunas sugerencias:

- El cierre hidráulico puede ser parte del elemento que forma el asiento o estar unido a él, colocándose por debajo.

- No es preciso echar agua limpia para accionar este sistema, es posible usar el agua ya utilizada al lavar la ropa, bañarse o en otro propósito similar.
- No se deben echar en la taza objetos sólidos como papel grueso o mazorcas de maíz ya que es probable que el sistema se obstruya. Estos materiales sólidos recogidos en recipientes aparte, se deben tratar independientemente.
- Si el hueco o pozo está desplazado respecto a la caseta, la tubería que hace las descargas desde la taza deberá tener una pendiente no menor al 3%.
- Al llenarse el hueco o pozo, deberá excavarse otro, y dejar los excrementos reposando y continuando su proceso de descomposición durante por lo menos 6 meses. En la situación de contar con la modalidad de letrina desplazada, no será necesario mover la caseta, sino que excavar otro hueco en las inmediaciones y mover las tuberías de descarga hacia donde corresponda.
- Toda ventana de ventilación en la caseta debe de ser cubierta con una malla o cedazo fino en su extremo superior para evitar la entrada de insectos, los agujeros deben ser de 1.5mm de diámetro como máximo.

10.2.4 Letrina de Pozo Elevado

Cuando las condiciones del terreno son difíciles, teniendo los niveles subterráneos de agua (freáticos) muy cerca de la superficie, una forma de resolver el problema es construyendo letrinas de hueco o pozo elevado.

El hueco o pozo se excava al final de la época seca, a una profundidad razonable que no interfiera significativamente con los flujos de agua y haciendo que el revestimiento de ese hueco se prolongue sobre la superficie o nivel existente del terreno hasta que se alcance el volumen deseado.

Cuando la zona de infiltración que se pueda obtener bajo el suelo sea insuficiente, la parte elevada del pozo podrá ir rodeada de un terraplén de tierra.

Esta modalidad que se llama letrina de pozo elevado puede ser utilizada como letrina tradicional simple, como letrina mejorada de

pozo ventilado, como letrina con cierre hidráulico o de cualquier otro tipo posible.

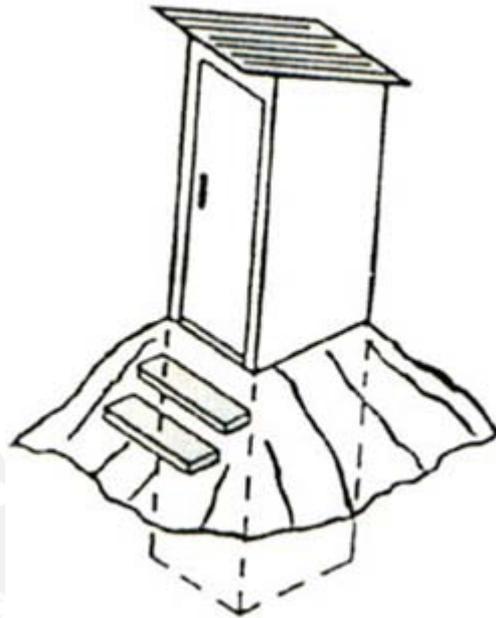


Figura 4

Fuente: “Guía Latinoamericana de Tecnologías Alternativas en Agua y Saneamiento” **Ref.39.**

Para su construcción a continuación se dan las siguientes especificaciones técnicas:

- El revestimiento del hueco, prolongado sobre el nivel del suelo, debe impermeabilizarse, tanto por dentro como por fuera.
- Si se construye un terraplén, el mismo podrá usarse para la infiltración, siempre que se haga de material permeable y bien compactado, con una inclinación lateral estable y sea lo bastante grueso para evitar que los líquidos filtrados resuman en la base del terraplén, en lugar de infiltrarse en el suelo.
- En las construcciones con terraplén, la parte superior (50 cm) del revestimiento levantado también deberá estar impermeabilizada, por ambos lados; la filtración se hará por aberturas dejadas en la parte inferior.
- Toda ventana de ventilación en la caseta debe de ser cubierta con una malla o cedazo fino en su extremo superior para evitar la

entrada de insectos, los agujeros deben ser de 1.5mm de diámetro como máximo.

10.2.5 Letrina Seca Sobre-elevada del Suelo

Este tipo de letrina se caracteriza por ser utilizada en regiones selváticas, donde llueve y hay inundaciones frecuentemente.

Esta letrina fue clasificada tomando bajo consideración la existencia de diferentes tipos de suelo y de un nivel freático alto. También fue considerada en su aplicación, la disponibilidad remota de materiales de construcción, dadas las condiciones lejanas a centros urbanos.

Por condiciones de inundación, la caseta se levanta del suelo. Esa base se construye con bloques de concreto, y arranca desde las profundidades del hueco, funcionando a la vez a manera de ademe o estructura que refuerza esas paredes.

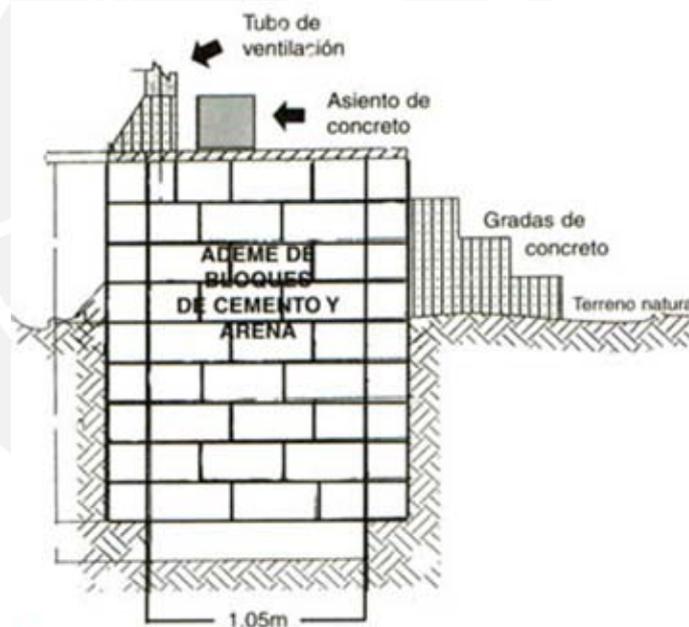


Figura 5

Fuente: "Guía Latinoamericana de Tecnologías Alternativas en Agua y Saneamiento" (Ref.39).

Para su construcción a continuación se dan las siguientes especificaciones técnicas:

- Se levanta entre 30 y 80 cm del suelo.
- Se clasifica como del tipo seco.

- El tubo de ventilación debe sobresalir 50 cm, de la caseta y desde la superficie del hoyo penetrar al menos 30cm en él y debe estar colocado de forma tal que durante la mayor parte del día el sol lo caliente directamente. Se puede pintar de negro para aumentar la absorción solar. En climas cálidos debe ser por lo menos 10cm de diámetro. Y en climas fríos por lo menos de 15cm. El extremo superior debe ser cubierto con una malla o cedazo fino para evitar la entrada de insectos, los agujeros deben ser de 1.5mm de diámetro como máximo.
- Toda ventana de ventilación en la caseta debe de ser cubierta con una malla o cedazo fino en su extremo superior para evitar la entrada de insectos, los agujeros deben ser de 1.5mm de diámetro como máximo.
- La base construida en bloques, tiene alrededor de 1,0 m hacia abajo y por lo menos 0,3 m sobre el suelo.
- El piso de preferencia debe ser una losa o plataforma de concreto de 5cm de espesor, reforzada con varillas de $\phi=1/4"$. Tiene aberturas para la ventilación y la colocación del asiento.
- El aparato sanitario es de concreto armado, fabricado con molde, con asiento y tapa.
- Las paredes de la caseta para hacerlas livianas deben ser de madera. Se recomienda la aplicación de preservantes para así aumentar su durabilidad.
- El techo puede ser de esteras. Este techo se encuentra a una altura mínima de 1,90 m, desde la losa de concreto, en la parte de atrás, que es la más baja.

10.2.6 Letrina con Asiento y Piso en Fibra de Vidrio

Así se ha llamado a la solución industrial desarrollada con el propósito de cumplir con las funciones que tradicionalmente se han tipificado para las letrinas.

Es una versión que integra en una sola pieza el piso o losa de la letrina junto con el asiento o sentadera de la misma. Tiene tapa producida con el mismo material.

Por estar fabricada en plástico reforzado con fibra de vidrio, su estética es atractiva, puede tener diferentes colores y fácilmente puede mantenerse limpia.

Este producto es adaptable a los diferentes tipos de letrinas, pudiéndose utilizar como letrina tradicional simple, letrina mejorada de pozo ventilado o como letrina con cierre hidráulico. Dadas sus dimensiones (0,80x1,10 m) también puede adaptarse a casetas dentro o fuera de la vivienda.



Figura 6

Fuente: “Guía Latinoamericana de Tecnologías Alternativas en Agua y Saneamiento” (Ref.39).

Para su construcción a continuación se dan las siguientes especificaciones técnicas:

- Por el tipo de material con el que se fabrica, esta letrina es muy liviana, se hace con forma e inclinación cónica, apropiada para que varias piezas puedan ser apiladas una sobre otra, facilitándose el transporte simultáneo de diferentes cantidades.
- La unión entre el piso y el asiento, realizada en fábrica, le dan ventajas sanitarias que impiden el paso de insectos entre la caseta y el hueco.
- En el piso o losa se tiene prevista una abertura para colocar la tubería de ventilación.

- Esta letrina debe apoyarse muy bien para que no se sienta la flexibilidad propia de los materiales con los que está hecha y evitar el temor de los usuarios.
- Un procedimiento a utilizar para rigidizar ese piso, es por medio de la aplicación, por debajo, de una capa en ferrocemento o la construcción de una estructura en madera.
- Para la colocación del sifón o trampa de agua también en fibra de vidrio, se tienen dos posibilidades: una colocando el sifón por encima, a manera de sombrero apoyándose en la parte superior del asiento y la otra, fijándose el sifón con tomillos a los bordes internos y por debajo del asiento.

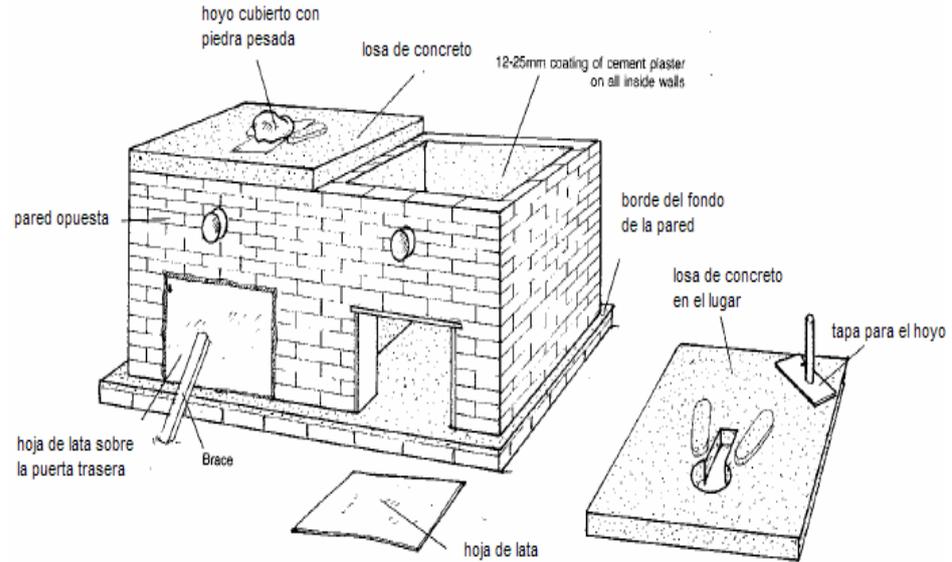
10.2.7 Letrina Abonera (alcalina) Seca Familiar, LASF

Es una alternativa de tratamiento que consta de una doble cámara impermeable y una taza, se construye para disponer las excretas o materia fecal, con la finalidad de proteger la salud de la población y evitar la contaminación del suelo, aire y agua. Es ecológica por que aprovecha los ciclos biológicos naturales para transformar una materia orgánica (las excretas) en un producto inofensivo y listo para nutrir el suelo.

Se diseñan para zonas en donde no es factible implementar letrinas tradicionales por la presencia de suelo rocoso o cuando el nivel de agua subterránea es muy superficial.

Constan de dos cámaras separadas por un tabique central, con un agujero superior cada una de ellas por donde se introducen las heces y la ceniza y una compuerta de descarga lateral por donde se extraerá los abonos una vez digeridos. Las cámaras se construyen sobre el nivel natural del suelo. Siempre se hacen escalones y se encontrarán ubicados sobre el terreno.

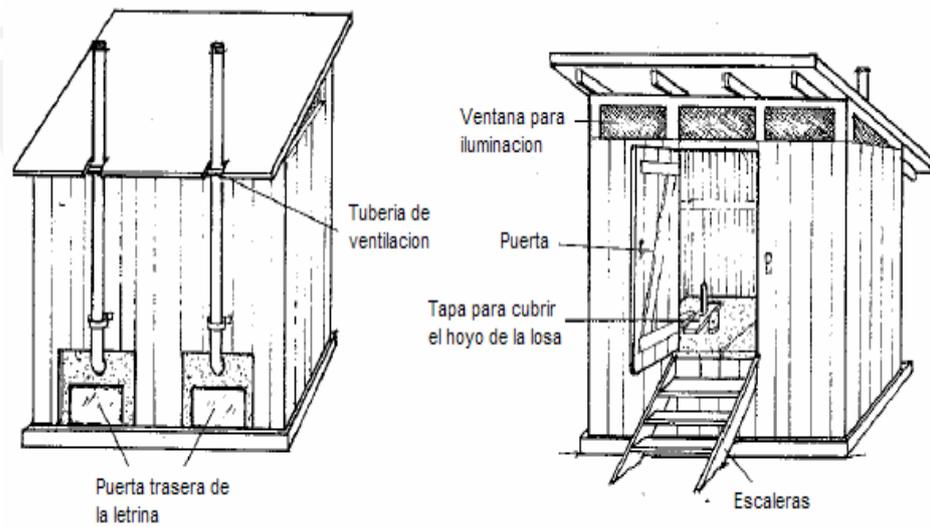
Teniendo un adecuado mantenimiento las letrinas ecológicas pueden durar de 10 a 20 años.



LOSA Y CAMARA

Figura 7

Fuente: "Guía Latinoamericana de Tecnologías Alternativas en Agua y Saneamiento" (Ref.39).



CASETA PARA LETRINA ECOLOGIA

Fuente: "Guía Latinoamericana de Tecnologías Alternativas en Agua y Saneamiento" (Ref.39).

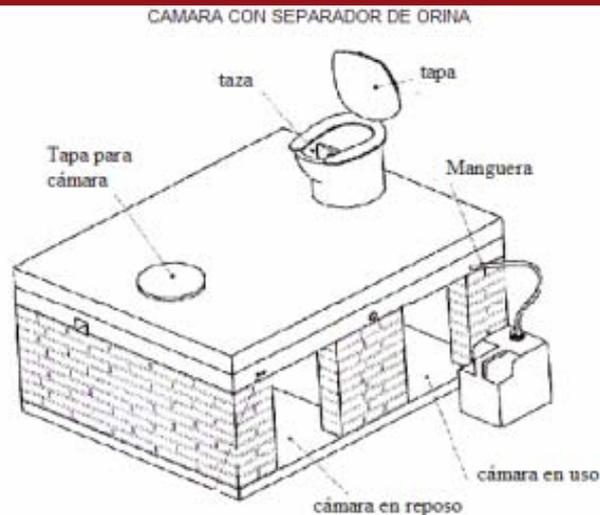


Figura 9

Fuente: “Guía Latinoamericana de Tecnologías Alternativas en Agua y Saneamiento” (Ref.39).

Para su construcción a continuación se dan las siguientes especificaciones técnicas:

- La construcción de la losa puede hacerse directamente sobre la cámara o en piezas usando como moldes, madera y cuando éstas se encuentren secas se colocarán sobre las cámaras. Las dimensiones de la losa serán en base a las dimensiones de la cámara, recomendado que sean de 1,30 m de ancho x 1,70 m de largo y de 10 – 15 cm de alto. En la construcción de la losa se tiene que considerar la medida de las aberturas para colocar la manguera que evacuará la orina, el tubo de ventilación y las tasas, para lo último se considerará un diámetro de 40 – 50 cm. Una vez terminada, deberá de ser pulida su superficie por higiene.
- En la construcción de las paredes para las cámaras se recomienda que la altura sea de 100 cm. Medidas a partir de la base o losa inferior. Como material se usará ladrillo de 0,20 de ancho x 0,40 m de largo y 0,10 m de alto, y una mezcla con la siguiente proporción para las juntas: 1 de cemento, 3 de arena. Cuando se construyan las cámaras se deberá tener en consideración que se deberá dejar un espacio en la pared posterior de 0,40 m de ancho x 0,40 m de alto, para las compuertas e evacuación de las excretas.

- La altura de la caseta depende del clima. Pudiendo utilizarse las siguientes dimensiones: Altura (parte frontal): 2.10m, altura (parte posterior): 1.90 m, ancho 1.0 m.
- Para la ventilación se recomienda usar una tubería de 4" de diámetro. De 2.50m de longitud.
- Gradas con secciones de 0,25 m de ancho y 0,20 m de altura.
- El techo deberá contar con una ventana en la parte superior para la ventilación y deberá dejarse un alero de 0,30 m en la parte frontal de la letrina y 0,30 m en los laterales.
- Se construirá una caja de madera para drenaje de los líquidos con las siguientes dimensiones: 50 cm x 45cm x 40 cm.
- El aparato sanitario debe tener asiento y taza la cual tendrá un separador de orina. La taza se conecta con un la caja de madera para drenaje que se encuentra en el exterior de la letrina, por medio de una manguera instalada previamente.
- Para eliminar los malos olores y a los insectos los cuales pueden afectar su buen funcionamiento se debe colocar en la parte superior del tubo un sombrero de ventilación o también puede ser un codo de 60°, con un malla o cedazo que puede ser de color blanco o amarillo, a fin de que el color no obstruya el brillo producido por el sol, a efecto que los insectos busquen una salida por ese conducto. Debemos garantizar que la malla esté bien sujeta al tubo.

10.2.8 Letrina de Pozo Anegado (Lleno de Agua)

Las letrinas de pozo anegado se instalan encima o al lado de un depósito o tanque que se debe mantener lleno de agua y son muy útiles cuando el abastecimiento de agua es limitado.

Las letrinas bajo este sistema pueden o no funcionar con los elementos que hacen el sello hidráulico.

Si la letrina está encima del tanque o foso, debajo del asiento existirá un tubo de descarga vertical por el que caerán las excretas, conservándose el sello bajo el nivel del agua. Si la letrina está desplazada la tubería que lleva las descargas también estará en condiciones semejantes.

La tubería de descarga debe estar sumergida para crear un cierre hidráulico que impide la llegada de los gases hasta la caseta y limita el acceso de moscas e insectos al tanque.

El efluente del tanque se debe encaminar a un pozo de infiltración, una zanja de desagüe o una cloaca.

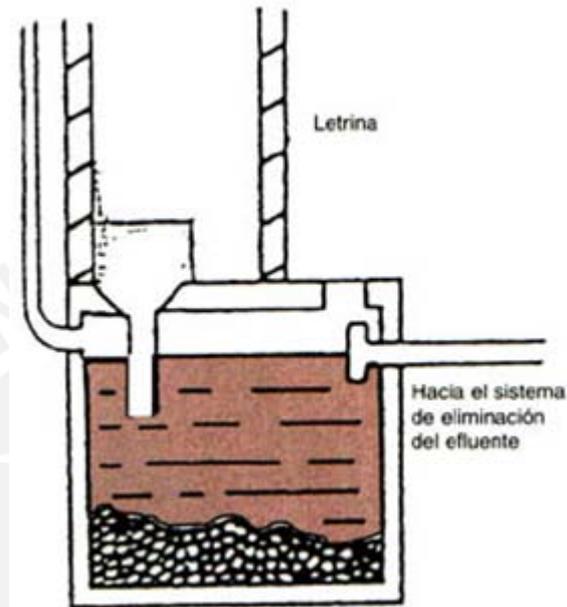


Figura 10

Fuente: "Guía Latinoamericana de Tecnologías Alternativas en Agua y Saneamiento" Ref.39.

Para su construcción a continuación se dan las siguientes especificaciones técnicas:

- El tubo de descarga debe penetrar 75 mm (3") en el agua del depósito o tanque que está lleno, para crear permanentemente el cierre hidráulico.
- Debe vigilarse diariamente que el nivel del agua en el tanque no baje, esto puede hacerse agregando una cubeta de agua de cuando en cuando para que se reestablezca el volumen perdido, dado el efecto provocado por evaporación.
- El efluente, por lo general, es poco abundante y, por lo tanto, muy concentrado.

- La capacidad que han de tener estas letrinas se calcula por el mismo procedimiento seguido para el dimensionamiento de tanques sépticos.
- Es indispensable eliminar periódicamente los lodos y las natas, por lo que los depósitos deben tener instalada una lapa movable y un acceso apropiado.
- Debe preverse un tubo de ventilación, en la tubería de descarga o en el mismo depósito, en caso extremo.

10.2.9 Selección de la Tecnología

Teniendo en cuenta factores económicos y respetando la línea de corte indicada en el Anexo SNIP 08, se escogió como tecnología para la disposición de excretas, la letrina de hoyo seco; contabilizándose en total 49 letrinas (una por vivienda), cuya ubicación se definió de tal manera que ninguna letrina se encuentre a menos de 15 m (distancia horizontal) de alguna fuente de agua, ni menos de 5 m de alguna habitación. Además, el fondo de cualquier letrina en ningún caso se ubicó a menos de 1.5 m por encima del nivel freático (esto fue verificado mediante calicatas de exploración en varios puntos).

Así mismo, cada letrina se ubicó en la zona de mayor cota de cada lote.

Para el diseño se utilizó como referencia el texto: “Especificaciones Técnicas para el Diseño de Letrinas Ventiladas de Hoyo Seco” del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División de Salud y Ambiente – Organización Panamericana de la Salud. **(Ref. 26)**.

Cada letrina cumple con lo siguiente:

- Pozo o depósito de excretas de dimensiones 0.9 m x 0.9 m x 2.0 m (medidas interiores), con muros de contención interiores de mampostería. La capacidad se calculó tomando en cuenta que el tiempo de vida útil de la letrina es de 4 años, y que el material con el que se realiza la limpieza anal es con papel grueso u hojas ($0.06 \text{ m}^3 / \text{hab-año}$), lo que se traduce en:

$$6 \text{ habitantes} \times 4 \text{ años} \times 0.06 \text{ m}^3 / \text{hab-año} = 1.44\text{m}^3$$

- Losa de madera tornillo, de dimensiones 1.2 m x 1.2 m x 0.05m.
- Brocal de mampostería en el perímetro del hoyo con espesor de 20 cm y altura de 30 cm.
- Cunetas perimetral para el desvío de las aguas de escurrimiento en temporada de lluvias.
- Inodoro de tipo turco, de concreto reforzado y pulido. (Dimensiones de acuerdo a plano P-18)
- Caseta móvil de madera de 1.9 m de altura (parte posterior), 2.10m (parte anterior), 1.0m (ancho) con techo de hojas y esteras.
- Mallas o mosquiteros para cubrir el inodoro y para la ventilación de la caseta, con agujeros de 1.5mm de diámetro como máximo.
- Tubo de PVC Clase 5 de 4" y 3.15 m de longitud, para ventilación orientado siempre hacia el sol.



11. IMPACTO AMBIENTAL

En sentido estricto, la ecología ha definido el ambiente como un conjunto de factores externos que actúan sobre un organismo, una población o una comunidad. Estos factores son esenciales para la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de los seres vivos e inciden directamente en la estructura y dinámica de las poblaciones y de las comunidades. Sin embargo, la naturaleza es la totalidad de lo que existe.

Se dice que el impacto ambiental es la alteración favorable o desfavorable que experimenta un elemento del ambiente como resultado de efectos positivos o negativos derivados de la actividad humana o de la naturaleza en sí. El impacto ambiental puede ser positivo o negativo; alto, medio o bajo, temporal o permanente; irreversible; reversible; mitigable; directo o indirecto.

- **Impacto negativo.**- Es el impacto ambiental cuyo efecto se traduce en la pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y la personalidad de una zona determinada.

- **Impacto positivo.**- Es la no existencia o existencia despreciable de impacto negativo sobre el ambiente, generando contrariamente beneficios a la comunidad y/o a su entorno, antes y después de la construcción del sistema de abastecimiento de agua potable y letrinas de hoyo seco.

La evaluación de impacto ambiental (EIA) se considera como el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos sobre el medio ambiente que causaría la construcción del sistema de abastecimiento de agua potable y letrinas de hoyo seco. Los objetivos generales de la EIA son dos:

- Proveer información sobre los efectos ambientales del proyecto propuesto, para evaluar las distintas opciones sobre su ejecución.
- Producir, en la medida de lo posible, proyectos adecuados ambientalmente.

Las medidas de mitigación tienen por finalidad evitar o disminuir los efectos adversos del proyecto en el entorno, cualquiera sea su fase de ejecución. Estas medidas se determinan en función del análisis de cada uno de los componentes ambientales afectados por la ejecución del proyecto, en cada una de las etapas de éste.

Cuadro 3: Medidas de mitigación de impactos ambientales para el sistema de abastecimiento de agua potable:

Componente	Impacto	Medida de mitigación
Emisiones a la atmósfera	Emisión de material particulado y polvo	Humedecer periódicamente las vías de acceso a la obra. Transportar el material de excavación cubierto por las rutas establecidas con anticipación.
Residuos sólidos	Generación de residuos sólidos (domésticos e industriales)	Mantener contenedores de residuos domiciliarios para un adecuado almacenamiento temporal. Recuperar y reutilizar la mayor cantidad de residuos de excavaciones. Retirar, transportar y disponer los residuos sobrantes, en lugares autorizados
Residuos y/o vibraciones	Incremento de los niveles de ruido	Realizar trabajos de excavación e instalación de tuberías en horarios diurnos. Mantener los equipos motorizados en las mejores condiciones mecánicas.

Continuación del cuadro 4:

Componente	Impacto	Medida de mitigación
Recursos hídricos	Alteración y utilización de agua superficial o subterránea	Que las obras no perjudiquen ni entorpezcan el aprovechamiento de agua para otros fines (riego, recreación).
	Contaminación de cursos de agua o cauces por sedimentos y residuos líquidos o sólidos	No almacenar temporalmente, en cauces o lechos de ríos o en sectores que desemboque en ellos, material de excavación. No disponer efluentes en cauces o cursos de agua que sirven para abastecimiento. Remover inmediatamente los derrames accidentales de combustible con materiales adecuados.
Suelo	Cambios en la estructura del suelo (propiedades físico-químicas)	No realizar directamente en el suelo las mezclas para obras de concreto. Realizar los trabajos de mantenimiento de equipos y maquinarias, si se requiere, sobre un polietileno que cubra el área de trabajo. Remover inmediatamente el suelo, en caso de derrames accidentales de combustible y restaurar el área afectada con materiales y procedimientos sencillos.

Continuación del cuadro 3:

Componente	Impacto	Medida de mitigación
Vegetación y fauna	Remoción y afectación de cobertura vegetal	Utilizar la infraestructura existente para la instalación de los trabajadores. Separar la capa de material orgánico de la del material inerte. Disponer adecuadamente el material orgánico para su posible reutilización. Evitar el paso sobre el suelo con cobertura vegetal fuera del área de la obra. Restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar.
Población	Alteración de las costumbres y cultura de las comunidades cercanas	Evitar la interferencia entre el tráfico peatonal y los frentes de trabajo. Disponer de rutas alternativas en fechas de importancia para la población.
	Incremento en los niveles de accidentes	Transportar el material de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga. Mantener una adecuada señalización en el área de obra, en etapa de ejecución y operación. Instalar cercos perimetrales en los frentes de trabajo.
Paisaje	Impacto visual	Recuperar y restaurar el espacio público afectado, una vez finalizada la obra, retirando todos los materiales y residuos provenientes de las actividades constructivas.

Continuación del cuadro 3:

Componente	Impacto	Medida de mitigación
Patrimonio cultural	Daño al patrimonio cultural	Suspender la obra, delimitar el área e informar a quién corresponda para una correcta evaluación, en la eventualidad de encontrar hallazgos arqueológicos, una vez realizadas estas actividades se puede continuar con el trabajo.

Cuadro 4: Medidas de mitigación de impactos ambientales para letrinas de hoyo seco:

Componente	Impacto	Medida de mitigación
Calidad del aire	Contaminación del aire por polvo generado en construcción	Uso de agua para minimizar la generación de polvo.
Salud humana	Riesgos para la salud de los trabajadores	Desarrollar plan de seguridad e higiene.
	Generación de desechos sólidos derivados de las actividades de los trabajadores de la obra	Hacer servicio sanitario provisional. Colocar toneles para la basura y para posterior disposición en zona adecuada.

Continuación del cuadro 4:

Componente	Impacto	Medida de mitigación
Población	Alteración de las costumbres y cultura de los usuarios.	Educar a los usuarios sobre el funcionamiento y hacer conciencia de los beneficios directos de las letrinas de hoyo seco.
Paisaje	Impacto visual	Recuperar y restaurar el espacio afectado, una vez finalizada la obra, retirando todos los materiales y residuos provenientes de las actividades constructivas.
Patrimonio cultural	Daño al patrimonio cultural	Suspender la obra, delimitar el área e informar a quién corresponda para una correcta evaluación; en la eventualidad de encontrar hallazgos arqueológicos, una vez realizadas estas actividades se puede continuar con el trabajo.

12. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE EJECUCION DE OBRA

12.1 Sistema convencional

12.1.1 Presupuesto

A continuación se muestran el presupuesto por partidas del sistema optimizado y el listado de precios y cantidades requeridas:















12.1.2 Cronograma de ejecución de obra

A continuación se muestra un cronograma de ejecución de obra tentativo para el sistema convencional:





12.2 Sistema optimizado

12.2.1 Presupuesto

A continuación se muestran el presupuesto por partidas del sistema optimizado y el listado de precios y cantidades requeridas:















12.2.2 Cronograma de obra

A continuación se muestra un cronograma de ejecución de obra tentativo para el sistema optimizado:





13. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El “sistema convencional”, con reservorio de concreto reforzado, es equivalente a un proyecto de 16.4 toneladas, para el cual el flete aéreo se valoró en S/. 179,921.51; el “sistema optimizado”, caso del reservorio de polietileno, es un proyecto de 13 toneladas, para el cual el flete aéreo se estimó en S/. 151,648.62; ambos valores fueron calculados en base a las referencias proporcionadas por una empresa que presta servicios de transporte aéreo a nivel nacional.

Luego del diseño hidráulico, se procedió a analizar costos, con el fin de evaluar la factibilidad técnico-económica de infraestructuras de saneamiento básico en comunidades rurales de difícil acceso geográfico en la selva del país. La Tabla 3 presenta los costos del sistema de abastecimiento, tanto para el “sistema convencional” como para el “sistema optimizado”, así mismo muestra la comparación entre ambos y de cada uno con la línea de corte del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), como referencia adicional. El monto total del proyecto supera en ambos casos la línea de corte del SNIP; el “sistema convencional” significa 2.03 veces, mientras que el “sistema optimizado” 1.87 veces.

La captación, el “sistema convencional”, con la obra de concreto reforzado, resulta más costosa que la obra de mampostería del “sistema optimizado”, mientras que el reservorio de 9 m³ de volumen del “sistema convencional” resulta más económico que el del “sistema optimizado” (diferencia de S/. 5,684.90), debido al precio del reservorio de PVC de 10 m³ de volumen.

El flete representa 61.01 % del costo total del “sistema convencional”, mientras que 55.83 % del costo total del “sistema optimizado”, es decir, se encuentra que la condición de aislamiento geográfico en el que se encuentran comunidades nativas en la selva del Perú, incide más que duplicando el costo de los sistemas de agua potable para estas comunidades.

Así mismo, se puede afirmar que con la diferencia entre el “sistema convencional” y el “sistema optimizado”, monto que asciende a S/. 23,289.47, sería posible construir un sistema de abastecimiento de agua potable básico, como el “sistema convencional” de este estudio, para una comunidad de 150 habitantes en la sierra del país, que no se encuentre bajo la condición de difícil acceso geográfico.

ITEM	Descripción	Sistema Convencional (Kg)	Sistema Optimizado (Kg)
1	Cemento	11494.13	8368.76
2	Acero, alambre N°8 y N°16	849.22	404.17
3	Inodoros de concreto prefabricados	589.07	589.07
4	Tuberías de PVC	1622.27	1622.27
5	Accesorios de PVC	180.80	180.80
6	Yeso	622.33	622.33
7	Clavos	184.35	184.35
8	Otros	850.00	850.00
9	Tanque de polietileno 10m3	0.00	220.00
	TOTAL	16392.16	13041.74

Cuadro N°5: Peso de los materiales de construcción

Cuadro N°6: Cuadro comparativo de costos

ITEM	Descripción	Sistema	Sistema	Parámetros	S.	S.	S.
		Convencional S/.	Optimizado S/.		SNIP (*) S/.	Convencional Resp. SNIP	Optimizado Resp. SNIP
1	Captación (incluido válvulas)	2959.96	2549.73	79565.22	3662.72	8646.14	-410.23
2	Línea de Conducción	9525.50	9525.50				0.00
3	Reservorio	5742.95	11427.85				5684.90
4	Válvulas de Reservorio	980.26	689.01				-291.25
5	Línea de Aducción y Distribución	61749.48	61749.48				0.00
	Válvulas Compuerta en la Red	2269.79	2269.79				0.00
6	Saneamiento con Letrinas de Hoyo Seco	18665.23	18665.23	23099.58	-4434.35	-4434.35	0.00
7	Piletas de Mampostería	12906.11	12906.11	42777.00	-29870.89	-29870.89	0.00
8	Flete	179921.51	151648.62		179921.51	151648.62	-28272.89
	Otros	200.00	200.00				0.00
	TOTAL	294920.79	271631.32	145441.80	149478.99	126189.52	-23289.47
	% diferencia				2.03	1.87	0.92

(*) Parámetros y Normas Técnicas en la Formulación de Estudios de Preinversión, del Anexo SNIP 08.

Costos directos, no incluyen IGV.

Tipo de cambio: \$1 = S/2.91

14. CONCLUSIONES

Realizado el diseño de todos los muros, se pudo comprobar que en ninguno de los casos se sobrepasó la capacidad portante del suelo asumida, de $1\text{kg/cm}^2 = 10\text{Ton/m}^2$, que según la tabla 12.1 del texto, "Diseño de Estructuras de Concreto Armado" (Ref. 11), corresponde a arcillas inorgánicas plásticas, arenas diatomáceas o sienos elásticos y mediante las calicatas explorativas se comprobó que el suelo correspondiente a la comunidad nativa de Tsoroja es de un tipo aluvial conglomerado cuya capacidad admisible es superior a la asumida.

Para tener una idea del orden de magnitud se puede hacer el siguiente ejemplo:

Suponiendo que se tiene una persona cuyo peso es de 0.1Ton y cuyo pie mida en promedio $0.05 \times 0.3\text{m}$, entonces si esta persona se sostiene en un solo pie sobre la zona en la cual se construirá la cámara de captación o el reservorio, produciría un esfuerzo sobre el suelo de:

$$\sigma_{\text{persona}} = 0.1 / (0.05 \times 0.3) = 6.66\text{Ton/m}^2,$$

(Mayor que la presión ejercida sobre el suelo por cualquiera de los muros diseñados).

Del mismo modo ocurre con el reservorio del sistema convencional, en el que la presión ejercida sobre el suelo (estando lleno) es de 2.54Ton/m^2 .

Pudiendo inferirse que incluso la persona genera mayor esfuerzo que las estructuras proyectadas sobre el suelo, no sufriendo ningún tipo de falla; lo que hace concluir que el asumir 1kg/cm^2 es un valor conservador pero adecuado.

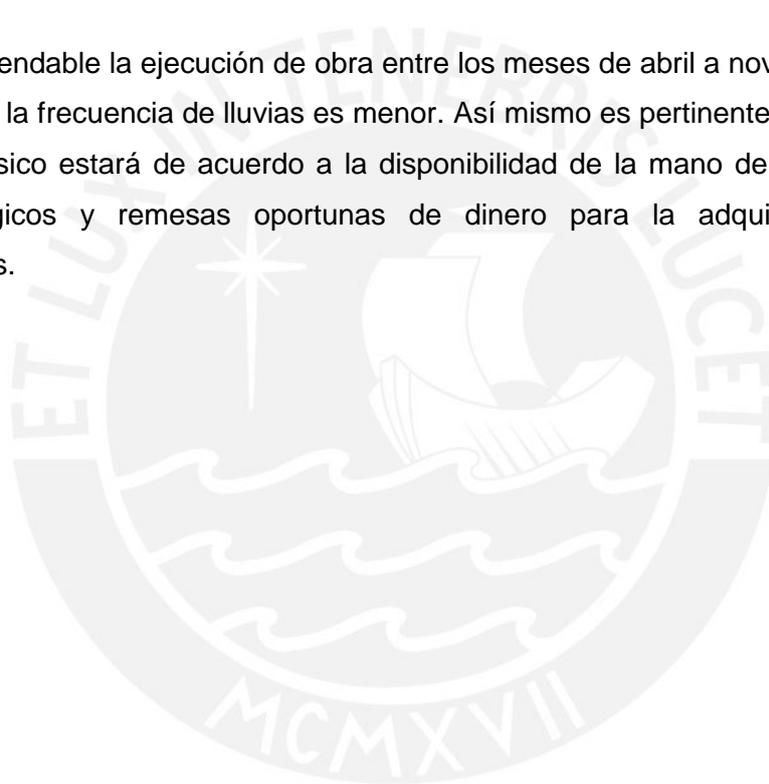
Es por ello que en diseños pequeños de envergadura similar al del presente trabajo; de presupuesto escaso para poblaciones rurales, el asumir 1kg/cm^2 se ha hecho usual por los ingenieros dedicados a la consultoría.

El presente trabajo de tesis presenta el diseño de un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano en una comunidad rural de la selva del Perú, que se encuentra aislada geográficamente debido a la falta de vías de transporte adecuado. El diseño cumple con los requisitos que señala la norma técnica

peruana así como toma en cuenta recomendaciones contenidas en guías para el saneamiento en poblaciones rurales. En base al análisis de costos de dos alternativas de diseño, “sistema convencional” y “sistema optimizado”, se puede concluir que la condición de difícil acceso geográfico en la que se encuentran comunidades nativas en la selva del Perú, incide más que duplicando el costo de los sistemas de agua potable.

El diseño hidráulico y el análisis de costos aportan a la evaluación de la factibilidad técnico-económica de sistemas de agua potable en el ámbito rural y al objetivo de reducir la brecha en infraestructura en el país.

Es recomendable la ejecución de obra entre los meses de abril a noviembre, época en la cual la frecuencia de lluvias es menor. Así mismo es pertinente indicar que el avance físico estará de acuerdo a la disponibilidad de la mano de obra, factores climatológicos y remesas oportunas de dinero para la adquisición de los materiales.



DESCRIPCION DEL SOFTWARE PARA EL MODELAMIENTO DE SISTEMAS DE TUBERÍAS

Para el modelado del sistema de conducción y distribución de agua potable de la comunidad nativa de Tsoroja se utilizó un software de análisis hidráulico que se definirá a continuación.

El programa utilizado tiene como nombre WATERCAD versión 3.1, es un programa orientado al análisis del comportamiento hidráulico, que se realiza mediante simulación de los sistemas hidráulicos y calidad del agua en redes de conducción o distribución a presión en periodos extendidos. En general, una red consta de tuberías, nudos (conexiones entre tuberías), bombas, válvulas, reservorios y tanques de almacenamiento o depósitos de líquidos. Este programa determina el caudal que circula por cada una de las tuberías, la velocidad de flujo, la pérdida de carga, la gradiente hidráulica, la presión en cada uno de los nudos, el nivel de agua en cada tanque a través de la red durante un determinado periodo de simulación analizando en diferentes intervalos de tiempo.

De hecho puede utilizarse en múltiples aplicaciones para el análisis de sistemas hidráulicos tales como, diseño de programas de muestreo, calibración de modelos hidráulicos, además puede servir de ayuda para la evaluación de diversas estrategias para alternativas de gestión de los sistemas de distribución todas encaminadas a la mejora de la calidad del agua dentro del sistema, esto incluye la utilización de alternativas de las fuentes de suministro en sistemas que disponen de múltiples fuentes de abastecimiento, variación de los esquemas de bombeo, llenado y vaciado de los tanques de almacenamiento.

Respecto a su manejo, puede emplearse bajo el sistema operativo Windows (sin importar la versión), ofreciendo una interfase práctica y sencilla para la edición de los datos de entrada de la red, para el cálculo hidráulico, las simulaciones de la calidad del agua, y para poder visualizar los resultados obtenidos en una amplia variedad de formatos.

Para la realización de un modelo hidráulico correcto, es necesario disponer de datos precisos y completos que incluyan las siguientes características:

- ✓ El límite en el tamaño de la red depende de la versión y licencia adquirida. Se debe especificar las dimensiones del área de tal forma que las coordenadas de todos los puntos del esquema puedan mostrarse debidamente en la pantalla.
- ✓ Las fórmulas utilizadas para el cálculo de las pérdidas por fricción están en función del caudal de paso por la tubería y son representadas mediante las expresiones de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, ó Chezy-Manning, debido a que cada fórmula contempla la rugosidad de las tuberías de forma diferente.
- ✓ Incluye pérdidas menores en elementos tales como codos, acoplamiento, etc.
- ✓ Modela bombas funcionando tanto a velocidad de giro constante como de giro variable.
- ✓ Calcula la energía consumida y el coste de bombeo de las estaciones
- ✓ Modela diferentes tipos de válvulas, incluyendo válvulas de regulación, válvulas de retención, válvulas de aislamiento, válvulas reductoras de presión, válvulas de control de caudal, etc.
- ✓ Permite el almacenamiento de agua en estanques que presenten cualquier geometría (por ejemplo que la sección del tanque sea variable con la altura del mismo).
- ✓ Considera la posibilidad de establecer diferentes categorías de consumo en los nudos, cada una de ellas con su propia curva de modulación.
- ✓ Modela consumos dependientes de la presión que salen al exterior del sistema a través de emisores (rociadores, aspersores).
- ✓ Puede determinar el funcionamiento del sistema simplemente con el nivel de agua en el estanque y controles de tiempo o utilizar un complicado sistema de regulación temporal.
- ✓ Especifica un informe de estado el cual es emitido tras finalizar una simulación. Según la opción deseada por el usuario se puede obtener un informe sencillo ó un informe completo, que es básicamente igual que el sencillo, pero con la diferencia que en este se agregan los errores.

6.1 ELEMENTOS IMPORTANTES PARA EL MODELADO DE UN SISTEMA HIDRÁULICO

6.1 Reservorio.- Es una elemento hidráulico que cuenta con una carga hidráulica (con superficie libre) e infinita capacidad de abastecer o aceptar flujo de algún líquido. La figura 1 muestra la ventana Reservoir que permite ingresar y obtener resultados luego del análisis en el reservorio seleccionado. En este cuadro se pueden ingresar datos tales como el nombre del elemento, la elevación de la

superficie libre del agua, su ubicación en coordenadas. Así como obtener resultados tales como caudal de salida, y concentración de contaminantes en el agua (si se incluyó en el análisis).

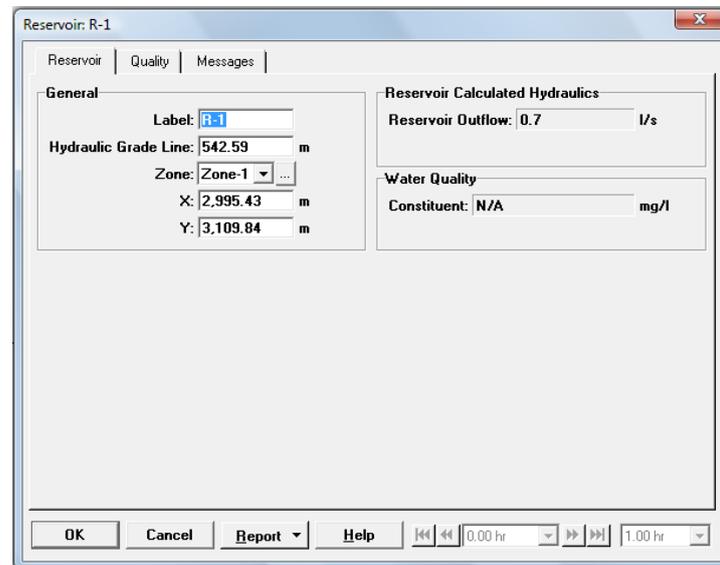


Figura 1

La figura 2 muestra la ventana Quality, la cual es utilizada para el análisis de la calidad del agua sometido a determinado contaminante.

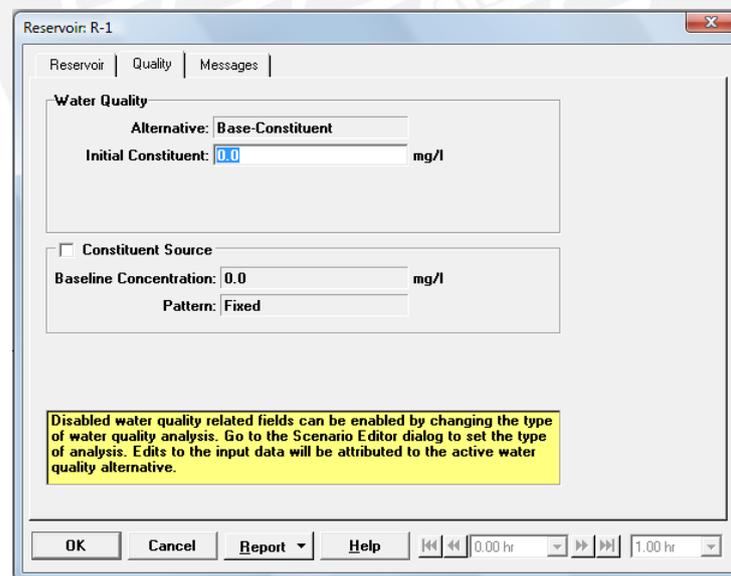


Figura 2

La figura 3 muestra la ventana Messages, en la cual el programa indica una breve descripción de cada error o incompatibilidad encontrada luego del análisis. En esta misma ventana aparece una luz verde, amarilla o roja. La luz verde indica que el análisis es correcto y que no hay observación alguna. La luz amarilla indica

advertencia lo cual indica que existe alguna incompatibilidad encontrada luego del análisis. La luz roja indica error no se pudo realizar el análisis y debería verificarse el modelo ingreso.

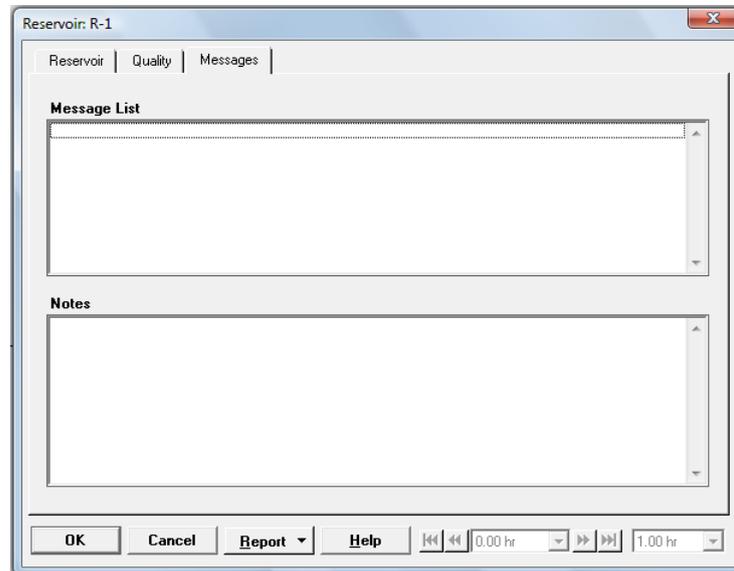


Figura 3

6.2 Tanque.- Es un elemento hidráulico para el almacenamiento de algún líquido con superficie libre (no presurizado). Para un periodo de análisis extendido la superficie libre puede subir o bajar, dependiendo del flujo de ingreso y salida del tanque.

La figura 4 muestra la ventana Tank que permite ingresar y obtener resultados luego del análisis en el reservorio seleccionado. En este cuadro se pueden ingresar datos tales como el nombre del elemento, su ubicación en coordenadas. Así como obtener resultados tales como caudal de salida, nivel del tanque, cota piezométrica y concentración de contaminantes en el agua (si se incluyó en el análisis).

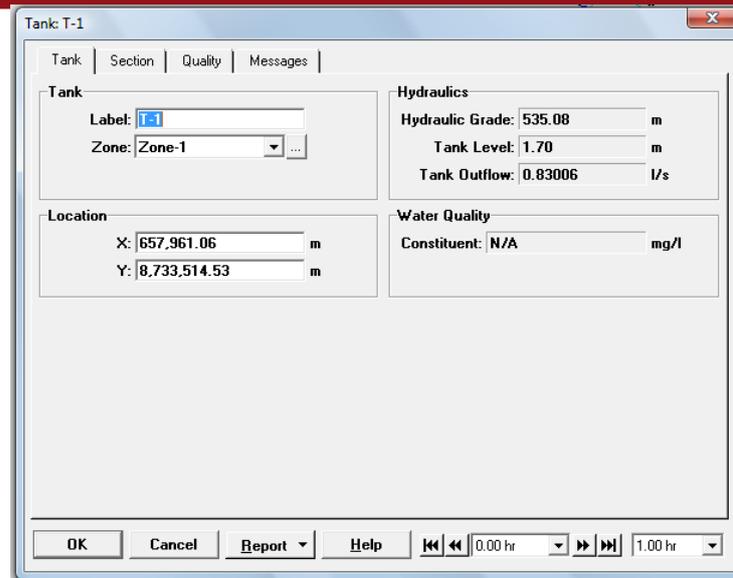


Figura 4

La figura 5 muestra la ventana Section, en la que se deben definir las características geométricas del elemento hidráulico tales como: sección del tanque (constante o variable), tipo de sección (rectangular o circular); y características hidráulicas tales como: elevación (medida considerada a partir de una línea referencial) o nivel (medida considerada a partir del fondo del tanque), mínimo o máximo de la superficie libre del agua y cotas del fondo del tanque. Luego de definir el nivel mínimo de agua, el programa calcula automáticamente el volumen activo y las elevaciones inicial, mínima y máxima.

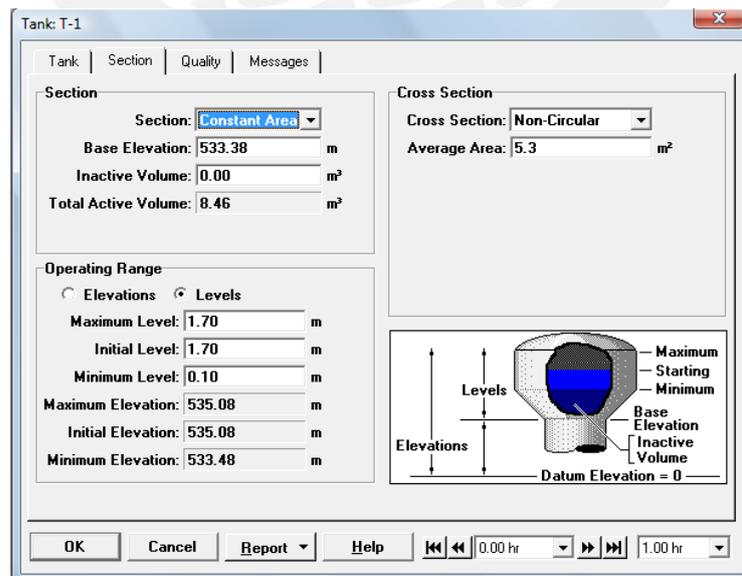


Figura 5

La figura 6 muestra la ventana Quality, la cual es utilizada para el análisis de la calidad del agua sometido a determinado contaminante.

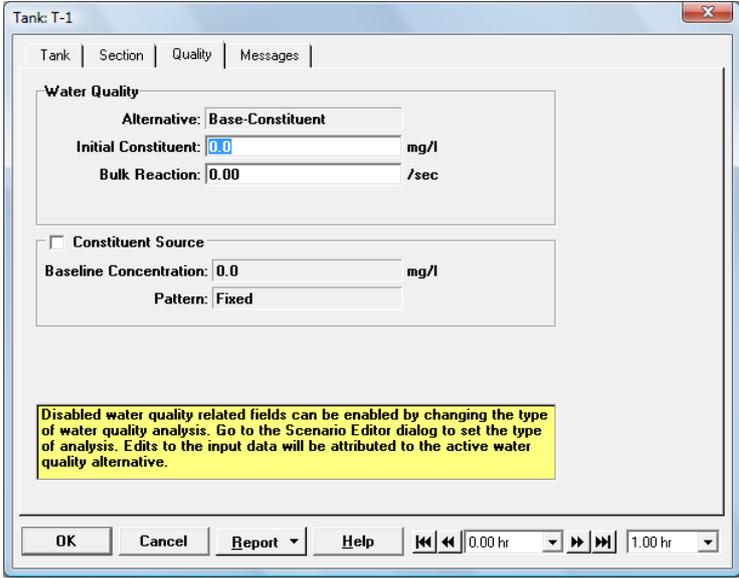


Figura 6

La figura 7 muestra la ventana Messages, en la cual el programa indica una breve descripción de cada error o incompatibilidad encontrada luego del análisis. Incluso las observaciones instantáneas en un periodo extendido. En esta misma ventana aparece una luz verde, amarilla o roja. La luz verde indica que el análisis es correcto y que no hay observación alguna. La luz amarilla indica advertencia lo cual indica que existe alguna incompatibilidad encontrada luego del análisis. La luz roja indica error no se pudo realizar el análisis y debería verificarse el modelo ingreso.

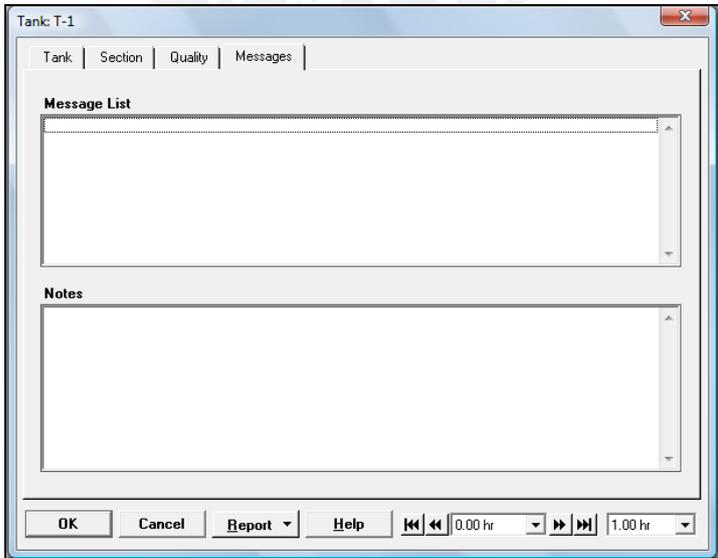
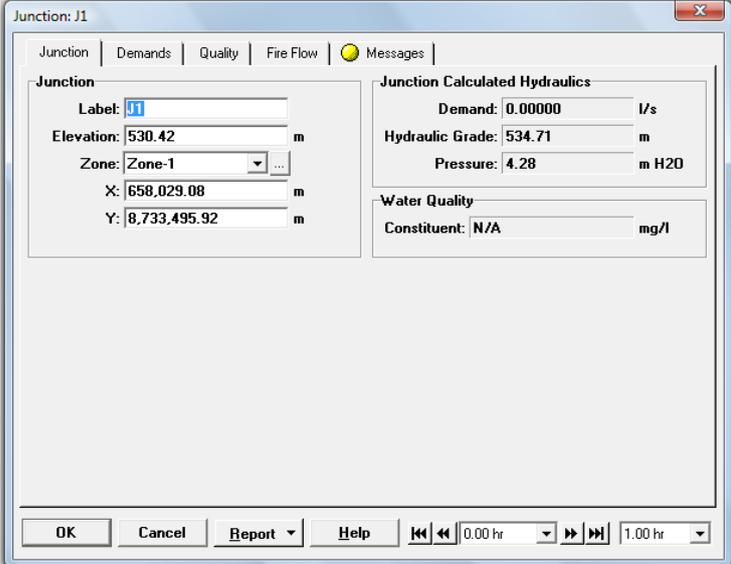


Figura 7

6.3 Nudo.- Un nudo es un punto en el cual dos o más tuberías convergen. Por tanto hay variación en la energía de flujo, ya sea por pérdidas menores, por cambio en las características de las tuberías o por variación en el caudal.

La figura 8 muestra la ventana Junction, en la que se deben ingresar el nombre o etiqueta del nudo, la elevación o cota topográfica, y las coordenadas. Así como obtener resultados tales como demanda externa en el nudo (lo que se definirá mas adelante), cota piezométrica y concentración de contaminantes en el agua (si se incluyó en el análisis).



Junction	
Label:	J1
Elevation:	530.42 m
Zone:	Zone-1
X:	658,029.08 m
Y:	8,733,495.92 m

Junction Calculated Hydraulics	
Demand:	0.00000 l/s
Hydraulic Grade:	534.71 m
Pressure:	4.28 m H2O

Water Quality	
Constituent:	N/A mg/l

Figura 8

La figura 9 muestra la ventana Demands, que sirve para indicar el caudal de ingreso o salida de un líquido en la red. Como se explicará mas adelante, se puede analizar el mismo sistema para varios caudales independiente, aplicados en un mismo nudo creando escenarios distintos con el uso de patterns.

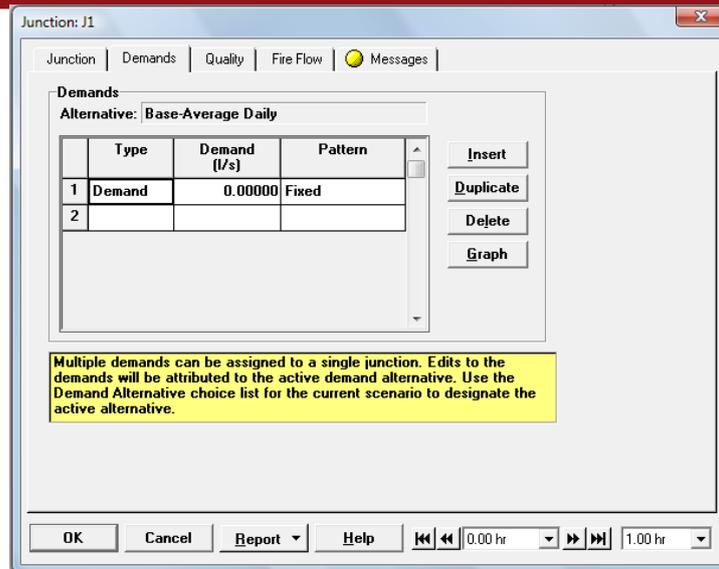


Figura 9

La figura 10 muestra la ventana Quality, la cual es utilizada para el análisis de la calidad del agua sometido a determinado contaminante.

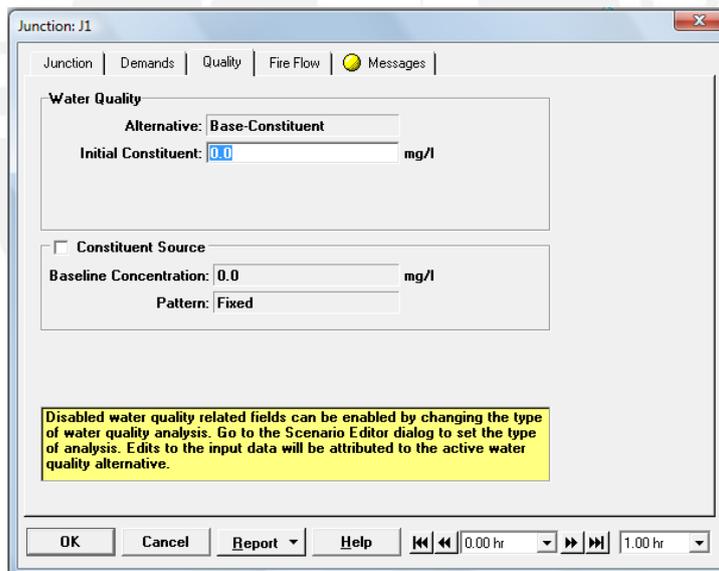


Figura 10

La figura 11 muestra la ventana Fire Flow, la cual es utilizada, cuando se considera para el análisis sistemas contra incendio.

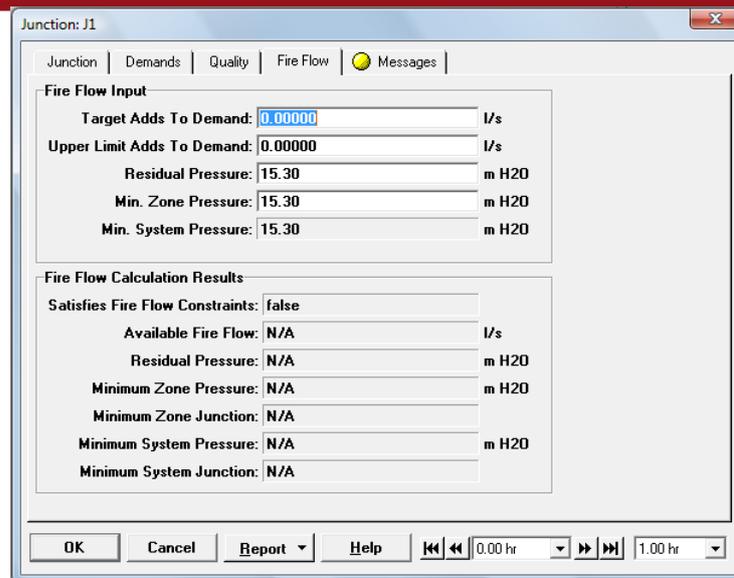


Figura 11

La figura 12 muestra la ventana Messages, en la cual el programa indica una breve descripción de cada error o incompatibilidad encontrada luego del análisis. Incluso las observaciones instantáneas en un periodo extendido. En esta misma ventana aparece una luz verde, amarilla o roja. La luz verde indica que el análisis es correcto y que no hay observación alguna. La luz amarilla indica advertencia lo cual indica que existe alguna incompatibilidad encontrada luego del análisis (tal como se muestra en la figura 12). La luz roja indica error no se pudo realizar el análisis y debería verificarse el modelo ingreso.

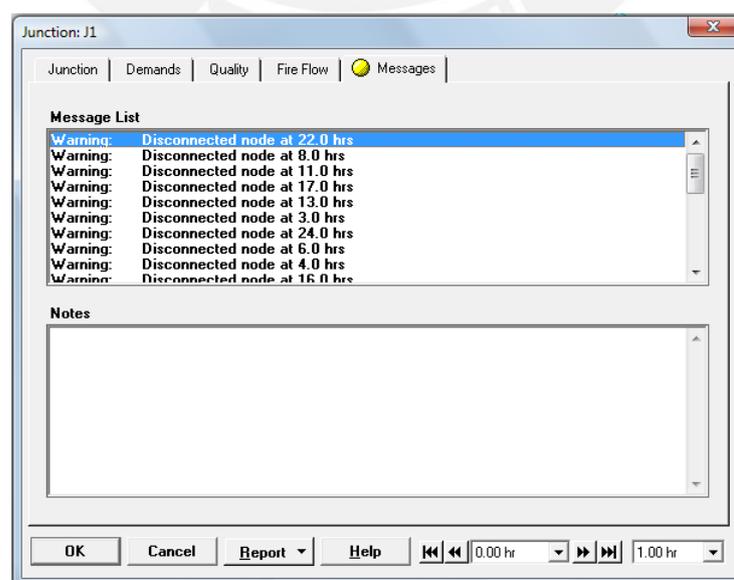


Figura 12

6.4 Tuberías.- Una tubería es un elemento que conduce un fluido a presión por dentro de ella. Sirve para conectar dos elementos de un sistema hidráulicos cualesquiera que sea.

La figura 13 muestra la ventana Pipe, en la que se deben ingresar el nombre o etiqueta de la tubería, el tipo de material del que esta compuesto, su diámetro, rugosidad, las pérdidas de carga menores y su longitud, pudiéndose considerar una válvula check en determinado tramo únicamente activando la opción Check Valve. De esta misma ventana se pueden obtener resultados tales como el sentido de flujo en la tubería, el caudal de flujo, la velocidad, la pérdida de carga, el gradiente hidráulico y su condición abierta o cerrada por efecto de la válvula check luego del análisis, así como la concentración de contaminantes en el agua (si se incluyó en el análisis).

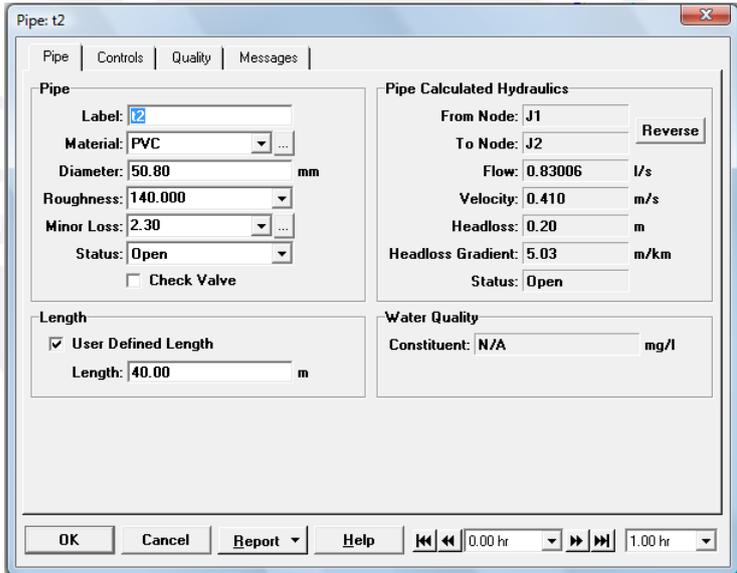


Figura 13

La figura 14 muestra la ventana Controls, la cual sirve para definir características tales como: el considera o no flujo de líquido en determinada tubería, encender o apagar bombas, cambiar de bombas y ajustar características de las válvulas.

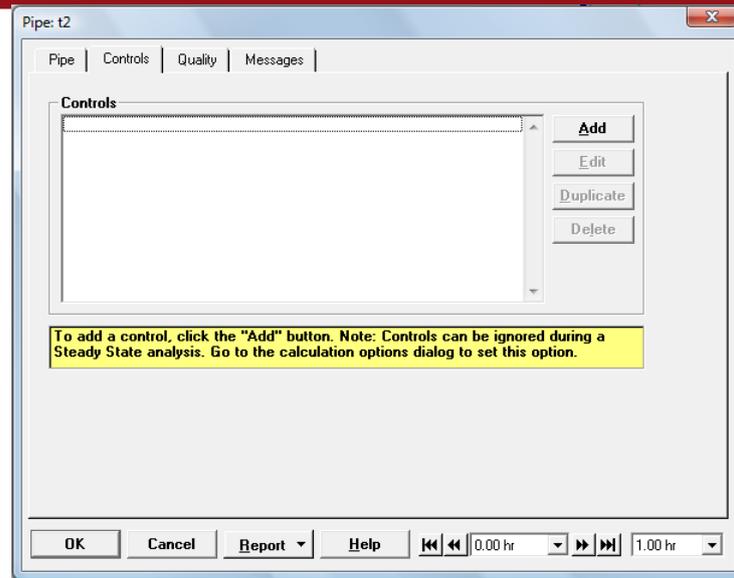


Figura 14

La figura 15 muestra la ventana Control (que se activa al hacer click en la opción Add, figura 14). En esta ventana se puede cambiar el estado de la tubería (abierta o cerrada al flujo), pudiéndose configurar su cambio de estado automático en determinado momento, para un análisis en periodo extendido.

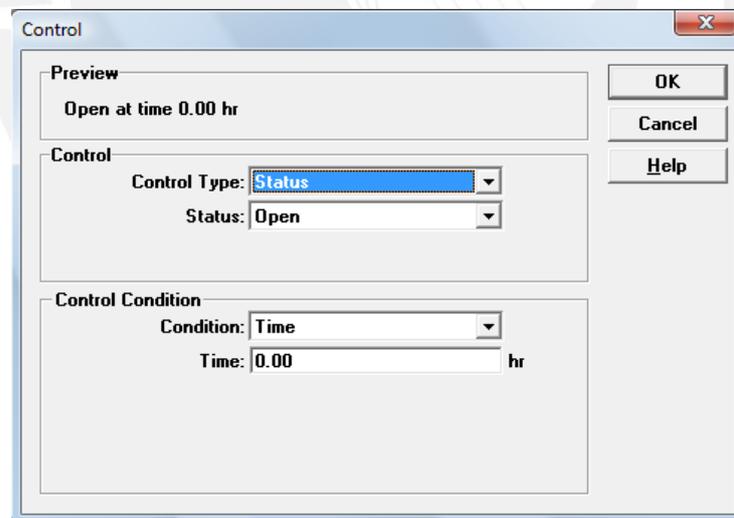


Figura 15

La figura 16 muestra la ventana Quality, la cual es utilizada para el análisis de la calidad del agua sometido a determinado contaminante.

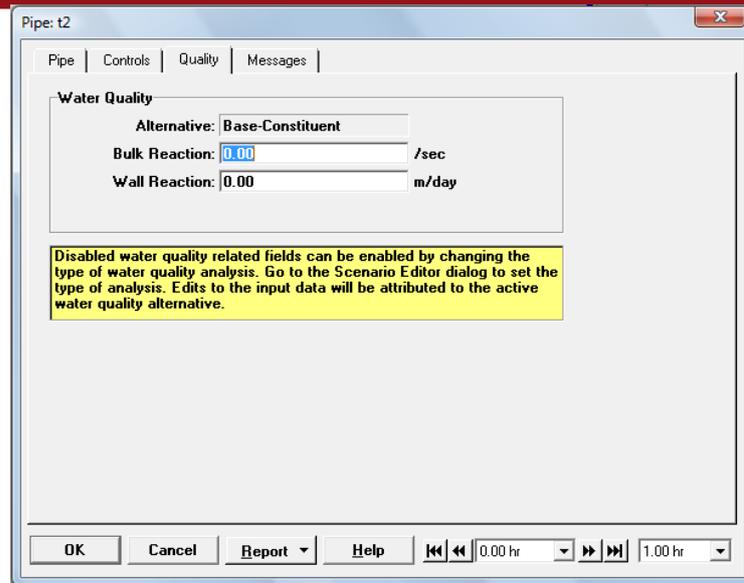


Figura 16

La figura 17 muestra la ventana Messages, en la cual el programa indica una breve descripción de cada error o incompatibilidad encontrada luego del análisis. Incluso las observaciones instantáneas en un periodo extendido. En esta misma ventana aparece una luz verde, amarilla o roja. La luz verde indica que el análisis es correcto y que no hay observación alguna. La luz amarilla indica advertencia lo cual indica que existe alguna incompatibilidad encontrada luego del análisis. La luz roja indica error no se pudo realizar el análisis y debería verificarse el modelo ingreso.

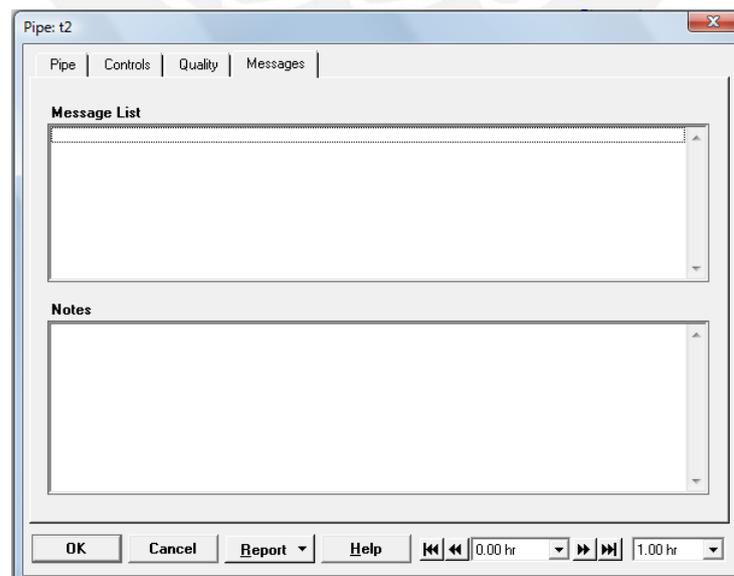


Figura 17

6.5 Cálculos.- Luego de finalizado el modelo, el programa en su ventana principal tiene un icono , el cual sirve de acceso para la configuración en la forma de análisis, ya sea considerando un flujo constante a través del tiempo o en un periodo extendido. Tal como se puede observar en la figura 18.

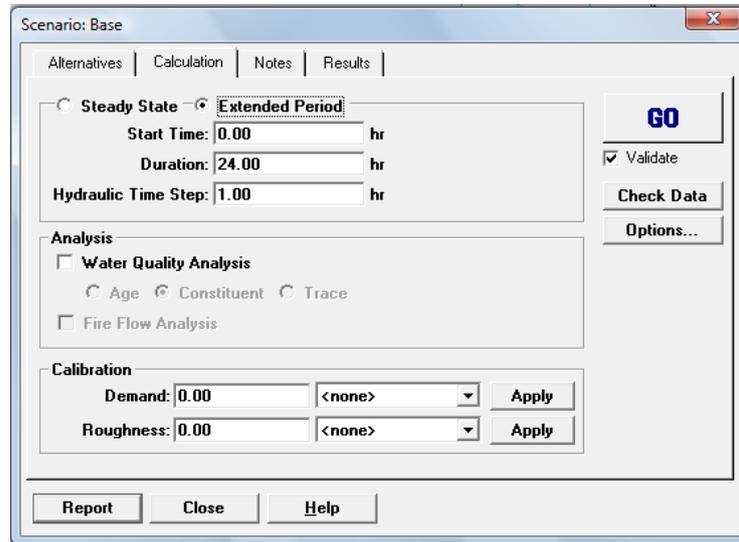


Figura 18

La figura 19 muestra la ventana Alternatives, en la cual se puede configurar características de análisis para distintos escenarios.

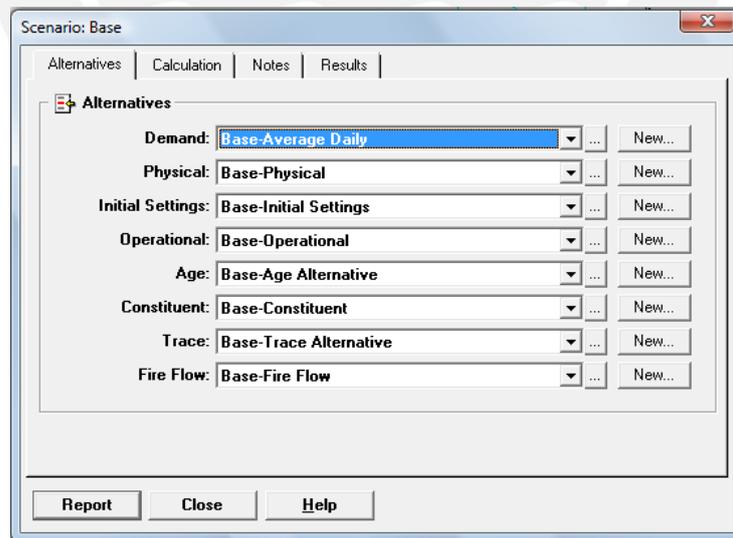
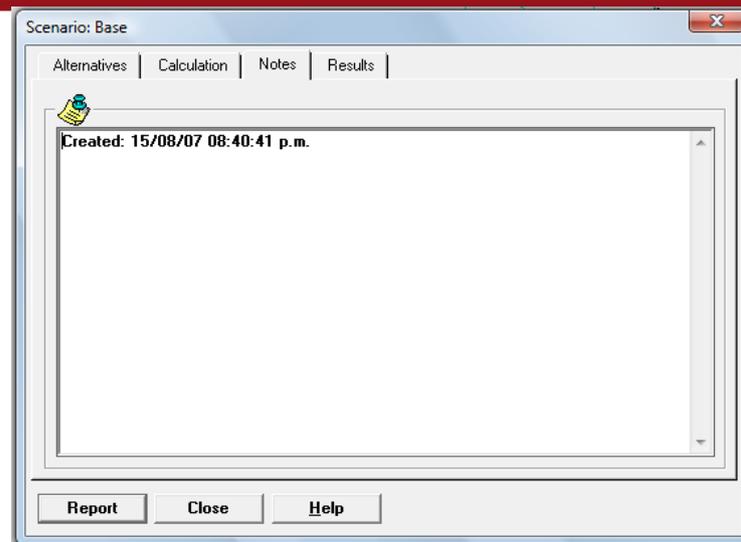
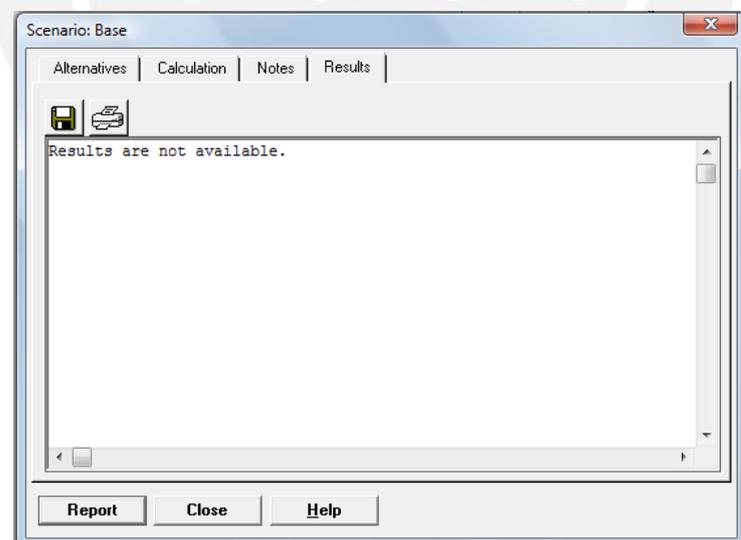


Figura 19

La figura 20 muestra la ventana Notes, en la cual se pueden hacer las anotaciones deseadas respecto al análisis a realizarse.

**Figura 20**

La figura 21 muestra la ventana Results, en la cual el programa brinda una descripción detallada del análisis realizado. En esta misma ventana aparece una luz verde, amarilla o roja. La luz verde indica que el análisis es correcto y que no hay observación alguna. La luz amarilla indica advertencia lo cual indica que existe alguna incompatibilidad encontrada luego del análisis. La luz roja indica error no se pudo realizar el análisis y debería verificarse el modelo ingresado.

**Figura 21**

La figura 22 muestra la ventana Print Preview, la cual proporciona un resumen específico del análisis realizado, con facilidad de poder imprimir el documento.

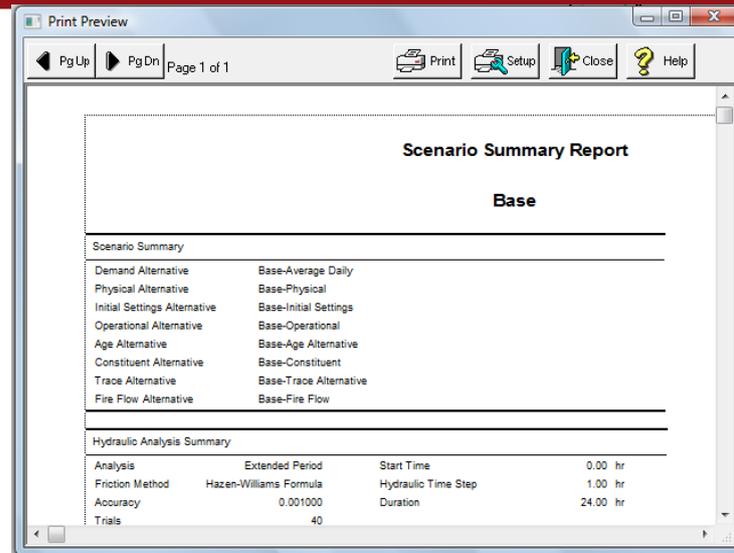


Figura 22

6.6 Válvula.- Una válvula es un elemento que regula el caudal de flujo a presión a través de ella. El programa presenta varios tipos de válvulas las que son: VFC (Flow Control Valve), VPR (Pressure Reducing Valve), VPS (Pressure Sustaining Valve), VPB (Pressure Breaking Valve) y VTC (Throttle Control Valve). El tipo de válvula más usada es la del tipo VPR, de la que se hará una breve descripción acerca de su configuración.

La figura 23 muestra la ventana Valve, en la que se deben ingresar el nombre o etiqueta de la válvula, (el tipo de válvula debe definirse inicialmente), el diámetro, las pérdidas de carga menores y su elevación o cota topográfica, así como sus coordenadas. Del mismo modo deben definirse la presión a la que trabajará y su estado (si se desea variable en un análisis en periodo extendido). De esta misma ventana se pueden obtener resultados tales como el sentido de flujo en la tubería, el caudal de flujo, la velocidad, la pérdida de carga, el gradiente hidráulico aguas arriba y por debajo de la válvula, así como la concentración de contaminantes en el agua (si se incluyó en el análisis).

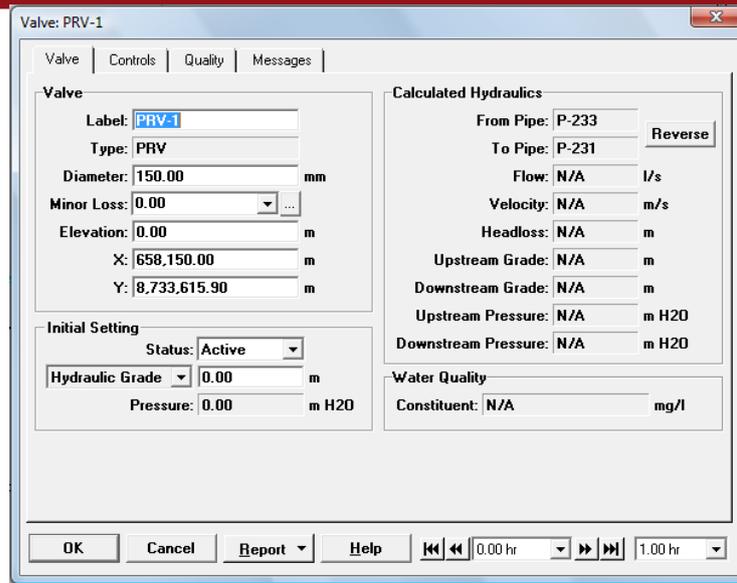


Figura 23

La figura 24 muestra la ventana Controls, la cual sirve para definir características tales como: el considerar o no flujo de líquido a través de la válvula, así como cambiar el estado y características de la misma.

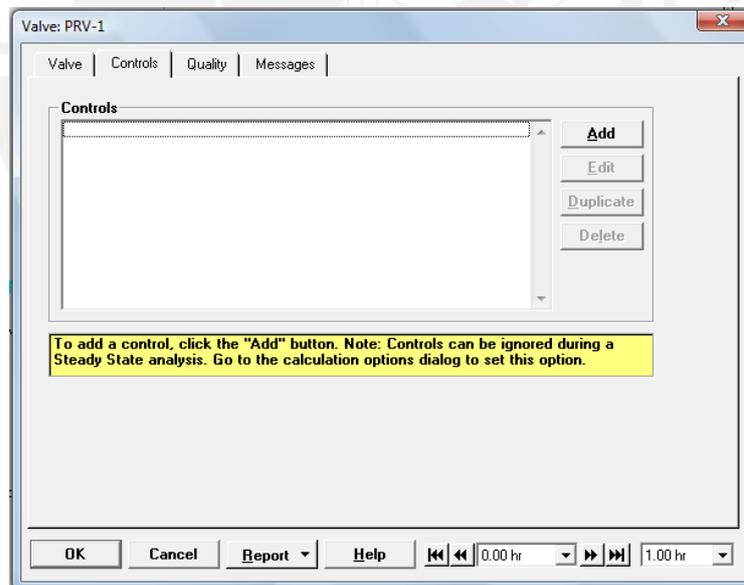


Figura 24

La figura 25 muestra la ventana Control (que se activa al hacer click en la opción Add, figura 24). En esta ventana se puede cambiar el estado de la válvula (abierta o cerrada al flujo), pudiéndose configurar su cambio de estado automático en determinado momento, para un análisis en periodo extendido.

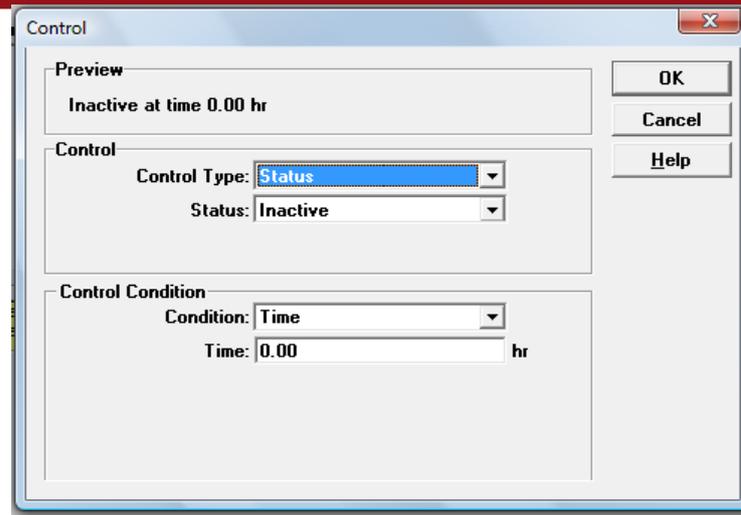


Figura 25

La figura 26 muestra la ventana Quality, la cual es utilizada para el análisis de la calidad del agua sometido a determinado contaminante.

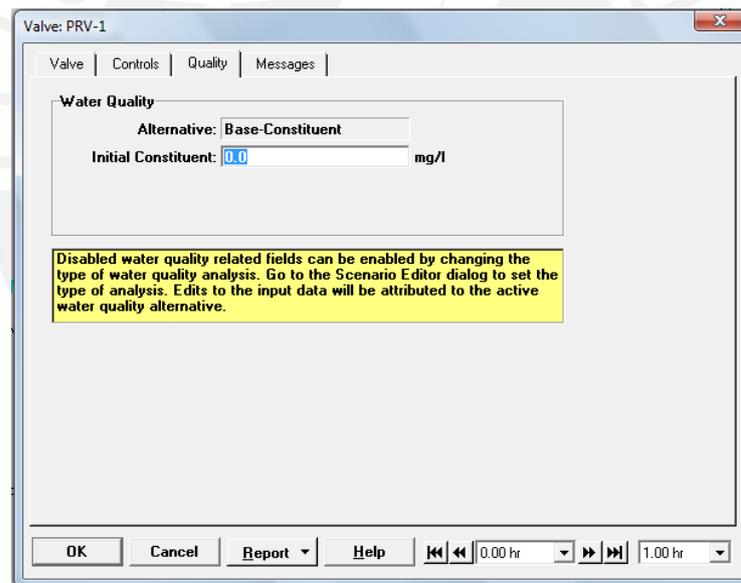


Figura 26

La figura 27 muestra la ventana Messages, en la cual, el programa indica una breve descripción de cada error o incompatibilidad encontrada luego del análisis. Incluso las observaciones instantáneas en un periodo extendido. En esta misma ventana aparece una luz verde, amarilla o roja. La luz verde indica que el análisis es correcto y que no hay observación alguna. La luz amarilla indica advertencia lo cual indica que existe alguna incompatibilidad encontrada luego del análisis. La luz

roja indica error no se pudo realizar el análisis y debería verificarse el modelo ingreso.

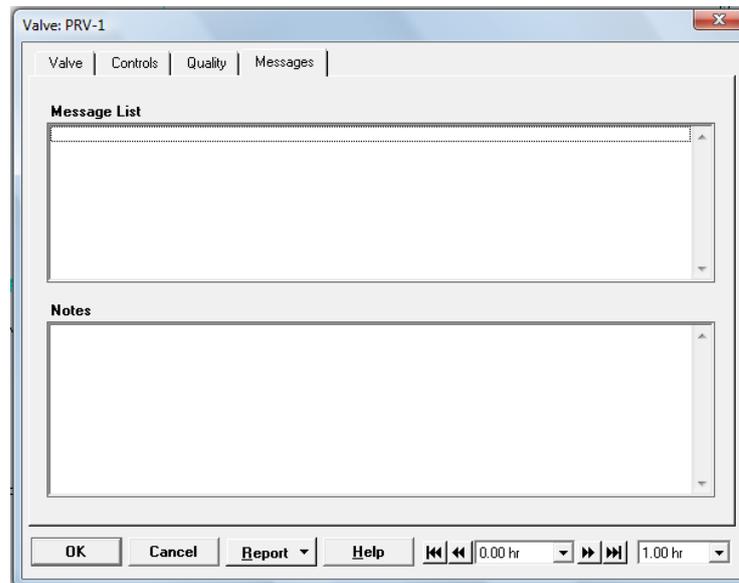


Figura 27

6.7 Modelos.- El programa usa esta denominación a una herramienta que sirve para representar gráficamente la variación natural de flujo a través del tiempo (periodo extendido), ya sea por causa de la demanda en determinados puntos de la red o en un análisis de la calidad del agua sometido a un contaminante. La figura 28 muestra la ventana Pattern Manager, en la cual se pueden agregar casos diferentes de análisis.

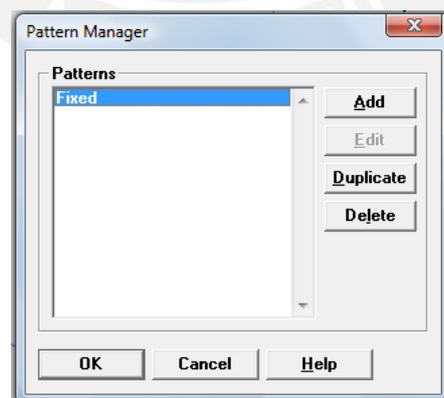


Figura 28

Al hacer click en la opción Add, (figura 28) se accede a la ventana mostrada en la figura 29 En esa ventana se debe ingresar el nombre del modelo, el tiempo inicial, el factor de amplificación (ya que la demanda de agua en determinada población

depende del horario, siendo mayor al medio día y menor por las noches), así mismo se debe indicar los intervalos de tiempo y el factor de amplificación correspondiente.

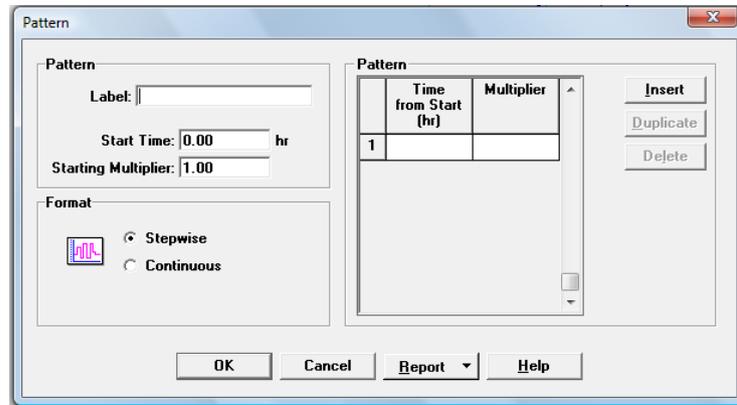


Figura 29

6.8 Reportes.- Luego de realizado el análisis, el programa en su ventana principal tiene un icono , el cual sirve para acceder a los reportes o resumen de resultados. El programa cuenta con cuadros predeterminados que dependen del tipo de elemento a analizarse. Dichos cuadros pueden modificarse de acuerdo a la comodidad del usuario. (Ver figura 30)

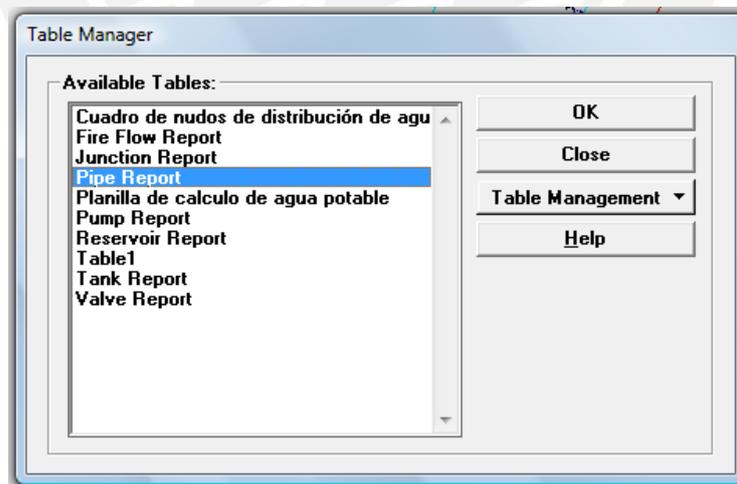


Figura 30

El ícono , sirve para configurar la leyenda que se desea mostrar, la cual puede usar datos de diámetros, longitudes de tuberías, cotas piezométricas, etc. Por ejemplo, en la figura 31 se muestra la leyenda en base a los diámetros, quedando

cada diámetro definido de determinado color. Luego de realizar esta configuración automáticamente en la presentación del modelo, se marcan las tuberías con el color correspondiente.

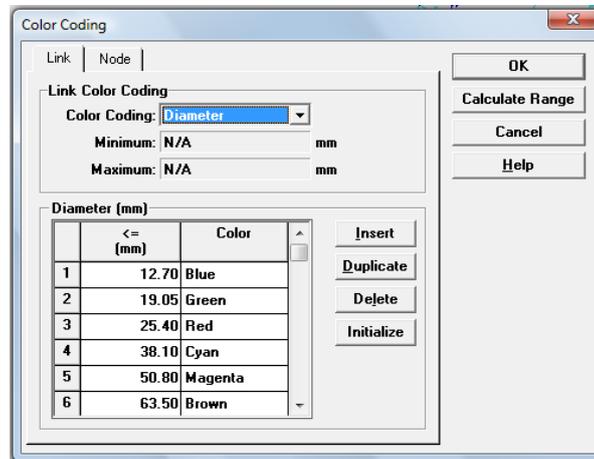


Figura 31

El ícono , sirve para configurar la presentación del modelo, pudiendo mostrarse información adicional tal como: cotas topográficas o piezométricas en cada nudo, longitudes de las tuberías, entre otras; o simplemente hacer anotaciones a parecer del usuario. (Ver figura 32)

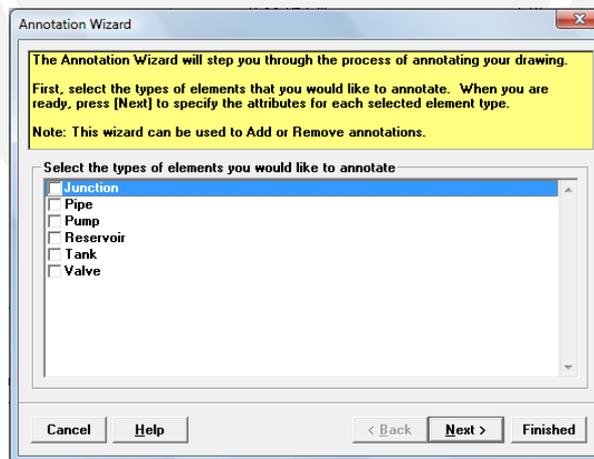


Figura 32

El ícono , sirve para generar perfiles o curvas representativas en función de la elevación, gradiente hidráulica e incluso calidad del agua. (Ver figura 33)

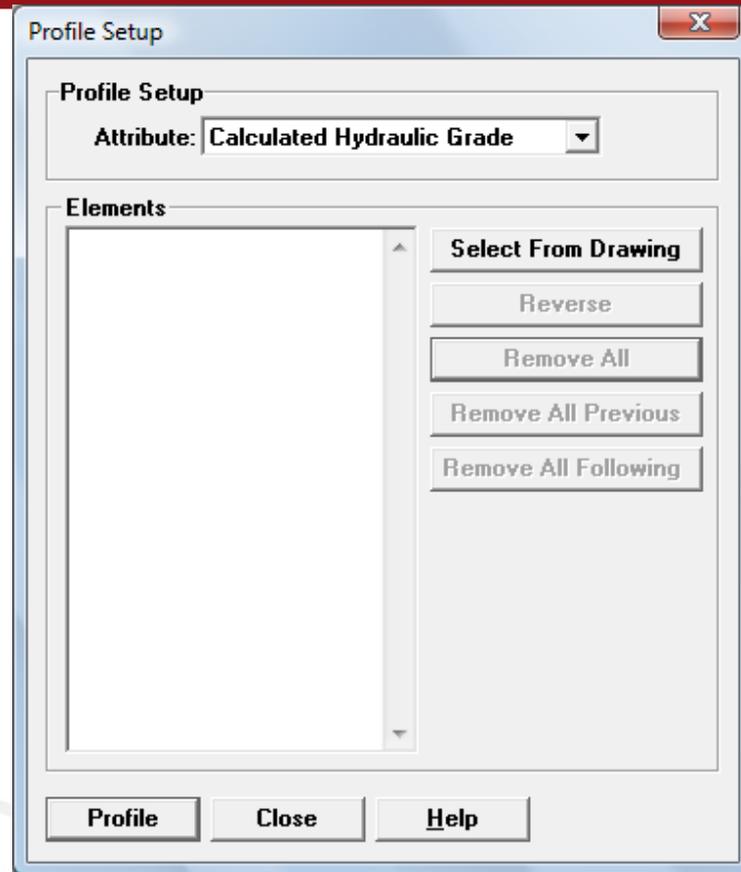
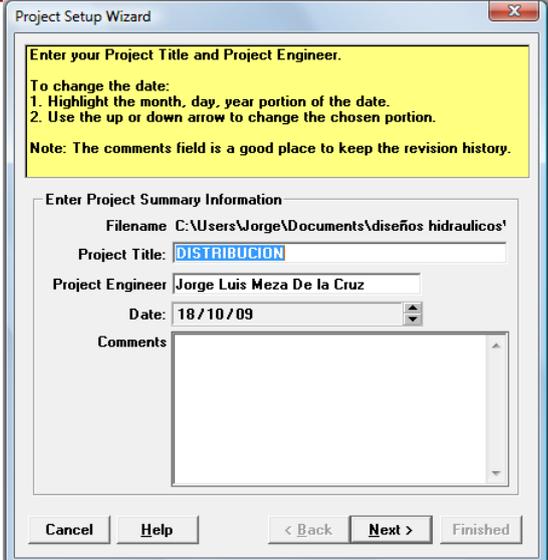


Figura 33

6.2 EJEMPLO DE MODELADO DE UN SISTEMA HIDRÁULICO

A continuación se detallan los pasos básicos a seguir en la utilización de WATERCAD para modelar un sistema de distribución de agua:

- ✓ Al abrir el programa se presente un cuadro, en el cual se debe definir el nombre del proyecto, el profesional responsable, la fecha y algún comentario adicional. (Ver Figura 34)



Project Setup Wizard

Enter your Project Title and Project Engineer.

To change the date:
1. Highlight the month, day, year portion of the date.
2. Use the up or down arrow to change the chosen portion.

Note: The comments field is a good place to keep the revision history.

Enter Project Summary Information

Filename: C:\Users\Jorge\Documents\diseños hidraulicos1

Project Title: DISTRIBUCION

Project Engineer: Jorge Luis Meza De la Cruz

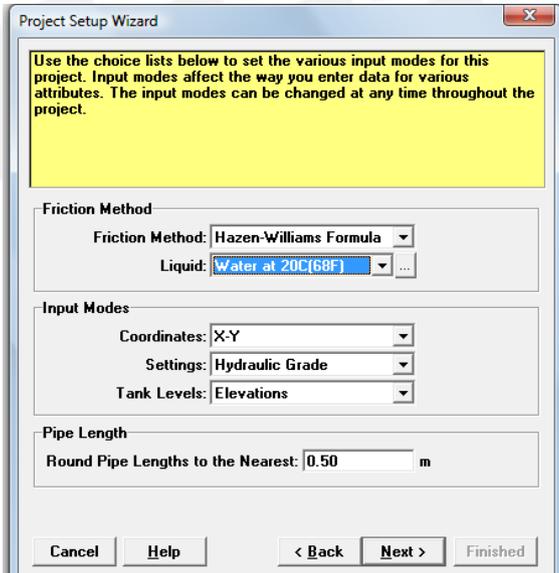
Date: 18/10/09

Comments:

Cancel Help < Back Next > Finished

Figura 34

- ✓ En el cuadro siguiente se debe definir la fórmula utilizada para el cálculo de las pérdidas por fricción pudiéndose escoger de entre los métodos siguientes: Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, ó Chezy-Manning, del mismo modo se debe definir el tipo de líquido y la temperatura de cálculo, así como otras características que se pueden modificar posteriormente. (Ver Figura 35)



Project Setup Wizard

Use the choice lists below to set the various input modes for this project. Input modes affect the way you enter data for various attributes. The input modes can be changed at any time throughout the project.

Friction Method

Friction Method: Hazen-Williams Formula

Liquid: Water at 20C(68F)

Input Modes

Coordinates: X-Y

Settings: Hydraulic Grade

Tank Levels: Elevations

Pipe Length

Round Pipe Lengths to the Nearest: 0.50 m

Cancel Help < Back Next > Finished

Figura 35

- ✓ En el cuadro siguiente se debe definir las características de presentación y si se desea un archivo de fondo, el cual facilitará el dibujo del modelo hidráulico. (Ver Figura 36)

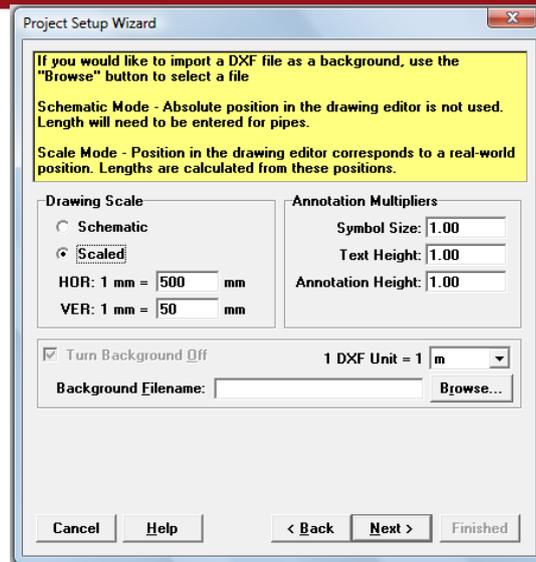


Figura 36

- ✓ Si se desea para la realización del modelado completo se pueden editar las propiedades de los objetos que conforman el sistema, o se puede hacer posteriormente. (Ver figura 37)

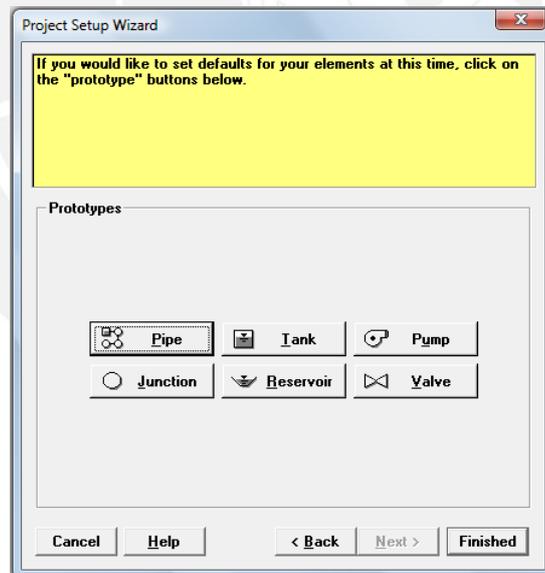


Figura 37

- ✓ Para la realización del modelado completo se debe hacer una combinación de los elementos descritos en el acápite 6.2. La figura 38 muestra **esquemáticamente** la red de distribución, de la comunidad nativa de Tsoroja.

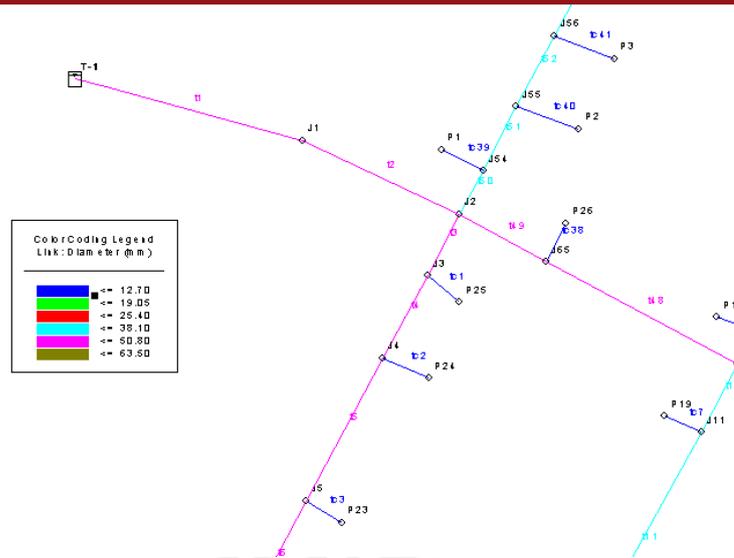


Figura 38

- ✓ Finalmente se debe realizar un análisis hidráulico o de calidad de agua, para un determinado momento o en un periodo de tiempo. Cabe indicar que antes del cálculo (haciendo click en Check Data), se puede verificar la existencia de errores en el modelo a analizar. (Ver Figura 39)

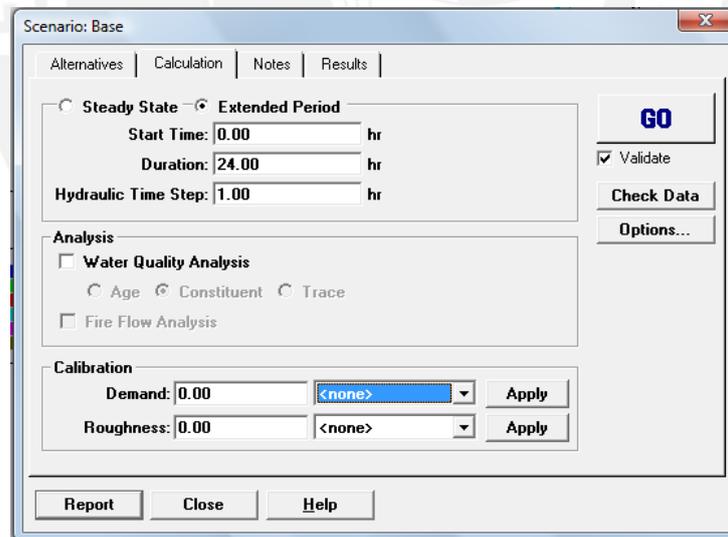


Figura 39