



UNIVERSIDAD DE CUENCA

RESUMEN

Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.

El desarrollo de la actividad humana necesita utilizar el agua para numerosos fines, entre los que destacan, por su importancia para el hombre, los usos potables. Por tanto, el hombre se sirve del agua existente en la naturaleza para consumirla y utilizarla, pero es evidente que debido a determinadas características químicas, físicas y biológicas del agua, ésta no puede ser utilizada de forma directa, y es por eso que dicha agua requerirá de una serie de correcciones y tratamientos que eliminen aquellas partículas o sustancias perjudiciales para el hombre.

Existen diversas opciones tecnológicas para la potabilización de agua. En la región se pueden clasificar en dos grandes bloques: plantas convencionales con tratamiento químico y plantas o tratamientos no convencionales, que se basan en realizar la filtración del agua por lechos porosos o por filtración en múltiples etapas. La tecnología de Filtración en Múltiples Etapas, es una alternativa útil en muchos casos y presenta un gran potencial para contribuir a superar los problemas que actualmente limitan el suministro de agua potable en comunidades rurales y en pequeños y medianos municipios en países en desarrollo. Esta tecnología no requiere el uso de sustancias químicas ni aparatos mecánicos y puede ser fácilmente operada, mantenida y administrada por miembros de la comunidad.

PALABRAS CLAVES:

Tratamientos de potabilización no convencionales

Filtros gruesos ascendentes

Filtros lentos de arena

Desinfección con cloro

Caracterización del agua de la fuente

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ

PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	6
1.1 INTRODUCCIÓN	6
1.2 OBJETIVOS	8
1.2.1 Objetivo general.....	8
1.2.2 Objetivos específicos.....	8
1.3 ALCANCE DEL ESTUDIO	9
1.4 ANTECEDENTES	9
1.4.1 Historia del tratamiento de agua.....	9
1.4.2 Necesidad de tratamiento.....	11
1.4.3 Selección de procesos de potabilización	12
CAPÍTULO II: ESTADO DEL CONOCIMIENTO.....	18
2.1 DEFINICIONES PRELIMINARES	18
2.2 MECANISMOS DE FILTRACIÓN.....	19
2.3 FILTRACIÓN GRUESA.....	23
2.3.1 Conceptos básicos	23
2.3.2 Clasificación de los filtros gruesos.....	24
2.3.3 Filtros gruesos de flujo ascendente	24
2.3.4 Recomendaciones para selección de alternativas de filtración gruesa que operan como pretratamiento de los filtros lentos de arena.....	25
2.3.5 Criterios de diseño para filtros gruesos ascendentes	26
2.3.6 Operación y mantenimiento de filtros gruesos.....	29
2.4 FILTRACIÓN LENTA EN ARENA	30
2.4.1 Consideraciones para la filtración lenta	31
2.4.2 Componentes del filtro.....	32
2.4.3 Proceso de tratamiento.....	34
2.4.4 Eficiencias típicas de tratamiento para filtros lentos de arena	35
2.4.5 Proceso de diseño	36
2.4.6 Operación y control.....	38
2.5 DESINFECCIÓN DEL AGUA	39
2.5.1 Desinfección y desinfectantes	39
2.5.2 Desinfección con cloro.....	40

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

2.5.3	Desinfección de las aguas de consumo	40
2.6	FERROCEMENTO EN OBRAS HIDRÁULICAS	41
2.6.1	Introducción	41
2.6.2	Ventajas del ferrocemento	42
2.6.3	Aplicaciones del ferrocemento en obras hidráulicas	42
2.6.4	Materiales componentes del ferrocemento	43
2.6.5	Recomendaciones para un buen comportamiento estructural.....	45
2.6.6	Recomendaciones de diseño por el método de las tensiones admisibles	45
2.6.7	Recomendaciones constructivas	46
2.6.8	Criterios de diseño para durabilidad	46
2.6.9	Requerimientos generales para la fabricación del ferrocemento ..	47
CAPÍTULO III: PARÁMETROS DE DISEÑO		48
3.1	DOTACIÓN	48
3.1.1	Tipos de consumo	48
3.1.2	Variaciones de consumo	48
3.1.3	Criterios para determinar la dotación de agua	49
3.2	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE LA FUENTE	49
3.2.1	Generalidades	49
3.2.2	Características físicas del agua	50
3.2.3	Características químicas del agua	53
3.2.4	Características biológicas del agua	59
3.2.5	Agua Potable	61
CAPÍTULO IV: DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS UNIDADES		62
4.1	DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN	62
4.2	CAUDAL DE DISEÑO	62
4.3	DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO GRUESO:	63
4.4	DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO LENTO	64
4.5	DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO:	65
CAPÍTULO V: DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS UNIDADES		66
5.1	FILTRO GRUESO:	66
5.2	FILTRO LENTO:	75
5.3	TANQUE DE ALMACENAMIENTO:	84
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		93

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXOS	96

AUTORES:
MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**“FILTROS CASEROS, UTILIZANDO FERROCEMENTO, DISEÑO PARA
SERVICIO A 10 FAMILIAS, CONSTANTE DE 3 UNIDADES DE FILTROS
GRUESOS ASCENDENTES (FGAS), 2 FILTROS LENTOS DE ARENA (FLA),
SISTEMA PARA APLICACIÓN DE CLORO Y 1 TANQUE DE
ALMACENAMIENTO.”**

MONOGRAFÍA PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ

PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ

TUTOR:

DRA. GUILLERMINA PAUTA C.

CUENCA – ECUADOR

2011

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ

PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

“FILTROS CASEROS, UTILIZANDO FERROCEMENTO, DISEÑO PARA SERVICIO A 10 FAMILIAS, CONSTANTE DE 3 UNIDADES DE FILTROS GRUESOS ASCENDENTES (FGAS), 2 FILTROS LENTOS DE ARENA (FLA), SISTEMA PARA APLICACIÓN DE CLORO Y 1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO.”

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.

El agua en estado natural se encuentra notablemente extendida en la naturaleza al estado sólido en la nieve, hielo, granizo y escarcha; al estado líquido en los mares, ríos, lagos, cataratas y fuentes, y al estado vapor en la humedad atmosférica. El agua es una mezcla de agua con sales y gases disueltos, y un elemento indispensable para la vida humana, debido a que en el hombre representa aproximadamente el 70% del peso total de su cuerpo. El hombre la utiliza como elemento para su nutrición, ya sea como bebida o como integrante de alimentos; la requiere para el lavado de trastos y ropas; la exige para el aseo personal y dispone de ella para alejar sus desechos, le proporciona comodidad al resolver numerosos problemas de su vida cotidiana. La salud humana, depende no solo de la cantidad de agua que utiliza. Según la Organización Mundial de la salud “casi la cuarta parte de las camas disponibles en todos los Hospitales del mundo, están ocupadas por enfermos cuyas dolencias se deben a la insalubridad del agua “. Esto quiere decir que cuando el agua, por contacto con la tierra o con el hombre, ha modificado su composición, puede convertirse en un peligro y ocasionar grandes daños. Las funciones principales del agua es la de mantener la existencia de la vida y funcionamiento de la economía. Para poder hacer uso de ella, es indispensable que el agua cumpla con características que permitan hacerla apta para cualquier uso que se destine.

Al ser el agua uno de los compuestos con mayor importancia para el ser humano, éste se ve obligado a quitarle a la madre naturaleza, una vez más, uno de sus frutos más valiosos, el líquido vida.

El desarrollo de la actividad humana necesita utilizar el agua para numerosos fines, entre los que destacan, por su importancia para el hombre, los usos

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

potables. Por tanto, el hombre se sirve del agua existente en la naturaleza para consumirla y utilizarla, pero es evidente que debido a determinadas características químicas, físicas y biológicas del agua, ésta no puede ser utilizada de forma directa, y es por eso que dicha agua requerirá de una serie de correcciones y tratamientos que eliminen aquellas partículas o sustancias perjudiciales para el hombre.

De aquí, destacar la gran importancia que tiene la potabilidad del agua, ya que agua en mal estado o simplemente con sustancias nocivas para el hombre pero inherentes en ella, pueden provocar, como ya se ha visto en numerosas ocasiones, múltiples enfermedades.

Al proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina potabilización. Los procesos de potabilización son muy variados, y van desde una simple desinfección, para eliminar los patógenos, que se hace generalmente mediante la adición de cloro, mediante la irradiación de rayos ultravioletas, mediante la aplicación de ozono, etc. Estos procedimientos se aplican a aguas que se originan en manantiales naturales o para las aguas subterráneas. Si la fuente del agua es superficial, agua de un río arroyo o de un lago, ya sea natural o artificial, el tratamiento suele consistir en un stripping de compuestos volátiles seguido de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono. El caso extremo se presenta cuando el agua en las fuentes disponibles tiene presencia de sales y/o metales pesados. Los procesos para eliminar este tipo de impurezas son generalmente complicados y costosos. En zonas con pocas precipitaciones y zonas de y disponibilidad de aguas marinas se puede producir agua potable por desalinización. Este se lleva a cabo a menudo por ósmosis inversa o destilación.

Existen diversas opciones tecnológicas para la potabilización de agua. En la región se pueden clasificar en dos grandes bloques: plantas convencionales con tratamiento químico y plantas o tratamientos no convencionales, que se basan en realizar la filtración del agua por lechos porosos o por filtración en múltiples etapas. La tecnología de Filtración en Múltiples Etapas, es una alternativa útil en muchos casos y presenta un gran potencial para contribuir a superar los problemas que actualmente limitan el suministro de agua potable en comunidades rurales y en pequeños y medianos municipios en países en desarrollo. Esta tecnología no requiere el uso de sustancias químicas ni aparatos mecánicos y puede ser fácilmente operada, mantenida y administrada por miembros de la comunidad.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

La presente monografía trata precisamente sobre el diseño hidrosanitario y estructural de un sistema no convencional de tratamiento de agua para servir a una pequeña comunidad rural que consta de 10 familias (50 personas).

En las siguientes páginas se exponen todos los parámetros considerados para realizar el diseño.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar un pequeño sistema de potabilización de agua no convencional para mejorar la calidad física y bacteriológica del agua, de modo que cumpla con la normativa establecida para agua de consumo humano (uso doméstico). Este sistema de potabilización servirá a 10 familias (50 personas) del área rural del cantón Cuenca, en donde no existen fuentes subterráneas y se debe captar directamente de una fuente superficial, cuyas características físicas y bacteriológicas, como ya se mencionó anteriormente, deben ser mejoradas.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar la dotación de agua potable en litros/habitante día, para el medio rural y para consumo doméstico.
2. Calidad del agua cruda: realizar la caracterización del agua de la fuente que será captada, para determinar su calidad física, química y bacteriológica.
3. Requisitos a cumplir sobre la calidad del agua para consumo.
4. En base a la caracterización de la fuente, determinar si los procesos propuestos para la potabilización del agua arrojan buenos resultados o caso contrario realizar una nueva propuesta y diseño del sistema de potabilización.
5. Realizar el dimensionamiento de cada una de las unidades de potabilización que intervienen en el sistema o procesos seleccionados, a partir de los parámetros de diseño hidráulico y sanitario.
6. Realizar el diseño estructural de cada una de las unidades que intervienen en los procesos seleccionados, este diseño se lo realizará en ferrocemento, por ser la alternativa más económica.
7. Determinar un sistema constructivo sencillo y eficiente de cada una de las unidades, de tal forma que el sistema completo pueda ser construido por autogestión de las personas servidas.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

8. Determinar las condiciones que aseguren la sostenibilidad del sistema.
9. Eficiencia a través del tiempo.

1.3 ALCANCE DEL ESTUDIO

La presente monografía tiene como alcance: realizar el diseño de cada uno de los elementos constitutivos de la planta de tratamiento no convencional (3 FGA, 2 FLA, sistema de desinfección y tanque de almacenamiento), tomando en cuenta los parámetros hidráulicos y sanitarios, los mismos que se encontrarán una vez realizada la caracterización del agua de la fuente. De la misma forma se realizará el diseño estructural de cada una de las unidades seleccionadas, este diseño será en ferrocemento, resultando así una alternativa más económica.

Por último se darán recomendaciones acerca del proceso constructivo y de operación de la planta, para que de esta forma, lo mencionado anteriormente se lo pueda realizar por autogestión.

1.4 ANTECEDENTES

1.4.1 Historia del tratamiento de agua

Los seres humanos han almacenado y distribuido el agua durante siglos. En la época en que el hombre era cazador y recolector el agua utilizada para beber era agua del río. Cuando se producían asentamientos humanos de manera continuada estos siempre se producen cerca de lagos y ríos. Cuando no existen lagos y ríos las personas aprovechan los recursos de agua subterráneos que se extrae mediante la construcción de pozos.

Cuando la población humana comienza a crecer de manera extensiva, y no existen suficientes recursos disponibles de agua, se necesita buscar otras fuentes diferentes de agua.

Hace aproximadamente 7000 años en Jericó, el agua almacenada en los pozos se utilizaba como fuente de recursos de agua, además se empezó a desarrollar los sistemas de transporte y distribución del agua. Este transporte se realizaba mediante canales sencillos, excavados en la arena o las rocas y más tarde se comenzarían a utilizar tubos huecos. Por ejemplo en Egipto se utilizan árboles huecos de palmera mientras en China y Japón utilizan troncos de bambú y más tarde, se comenzó a utilizar cerámico, madera y metal. En

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Persia la gente buscaba recursos subterráneos. El agua pasaba por los agujeros de las rocas a los pozos.

Alrededor del año 3000 a.C., la ciudad de Mohenjo-Daro (Pakistán) utilizaba instalaciones y necesitaba un suministro de agua muy grande. En esta ciudad existían servicios de baño público, instalaciones de agua caliente y baños.

En la antigua Grecia el agua de escorrentía, agua de pozos y agua de lluvia eran utilizadas en épocas muy tempranas. Debido al crecimiento de la población se vieron obligados al almacenamiento y distribución (mediante la construcción de una red de distribución) del agua.

El agua utilizada se retiraba mediante sistemas de aguas residuales, a la vez que el agua de lluvia. Los griegos fueron de los primeros en tener interés en la calidad del agua. Ellos utilizaban represas de aireación para la purificación del agua.

Los romanos fueron los mayores arquitectos en construcciones de redes de distribución de agua que ha existido a lo largo de la historia. Ellos utilizaban recursos de agua subterránea, ríos y agua de escorrentía para su aprovisionamiento. Los romanos construyeron presas para el almacenamiento y retención artificial del agua. El sistema de tratamiento por aireación se utilizaba como método de purificación. El agua de mejor calidad y por lo tanto más popular era el agua proveniente de las montañas.

Los acueductos son los sistemas utilizados para el transporte del agua. A través de los acueductos el agua fluye por miles de kilómetros. Los sistemas de tuberías en las ciudades utilizan cemento, roca, bronce, plata, madera y plomo. Las fuentes de agua se protegían de contaminantes externos.

Después de la caída del imperio Romano, los acueductos se dejaron de utilizar. Desde el año 500 al 1500 d.C. hubo poco desarrollo en relación con los sistemas de tratamiento del agua. Durante la edad media se manifestaron gran cantidad de problemas de higiene en el agua y los sistemas de distribución de plomo, porque los residuos y excrementos se vertían directamente a las aguas. La gente que bebía estas aguas enfermaba y moría. Para evitarlo se utilizaba agua existente fuera de las ciudades no afectada por la contaminación. Esta agua se llevaba a la ciudad mediante los llamados portadores.

El primer sistema de suministro de agua potable a una ciudad completa fue construido en Paisley, Escocia, alrededor del año 1804 por John Gibb. En tres años se comenzó a transportar agua filtrada a la ciudad de Glasgow.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

En 1806 Paris empieza a funcionar la mayor planta de tratamiento de agua. El agua sedimenta durante 12 horas antes de su filtración. Los filtros consisten en arena, carbón y su capacidad es de seis horas.

En 1827 el ingles James Simplón construye un filtro de arena para la purificación del agua potable. Hoy en día todavía se considera el primer sistema efectivo utilizado con fines de salud pública.

1.4.2 Necesidad de tratamiento

El agua tiene la capacidad de auto-depurarse. Los contaminantes son eliminados del agua mediante procesos biológicos. Cuando el agua sedimenta en la tierra o las capas subterráneas se produce la filtración natural del agua. Los contaminantes se descomponen, o se mantendrán en las capas subterráneas. La capacidad de auto-depuración del agua no es suficiente para producir agua apta para consumo humano. Además existen gran cantidad de contaminantes introducidos en las aguas debido a las actividades agrícolas o industriales.

En 1970 se descubrió que las emisiones y descargas de aguas residuales industriales y agrícolas eran las fuentes causantes de la contaminación. Después se empezaron a aplicar medidas de control y prevención de la contaminación. Las aguas residuales deben de cumplir con ciertos requerimientos y estándares legales antes de su descarga por esta razón el agua debe ser tratada antes de su descarga.

A pesar de estas medidas el agua generalmente necesita tratarse para poder ser agua apta para consumo humano, y cumplir con las exigencias legales que regulan la materia, desde el punto de vista de estándares físicos, bacteriológicos y químicos. El agua no debería contener olores o sabores, y debe de ser agua clara y químicamente estable, como por ejemplo sin compuestos corrosivos.

El tipo de tratamiento que necesita el agua, depende en gran medida de la composición y calidad del agua. El tratamiento del agua se basa fundamentalmente en estos dos procesos: eliminación física de partículas sólidas, y principalmente minerales y materia orgánica y desinfección química para matar los microorganismos existentes en el agua.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

1.4.3 Selección de procesos de potabilización

La selección de la tecnología de producción y administración de un sistema de agua potable debería realizarse considerando los recursos, el grado de desarrollo socioeconómico y los patrones de cultura existentes. La experiencia en América Latina demuestra que el mayor problema no es la deficiencia tecnológica sino más bien la selección de la tecnología apropiada, la operación y el mantenimiento.

La adopción de diseños basados únicamente en criterios de optimización técnica y soluciones tecnológicas importadas de países industrializados ha conducido a la elaboración de proyectos cuya operación y mantenimiento, por falta de sustancias químicas, repuestos y mano de obra calificada, resultan inadecuados.

Los factores básicos que caracterizan la selección de la tecnología apropiada para tratamiento de agua en los países en desarrollo y que deben ser considerados son los siguientes:

a) Grado de complejidad: La mayoría de los procesos unitarios utilizados en el tratamiento de agua pueden realizarse en reactores con diferente grado de complejidad y eficiencia. Afortunadamente, los más complejos no siempre resultan ser los más eficientes.

b) La tecnología no opera por sí misma: Plantas automatizadas necesitan personal de un alto nivel tecnológico para operar, mantener y reparar los controles y equipos. La selección tecnológica debe considerar la capacidad y los recursos de las instituciones e individuos.

c) Impacto indirecto en el área: Debe considerarse una cadena de factores que se relacionan entre sí, tales como calidad de agua de las fuentes, grado de tratamiento, utilización de materiales y personal local, mejoras económicas indirectas, mejoramiento técnico de personal local, influencias indirectas en la economía y su repercusión directa e indirecta en la salud.

- **Dotación y caudal de diseño:**

Deben satisfacerse los requerimientos mínimos de agua para la población que será beneficiada con el proyecto.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

El caudal de diseño de la planta de tratamiento debe ser el caudal máximo diario cuando se cuente con almacenamiento, o en su defecto el caudal máximo horario.

- **Calidad del agua cruda y su grado de tratabilidad:**

La calidad de la fuente debe caracterizarse de la manera más completa posible para poder identificar el tipo de tratamiento que necesita y los parámetros principales de interés en periodo seco y de lluvia.

Es necesario de antemano conocer: El tipo de fuente, la calidad del agua de la misma, las características organolépticas, físico-químicas y microbiológicas esenciales, los estudios de tratabilidad para seleccionar los procesos de potabilización, el procedimiento de muestreo para el control de calidad, las características de producción que debe cumplir la fuente para el abastecimiento que se requiere, la protección que debe suministrarse a este recurso y otros aspectos adicionales.

- **Requisitos a cumplir sobre calidad de agua para consumo:**

El agua para consumo humano no debe contener microorganismos patógenos, ni sustancias tóxicas o nocivas para la salud. Por tanto, el agua para consumo debe cumplir los requisitos de calidad microbiológicos y fisicoquímicos exigidos por la normativa local o internacional.

Los requisitos que debe cumplir el agua potable han sido tomados de la Normativa Técnica Ecuatoriana obligatoria del INEN, en la cual se enuncia lo siguiente:

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Características físicas		
Color	UTC	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
pH	---	6,5-8,5
Sólidos totales disueltos	mg/l	1000
Inorgánicos		
Aluminio, Al	mg/l	0,25
Amonio, (N-NH ₃)	mg/l	1,0
Antimonio, Sb	mg/l	0,005
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Boro, B	mg/l	0,3
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN	mg/l	0,0
Cloro libre residual	mg/l	0,3-1,5
Cloruros, Cl	mg/l	250
Cobalto, Co	mg/l	0,2
Cobre, Cu	mg/l	1,0
Cromo, Cr (cromo hexavalente)	mg/l	0,05
Dureza total, CaCO ₃	mg/l	300
Estaño, Sn	mg/l	0,1
Flúor, F	mg/l	1,5
Fósforo, (P-PO ₄)	mg/l	0,1
Hierro, Fe	mg/l	0,3
Litio, Li	mg/l	0,2
Manganeso, Mn	mg/l	0,1
Mercurio, Hg	mg/l	0,0
Niquel, Ni	mg/l	0,02
Nitratos, N-NO ₃	mg/l	10,0
Nitritos, N-NO ₂	mg/l	0,0
Plata, Ag	mg/l	0,05
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Potasio, K	mg/l	20,0
Selenio, Se	mg/l	0,01
Sodio, Na	mg/l	200
Sulfatos, SO ₄	mg/l	200
Vanadio, V	mg/l	0,1
Zinc, Zn	mg/l	3,0
Radiactivos		
Radiación total α	Bq/l	0,1
Radiación total β	Bq/l	1,0
Orgánicos		
Tensoactivos ABS (MBAS)	mg/l	0,0
Fenoles	mg/l	0,0

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

SUSTANCIAS ORGÁNICAS	
Alcanos Clorinados	Límite máximo ug/l
tetracloruro de carbono	2
Diclorometano	20
1,2dicloroetano	30
1,1,1-tricloroetano	2000
Etanos Clorinados	
cloruro de vinilo	5
1,1dicloroetano	30
1,2dicloroetano	50
Tricloroetano	70
tetracloro etano	40
Hidrocarburos Aromáticos	
benceno	10
tolueno	170
xileno	500
etilbenceno	200
estireno	20
Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)	0,3
Hidrocarburos aromáticos polocíclicos (HAPs)	
benzo [a]pireno	0,01
benzo [a]fluoranteno	0,03
benzo [k]fluoranteno	0,03
benzo [ghi]pirileno	0,03
indeno [1,2,3-cd]pireno	0,03
Bencenos Clorinados	
monoclorobenceno	300
1,2-diclorobenceno	1000
1,4-diclorobenceno	300
triclorobencenos (total)	20
di(2-etilhexil) adipato	80
di(2-etilhexil) ftalato	8
acrylamina	0,5
epiclorohidrin	0,4
hexaclorobutadieno	0,6
Ácido etilendiaminatetracético EDTA	200
Ácido nitrotriacético	200
óxido tributiltin	2

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

PESTICIDAS	Límite máximo ug/l
Isoproturon	9
Lindano	2
Acido 4-cloro-2-metilfenoxiacetico MCPA	2
Metoxycloro	10
Molinato	6
Pendimetalin	20
Pentaclorofenol	9
Permetrin	20
Propanil	20
Piridato	100
Simazina	2
Trifluralin	20
Herbicidas Clorofenoxi	90
Dicloroprop	100
Fenoprop	9
ácido 4-cloro-2 metilfenoxibutírico MCPB	2
Mecoprop	10
2,4,5-T	9

Residuos de desinfectantes	Límite máximo ug/l
Monocloramina, di y tricloramina	3
Cloro	5

Subproductos de desinfección	Límite máximo ug/l
Bromato	25
Clorito	200
Clorofenoles	
2,4,6-triclorofenol	200
Formaldeído	900
Trihalometanos	
bromoformo	100
diclorometano	100
bromodiclorometano	60
cloroformo	200

AUTORES:
MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Ácidos acéticos clorinados	
ácido dicloroacético	50
ácido tricloroacético	100
Hidrato Clorado	
tricloroacetaldeído	10
Acetonitrilos halogenados	
dicloroacetonitrilo	90
dibromoacetonitrilo	100
tricloroacetonitrilo	1
Cianógeno clorado (como CN)	70

Requisitos Microbiológicos	Máximo
Coliformes totales NMP/100 ml	<2
Coliformes fecales NMP/100 ml	<2
Criptosporidium, número de quistes/100 litros	ausencia
Giardia Lambia, número de quistes/100 litros	ausencia

- **Vulnerabilidad de la fuente de abastecimiento:**

El término vulnerabilidad, dentro del proyecto se refiere a la propensión que disminuya la disponibilidad de agua potable entregada, debido a un deterioro que se presenta en la fuente de abastecimiento por varias razones como: contaminación difusa, contaminación por arrastre de la escorrentía, como producto de la deforestación, etc.

El área de captación corresponde a las (sub)cuenclas hidrológicas en el caso de fuentes superficiales y a acuíferos en el caso del agua subterránea. En el caso del presente proyecto, la fuente de abastecimiento de agua corresponde a una fuente superficial, las cuales por lo general, son más propensas o vulnerables a sufrir deterioros graves y en un corto lapso de tiempo, debido a que se encuentran en el punto más bajo de la topografía y a ella pueden llegar contaminantes de todo tipo, los cuales modifican y alteran principalmente las características físicas y biológicas.

Para la selección de la alternativa de tratamiento se debe tomar en cuenta la vulnerabilidad de la fuente, debido a que el agua aquí presente puede sufrir alteraciones o variaciones grandes en cuanto a caudales y características físicas y biológicas, en lapsos cortos de tiempo.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



CAPÍTULO II: ESTADO DEL CONOCIMIENTO

2.1 DEFINICIONES PRELIMINARES

Agua potable: Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

Agua cruda: Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

Límite máximo permisible: Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano.

UFC/ml: Concentración de microorganismos por mililitro, expresado en unidades formadoras de colonias.

NMP: Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.

µg/l: (microgramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

mg/l: (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

Microorganismo patógeno: Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

Pesticidas: Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repelar o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nematodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

Desinfección: Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Subproductos de desinfección: Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

Cloro residual: Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

Dureza total: Es la cantidad de calcio y magnesio presente en el agua y expresado como carbonato de calcio.

Afluente: Líquido que ingresa a un componente.

Caudal: Volumen expresado en litros por segundo (lps) para el cual es diseñada la unidad.

Control: Proceso permanente y sistemático de comprobación, mediante programas establecidos de muestreo y otros procedimientos.

Efluente: Líquido que sale de un proceso de tratamiento

Filtro: Elemento que, interpuesto en un flujo, permite eliminar parte de los elementos de ese flujo, normalmente elementos no deseados.

Materia Orgánica Natural o Color Real: Asociado a carbono orgánico disuelto o sustancias húmicas.

pH: Medida de la acidez (< 7) o alcalinidad (> 7) de un compuesto.

Turbiedad: Falta de Claridad de un líquido, causada por las partículas suspendidas. Definido por la medida de dispersar la luz a través de una muestra. Se usan índices como FTU, NTU, etc.

2.2 MECANISMOS DE FILTRACIÓN

Existen varias fuerzas y mecanismos, cuya interacción y predominio, no se ha definido en forma clara, pero explican la eficiencia remocional de los filtros gruesos y los filtros lentos de arena.

Los mecanismos actuantes en la filtración, se pueden clasificar como:

- De transporte.
- De atracción.
- De purificación.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Mecanismos de transporte:

En el proceso por el cual las partículas contenidas en el agua entran en contacto con los granos de grava, las acciones que se producen son:

1. Tamizado:

Es el proceso por el cual se remueven las partículas suspendidas de mayor tamaño que el de los intersticios entre los granos de grava (porosidad).

Durante el periodo de filtración los intersticios, van decreciendo por colmatación y las partículas más pequeñas podrán ser retenidas a medida que avanza el proceso durante la carrera del filtro. El tamizado o cernido, actúa solamente sobre partículas relativamente fuertes, capaces de resistir a los esfuerzos cortantes producidos por el flujo cuya velocidad se incrementa en las constricciones.

2. Sedimentación:

Por sedimentación se remueve el material suspendido más fino que el de los intersticios. Lo cual ocurre por depósito de las partículas sobre los granos de grava, al igual de lo que se produce en un tanque de sedimentación, con la diferencia de que en estos la capacidad de almacenamiento de sólidos está limitada al fondo del tanque mientras que en los filtros gruesos se cuenta con el área superficial de todos los granos de grava.

Para obtener una remoción más o menos completa, la velocidad de sedimentación de las partículas debe ser mayor que la velocidad del flujo, el tamaño de las partículas suspendidas debe ser relativamente grande, su densidad alta y además la carga hidráulica debe ser baja.

3. Difusión:

El movimiento Browniano o difusión molecular es un movimiento aleatorio de las partículas en el líquido, causado por efectos térmicos de las partículas en el agua. La energía cinética de la molécula de agua es transferida a las pequeñas partículas durante las continuas colisiones. Cuando se produce un gradiente de concentración, este movimiento Browniano transporte las partículas hacia la superficie de los granos, lo cual se hace fácilmente cuando las partículas son de menor tamaño.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

4. Inercia:

Durante el proceso de filtración las líneas de corriente en el filtro tienden a converger en los granos del medio filtrante. Si la velocidad es alta y las partículas suspendidas relativamente grandes, la inercia que poseen hace que estas puedan seguir trayectorias diferentes a las líneas de flujo, continuando con su recorrido original, haciendo que las partículas puedan colisionar con la superficie del grano.

La eficiencia de remoción por estas fuerzas se incrementa en segunda instancia por el tamaño de la partícula y en primera instancia por la densidad de la partícula suspendida y la velocidad de filtración.

Debido a que en la filtración gruesa, las velocidades de filtración son bajas y los diámetros de la grava son relativamente grandes, las fuerzas de inercia no son importantes dentro de los mecanismos actuantes.

5. Intercepción:

Cuando la velocidad de filtración es baja y las partículas suspendidas tienen densidades aproximadamente iguales a las del agua, estas viajan con las líneas de flujo, lo cual hace que al atravesar los intersticios del medio filtrante, éstas se ven forzadas a ponerse en contacto entre sí y con el medio filtrante, quedando interceptadas por éste. Inicialmente las partículas empiezan a pegarse a la cara superior de los granos hasta llegar a cubrirlos por completo, formando una película que crece con el tiempo, disminuyendo el tamaño de los intersticios e incrementándose el esfuerzo cortante, lo cual hace aparecer segmentos que cuelgan de los granos hasta que eventualmente se rompen para ser retenidos por granos más profundos que se encuentran menos cubiertos. Este proceso de arrastre de la película se hace cada vez mayor, con lo que la colmatación del medio filtrante progresa en profundidad.

Mecanismos de atracción:

Una vez que el grano del filtro esté recubierto de partículas depositadas (algas, material orgánico, etc.), la excesiva adsorción del material desestabilizado tiene que ser prevenida ya que su remoción a través de la limpieza hidráulica puede tener problemas. El hecho de que si hay o no contacto entre la partícula y el grano del lecho para producir adsorción no solo depende de fenómenos físicos, sino también de una serie de factores químicos y electroquímicos. La variación de estos factores inducirá en modificaciones en el comportamiento del filtro.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

1. Adsorción activa:

Es la combinación de las fuerzas de Van der Waals y las de Coulomb las cuales determinan la adsorción activa del material filtrante sobre las partículas suspendidas.

La atracción solo ocurre cuando el grano del filtro y la partícula tienen cargas diferentes.

Cuando el grano del filtro es cubierto con partículas depositadas, la adsorción es solamente efectiva si la partícula suspendida es desestabilizada. Para condiciones en el agua cruda estables, la adsorción dentro de los filtros gruesos a través de fuerzas electrostáticas y de masa tienden a ser de poca importancia.

2. Adsorción pasiva:

Las fuerzas de Van der Waals son altamente responsables de la adhesión de las partículas a los granos del filtro. Dentro de una pequeñísima distancia desde la superficie de los granos, las fuerzas de adhesión son operativas, existiendo un volumen alrededor de cada grano que se llama espacio de adhesión en el cual las partículas que entran allí pueden ser removidas del flujo.

Una partícula será pasivamente adsorbida por el grano del filtro cuando entra en contacto con una capa gelatinosa formada por bacterias y materia orgánica previamente depositada sobre la superficie.

Con altos contenidos de materia orgánica en el agua cruda (ácidos húmicos) otras partículas pueden ser capturadas por esas grandes cadenas y subsecuentemente interlazarse con materia orgánica adsorbida alrededor del grano del filtro.

Mecanismos de purificación:

1. Oxidación bioquímica:

La actividad bioquímica es el proceso por el cual las impurezas disueltas son reducidas a unas más pequeñas, menos peligrosas, o convertidas a compuestos insolubles, después de los cuales por tamizado, sedimentación o adsorción pueden ser removidas del agua.

Como ejemplo tenemos la materia orgánica degradable presente en el agua, la cual es descompuesta y finalmente convertida en sales inorgánicas.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Las reacciones químicas y bioquímicas solamente tienen lugar en la superficie de los granos del filtro donde los agentes catalíticos (químicos o biológicos) están presentes y/o además son necesarias grandes cantidades de bacterias. La adsorción previa de estos agentes al grano del filtro es un prerrequisito para que estos mecanismos de remoción y periodos de descomposición se realicen, así pues, la actividad bioquímica juega un papel muy importante en la reducción del color real y aparente y en la reducción del hierro en los filtros gruesos.

2. Actividad bacteriológica:

Existe creciente evidencia de que los procesos biológicos están presentes y activos en la filtración gruesa. A ellos se les atribuye parte de la eficiencia de la remoción y especialmente por la formación de depósitos de materia particulada sobre la superficie de los lechos de grava.

Las bacterias se adhieren a la superficie del grano del filtro donde se concentra su alimentación. El agua cruda no solo contiene bacterias inocuas y útiles para los filtros gruesos, sino también puede contener bacterias patógenas.

2.3 FILTRACIÓN GRUESA

2.3.1 Conceptos básicos

Los denominados filtros gruesos o sistemas de filtración en gravas, trabajan por el paso del agua a través de un medio filtrante de diferente tamaño, el cual decrece sucesivamente en la dirección del flujo.

El material filtrante es de mayor tamaño que el empleado en filtración lenta o rápida. Utilizándose generalmente grava, con tamaños mayores a 2.0 mm.

La velocidad de operación generalmente usada en los filtros gruesos varía en el rango de 0.3-3 m/h. La selección del valor bajo, similar al empleado en los filtros lentos o de un alto acercándose al de los filtros rápidos convencionales, depende de: TIPO DE FILTRO GRUESO, DEL RIESGO SANITARIO QUE PRESENTE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO Y DEL GRADO DE EFICIENCIA DESEADO.

La eficiencia del filtro grueso se funda en la gran área superficial disponible en los lechos de material granular que posibilitan el desarrollo de mecanismos de

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

remoción de naturaleza: física, química y/o biológica, según las características del agua a ser tratada y del diseño de la unidad de filtro grueso.

2.3.2 Clasificación de los filtros gruesos

Se pueden establecer dos criterios de clasificación:

a. Atendiendo a la forma de filtración:

FORMA DE FILTRACIÓN	UNIDAD	DENOMINACIÓN
Superficial	Filtro grueso dinámico	FGDi
Profunda	Filtro grueso	FG

b. Por el sentido del flujo:

SENTIDO DEL FLUJO	UNIDAD	VARIANTE	DENOMINACIÓN
Ascendente	Ascendente	en serie en capas	FGE, FA FGAS FGAC
Descendente	Descendente	en serie en capas	FGD, FD FGDS FGDC
Horizontal	Horizontal	convencional modificado	FGH FGH FGHM

2.3.3 Filtros gruesos de flujo ascendente

En esta alternativa el agua fluye de manera ascendente a través de una serie de lechos de grava de tamaño decreciente en la dirección del flujo. Se pueden distinguir dos variantes:

- Filtración gruesa ascendente en capas (FGAC): Cuando los lechos de grava son instalados en una misma unidad de filtración.
- Filtración gruesa ascendente en serie (FGAS): Cuando los lechos de grava son instalados en dos o tres unidades de filtración, cada una con un tamaño predominante de grava diferente, cuyo tamaño decrece en el sentido del flujo.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

La principal y más llamativa ventaja de los sistemas ascendentes, constituye el hecho de presentar la mayor acumulación de sólidos en el fondo de la estructura, donde se encuentra el sistema de drenaje el cual también evacúa el agua de lavado en sentido descendente mediante descargas de fondo.

El sentido ascendente del flujo reduce además las interferencias (corrientes de densidad o de temperatura) mejorándose el comportamiento hidráulico de la unidad, lográndose una mayor homogenización del tiempo de retención de la masa de agua en el sistema, lo cual evita la formación de zonas muertas y optimiza los procesos de tratamiento.

Las investigaciones realizadas en torno a los filtros gruesos ascendentes en capas y en serie, arrojaron los siguientes resultados en cuanto a la eficiencia de la remoción:

PARÁMETRO	EFICIENCIA DE REMOCIÓN %	
	FGAS	FGAC
Sólidos suspendidos	92-97	49-94
Turbiedad	69-83	46-71
Color real	29-68	oct-46
Coliformes fecales	97.7-99.7	73.3-98.4
Hierro y manganeso	>65	>65
DQO	>50	>50

Estas unidades tienen una moderada capacidad de almacenamiento de lodo por lo que requieren de limpiezas periódicas. Este se hace mediante drenaje a gravedad para lo cual se utilizan válvulas de apertura rápida. El efecto de limpieza de esos drenajes puede ser mejorado mediante aperturas y cierres periódicos de la válvula de drenaje.

2.3.4 Recomendaciones para selección de alternativas de filtración gruesa que operan como pretratamiento de los filtros lentos de arena

Para una óptima selección de los procesos y unidades que intervienen en el tratamiento de las aguas, se debe tener en cuenta:

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

2.3.4.1 Criterio básico: riesgo sanitario y eficiencia de remoción

A través de varias investigaciones y comparaciones realizadas por el CINARA IRC 1993, se ha llegado a determinar que la tecnología de Filtros Lentos de Arena, antecedidos de filtración gruesa como un pretratamiento, ha obtenido mejores resultados en cuanto a la remoción de ciertos parámetros en el agua, como la turbiedad, el color real, los coliformes fecales, el hierro total y el manganeso.

Sin lugar a dudas, la aplicación del concepto de multibarrera en el aprovechamiento de la tecnología de Filtros Lentos de Arena (FLA) permite ahora su utilización en un mayor número de fuentes superficiales, donde antes era poco probable su éxito.

2.3.4.2 En base a criterios de costos (preliminares)

La comparación de los sistemas bajo una misma velocidad muestra que el FGAC requiere aproximadamente de 1/3 de los materiales de construcción utilizados para las alternativas de FGAS y del FGDS y aproximadamente 1/5 del FGH. Sin embargo, la utilización bajo estas circunstancias del FGAC está limitada por la calidad del agua cruda.

Aunque las eficiencias y costos de inversión inicial de las alternativas de filtración gruesa ascendente y descendente en serie son similares, la utilización de la alternativa ascendente presenta un mayor potencial, ya que permite mejores facilidades para la limpieza del lecho filtrante.

2.3.5 Criterios de diseño para filtros gruesos ascendentes

Básicamente un filtro grueso ascendente está compuesto por los siguientes elementos integrantes:

1. Cámara o cámaras del filtro: 1 compartimento en el caso de los filtros gruesos ascendentes en capas y 2 ó 3 compartimentos en el caso de los filtros gruesos ascendentes en serie.
2. Lecho filtrante.
3. Estructuras de entrada y salida.
4. Accesorios de control.

2.3.5.1 Cámara del filtro

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

La altura total de la cámara del filtro es determinada por la altura de los siguientes elementos:

- Lecho de grava (total).
- Capa de soporte y sistema de drenaje.
- Sobrenadante: Determinada por un volumen adicional de agua de lavado.
- Borde libre.

Normalmente la altura de un FGA, se encuentra en el rango de: 1.0 m a 1.7 m.

Las paredes que conforman la caja o cámara del filtro pueden ser totalmente verticales o parcialmente inclinadas, generalmente son construidas en hormigón armado, ferrocemento o mampostería.

2.3.5.2 Lecho filtrante

El lecho filtrante normalmente consiste de cinco capas de grava de tamaño diferente, las cuales pueden estar distribuidas en uno, dos o tres compartimentos.

Las capas de grava deben ser seleccionadas cuidadosamente con el fin de optimizar la capacidad de almacenamiento de lodo, la eficiencia de remoción y facilitar el lavado.

En la siguiente tabla se dan las recomendaciones preliminares de granulometría y espesores de grava para las dos alternativas de filtros gruesos ascendentes.

TAMAÑO DE LA GRAVA (mm)	FGAC ALTURA DE CAPA (m)	FGAS ALTURA DE CAPA POR COMPARTIMENTO (m)			OBSERVACIONES
		1	2	3	
19 – 25	0.20 - 0.30	0.20 - 0.30	0.15		Soporte - Fondo
13 – 19	0.20 - 0.30	0.90 - 1.25	0.15	0.15	
6 13	0.20 - 0.30		0.80 - 1.25	0.15	
3 6	0.20 - 0.30			0.40 - 0.60	
1.6 – 3	0.25 - 0.35			0.40 - 0.65	Tope

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Altura total del lecho de grava	1.00 - 1.55	1.10 - 1.55	1.10 - 1.55	1.10 - 1.55	
---------------------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--

2.3.5.3 Estructuras de entrada y salida

La estructura de entrada tiene como objetivos: la estabilización, la medición y la eliminación de excesos de flujo afluente a las unidades de filtración gruesa. En general esta estructura consiste de un canal pequeño y una cámara poco profunda, ambas estructuras separadas por un vertedero triangular al cual se adiciona una regla calibrada para medir el caudal.

La estructura también permite realizar el control sobre la operación de los filtros, dado que el incremento en el nivel de agua en esta cámara indica incremento en la resistencia hidráulica, y esto a su vez llama la atención del operador sobre la conveniencia de lavar el filtro.

La estructura de salida permite la recolección del agua filtrada y en los casos donde se utiliza filtros gruesos ascendentes en serie, sirve también como cámara de entrada a la siguiente unidad de filtración.

2.3.5.4 Sistema de drenaje

El sistema de drenaje se lo diseña para cumplir tres propósitos:

1. Distribuir uniformemente el agua en toda el área del lecho filtrante.
2. Soportar el lecho filtrante.
3. Facilitar una distribución uniforme del agua durante el lavado del filtro.

El sistema de drenaje requiere un diseño adecuado, el cual tenga en cuenta las variaciones de caudal y la velocidad.

Usualmente el sistema de drenaje consta de un múltiple y tuberías perforadas de PVC de 3" a 4" de diámetro y que está cubierta de una pequeña capa de grava gruesa con tamaño de 25 mm a 19 mm y de 0.20 a 0.30 m de altura. Para facilitar la limpieza se instala a la salida del múltiple una válvula de apertura rápida.

2.3.5.5 Accesorios de regulación y control

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Los accesorios utilizados en los sistemas de filtración gruesa comprenden: válvulas de regulación de caudal, válvulas de apertura rápida, vertederos de aforo, reglas de aforo y otros.

2.3.5.6 Criterios de diseño

Los criterios de diseño que se presentan a continuación recuperan la experiencia a nivel de plantas piloto y plantas a escala real evaluadas en el marco del proyecto pretratamientos, realizado en Colombia por CINARA – IRC con el apoyo del gobierno de Holanda.

CRITERIO	VALORES RECOMENDADOS
Período de diseño	10 a 15 años
Período de operación horas/día	24
Velocidad de filtración	0.3 - 0.75 m/h
Número de unidades en serie	1 a 3
Lecho filtrante	
Longitud	0.85 - 1.25 m
Tamaño de grava	16 - 19 mm
Lecho de soporte	
Longitud	0.20 - 0.30 m
Tamaño de grava	19 - 25 mm
Altura de sobrenadante de agua	0.20 m
Carga estática de agua lavado contraflujo	2 - 2.5 m
Area de filtración por unidad	15 - 25 m ²

2.3.6 Operación y mantenimiento de filtros gruesos

La operación y mantenimiento de los filtros gruesos ascendentes está relacionada con el control de velocidad de filtración, del flujo de agua y la calidad del efluente, especialmente en condiciones de picos.

Es de importancia el mantenimiento, con los lavados semanales y mensuales al que se debe someter a estas unidades con simples descargas de la válvula de apertura rápida o con lavado de la capa superficial de grava de descargas de fondo.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

El control de la velocidad de filtración se consigue midiendo y verificando que el caudal afluente a la unidad no supere el especificado en el diseño.

El control del flujo de agua durante las 24 horas del día es también de mucha importancia, ya que como se mencionó en los FG ocurren procesos tanto físico, químico como biológicos, por lo cual si se les somete a una operación intermitente, dichos procesos pueden ser minimizados o disminuidos con pérdida de eficiencia. Además podría ocurrir una penetración de impurezas al interior del filtro una vez que se reinicie la operación.

El mantenimiento de los filtros gruesos consiste en lavados semanales y mensuales, por medio de drenajes de fondo con la válvula de apertura rápida y en un lavado de la grava superficial seguido de drenajes de fondo.

2.4 FILTRACIÓN LENTA EN ARENA

La filtración lenta en arena es uno de los procesos de tratamiento de agua más efectivos, simples y económicos y es apropiado particularmente para áreas rurales de países en desarrollo.

El proceso básico de filtración lenta en arena es el siguiente: el agua pasa lentamente a través de un lecho de arena fina a razón de $0.1 - 0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, mejorando considerablemente su calidad al eliminarse la turbiedad y reducirse considerablemente el número de microorganismos. Poco después de iniciarse el proceso de filtración, en la superficie del lecho se forma una película filtrante, la cual consiste en material orgánico e inorgánico retenido y en una amplia variedad de microorganismos activos biológicamente, los cuales descomponen la materia orgánica.

Debido al movimiento lento del agua y al alto tiempo de retención, la filtración lenta en arena se asemeja a la percolación del agua a través del subsuelo y el proceso efectivamente produce agua de calidad comparable al agua subterránea.

Un filtro lento de arena es muy simple en su diseño, construcción y operación. El filtro es solamente un lecho de arena soportado por una capa de grava, el conjunto está confinado en un depósito o caja con estructuras de entrada y salida del agua. La elevación del nivel mínimo de agua se controla por medio de un vertedero colocado en el lado del efluente del filtro. El flujo del agua cruda se controla con una válvula u otro mecanismo, siempre precedido de una estructura para medición del flujo, deben existir provisiones para evitar en la

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

entrada del agua la erosión del medio filtrante, lo cual causaría cortocircuitos en el lecho de arena.

La filtración lenta en arena es un método eficiente de remover materia particularizada suspendida, como materia orgánica y patógenos principalmente.

2.4.1 Consideraciones para la filtración lenta

Para la filtración lenta se deben tener las siguientes consideraciones:

- **Calidad del agua tratada:**

Es el mejor proceso para mejorar la calidad física, química y bacteriológica del agua superficial. En muchas áreas rurales la filtración lenta en arena puede ser la única opción de tratamiento.

- **Facilidad de construcción:**

El diseño relativamente simple facilita el uso de materiales locales con uso de la mano de obra del lugar. Se requiere poco o ningún equipo o entubado especial.

- **Costo de construcción:**

La construcción con materiales y mano de obra local reduce los costos considerablemente. Usualmente, no se requieren materiales o equipos importados.

- **Facilidad de operación y mantenimiento:**

Después de un corto periodo de capacitación a operadores locales con una mínima educación formal pueden operar el sistema.

- **Costos de operación:**

Los costos de operación y las necesidades de energía eléctrica son menores que los de otros sistemas. No requieren productos químicos.

- **Confiabilidad:**

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

El proceso es muy seguro, las fallas mecánicas son mínimas. Las fluctuaciones en la calidad del agua cruda pueden ser resueltas sin interrumpir la eficiencia del proceso.

- **Limpieza:**

El proceso de limpieza es simple pero laborioso. Aunque el costo puede ser bajo en la mayoría de países en desarrollo, la mano de obra puede no estar siempre disponible cuando se necesite.

- **Gran área superficial:**

Se requiere un área bastante grande para los filtros, alrededor de 0.02 – 0.08 m² por consumidor. Debido al bajo costo de la tierra en muchas áreas rurales, esto puede representar solamente el 1 – 2% del costo total de la construcción. Sin embargo, el área puede ser un factor restrictivo en donde la tierra disponible sea escasa.

- **Colmatación rápida de filtros cuando la turbiedad es alta:**

La turbiedad alta del agua cruda puede colmatar rápidamente el lecho filtrante. A menudo esta situación se puede resolver mediante el proceso de pretratamiento.

2.4.2 Componentes del filtro

Básicamente, un filtro lento de arena consta de una estructura que contiene:

1. Una capa sobrenadante de agua.
2. Un lecho de arena fina.
3. Un sistema de drenaje.
4. Una estructura de entrada y de salida.
5. Un conjunto de dispositivos de regulación y control.

A continuación se describen cada uno de los componentes.

- **Caja del filtro:**

La altura total del filtro, desde el fondo hasta la corona de los muros, puede variar de 1.90 – 2.50 m y se puede construir en hormigón reforzado, ferrocemento, piedra o mampostería. La caja del filtro y la estructura de entrada y salida deben ser estancos para prevenir pérdidas y evitar la recontaminación

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

del agua tratada por las aguas subterráneas poco profundas o de escorrentía superficial.

- **Estructura de entrada:**

Consta de canales o conductos de acceso para medición de flujo y una caja exterior a la caja del filtro que permite el flujo del agua hacia el filtro, sin dañar la biomembrana que yace sobre la parte superior del lecho de arena.

- **Capa de agua sobrenadante:**

La capa de agua sobrenadante proporciona una capa hidráulica que es suficiente para hacer pasar el agua a través del lecho de material filtrante, a la par que crea un período de retención de varias horas para el agua. La profundidad apropiada para la capa de agua sobrenadante se encuentra entre 0.80 y 1.0 m y varía dependiendo del tipo de control.

- **Salida de impurezas flotantes:**

Se necesita un dispositivo para extraer las impurezas, que pueden formarse de hojas, algas y demás material flotante en la capa de agua. Este dispositivo también puede servir como un rebosadero para el agua sobrenadante y para drenarla cuando se requiere sacar de servicio una unidad para mantenimiento y limpieza.

- **Lecho filtrante:**

Aunque se puede utilizar cualquier material inerte y granular como material filtrante, generalmente se selecciona la arena porque es barata, inerte, duradera y de fácil obtención.

Cuando se coloca en el filtro, la arena debe estar libre de arcilla, tierra y materia orgánica. El material filtrante se describe en función de su tamaño efectivo y coeficiente de uniformidad.

La arena usada en los filtros lentos debe ser relativamente fina, tener un tamaño efectivo de 0.15 – 0.30 mm y un coeficiente de uniformidad menor de 5, pero preferiblemente entre 2 y 3.

El espesor mínimo del lecho filtrante debe ser de 0.5 m. Como la limpieza periódica se realiza mediante la extracción de 1 – 2 cm de la capa superior de arena, generalmente se añaden 0.3 m para elevar a 0.8 m su espesor inicial. Con las continuas limpiezas se reducirá gradualmente el espesor del filtro, lo cual se debe reponer con el tiempo.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- **Sistema de drenaje:**

El sistema de drenaje sirve para dos propósitos: en primer lugar permite el paso libre del agua tratada y en segundo lugar, soporta el lecho de material filtrante.

Generalmente consta de un drenaje principal y uno lateral construidos de tuberías perforadas, o de un piso falso hecho en bloques de hormigón o de ladrillo, cubiertos con capas de grava gradada. Estas capas impiden que la arena del filtro penetre u obstruya el sistema de drenaje y aseguran la recolección uniforme del agua filtrada.

El espesor del sistema de drenaje, incluyendo las capas de grava, pueden variar de 0.2 – 0.5 m, aunque su profundidad será de 0.15 a 0.2 si se emplean tuberías corrugadas.

- **Cámara de salida:**

La cámara de salida generalmente consta de dos secciones separadas por una pared, en cuya parte superior se coloca un vertedero con su rebosadero ligeramente por encima de la parte superior del lecho de arena. Este vertedero previene el desarrollo de una presión inferior a la atmosférica en el lecho filtrante, pues ello podría dar lugar a la formación de burbujas de aire debajo de la capa biológica. El vertedero también asegura que el filtro funcione independientemente de las fluctuaciones en el nivel del tanque de agua clara.

Al permitir la caída libre del agua sobre el vertedero, se aumenta la concentración de oxígeno en el agua filtrada, por cuyo motivo la cámara del vertedero debe estar debidamente ventilada para facilitar la aireación.

2.4.3 Proceso de tratamiento

En un filtro lento de arena las impurezas que contiene el agua se eliminan mediante una combinación de procesos: sedimentación, cribado, adsorción y acción química y bacteriológica.

La purificación comienza en la capa de agua sobrenadante, donde las partículas grandes se asientan sobre el lecho filtrante y las más pequeñas se aglomeran en flóculos sedimentables como resultado de las interacciones físicas, químicas o bioquímicas. Bajo la influencia de la luz solar, las algas, que

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

se han introducido en el filtro con el agua cruda, crecen y favorecen el proceso de purificación.

Durante los primeros días, el agua se purifica principalmente por los procesos mecánicos y físicos. El material retenido y el crecimiento orgánico forman una capa delgada sobre la superficie de arena, que sigue siendo permeable y retiene partículas incluso menores que los espacios entre los granos de arena. A medida que se desarrolla esta capa se convierte en el alojamiento de enormes cantidades de microorganismos que descomponen el material orgánico extraído del agua, convirtiéndolo en agua, dióxido de carbono y otros óxidos. Al principio, el material orgánico nitrogenado se transformará en amoníaco, que luego es oxidado por bacterias autotróficas específicas para convertirse en nitritos y por último en nitratos.

La mayoría de las impurezas, incluidas bacterias y virus, son removidas del agua cruda al atravesar la película y la capa de arena del lecho filtrante inmediatamente debajo. La eliminación de las bacterias del agua probablemente se debe principalmente a la acción de depredadores, como los protozoarios. Las impurezas que penetran más profundamente en el lecho filtrante entran en contacto con los granos de arena, a los cuales se adhieren, de manera que las partículas de arena gradualmente se recubren de una capa delgada compuesta en su mayor parte de material orgánico y microorganismos. A su vez, éstos absorben las impurezas por diversos mecanismos de adhesión. Los mecanismos de purificación se extienden desde la biomembrana hasta aproximadamente 0.3 – 0.4 m por debajo de la superficie del lecho filtrante, disminuyendo gradualmente en actividad a niveles inferiores, a medida que el agua se purifica y contiene menos material orgánico y nutrientes. A profundidades mayores se eliminan más productos de los procesos biológicos por los procesos físicos y la acción química.

Cuando los microorganismos están bien adaptados, el filtro trabaja eficientemente y produce un efluente de superior calidad que prácticamente está libre de organismos transmisores de enfermedades, así como de materia orgánica biodegradable.

2.4.4 Eficiencias típicas de tratamiento para filtros lentos de arena

En la siguiente tabla se presentan valores típicos de remoción de algunos parámetros presentes en el agua cruda:

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

PARÁMETRO	REDUCCIÓN TÍPICA
Entero - bacterias	90 - 99% o aun mayor. Sin embargo, la eficiencia de remoción de coliformes es reducida por bajas temperaturas, aumento en la velocidad de filtración, uso de arena gruesa, poca profundidad del lecho de arena, concentración reducida del contaminante y justo después de la remoción de la membrana biológica.
Cercarias de esquistosoma	Remoción virtualmente completa.
Quistes de protozoarios	99 - 99.99% aun después de la remoción de la biomembrana.
Turbiedad	Generalmente reducida a menos de 1 UNT.
Color	30 - 90% siendo 30% la eficiencia más usualmente reportada.
Materia orgánica	DQO 30 - 90%; COT 15 - 30%. Materia orgánica tal como ácidos húmicos, detergentes, fenoles y algunos pesticidas y herbicidas pueden ser removidos desde 50 hasta más de 99%.
Hierro, Manganeso	Pueden ser significativamente removidos.
Metales pesados	30 - 90% o aun más.

2.4.5 Proceso de diseño

El diseño de un proyecto de filtración lenta en arena para una localidad en particular, consta de dos etapas básicas en su proceso; en la primera fase se busca:

- Precisar la capacidad del sistema de almacenamiento.
- Aprovechar la infraestructura de abasto existente.
- Identificar la alternativa de pretratamiento que se va a proyectar.
- Estimar los costos de construcción, operación y mantenimiento.

Los resultados obtenidos en esta primera fase pueden utilizarse como base para captar recursos, planear y organizar el proyecto.

La segunda fase se orienta a:

- La conceptualización y ejecución del diseño estructural.
- La definición de especificaciones técnicas tanto de materiales como de equipos utilizados en el diseño.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- **Capacidad del sistema:**

Al diseñar un sistema de abastecimiento de agua, el factor más importante por definir hace referencia a la capacidad de la planta de tratamiento, en otras palabras, a la cantidad de agua total requerida por día o demanda máxima diaria. Este parámetro es de difícil estimación ya que depende de otros factores como:

1. El período de diseño.
2. La población de diseño.
3. La demanda de agua per cápita.
4. Cálculo de la demanda diaria de diseño.

- **Componentes principales y dimensiones del sistema de abastecimiento de agua:**

Una vez definido el tratamiento requerido y la demanda promedio diaria, se pueden determinar los componentes principales del sistema y sus dimensiones.

En zonas rurales el agua generalmente es captada en la mañana y al atardecer, lo que genera un incremento en la demanda en estos periodos. En este sentido puede ser razonable diseñar el sistema que satisfaga la demanda durante esas horas pico, no obstante se genere un incremento en los costos. Un abastecimiento de agua con insuficiencias en estos períodos, puede generar largas filas, pérdida de tiempo y motivar a los miembros de la comunidad a regresar a las fuentes tradicionales de suministro.

Idealmente el diseño debe asegurar que el sistema de tratamiento y en particular los filtros de arena, operen permanentemente con una capacidad diaria igual a la demanda. A continuación se indican las características generales de diseño y los componentes principales.

1. Captación de agua cruda y bombeo:

En los sistemas de abastecimiento de agua por gravedad, la captación de agua cruda está diseñada para funcionar 24 horas. Por el contrario en sistemas que utilizan bombas, el tiempo de funcionamiento está basado en la tasa de descarga y en el tiempo de operación del equipo.

2. Tanque de compensación de agua cruda:

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Cuando el sistema de bombeo no ha sido diseñado para operación continua, un tanque de compensación de agua cruda es la mejor alternativa. De esta manera se pueden asegurar la operación continua de los filtros.

3. Unidad de pretratamiento:

Esta unidad preferiblemente debe operar 24 horas al día con flujo a gravedad. En sistemas de bombeo, es aconsejable tratar previamente al agua antes de bombearla, o emplear un tanque de compensación que evite la operación intermitente.

4. Filtros lentos de arena:

Se requiere por lo menos dos módulos que permitan la operación segura y continua y así poder realizar su limpieza alternadamente.

5. Almacenamiento y bombeo de agua tratada:

El agua tratada es conducida hasta su respectivo tanque de almacenamiento a partir del cual pueden distribuirse directamente o ser bombeada a uno o varios tanques de distribución.

6. Sistema de distribución:

El sistema de distribución debe estar diseñado para satisfacer la demanda máxima horaria en la comunidad. Un almacenamiento descentralizado dentro del sistema de distribución genera una mejor distribución de flujo y presión y contribuye a reducir costos, ya que permite el uso de tuberías de menor diámetro.

- **Estimación de costos:**

El último paso en la etapa de diseño consiste en estimar los costos de construcción, operación y mantenimiento.

2.4.6 Operación y control

El aspecto más interesante de la filtración lenta en arena es su sencillez de operación y control porque después de un breve periodo de adiestramiento los procedimientos operativos los puede realizar un encargado local sin que necesariamente cuente con algún grado de educación formal.

El control de la velocidad de filtración es la clave en el funcionamiento adecuado de un filtro lento de arena. Para el agua superficial, la operación a un

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ritmo entre 0.1 y 0.2 m³/m²h es generalmente satisfactoria, pues el filtro tiende a obstruirse en un periodo de tiempo más corto si se emplean velocidades de filtración más altas, además de que se deteriora la calidad del agua filtrada. Sin embargo, la velocidad de filtración puede incrementarse a 0.3 m³/m²h durante breves periodos de uno o dos días sin mayor daño, por ejemplo mientras se está limpiando otro filtro. Es importante evitar fluctuaciones rápidas en la tasa de filtración porque la flora bacteriana en el lecho filtrante requiere tiempo para ajustarse a nuevas condiciones.

2.5 DESINFECCIÓN DEL AGUA

Debido a lo pequeño de muchos microorganismos, no se puede garantizar que su remoción sea completa con los tratamientos de coagulación o filtrado. Por esta razón, es necesario realizar una desinfección para asegurar la eliminación de microorganismos potencialmente dañinos en las aguas potables. La destrucción de los patógenos hídricos, no se logra a través de medios biológicos, sino físicos y químicos; además la desinfección química ofrece mayores posibilidades de éxito que la desinfección física.

2.5.1 Desinfección y desinfectantes

Gran parte de los microorganismos patógenos son removidos del agua en un grado variable por los procesos convencionales de tratamiento, pero la desinfección intencional de las aguas tiene la misión específica de matar, de forma selectiva si es necesario, aquellos organismos vivientes que pueden difundir o transmitir infecciones a través de ella.

Tres son los tipos de microorganismos patógenos entéricos que generalmente son de grave consecuencia: bacterias, virus y protozoos. La desinfección debe ser capaz de destruir a todos estos patógenos, existen afortunadamente desinfectantes que pueden lograrlo, otros consiguen eliminar sólo uno o dos de ellos, por lo cual es importante conocer las limitaciones que cada uno de ellos tiene al momento de su uso.

El desinfectante seleccionado debe presentar las siguientes ventajas:

- Debe destruir las clases y números de patógenos que pueden ingresar al agua, y hacerlo dentro de un lapso practicable de tiempo, de una

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

gama esperada en la temperatura del agua, y de las posibles fluctuaciones en composición de las aguas sujetas a tratamiento.

- En las concentraciones requeridas, no debe ser tóxico al hombre ni a sus animales domésticos.
- No debe presentar olor ni sabor desagradable.
- Su costo debe ser razonable, seguro y fácil de almacenar, transportar y aplicar.
- Su concentración en el agua tratada debe ser determinada con facilidad, rapidez y de preferencia automáticamente.
- Debe persistir en el agua desinfectada con la concentración suficiente para proporcionar una protección residual razonable contra la posible recontaminación del agua antes de usarla; o bien, debido a que ésta no es una propiedad que se obtenga normalmente, la desaparición de los residuos del desinfectante será un aviso de que ha tenido lugar una recontaminación.

2.5.2 Desinfección con cloro

El cloro es el reactivo más utilizado para la desinfección del agua, posee un poder oxidante (capacidad para captar electrones) remanente muy elevado, que favorece a la destrucción de las materias orgánicas; puede emplearse directamente en forma de gas, de bióxido de cloro, de hipocloritos (sodio y calcio) o incluso se puede producir in situ por electrólisis de soluciones salinas.

Cuando se adiciona a una agua una cantidad conocida de cualquiera de las formas de cloro y después de un cierto tiempo de contacto se determina el cloro residual, se encontrará menos cloro que el que se adicionó; se dice entonces, que el agua tiene una demanda de cloro, que teóricamente será igual a:

$$\text{demanda de cloro} = \text{dosificación de cloro} - \text{cloro residual}$$

La demanda de cloro es el resultado de diversas reacciones en que el cloro se consume por acción de diversos constituyentes del agua y por descomposición.

2.5.3 Desinfección de las aguas de consumo

El agua destinada al consumo humano debe estar libre de bacterias patógenas, se consigue este resultado por desinfección con cloro, añadido al agua en forma de agua clorada que se inyecta en una unidad de mezcla dotada de un

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

fuerte gradiente de velocidad, para permitir una buena dispersión del desinfectante, antes de que el agua pase al depósito de almacenamiento.

Deben tomarse todas las precauciones del caso para garantizar la mezcla correcta del agua clorada con el agua sometida a tratamiento, se necesita un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos, al cabo del cual la dosis de cloro residual debe ser aún de 0.1 a 0.2 mg/l. En una primera aproximación, la dosis de cloro que ha de utilizarse será la que deba añadirse al agua para que después de 30 minutos de contacto, sigan existiendo trazas de cloro libre, la medida se efectúa realizando la prueba de demanda de cloro.

2.6 FERROCEMENTO EN OBRAS HIDRÁULICAS

2.6.1 Introducción

El ferrocemento es un tipo particular de hormigón armado, es un material de construcción compuesto, de poco espesor, flexible, en la que un gran número de mallas de alambre de acero de pequeño diámetro están distribuidas uniformemente a través de la sección transversal. Se utiliza un mortero muy rico en cemento (cemento, agua) lográndose un comportamiento notablemente mejorado en comparación al hormigón armado cuya resistencia está dada por las formas de las piezas; se utiliza en la construcción y como material de esculturas.

El ferrocemento tiene una gran resistencia y es muy económico. Tiene buena resistencia al fuego, buen comportamiento ante los terremotos y no se oxida. Tiene una amplia gama de aplicaciones que incluyen la construcción de viviendas, construcción de obras hidráulicas como piscinas y depósitos, la creación de esculturas, la reparación de los artefactos existentes y la construcción de barcos y buques.

Debido a la alta resistencia, compacidad y elasticidad que posee el ferrocemento, permite disminuir considerablemente las dimensiones de las secciones transversales de los elementos hasta un rango de 10 a 15 mm, lo cual tiene amplia repercusión en la reducción del peso propio de las estructuras, ya que los materiales pueden disminuirse hasta en más del 50% y la armadura hasta 35% en comparación con las estructuras habituales de hormigón armado.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

2.6.2 Ventajas del ferrocemento

Las principales ventajas competitivas del ferrocemento derivan de que es posible:

- Obtener un bajo coste.
- Es respetuoso con el medio ambiente.
- Construir partes, piezas y módulos ligeros, fáciles de transportar, junto con el hecho que sus componentes se basan en unidades estandarizadas factibles de prefabricar, lo que genera ventajas frente a otros sistemas constructivos.
- Utilizar mano de obra no especializada, lo cual influye en el desarrollo del sistema y sus costos son menores a las otras alternativas.
- Tienen una respuesta estructural muy importante ante acciones sísmicas.

Todas estas características la hacen ideal para ser utilizada en proyectos de cooperación en países en vías en desarrollo.

2.6.3 Aplicaciones del ferrocemento en obras hidráulicas

Entre las aplicaciones más usuales están los tanques de ferrocemento, en los cuales podemos destacar las siguientes características:

- Tienen una respuesta estructural muy importante ante acciones sísmicas.
- Con esta técnica se han construido tanques desde 5 m³ hasta 100 m³, a costos del 40% al 50% más baratos que los tanques tradicionales en hormigón.
- Una proporción por volumen recomendada para la mezcla es 1:2:0,5 (siendo, cemento: arena: relación agua-cemento).
- Los tanques de menor volumen (de 5 a 15 m³) no requieren de encofrado durante el proceso de construcción.
- Se pueden aplicar diferentes tipos de materiales para hacer los encofrados como bambú, guadúa, carrizo, lámina para techo, etc.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- Las habilidades de las personas que se involucren en la construcción de tanques con esta técnica no han de ser especializadas. Cualquier persona, siguiendo los manuales de construcción disponibles, una ligera capacitación e interesado por aprender podrá construir tanques aplicando esta técnica.
- Cualquier fuga de agua se repara picando la zona afectada y recolocando del mortero elaborado en la misma proporción que el utilizado para su construcción original.

2.6.4 Materiales componentes del ferrocemento

- **Refuerzo:**

El refuerzo utilizado en la construcción del ferrocemento puede ser cualquiera de los siguientes tipos:

1. Telas de malla de alambre: acero galvanizado, cuadradas o rectangulares, soldadas o tejidas, malla hexagonal torcida o tejida.
2. Retícula de alambre soldado: acero no galvanizado de alta resistencia.
3. Barras, alambres y cables: acero estructural, barras de hasta 10mm de diámetro y alambres y cables de alto límite elástico.
4. Telas de malla o tejidos de polímeros reforzados con fibras (FRP) de alto desempeño: no existe corrosión, alta resistencia, son ligeros y no se produce retracción.
5. Telas de malla de acero y FRP tridimensionales.

- **Matriz:**

La matriz es importante debido a que tiene un fuerte aporte estructural y protege el refuerzo de los agentes externos que lo pueden dañar.

1. **Áridos:**

Ocupan del 60 al 70% del volumen total del mortero, el 100% debe pasar el tamiz #8.

Los áridos deben ser inertes, es decir, que no se debe producir ninguna reacción química con nada.

El material máximo fino que pasa el tamiz #200:

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- Máximo 5% en áridos de trituración natural.
- Máximo 3% en áridos de trituración artificial.

Se debe tener presente el peso específico pues interviene en la dosificación, así como la forma de los áridos, ya que influye en el consumo de agua y en el volumen de vacíos.

Cemento:

Dependiendo del tipo de cemento que se tenga se debe controlar:

- La finura de molido.
- Calor de hidratación.

Agua:

Tanto para la mezcla como para el curado se debe emplear agua potable, cuyo pH varíe entre 5 y 8.

- Cloruro sódico menor de 10 g/l.
- Aceites y grasas menor de 15 g/l.
- No deben existir azúcares en el agua puesto que altera el fraguado del cemento.
- Sulfatos máximo 0.3 g/l.

Aditivos:

Modifican las propiedades del mortero estructural en el estado fresco y en el endurecido.

Entre los aditivos más empleados tenemos:

- Plastificantes: dan mayor laborabilidad sin incrementar agua.
- Retardantes o acelerantes del tiempo de fraguado.
- Reductores de exudación.
- Reductores de segregación.
- Acelerantes de la velocidad con la que el mortero adquiere su resistencia máxima.
- Incrementan la resistencia.
- Disminuyen la permeabilidad.
- Inhibir la corrosión.
- Mejor resistencia al impacto y la corrosión.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



2.6.5 Recomendaciones para un buen comportamiento estructural

Refuerzo:

- Telas de malla con alambres de diámetro de 0.5 a 2 mm (menor de $h/12$).
- Acero de esqueleto: máximo el 50% de h y mínimo el 25% de h .
- Huevo máximo de la tela de malla: 25 mm, aunque puede ser hasta 50 mm.
- Número de capas de la tela de malla: mínimo 2.
- Factor de volumen: $1.8\% < V_f < 8\%$ (se tomará en cuenta el acero de esqueleto en la tracción directa).
- Superficie específica: $0.5\text{cm}^{-1} < S < 2\text{cm}^{-1}$.

Árido:

- Tamaño máximo:
 $e/2$ (la mitad del recubrimiento).
 $\frac{1}{2}$ de la distancia entre telas de malla.
- Es recomendable que el árido pase en un 100% el tamiz #8 (2.38 mm) y 5% en peso del tamiz #100 (0.25mm).

Recubrimiento:

- Por norma de la IFS:
 $e \leq h/5$
 $e \leq 2\phi$
 $e \leq 2\text{ mm}$
- Práctico si no se toman todas las precauciones:
 $e_{\text{mín}} = 3\text{ mm}$ (ambiente protegido)
 $e_{\text{máx}} = 6\text{ mm}$ (ambiente agresivo)

2.6.6 Recomendaciones de diseño por el método de las tensiones admisibles

Acero:

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- $0.5f_y$ (No mayor de 400Mpa).
- f_y para 0.2% de deformación.
- Fatiga f_y-248 Mpa para 1×10^n ciclos de carga ($n = 6$).

Mortero:

- 0.45 f'_c .

Ancho de grietas:

- $W_{m\acute{a}x} = 0.05$ mm (para ambientes corrosivos).
- $W_{m\acute{a}x} = 0.1$ mm (para ambientes no agresivos).

Relación agua/cemento:

- 0.4 (por peso).

Deformación:

- Luz/40.

2.6.7 Recomendaciones constructivas

- Tolerancia en el espesor:

Industrializadas: $h/10$ o 2 mm máximo.

In situ: $h/5$ o 3 mm máximo.

- En el recubrimiento: ± 1 mm.
- Solape: 100 mm o 4 huecos de la tela de malla.
- Anclaje:

Para telas de malla 3 huecos.

Para las barras 20ϕ .

2.6.8 Criterios de diseño para durabilidad

- Diseño estructural, tomando en cuenta la agresividad del ambiente (ancho de grieta).
- Apropiaada calidad del mortero, denso, bien compactado, bien curado, con baja permeabilidad.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- Evitar concentraciones de esfuerzos en esquinas y bordes.
- Utilizar pinturas protectoras de superficie, cuando se necesite bajo agresivas condiciones del medio ambiente.
- Cumplir las normas con los materiales durante la ejecución y un buen programa de mantenimiento.

2.6.9 Requerimientos generales para la fabricación del ferrocemento

- Planificación del trabajo:
 - Continuo.
 - Con juntas de producción.
- Mezclado:
 - Mezcla homogénea.
 - Medida de materiales en peso.
 - Relación agua/cemento baja.
 - Preparación por templeas.
 - Secuencia de mezclado agua – arena – cemento – arena – agua.
 - Mezcladora: tambora fija y paleta giratoria.
- Colocación:
 - A mano.
 - Con equipo:
 - Vibradores
 - Lanzamiento a presión por vía seca o húmeda.
- Terminación: Ligeramente rugosa.
- Curado:
 - Comienza antes de las tres horas.
 - Intensivo 7 días, continuar hasta los 15 días.
- Tratamiento superficial:
 - Mejorar la apariencia.
 - Endurecer la superficie.
 - Reducir la permeabilidad.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CAPÍTULO III: PARÁMETROS DE DISEÑO

3.1 DOTACIÓN

La dotación es el consumo diario de agua, que sirve para calcular los caudales de diseño. El consumo de agua está en función de una serie de factores propios de cada sitio al cual se va a abastecer, donde influye el clima, nivel de vida de la población, sistema de provisión, calidad del agua suministrada, costo del agua, presión en la red de distribución, consumo doméstico, consumo industrial, consumo comercial, consumo público, pérdidas en el sistema, entre otros factores.

3.1.1 Tipos de consumo

En el abastecimiento de una localidad, deben ser consideradas varias formas de consumo de agua, que se pueden discriminar así:

Uso doméstico: Descarga del excusado, aseo corporal, cocina, bebida, lavado de ropa, riego de jardines y patios, limpieza en general, lavado de automóviles, aire acondicionado.

Uso comercial: Tiendas, bares, restaurantes, estaciones de servicio.

Uso industrial: Agua como materia prima, agua consumida en procesamiento industrial, agua utilizada para congelación, agua necesaria para las instalaciones sanitarias, comedores, etc.

Uso público: Limpieza de vías públicas, riego de jardines públicos, fuentes y bebederos, limpieza de la red de alcantarillados sanitarios y de galería de aguas pluviales, edificios públicos, piscinas públicas y recreo, combate contra incendios.

Usos especiales: Combate contra incendios, instalaciones deportivas, ferrocarriles y autobuses, puertos y aeropuertos, estaciones terminales de ómnibus.

Pérdidas y desperdicios: Pérdidas en el conducto, pérdidas en la depuración, pérdidas en la red de distribución, pérdidas domiciliarias, desperdicios.

3.1.2 Variaciones de consumo

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

En un sistema público de abastecimiento de agua, la cantidad de agua consumida varía continuamente en función del tiempo, de las condiciones climáticas, costumbres de la población, etc.

Hay meses en que el consumo de agua es mayor en los países tropicales, sobre todo en los meses de verano. Por otro lado, dentro de un mismo mes, existen días en que la demanda de agua asume valores mayores sobre los demás.

Durante el día el caudal dado por una red pública varía continuamente. En las horas diurnas el caudal supera el valor medio, alcanzando valores máximos alrededor del medio día. Durante el período nocturno el consumo decae, por debajo de la media, presentando valores mínimos en las primeras horas de la madrugada.

3.1.3 Criterios para determinar la dotación de agua

NECESIDAD DE AGUA DE LAS CIUDADES (por habitante)

- Abastecimiento rural 125 L/d/hab.
- Poblaciones de 3.000 habitantes 115 L/d/hab.
- Poblaciones 3.000 a 15.000 habitantes 200 L/d/hab.
- Poblaciones de 15.000 a 60.000 habitantes 220 L/d/hab.
- En poblaciones mayores a 60.000 habitantes la dotación para viviendas es de 250 L/hab./día, válida para vivienda unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares.

Tomando como referencia la tabla anterior hemos determinado la dotación para el área rural en 125 l/d/hab.

3.2 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE LA FUENTE

3.2.1 Generalidades

El agua cubre tres de las cuatro partes de la tierra (mares, ríos, lagos, etc.), donde es un compuesto químico formado por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno H_2O . EL agua pura es un líquido inodoro e insípido, esencial para la vida animal y vegetal, aunque en la naturaleza no se la puede encontrar en

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

estado puro sino como una solución de diferentes compuestos; esta alcanza una densidad máxima a 4°C de 1 gr/cm^3 y se expande al congelarse alcanzando una temperatura de 0°C , el cual representa su punto de fusión y tiene su punto de ebullición a los 100°C .

El agua es uno de los agentes ionizantes más conocidos, puesto que todas las sustancias se pueden disolver en él se le conoce como el DISOLVENTE UNIVERSAL. El agua combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de los metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas importantes.

El agua de acuerdo a lo adoptado por los Ingenieros Sanitarios y por miembros de la sociedad científica agua se utiliza como sinónimo de solución/suspensión acuosa diluida de compuestos orgánicos e inorgánicos que constituyen los diversos sistemas acuáticos.

3.2.2 Características físicas del agua

- **Color:**

Origen: El color de las aguas puede deberse a la presencia de materia orgánica, la que al degradarse elimina sustancias químicas de color; así, muchas aguas superficiales, particularmente aquellas que emanan de áreas cenagosas, frecuentemente se encuentran coloreadas hasta llegar a ser inaceptables, tanto para su uso doméstico como para ciertos procesos industriales, si previamente no se realiza tratamiento alguno para remover el color.

El material colorante viene del contacto del agua con escombros como hojas y madera en varios estados de descomposición; estos extractos vegetales se denominan sustancias húmicas.

El color en el agua también puede deberse a la presencia de hierro y otros metales como el manganeso, el cobre, etc.

Otra fuente de color en las aguas naturales puede ser debida a la contaminación por aguas servidas de intenso color procedentes de industrias, y constituir el primer indicio de una situación peligrosa.

El color natural de las aguas, puede también deberse a la presencia de las algas, las que poseen pigmentos como clorofila que les permite captar la

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

energía solar y a su vez producir un efecto de color en el agua en la cual se encuentran.

Definición: Existen dos tipos de color:

- **Color real o verdadero:** Es el producido solamente por las sustancias que se encuentran en solución y en estado coloidal, tales como los extractos vegetales u orgánicos.
- **Color aparente:** Es el determinado en la muestra tal como se la toma, y que incluye además el color real, el producido por sustancias en suspensión, es decir, el color de la muestra sin remover la turbiedad, ya que no da una indicación precisa de las características del agua.

Es importante diferenciar en los análisis del agua, entre color aparente y el verdadero, especialmente en aspectos considerados como la desestabilización de partículas. El color real no puede ser removido por operaciones físicas, como centrifugación o filtración ordinaria, sino solamente por procesos químicos, puesto que generalmente son partículas coloidales negativamente cargadas, su remoción puede efectuarse mediante coagulación con la ayuda de una sal que tenga un ion metálico trivalente, como de aluminio o hierro; y en cambio, parte del color aparente puede ser removido por centrifugación o por sedimentación y filtración.

Importancia sanitaria: El color en el agua tiene importancia sanitaria significativa, ya que indica la fuente de la cual proviene. Las aguas que contienen materia coloreada derivada de sustancias naturales en descomposición en ciénagas y bosques, no se consideran dañinas o tóxicas, éstas son similares al ácido tánico del té; sin embargo, hay razones importantes por las cuales es necesario remover el color de las aguas: es indeseable estéticamente, puede complicar el proceso de coagulación, generan una demanda mayor de cloro. En ciertas circunstancias al combinarse con el cloro, pueden dar origen a la formación de compuestos conocidos como órgano-clorados, de los cuales los principales son los trihalometanos, sustancias que hasta ahora han sido consideradas como potencialmente dañinas para la salud.

El color en el agua dificulta el funcionamiento de las resinas aniónicas de intercambio iónico y, finalmente pueden afectar algunos procesos industriales, especialmente en la elaboración de bebidas embotelladas, producción de hielo y en general en la industria alimentaria.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- **Turbiedad:**

Origen: La turbiedad en el agua se debe a la presencia de materias en suspensión finamente divididas, como: arcillas, limos y partículas de sílice, provenientes de la erosión del suelo. Pueden deberse también a materias orgánicas, descargas de agua residual, desechos industriales y, a la presencia de algas y ciertos crecimientos de algas.

El tamaño de las partículas causante de la turbidez del agua, varía desde partículas finas de dispersiones coloidales hasta dispersiones de partículas gruesas, dependiendo del grado de turbulencia.

Las partículas causantes de la turbiedad pueden ser orgánicas e inorgánicas, pero el grado de turbidez en el agua depende de factores como: concentración de las partículas suspendidas, de su finura y grado de dispersión, y además, de las propiedades ópticas de estas partículas; por lo tanto, la turbiedad no puede expresarse en unidades de concentración, ya que dos concentraciones iguales pueden dar turbiedades diferentes, debido a la influencia de los factores mencionados.

Definición: La turbiedad se define como la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz se disperse y no se transmita a través de ella.

Importancia sanitaria: La turbidez es un parámetro de importancia por razones de estética, pues los consumidores rechazan un abastecimiento de agua que presente turbiedad, ya que asocian con una posible contaminación con agua residual.

Otro aspecto importante de la turbiedad es que puede interferir con el proceso de desinfección, ya que las bacterias pueden encerrarse dentro de las partículas y protegerse de la acción del desinfectante.

Finalmente, el proceso de filtración se vuelve más complicado y costoso cuando el agua presenta turbiedad.

- **Conductividad eléctrica:**

Definición: La conductividad del agua, es la capacidad de ésta para conducir la corriente eléctrica, y es debida a la presencia de iones que se mueven y que se encuentran en el agua en solución.

Importancia sanitaria: La medida de la conductividad del agua no tiene significado sanitario alguno, excepto para indicar su grado de mineralización,

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

así, las aguas superficiales que tienen una concentración menor de sales que las aguas subterráneas, presentan menor conductividad.

Una conductividad elevada en el agua puede generar efectos de sabor, debido a que ésta contiene alta concentración de sales disueltas; por el contrario, una conductividad muy reducida puede resultar inaceptable, ya que la pequeña cantidad de sales puede comunicar al agua insipidez.

- **Olores y sabores:**

Origen: Los olores y sabores pueden ser causados por sustancias de diferente naturaleza, entre los cuales podemos mencionar:

- Materia orgánica disuelta.
- Sustancias minerales como: cloruro de sodio, sulfato de sodio, sulfato de magnesio, hierro, manganeso, cobre, etc.
- Constituyentes terrosos.
- Fenoles.
- Algas y otros microorganismos.
- Productos derivados del proceso de desinfección con cloro.

Todas estas sustancias que causan olores y sabores pueden deberse a una contaminación natural, a una contaminación ocasionada por el hombre, o por la mineralización del agua subterránea.

Importancia sanitaria: El agua destinada a consumo humano debe ser inodora e insípida, la presencia de olores y sabores provocan rechazo en el consumidor.

El agua potable no debe tener olor, no solamente en el momento de tomar la muestra, sino incluso en un período de 10 días en un vaso cerrado y a 26°C de temperatura.

3.2.3 Características químicas del agua

- **Alcalinidad:**

Definición: La alcalinidad del agua, puede definirse como su capacidad para neutralizar los ácidos.

Origen: En la mayoría de las aguas naturales es producida por la presencia de los siguientes iones provenientes de ácidos débiles y bases fuertes:

- Hidróxidos (OH^-).

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- Carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$).
- Bicarbonatos (HCO_3^-).

La alcalinidad del agua está relacionada, por lo tanto, como su capacidad de amortiguamiento (buffer) que presenta.

Importancia sanitaria: La alcalinidad del agua es un factor que se relaciona directamente con su capacidad de amortiguamiento, es decir, con la capacidad de ésta para resistir los cambios bruscos de pH, que podrían darse cuando en un río por ejemplo se descarguen efluentes fuertemente ácidos o alcalinos, que harían que el pH tome valores extremos (<4.5 y >9.6) impidiendo el desarrollo de la vida acuática.

Esta capacidad de amortiguamiento del agua, tiene mucha importancia en el proceso de la coagulación química, ya que los compuestos químicos usados reaccionan con el agua dando precipitados insolubles, y los hidrógenos desprendidos reaccionan con la alcalinidad del agua.

Está también relacionada con la acción corrosiva que ejercen algunas aguas.

Finalmente, aguas demasiado alcalinas tienen sabores desagradables y son rechazadas por los consumidores.

- **Acidez:**

Definición: La acidez del agua se define como su capacidad para neutralizar una base. Aplicando este concepto en las aguas naturales y tratadas, la acidez total corresponde a la presencia de anhídrido carbónico libre, el ácido carbónico, ácidos minerales y sales de ácidos fuertes y bases débiles.

Origen: En las aguas naturales la causa más frecuente de acidez es el anhídrido carbónico que se encuentra en forma natural, pero también puede encontrarse en las aguas tratadas ya que se libera como resultado de las reacciones de los productos químicos coagulantes empleados en el tratamiento de la misma.

Importancia sanitaria: Desde el punto de vista sanitario y de salud pública, la acidez es de poco interés.

El CO_2 es un compuesto relacionado con el carácter corrosivo del agua, por esta razón su estudio es de interés a los ingenieros sanitarios; este compuesto también tiene importancia especial en la formación de ciertos precipitados, que

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

se producen en algunas aguas, especialmente las subterráneas al ponerse en contacto con la atmósfera.

- **Dureza:**

Definición: La dureza del agua es una propiedad debida a la presencia de iones metálicos polivalentes capaces de reaccionar con el jabón y formar precipitados, sin embargo, los elementos que principalmente constituyen la dureza son los iones de calcio y magnesio, ya que los demás tienen solubilidades muy bajas a los valores de pH de las aguas naturales, que sus concentraciones iónicas son despreciables.

Origen: La dureza del agua es causada por el calcio y, en menor grado, por el magnesio, disueltos en ella; dureza que se deriva fundamentalmente del contacto del agua con el suelo y formaciones rocosas.

Importancia sanitaria: Se consideran aguas duras aquellas que requieren de grandes cantidades de jabón para producir espuma, y además producen depósitos e incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calderos y otras unidades en donde la temperatura es alta.

Para fines domésticos, el uso del jabón con estas aguas es muy importante, sobre todo por el aspecto económico y por la dificultad de realizar la limpieza en condiciones adecuadas.

El asunto de los depósitos es de mayor interés, ya que cuando el agua dura se calienta, se producen precipitados de carbonato de calcio.

Las aguas de acuerdo a su dureza pueden clasificarse de la siguiente manera:

CONCENTRACION	TIPO DE AGUA
0 - 75 mg/l como CaCO ₃	Blanda
75 - 150 mg/l como CaCO ₃	Moderadamente dura
150 - 300 mg/l como CaCO ₃	Dura
>300 mg/l como CaCO ₃	Muy dura

- **Cloruros:**

Origen: Están presentes en todas las aguas naturales en concentraciones variables, su contenido generalmente aumenta a medida que aumenta el contenido mineral del agua.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Importancia sanitaria: Genera un sabor desagradable en el agua, pueden causar corrosión en canalizaciones y depósitos. Para el uso agrícola, la concentración de cloruros limita ciertos cultivos.

- **Sulfatos:**

Origen: Los sulfatos en el agua proceden generalmente de los desechos industriales y de los depósitos atmosféricos, su concentración aumenta a medida que aumenta el grado de mineralización del agua; mayores concentraciones se encuentran en las aguas subterráneas.

Importancia sanitaria: Es de importancia en los abastecimientos de agua potable porque puede producir ciertos efectos fisiológicos indeseables en el hombre, debido a su acción laxante, provocando además efectos como: catarsis, deshidratación y sabor desagradable.

Tiene la tendencia a formar incrustaciones en las calderas e intercambiadores de calor.

- **Oxígeno disuelto:**

Origen: El oxígeno se presenta disuelto en el agua en cantidades variables, y proviene del oxígeno del aire y del producido por las plantas acuáticas durante el proceso de fotosíntesis.

Importancia sanitaria: Todos los organismos vivos requieren oxígeno de una u otra manera, para mantener los procesos metabólicos que generan energía para el crecimiento y la reproducción.

Por la falta de oxígeno en el agua se empiezan a desarrollar procesos anaerobios.

El oxígeno determina la capacidad de autodepuración de los cuerpos de agua.

El oxígeno disuelto en el agua contribuye con el sabor agradable de la misma.

- **Hierro:**

Origen: Es una de los metales más abundantes en la corteza terrestre, se encuentra en las aguas corrientes naturales en concentraciones que varían de 0.5 a 50 mg/l.

Esquemáticamente el hierro total puede encontrarse como:

- Hierro en suspensión (en estado férrico principalmente).

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- Hierro disuelto:
Hierro en estado férrico solubilizado.
Hierro en estado ferroso.

Importancia sanitaria: El hierro es un elemento indeseable en el agua desde el punto de vista estético, como generalmente se encuentra en estado férrico, le confiere al agua un color marrón rojizo desagradable.

Le confiere sabor metálico al agua, mancha la ropa y los artefactos sanitarios.

- **Manganeso:**

Origen: Llegan al agua a través del contacto con el suelo o formaciones rocosas.

Importancia sanitaria: Genera manchas en la ropa y en los artefactos sanitarios, de color pardo oscuro si está junto con el hierro, al negro si el manganeso está solo en forma de óxido de manganeso.

Al contacto con el oxígeno puede precipitar, formando turbidez desagradable de óxidos insolubles que generan depósitos coloreados en los sistemas de distribución; además su presencia puede causar sabor desagradable.

- **Nitrógeno amoniacal:**

Origen: Se presenta en el agua debido a una descomposición incompleta de la materia orgánica.

Importancia sanitaria: Su presencia significa una posible contaminación reciente, debido a bacterias, aguas residuales o desechos de origen animal, y por lo tanto se la puede considerar insegura para su consumo. Su presencia pone en peligro el proceso de desinfección, ya que interfiere con el mismo reduciendo su eficacia.

- **Nitrógeno orgánico:**

Origen: Está constituido principalmente por compuestos tales como las proteínas, polipéptidos y aminoácidos, por lo tanto pueden llegar al agua por una contaminación con aguas residuales, así como el lavado de los suelos enriquecidos con abonos nitrogenados.

Importancia sanitaria: Su presencia significa que el agua de alguna manera ha sido contaminada con materia orgánica que contenga este elemento.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- **Nitrógeno de nitritos:**

Origen: Los nitritos provienen de una oxidación incompleta del amoníaco, o de una reducción de los nitratos que pueden estar presentes en el agua.

Importancia sanitaria: La presencia de nitritos en el agua, de indicios para considerarla sospechosa. Desde el punto de vista de la toxicidad, los nitritos pueden tener una acción metahemoglobinizante. Parece también que ciertos tipos de cánceres digestivos están relacionados con compuestos que se originan a partir de los nitritos.

La presencia de nitritos ocasiona inconvenientes en el tratamiento de la lana y de la seda, así como también en la fabricación de cerveza.

- **Nitrógeno de nitratos:**

Origen: En las aguas superficiales en condiciones naturales, las concentraciones de nitratos son poco elevadas, estas aguas pueden contaminarse con estos compuestos debido a la presencia de los abonos químicos, pero también pueden venir de las colectividades y ocasionalmente de las aguas residuales de ciertas industrias, o de las ganaderías; en cambio en las aguas subterráneas los contenidos son relativamente importantes, y en este caso los nitratos se generan por una nitrificación del nitrógeno orgánico, pero pueden también proceder de la disolución de los terrenos que son atravesados.

Importancia sanitaria: Los nitratos pueden ser peligrosos para niños menores de 6 meses, ya que hasta esa edad, los bebés no tienen en sus intestinos la flora bacteriana normal y no pueden eliminar el nitrito producido por la reducción del nitrato en el estómago.

- **Flúor:**

Origen: El flúor en el agua puede provenir de su contaminación con los vertidos de las fábricas de producción de: ácido fosfórico, abonos fosfatados y aluminio, industrias en las cuales se lleva a cabo una operación de electrólisis de una solución de alúmina en la criolita fundida.

Importancia sanitaria: Una exposición prolongada al flúor genera graves lesiones a nivel del esqueleto. El flúor en concentraciones muy elevadas es la causa de la fluorosis, afección que daña el esmalte de las piezas dentales salpicándolos de manchas pardas o blancas con estrías.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



3.2.4 Características biológicas del agua

Una característica fundamental de la mayoría de las aguas naturales, es que contienen una amplia variedad de microorganismos constituyendo un sistema ecológico balanceado. Los tipos y números de los diferentes microorganismos presentes, están relacionados con la calidad del agua y otros factores ambientales. Debido a que algunos de los microorganismos que se encuentran en el agua pueden ser perjudiciales para el hombre, resulta importante su conocimiento.

- **Tipos de microorganismos:**

Los organismos superiores se identifican como plantas y animales, mientras que a los microorganismos se los ha enmarcado dentro de un grupo denominado protista, el cual a su vez se divide en dos grupos:

- Procariotas.
- Eucariotas.
- Virus.

Dentro del grupo de los eucariotas tenemos:

- Bacterias.
- Actinomicetos.
- Algas.
- Hongos.
- Protozoarios.

- **Importancia de la biología acuática:**

El estudio de la biología acuática es importante por tres aspectos:

Autopurificación: Los seres vivos que se encuentran en el agua forman un sistema ecológico balanceado, con una interdependencia entre cada una de las especies, gracias lo cual se logra la purificación de los cuerpos acuáticos, sin una intervención intencional externa.

En los cuerpos acuáticos, los seres inferiores sirven de alimento a los superiores, desprendiendo simultáneamente algunos productos metabólicos que luego regresan al reservorio de materia orgánica muerta o sirve de sustrato para un nivel distinto de la cadena alimenticia, o se desprenden del sistema en forma gaseosa.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Molestias e interferencias: La presencia de los diferentes microorganismos en el agua, le confiere a la misma color, sabor, olor y turbidez, haciéndola inadecuada para fines humanos y usos industriales.

Enfermedades hídricas: El agua no es un medio favorable para la reproducción de los organismos patógenos que son causantes de las enfermedades hídricas, sin embargo, puede servir de vehículo para muchos de ellos, ya que pueden vivir en ella el tiempo suficiente para causar epidemias entre los consumidores. Los organismos patógenos entran al agua de varias formas, pero siempre es debido a una contaminación fecal.

Las posibilidades de contaminar las aguas son numerosas. Los cuerpos de agua son contaminados por descargas cloacales, las plantas de tratamiento reciben aguas de estos cuerpos contaminados y puede darse el caso de que el sistema de tratamiento falle por alguna razón. Cuando las plantas de tratamiento funcionan correctamente se puede dar el caso, de que por un servicio discontinuo, el agua se contamine en la red de distribución.

En el siguiente cuadro se enuncian algunas de las principales enfermedades de origen hídrico:

Enfermedad	Agente
Origen bacteriano	
Fiebres tifoideas y paratifoideas	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella</i> <i>Paratyphi A y B</i>
Disentería bacilar	<i>Shigella</i>
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>
Gastroenteritis agudas y diarreas	<i>Escherichia coli</i> ET <i>Campylobacter jejuni</i> <i>Campylobacter coli</i> <i>Yersinia enterocolitica</i> <i>Salmonella</i> sp <i>Shigella</i> sp
Origen viral	
Hepatitis A y E	Virus de la hepatitis A y E
Poliomielitis	Virus de la polio
Gastroenteritis agudas y diarreas	Virus Nortwalk

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	Rotavirus Astrovirus Calicivirus Enterovirus Adenovirus Reovirus
Origen parasitario	
Disentería amebiana	<i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giardia lamblia</i> <i>Cristosporidium</i>

- **Normas de calidad bacteriológica:**

El agua destinada a la bebida y a usos domésticos no debe transmitir patógenos. Como el indicador bacteriano más numeroso y específico de la contaminación fecal, tanto de origen humano como animal, es E. Coli; en las muestras de 100 ml de cualquier agua de bebida, no se debe detectar esta bacteria, ni organismos termorresistentes.

3.2.5 Agua Potable

Significa que el agua debe estar libre de microorganismos patógenos, de minerales y sustancias orgánicas que puedan producir efectos fisiológicos adversos. Debe ser estéticamente aceptable y, por lo tanto, debe estar exenta de turbidez, color, olor y sabor desagradable. Puede ser ingerida o utilizada en el procesamiento de alimentos en cualquier cantidad, sin temor por efectos adversos sobre la salud.

Con las denominaciones de agua potable de suministro público y agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CAPÍTULO IV: DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS UNIDADES

4.1 DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN

Para sacar un aproximado de la población futura utilizamos el método geométrico que viene dado por la siguiente expresión:

$$Pf = Pax(1+0.01r)^n$$

Donde:

Pf = Población Futura.

Pa = Población Actual.

r = Tasa de crecimiento poblacional anual.

n = Periodo de Diseño.

Se tomo un r del 3 % para el caso de crecimiento poblacional rural. Un n de 15 años que es el Periodo de diseño de los filtros. Una población de 50 hab.

Población Actual (Hab.)	50
r %	3
n	15
Población Futura (Hab.)	78

El diseño se realizara para una población de 100 habitantes (Población futura).

4.2 CAUDAL DE DISEÑO

Para el caudal máximo diario utilizamos un k (coeficiente de flujo máximo) de 1.4.

Q (lt/habt/dia)	125
Hab.	100
Q (m3/h)	0.52
K	1.4
Qmax.d (m3/h)	0.73

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



4.3 DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO GRUESO:

a) Área superficial:

Qdsño (m ³ /h)	0.73
Vel filtración (m/h)	0.30
N (numero de unidades)	1.00
Area de Filtración total (m ²)	2.40
l = Long de la unidad (m)	1.60
b Ancho de la unidad (m)	1.60
h1 altura del lecho filtrante (m)	1.00
h2 Altura del lecho de soporte (m)	0.25
h3 Altura sobrenadante de agua (m)	0.20
Altura de seguridad (m)	0.20
H Altura total del filtro (m)	1.65

b) Sistema de distribución y drenaje.

Para el sistema de distribución utilizaremos una tubería de PVC de 3". Como la longitud del filtro es mayor a 1 m. y menor a 2 se utilizara dos tuberías de distribución y drenaje, una a cada lado del filtro.

Sistema de distribución y drenaje		
Do Diámetro del orificio (cm)	0.50	
Ao Area del orificio (cm ²)	0.20	
DI Diámetro de tubería (cm)	7.62	
AI Area lateral de la tubería (cm ²)	45.60	
Distancia long. entre orificios (cm)	7	
n numero de orificios	93	
n*Ao/AI	0.40	correcto

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Como $n \cdot A_o / A_l$ es menor a 0.42, cumple lo establecido.

4.4 DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO LENTO

a) Área superficial:

Qdsño (m ³ /h)	0.73
Vel filtración (m/h)	0.10
N (número de unidades)	1.00
Area de Filtración total (m ²)	7.30
l = Long de la unidad (m)	2.70
b Ancho de la unidad (m)	2.70
h1 altura del lecho filtrante (m)	0.60
h2 Altura del lecho de soporte (m)	0.30
h3 Altura sobrenadante de agua (m)	0.80
Altura de seguridad	0.20
H Altura total del filtro (m)	1.90

b) Sistema de recolección y drenaje.

Para el sistema de distribución utilizaremos una tubería de PVC de 3". Como tiene un longitud mayor a 2 metros se colocara tuberías laterales y una central para recolección de las laterales.

Sistema de recolección y drenaje	
Do Diámetro del orificio (cm)	0.50
Ao Area del orificio (cm ²)	0.20
DI Diámetro de tubería (cm)	7.62
Al Area lateral de la tubería (cm ²)	45.60

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

distancia long entre orificios (cm)	12	
numero de orificios	95	
n numero de orificios	95	
$n \cdot A_o / A_l$	0.41	correcto

Como $n \cdot A_o / A_l$ es menor a 0.42, cumple lo establecido.

4.5 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO:

Tanque de Almacenamiento	
Q m ³ /h	0.73
# horas	24.00
V (m ³)	17.52
Longitud (m)	3.00
Ancho (m)	3.00
Alto (m)	2.00

La construcción de cada una de las estructuras se lo realizara en ferrocemento.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



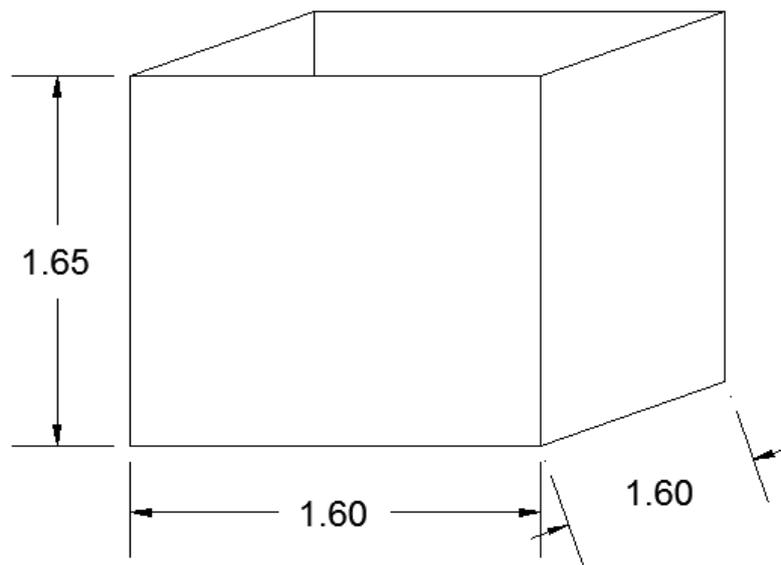
UNIVERSIDAD DE CUENCA

CAPÍTULO V: DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS UNIDADES

5.1 FILTRO GRUESO:

CALCULOS Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA:

Por facilidad de construcción se construirá el filtro cuadrado.



DATOS:

Longitud = 1.6 m

Ancho = 1.6 m

H (Altura) = 1.65 m

ANALISIS PARA EL CÁLCULO:

La estructura es vertical, se analizará para presión hidrostática mas empuje del suelo sumergido.

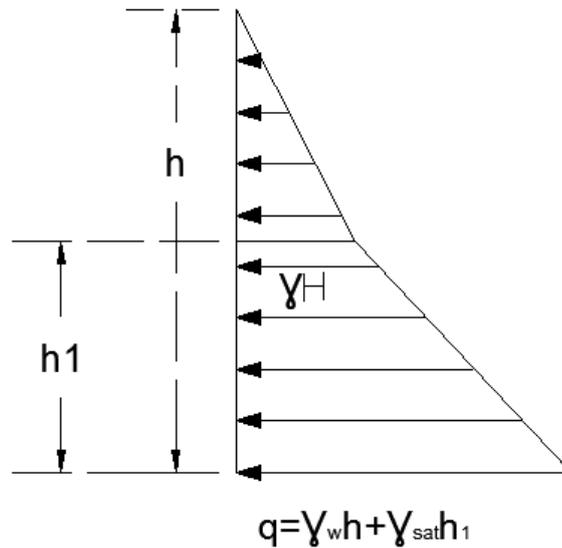
Presión Hidrostática.

AUTORES:

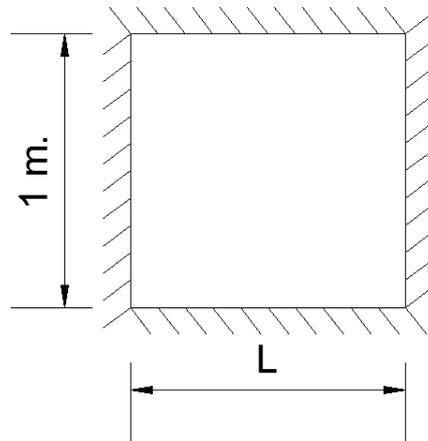
MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA



Cada distancia L colocaremos un rigidizador, por lo cual se considera empotrado los cuatro lados de cada panel de construcción. Se tomara un panel para un metro de altura y luego de 0.65 mts sobrantes y una distancia L .



Se realizaron los cálculos para un metro de profundidad y luego para la parte superior restante 0.65 mts.

La presión hidrostática en cada punto de profundidad será:

$$q = \gamma_w h + k_a \gamma_{sat} h_1$$

$$h = 1.65\text{ m.}$$

$$h_1 = 1.25\text{ m.}$$

$$\gamma_w = 1000\text{ kg/m}^3.$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1900\text{ kg/m}^3.$$

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

$$\gamma_{\text{sat}} = 900 \text{ kg/m}^3.$$

$$K_a = 0.33$$

$$q_2 = 1.65 \times 1000 + 0.33 \times 900 \times 1.25 = 1842 \text{ kg/m}^2.$$

$$h = 0.65 \text{ m.}$$

$$h_1 = 0.25 \text{ m.}$$

$$\gamma_w = 1000 \text{ kg/m}^3.$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1900 \text{ kg/m}^3.$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 900 \text{ kg/m}^3.$$

$$K_a = 0.33$$

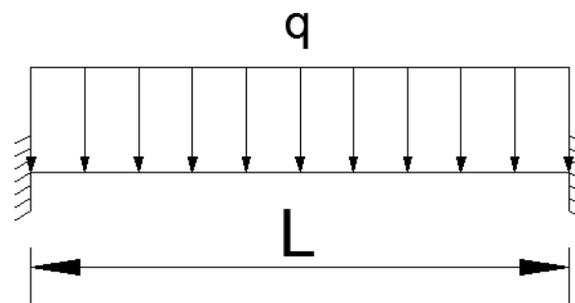
$$q_1 = 0.65 \times 1000 + 0.33 \times 900 \times 0.25 = 724.25 \text{ kg/m}^2.$$

La carga q_d (de diseño) será el promedio aproximadamente.

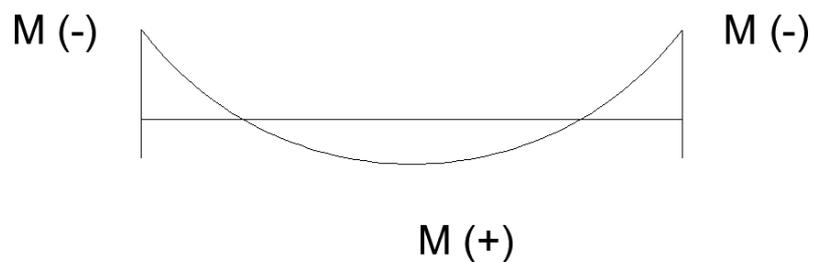
$$q_d = (q_1 + q_2)/2$$

$$q_d = (1842 + 724.25)/2$$

$$q_d = 1283 \text{ kg/m}^2.$$



La gráfica de momentos de $q_d = 1283 \text{ kg/m}^2$.



$$M(+) = qL^2/24$$

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ

PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

$$M (-) = qL^2/12:$$

Para el momento negativo que es el mayor:

$$M (-) = 1283 \times L^2 / 12 \times 100 \text{ kg} - \text{cm}.$$

El diseño lo realizaremos por el método de las tensiones permisibles.
Como:

$$M = \sigma_{adm} \cdot W$$

Por lo tanto

$$\sigma_{adm} \cdot W = 1283 \times L^2 / 12 \times 100$$

$$\sigma_{adm} \cdot b \cdot h^2 / 6 = 1500 \times L^2 / 12 \times 100$$

Consideramos por seguridad $\sigma_{adm} = 5 \text{ MPa}$, puede tomarse hasta 7 MPa en flexión.

Nos imponemos un h (espesor de la lámina de ferrocemento) = 3 cm .

Donde:

$$\sigma_{adm} = 50 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm}.$$

$$h = 3 \text{ cm}.$$

Por lo tanto:

$$L = 83.75 \text{ cm}$$

Tomaremos $L = 80 \text{ cm}$. por facilidad de construcción. En dos paneles 1.60 .

Verificación:

$$M (-) = 1283 \times 0.80^2 / 12$$

$$M (-) = 6842 \text{ kg} - \text{cm}.$$

$$\sigma = 6842 / (100 \times 3^2 / 6)$$

$$\sigma = 45.61 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma < \sigma_{adm} \quad \text{Cumple.}$$

Calculo del acero para la parte traccionada por $M (-)$.

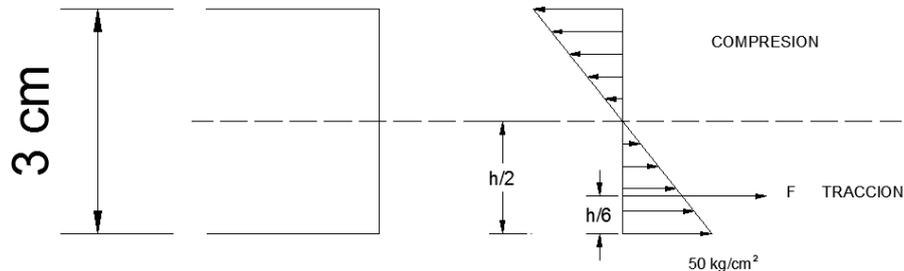
AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ

PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA



$$F = \sigma/2 \cdot A$$

$$F = 50 \times 1.5 \times 100/2$$

$$F = 3750 \text{ kg.}$$

$$\sigma_{ac} = F/A_{ac}$$

Donde:

$$A_{ac} = F/\sigma_{ac}$$

Para flexión se toma 0.6 de reducción para el acero.

$$A_{ac} = 3750/(0.6 \times 4000)$$

$$A_{ac} = 1.56 \text{ cm}^2$$

$$A_{ac} = 156 \text{ mm}^2$$

Usaremos tela de malla electrosoldada de 1.2 mm de diámetro y @ 12.5 mm.

Cada tela de malla tendrá 90 mm² de acero

Número de tela de malla = 156/90 = 1.7 ≈ 2 telas

Calculo de la Superficie específica:

Sr = Area superficial del refuerzo / Volumen del compuesto

Como en un metro tenemos (100/1.25) igual a 80 alambres y en 0.8 m tenemos (75/1.25) igual a 64 alambritos.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ

PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

$$S_r = [(0.12 \times \pi \times 80 \times 80 \times 2) + (0.12 \times \pi \times 100 \times 64 \times 2)] / (100 \times 80 \times 1.5)$$

$$S_r = 0.80$$

$$0.5 \leq S_r \leq 2$$

Cumple dentro del rango.

Cálculo de la Fracción de Volumen

$V_r = \text{Volumen del refuerzo} / \text{Volumen del compuesto}$

$$V_r (\%) = [(0.12^2 \times \pi / 4 \times 100 \times 80 \times 2) + (0.12^2 \times \pi / 4 \times 80 \times 64 \times 2)] / (100 \times 80 \times 1.5) \times 100$$

$$V_r = 2.47 \%$$

$$1.8 \% \leq V_r \leq 3.5 \%$$

Cumple dentro del rango.

Para M (+), como es la mitad de M (-) por lo tanto se utilizara una tela de malla.

Para el panel superior se colocara un panel de iguales características calculadas que la parte inferior.

Diseño de los rigidizadores:

Para el cálculo de los rigidizadores verticales analizaremos como si fuera una viga doblemente empotrada de altura de 50 cm. (30 – 60 cm. lo establecido) y de base de 3 cm. con una longitud de 1 m.

La presión hidrostática en cada punto de profundidad será:

$$q = \gamma_w h + k_a \gamma_{\text{sat}} h_1$$

$$h = 1.65 \text{ m.}$$

$$h_1 = 1.25 \text{ m.}$$

$$\gamma_w = 1000 \text{ kg/m}^3.$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1900 \text{ kg/m}^3.$$

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

$$\gamma_{\text{sat}} = 900 \text{ kg/m}^3.$$

$$K_a = 0.33$$

$$q_2 = 1.65 \times 1000 + 0.33 \times 900 \times 1.25 = 1842 \text{ kg/m}^2.$$

$$h = 0.65 \text{ m.}$$

$$h_1 = 0.25 \text{ m.}$$

$$\gamma_w = 1000 \text{ kg/m}^3.$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1900 \text{ kg/m}^3.$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 900 \text{ kg/m}^3.$$

$$K_a = 0.33$$

$$q_1 = 0.65 \times 1000 + 0.33 \times 900 \times 0.25 = 724.25 \text{ kg/m}^2.$$

La carga q_d (de diseño) será el promedio aproximadamente.

$$q_d = (q_1 + q_2)/2$$

$$q_d = (1842 + 724.25)/2$$

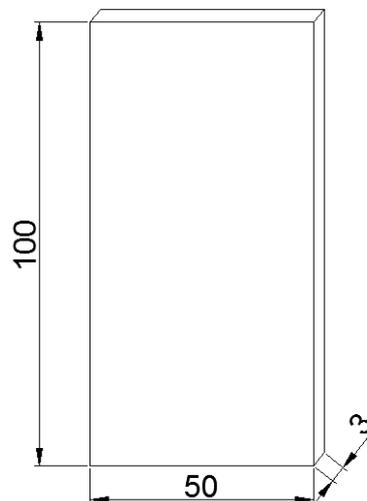
$$q_d = 1283 \text{ kg/m}^2.$$

El área corroborante para cada rigidizador vertical será de la distancia $L = 80$ cm. por lo que:

$$q_d = 1283 \times 0.80$$

$$q_d = 1026 \text{ kg/m.}$$

Dimensiones del rigidizador:



AUTORES:

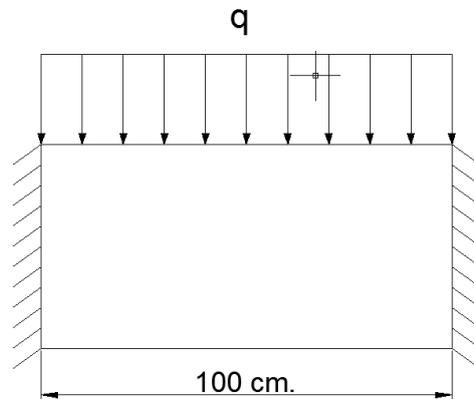
MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ

PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

El rigidizador se diseñara para fuerzas cortantes.



Cortante:

$$V = q \times L' / 2$$

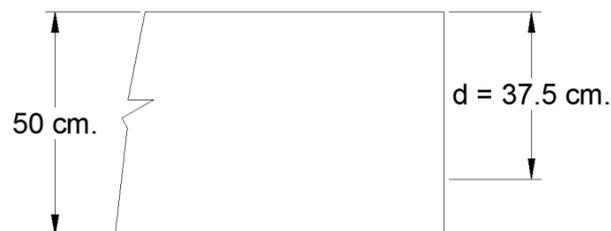
$$L' = 100 \text{ cm.}$$

$$q = 1026 \text{ kg/m.}$$

$$V = 1 \times 1026 / 2$$

$$V = 513 \text{ kg.}$$

$$V_u = 513 \text{ kgs}$$



El ACI recomienda $\phi V_c > V_u$

$$\phi V_c = 0,53 \sqrt{f'c} b_w d$$

$$b_w = 3 \text{ cm.}$$

$$d = 37.5 \text{ cm.}$$

$$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi V_c = 801 \text{ kg}$$

$$\phi V_c > V_u \quad \text{Cumple}$$

Los rigidizadores longitudinales al ser de menor longitud y del mismo tamaño también cumplirán.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ

PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ

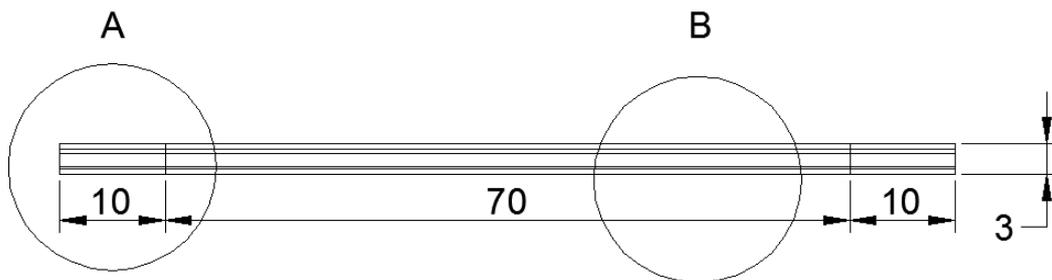


UNIVERSIDAD DE CUENCA

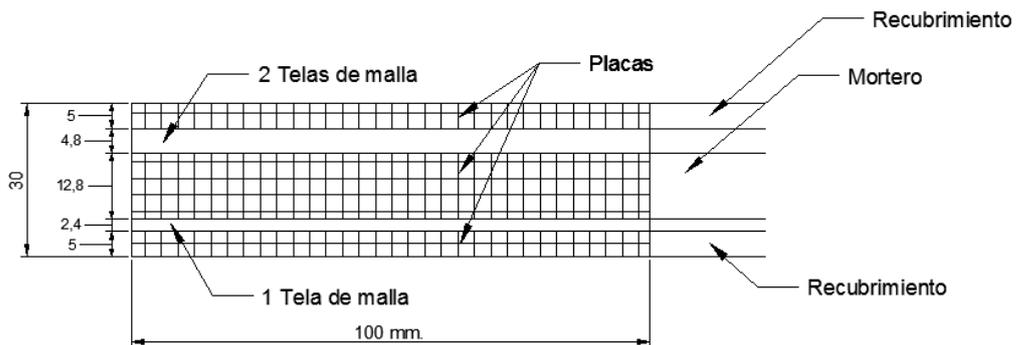
Planta:

Para la colocación de los paneles en el piso, debido a las dimensiones del filtro se harán paneles de 80 x 80 cm. Se necesitaran cuatro paneles

Panel tipo:



Zoom A:

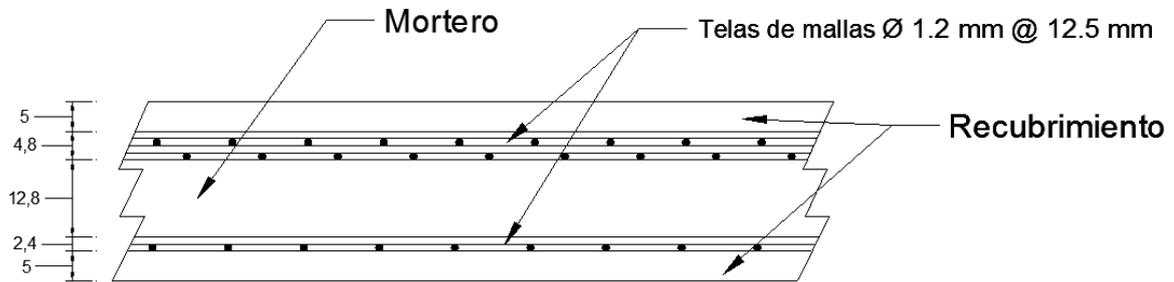


Zomm B:

AUTORES:
MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



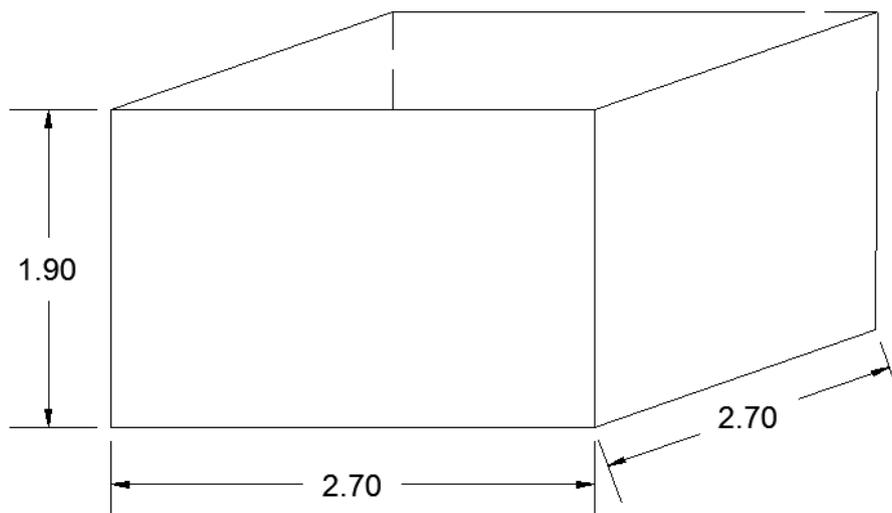
UNIVERSIDAD DE CUENCA



5.2 FILTRO LENTO:

CALCULOS Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA:

Por facilidad de construcción se construirá el filtro cuadrado.



DATOS:

Longitud = 2.7 m

Ancho = 2.7 m

H (Altura) = 1.90 m

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ

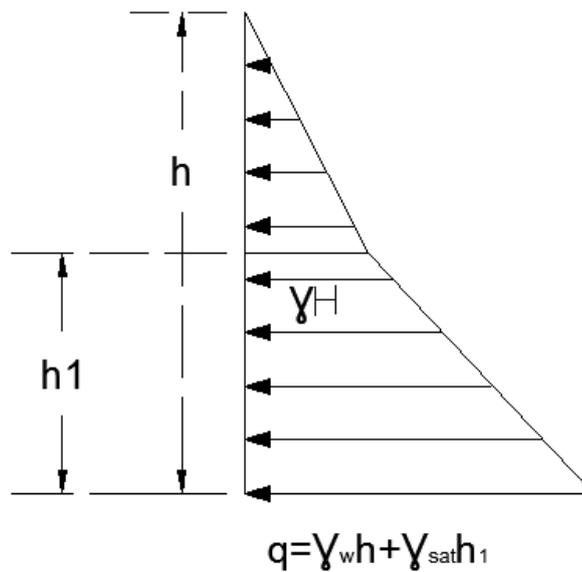


UNIVERSIDAD DE CUENCA

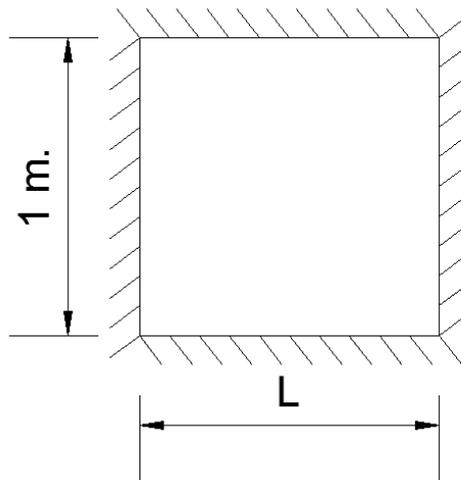
ANALISIS PARA EL CÁLCULO:

La estructura es superficial (nivel del suelo), se analizara para presión hidrostática mas empuje del suelo sumergido.

Presión Hidrostática.



Se realizaron los cálculos para un metro de profundidad y luego para la parte superior restante 0.90 mts.



La presión hidrostática en cada punto de profundidad será:

$$q = \gamma_w h + k a \gamma_{sat} h_1$$

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

$$h = 1.90 \text{ m.}$$

$$h_1 = 0.9 \text{ m.}$$

$$\gamma_w = 1000 \text{ kg/m}^3.$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1900 \text{ kg/m}^3.$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 900 \text{ kg/m}^3.$$

$$K_a = 0.33$$

$$q_2 = 1.90 \times 1000 + 0.33 \times 900 \times 0.90 = 2167 \text{ kg/m}^2.$$

$$h = 0.90 \text{ m.}$$

$$h_1 = 0.10 \text{ m.}$$

$$\gamma_w = 1000 \text{ kg/m}^3.$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1900 \text{ kg/m}^3.$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 900 \text{ kg/m}^3.$$

$$K_a = 0.33$$

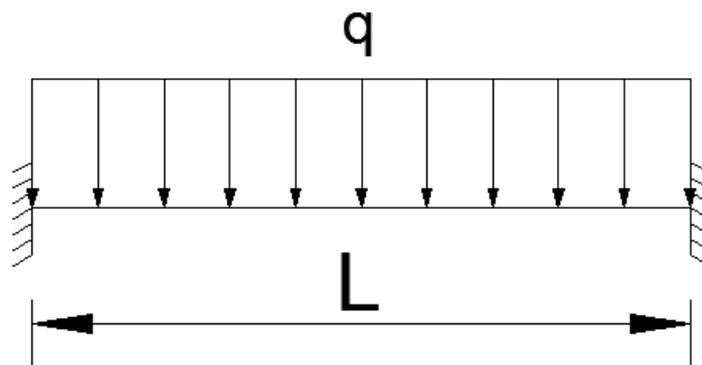
$$q_1 = 0.90 \times 1000 + 0.33 \times 900 \times 0.10 = 929.70 \text{ kg/m}^2.$$

La carga q_d (de diseño) será el promedio aproximadamente.

$$q_d = (q_1 + q_2)/2$$

$$q_d = (2167 + 929.70)/2$$

$$q_d = 1540 \text{ kg/m}^2.$$



La gráfica de momentos de $q_d = 1540 \text{ kg/m}^2$.

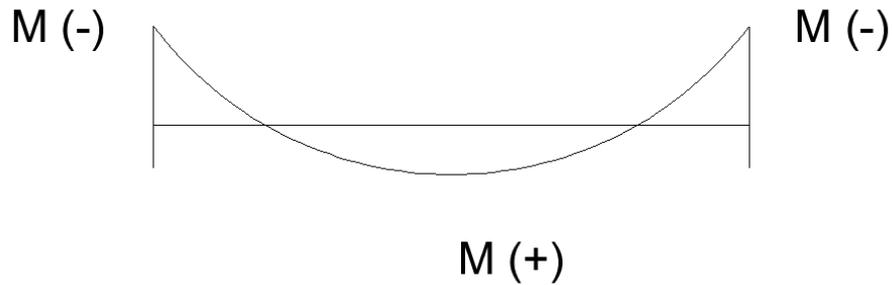
AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ

PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA



$$M (+) = qL^2/24$$

$$M (-) = qL^2/12:$$

Para el momento negativo que es el mayor:

$$M (-) = 1540 \times L^2 / 12 \times 100 \text{ kg} - \text{cm}.$$

El diseño lo realizaremos por el método de las tensiones permisibles.

Como:

$$M = \sigma_{adm} \cdot W$$

Por lo tanto

$$\sigma_{adm} \cdot W = 1540 \times L^2 / 12 \times 100$$

$$\sigma_{adm} \cdot b \cdot h^2 / 6 = 1540 \times L^2 / 12 \times 100$$

Consideramos por seguridad $\sigma_{adm} = 6 \text{ MPa}$, puede tomarse hasta 7 MPa en flexión.

Nos imponemos un h (espesor de la lámina de ferrocemento) = 3 cm .

Donde:

$$\sigma_{adm} = 60 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm}.$$

$$h = 3 \text{ cm}.$$

Por lo tanto:

$$L = 97.80 \text{ cm}$$

Tomaremos $L = 90 \text{ cm}$. por facilidad de construcción. En tres paneles 2.70 .

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ

PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Verificación:

$$M (-) = 1540 \times 0.80^2 / 12$$

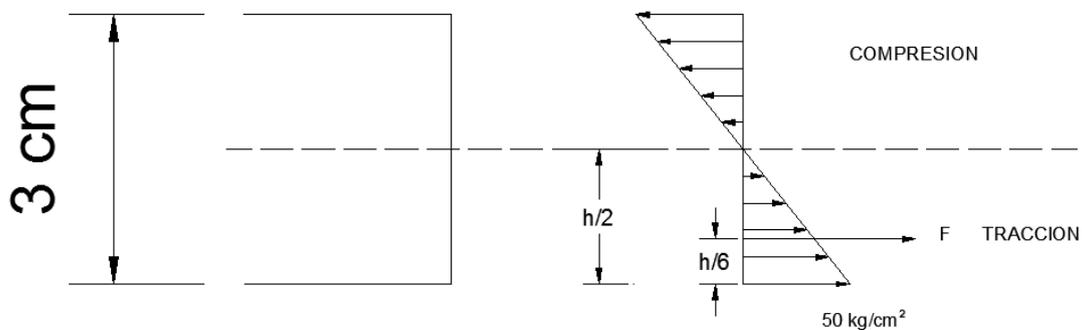
$$M (-) = 6842 \text{ kg} - \text{cm}.$$

$$\sigma = 6842 / (100 \times 3^2 / 6)$$

$$\sigma = 54.75 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma < \sigma_{adm} \quad \text{Cumple.}$$

Calculo del acero para la parte traccionada por M (-).



$$F = \sigma / 2 \cdot A$$

$$F = 50 \times 1.5 \times 100 / 2$$

$$F = 3750 \text{ kg}.$$

$$\sigma_{ac} = F / A_{ac}$$

Donde:

$$A_{ac} = F / \sigma_{ac}$$

Para flexión se toma 0.6 de reducción para el acero.

$$A_{ac} = 3750 / (0.6 \times 4000)$$

$$A_{ac} = 1.56 \text{ cm}^2$$

$$A_{ac} = 156 \text{ mm}^2$$

Usaremos tela de malla electrosoldada de 1.2 mm de diámetro y @ 12.5 mm.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ

PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Cada tela de malla tendrá 90 mm^2 de acero

Número de tela de malla = $156/90 = 1.7 \approx 2$ telas

Calculo de la Superficie específica:

$S_r = \text{Area superficial del refuerzo} / \text{Volumen del compuesto}$

Como en un metro tenemos $(100/1.25)$ igual a 80 alambres y en 0.9 m tenemos $(90/1.25)$ igual a 72 alambritos.

$$S_r = [(0.12 \times \pi \times 80 \times 90 \times 2) + (0.12 \times \pi \times 100 \times 72 \times 2)] / (100 \times 90 \times 1.5)$$

$$S_r = 0.80$$

$$0.5 \leq S_r \leq 2$$

Cumple dentro del rango.

Cálculo de la Fracción de Volumen

$V_r = \text{Volumen del refuerzo} / \text{Volumen del compuesto}$

$$V_r (\%) = [(0.12^2 \times \pi / 4 \times 100 \times 72 \times 2) + (0.12^2 \times \pi / 4 \times 90 \times 80 \times 2)] / (100 \times 90 \times 1.5) \times 100$$

$$V_r = 2.41 \%$$

$$1.8 \% \leq V_r \leq 3.5 \%$$

Cumple dentro del rango.

Para M (+), como es la mitad de M (-) por lo tanto se utilizara una tela de malla.

Para el panel superior se colocara un panel de iguales características calculadas que la parte inferior.

Diseño de los rigidizadores:

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Para el cálculo de los rigidizadores verticales analizaremos como si fuera una viga doblemente empotrada de altura de 50 cm. (30 – 60 cm. lo establecido) y de base de 3 cm. con una longitud de 1 m.

La presión hidrostática en cada punto de profundidad será:

$$q = \gamma_w h + k a \gamma_{sat} h_1$$

$$h = 1.90 \text{ m.}$$

$$h_1 = 0.9 \text{ m.}$$

$$\gamma_w = 1000 \text{ kg/m}^3.$$

$$\gamma_{suelo} = 1900 \text{ kg/m}^3.$$

$$\gamma_{sat} = 900 \text{ kg/m}^3.$$

$$K_a = 0.33$$

$$q_2 = 1.90 \times 1000 + 0.33 \times 900 \times 0.90 = 2167 \text{ kg/m}^2.$$

$$h = 0.90 \text{ m.}$$

$$h_1 = 0.10 \text{ m.}$$

$$\gamma_w = 1000 \text{ kg/m}^3.$$

$$\gamma_{suelo} = 1900 \text{ kg/m}^3.$$

$$\gamma_{sat} = 900 \text{ kg/m}^3.$$

$$K_a = 0.33$$

$$q_1 = 0.90 \times 1000 + 0.33 \times 900 \times 0.10 = 929.70 \text{ kg/m}^2.$$

La carga q_d (de diseño) será el promedio aproximadamente.

$$q_d = (q_1 + q_2)/2$$

$$q_d = (2167 + 929.70)/2$$

$$q_d = 1540 \text{ kg/m}^2.$$

El área corroborante para cada rigidizador vertical será de la distancia $L = 90$ cm. por lo que:

$$q_d = 1540 \times 0.90$$

$$q_d = 1386 \text{ kg/m.}$$

AUTORES:

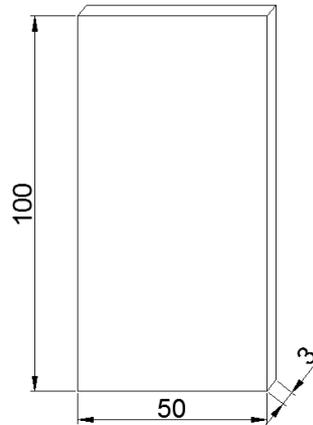
MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ

PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ

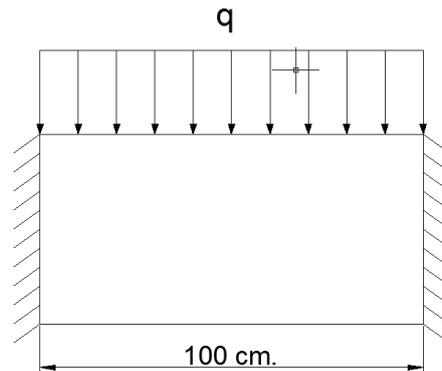


UNIVERSIDAD DE CUENCA

Dimensiones del rigidizador:



El rigidizador se diseñara para fuerzas cortantes.



Cortante:

$$V = qxL'/2$$

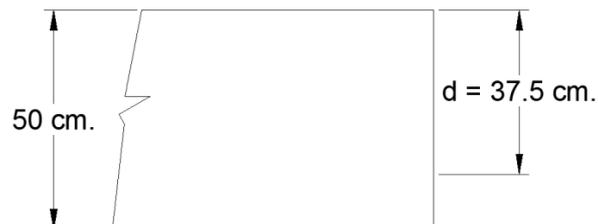
$$L' = 100 \text{ cm.}$$

$$q = 1386 \text{ kg/m.}$$

$$V = 1 \times 1026 / 2$$

$$V = 693 \text{ kg.}$$

$$Vu = 693 \text{ kgs}$$



AUTORES:
MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

El ACI recomienda $\phi V_c > V_u$

$$\phi V_c = 0,53 \sqrt{f'c} b_w d$$

$b_w = 3 \text{ cm.}$

$d = 37,5 \text{ cm.}$

$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$

$\phi V_c = 801 \text{ kg}$

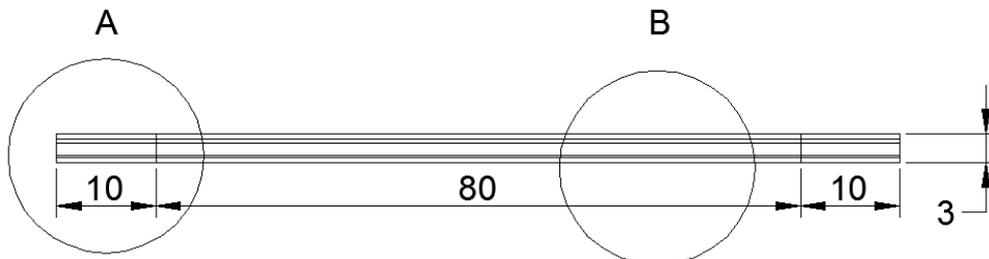
$\phi V_c > V_u$ Cumple

Los rigidizadores longitudinales al ser de menor longitud y del mismo tamaño también cumplirán.

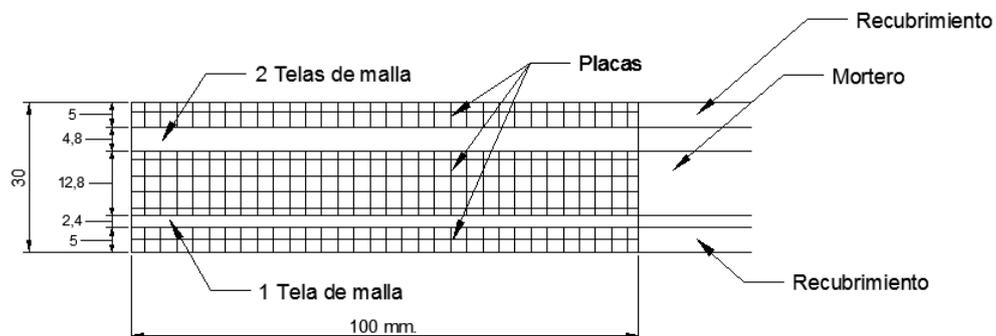
Planta:

Para la colocación de los paneles en el piso, debido a las dimensiones del filtro se harán paneles de 90 x 90 cm. Se necesitarán nueve paneles

Panel tipo:



Zoom A:

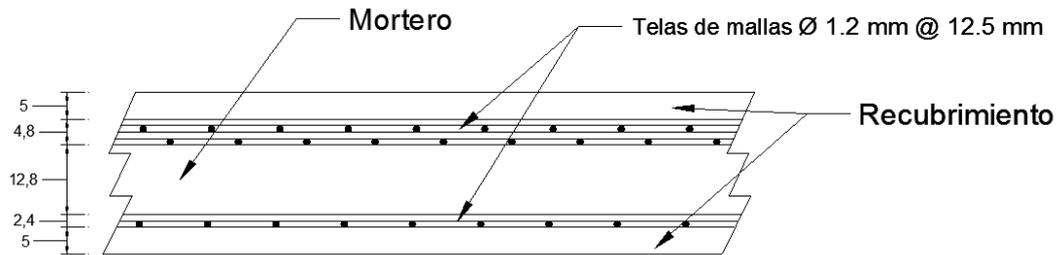


Zomm B:

AUTORES:
MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ

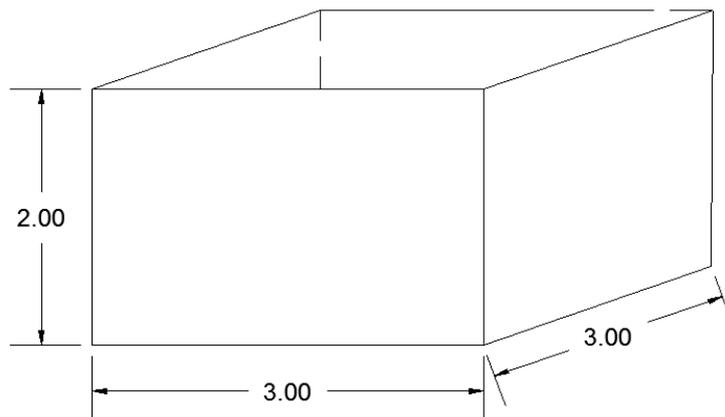


UNIVERSIDAD DE CUENCA



5.3 TANQUE DE ALMACENAMIENTO:

CALCULOS Y DISEÑO DEL TANQUE:



DATOS:

Tanque cuadrado

$$V = 18 \text{ m}^3.$$

H (Altura) = 2 m.

Lados = 3 m.

ANALISIS PARA EL CÁLCULO:

EL tanque es superficial, se analizara para presión hidrostática, cuando el tanque está lleno que es la condición mas critica.

Presión Hidrostática.

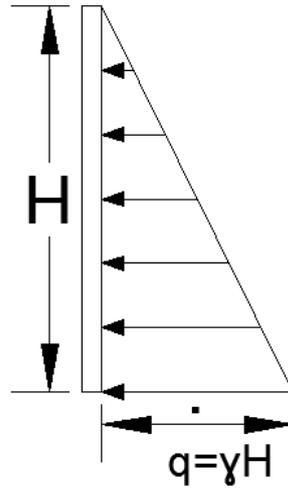
AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ

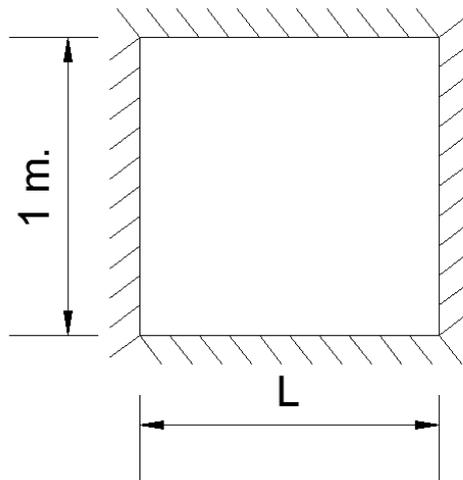
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA



Cada distancia L colocaremos un rigidizador, por lo cual se considera empotrado los cuatro lados de cada panel de construcción. Se tomara un panel para un metro de altura y una distancia L.



Se analiza de 1 m. a 2 m. de profundidad.

La presión hidrostática en cada punto de profundidad será:

$$q = \gamma H$$

$$H = 2 \text{ m.}$$

$$\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3.$$

$$q_2 = 2 \times 1000 = 2000 \text{ kg/m}^2.$$

$$H = 1 \text{ m.}$$

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

$$\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3.$$

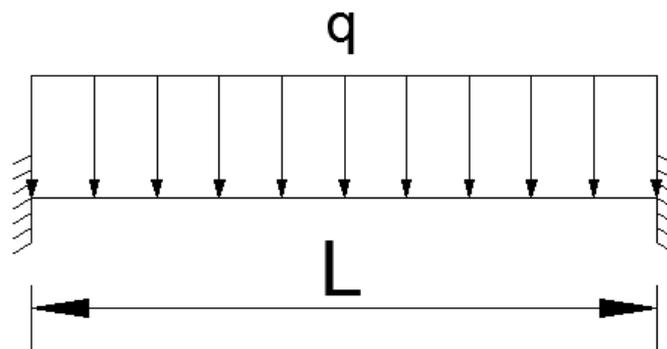
$$q_1 = 1 \times 1000 = 2000 \text{ kg/m}^2.$$

La carga q_d (de diseño) será el promedio aproximadamente.

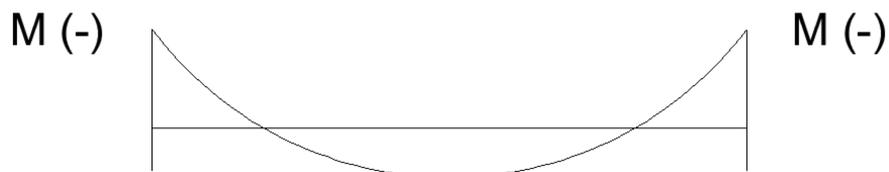
$$q_d = (q_1 + q_2)/2$$

$$q_d = (1000 + 2000)/2$$

$$q_d = 1500 \text{ kg/m}^2.$$



La gráfica de momentos de $q_d = 1500 \text{ kg/m}^2$.



$$M (+)$$

$$M (+) = qL^2/24$$

$$M (-) = qL^2/12:$$

Para el momento negativo que es el mayor:

$$M (-) = 1500 \times L^2 / 12 \times 100 \text{ kg} - \text{cm}.$$

El diseño lo realizaremos por el método de las tensiones permisibles.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ

PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Como:

$$M = \sigma_{adm} \cdot W$$

Por lo tanto

$$\sigma_{adm} \cdot W = 1500xL^2/12x100$$

$$\sigma_{adm} \cdot b \cdot h^2/6 = 1500xL^2/12x100$$

Consideramos por seguridad $\sigma_{adm} = 5 \text{ MPa}$, puede tomarse hasta 7 MPa en flexión.

Nos imponemos un h (espesor de la lámina de ferrocemento) = 3 cm .

Donde:

$$\sigma_{adm} = 50 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm.}$$

$$h = 3 \text{ cm.}$$

Por lo tanto:

$$L = 77.5 \text{ cm}$$

Tomaremos $L = 75 \text{ cm}$. por facilidad de construcción.

Verificacion:

$$M (-) = 1500x0.75^2/12$$

$$M (-) = 7031.25 \text{ kg} - \text{cm.}$$

$$\sigma = 7031.25/(100x3^2/6)$$

$$\sigma = 46.88 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma < \sigma_{adm} \quad \text{Cumple.}$$

Calculo del acero para la parte traccionada por $M (-)$.

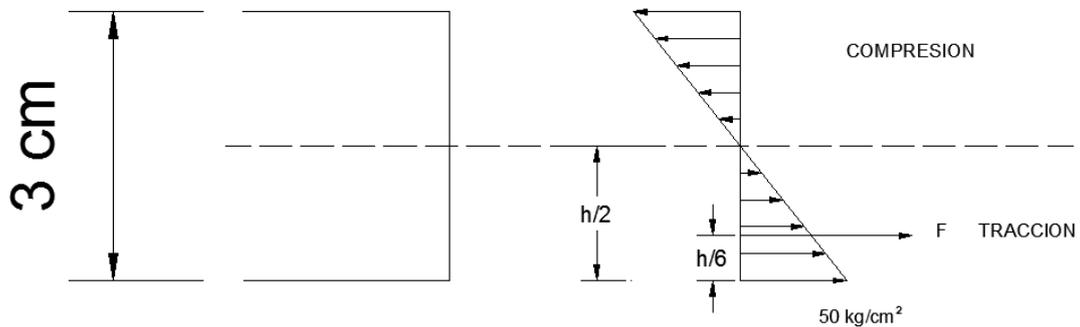
AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ

PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA



$$F = \sigma/2 \cdot A$$
$$F = 50 \times 1.5 \times 100/2$$
$$F = 3750 \text{ kg.}$$

$$\sigma_{ac} = F/A_{ac}$$

Donde:

$$A_{ac} = F/\sigma_{ac}$$

Para flexión se toma 0.6 de reducción para el acero.

$$A_{ac} = 3750/(0.6 \times 4000)$$

$$A_{ac} = 1.56 \text{ cm}^2$$

$$A_{ac} = 156 \text{ mm}^2$$

Usaremos tela de malla electrosoldada de 1.2 mm de diámetro y @ 12.5 mm.

Cada tela de malla tendrá 90 mm² de acero

$$\text{Número de tela de malla} = 156/90 = 1.7 \approx 2 \text{ telas}$$

Calculo de la Superficie específica:

$$S_r = \text{Area superficial del refuerzo} / \text{Volumen del compuesto}$$

Como en un metro tenemos (100/1.25) igual a 80 alambres y en 0.75 m tenemos (75/1.25) igual a 60 alambres.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

$$S_r = [(0.12 \times \pi \times 75 \times 80 \times 2) + (0.12 \times \pi \times 100 \times 60 \times 2)] / (100 \times 75 \times 1.5)$$

$$S_r = 0.80$$

$$0.5 \leq S_r \leq 2$$

Cumple dentro del rango.

Cálculo de la Fracción de Volumen

$V_r = \text{Volumen del refuerzo} / \text{Volumen del compuesto}$

$$V_r (\%) = [(0.12^2 \times \pi / 4 \times 100 \times 80 \times 2) + (0.12^2 \times \pi / 4 \times 75 \times 60 \times 2)] / (100 \times 75 \times 1.5) \times 100$$

$$V_r = 2.41 \%$$

$$1.8 \% \leq V_r \leq 3.5 \%$$

Cumple dentro del rango.

Para M (+), como es la mitad de M (-) por lo tanto se utilizara una tela de malla.

En la parte superior iran paneles de las mismas características. Al tener menor presión hidrostática cumplen.

Diseño de los rigidizadores:

Para el cálculo de los rigidizadores verticales analizaremos como si fuera una viga doblemente empotrada de altura de 50 cm. (30 – 60 cm. lo establecido) y de base de 3 cm. con una longitud de 1 m.

La presión hidrostática en cada punto de profundidad será:

$$q = \gamma H$$

$$H = 2 \text{ m.}$$

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

$$\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3.$$

$$q_2 = 2 \times 1000 = 2000 \text{ kg/m}^2.$$

$$H = 1 \text{ m.}$$

$$\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3.$$

$$q_1 = 1 \times 1000 = 2000 \text{ kg/m}^2.$$

La carga q_d (de diseño) será el promedio aproximadamente.

$$q_d = (q_1 + q_2)/2$$

$$q_d = (1000 + 2000)/2$$

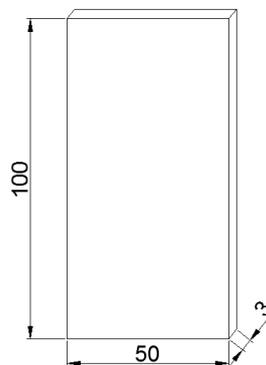
$$q_d = 1500 \text{ kg/m}^2.$$

El área corroborante para cada rigidizador vertical será de la distancia $L = 75$ cm. por lo que:

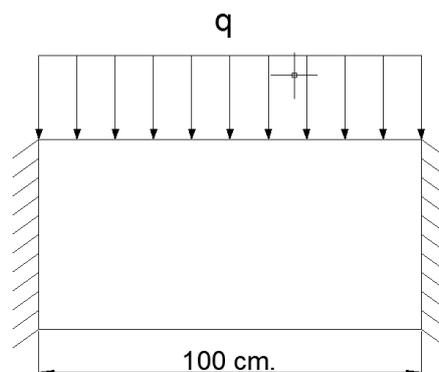
$$q_d = 1500 \times 0.75$$

$$q_d = 1125 \text{ kg/m.}$$

Dimensiones del rigidizador:



El rigidizador se diseñara para fuerzas cortantes.



AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ

PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Cortante:

$$V = q \times L' / 2$$

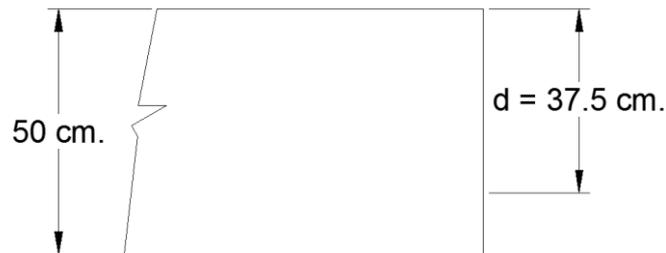
$$L' = 100 \text{ cm.}$$

$$q = 1125 \text{ kg/m.}$$

$$V = 1 \times 1125 / 2$$

$$V = 563 \text{ kg.}$$

$$V_u = 563 \text{ kgs}$$



El ACI recomienda $\phi V_c > V_u$

$$\phi V_c = 0,53 \sqrt{f'c} b_w d$$

$$b_w = 3 \text{ cm.}$$

$$d = 37.5 \text{ cm.}$$

$$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi V_c = 801 \text{ kg}$$

$$\phi V_c > V_u \quad \text{Cumple}$$

Los rigidizadores longitudinales al ser de menor longitud y del mismo tamaño también cumplirán.

Planta:

Para la colocación de los paneles en el piso, se construirán paneles de 75x75 cm. son 16 paneles.

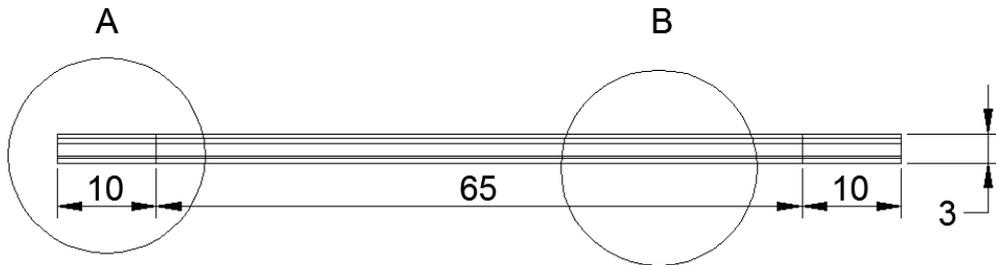
Panel tipo:

AUTORES:

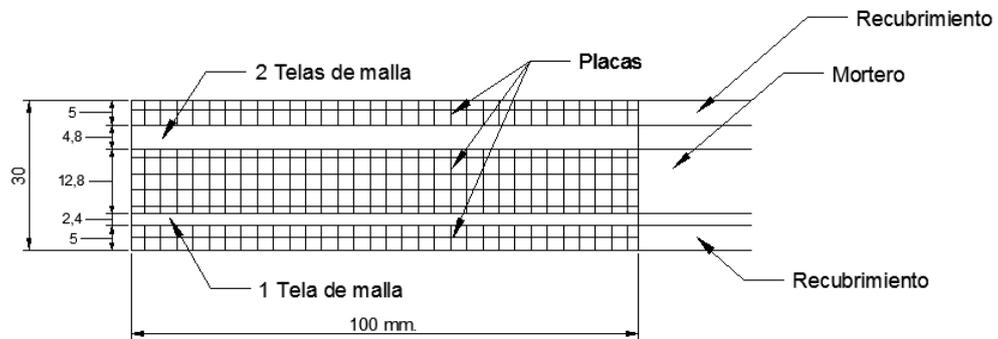
MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



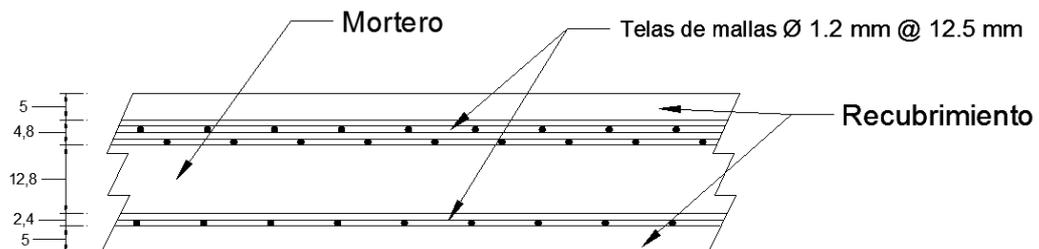
UNIVERSIDAD DE CUENCA



Zoom A:



Zomm B:



AUTORES:
MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Debido a que la población de diseño es pequeña, las dimensiones de cada una de las unidades del sistema de potabilización de agua resultaron relativamente pequeñas, por lo cual se facilita su construcción, ya que no se requiere de una amplia área para emplazarlas.
- Tomando en cuenta las características físicas, químicas y biológicas del agua de la fuente, se realizó el dimensionamiento de cada una de las estructuras, de tal forma que el agua del efluente cumpla con las normativas establecidas y que se indicaron en el presente trabajo.
- Si la planta de tratamiento es operada de manera satisfactoria y con un adecuado sistema de mantenimiento, regular y oportuno, se garantizará la calidad del agua a la salida de la planta.
- Un adecuado mantenimiento de la planta de tratamiento implica una limpieza periódica de cada una de las unidades, como se indicó detalladamente en puntos anteriores del presente trabajo, para lo cual se debe garantizar una distribución continua a los usuarios del agua, por esta razón se optó por construir dos unidades de cada una de las estructuras, las cuales están colocadas en paralelo, para de esta forma que cuando se realice el mantenimiento o limpieza de la una, la otra se encontrará en funcionamiento.
- El tanque de almacenamiento de agua ha sido dimensionado para casos de emergencia, donde se debe suspender el servicio u operación de la planta por alguna razón, el volumen que almacenará el tanque es el correspondiente a un día de consumo de la población de diseño.
- Como recomendación se puede decir que el sistema de tratamiento debe estar continuamente monitoreado, para de esta forma garantizar que el caudal que ingresa a la planta no sobrepase el caudal de diseño, para lo cual se implementó vertederos de exceso en cada una de las unidades.
- De la misma forma, se debe controlar la calidad física del agua del afluente, especialmente en lo referente a la turbiedad, ya que como se indicó, esta es la característica física del agua que puede resultar más

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

perjudicial para el funcionamiento adecuado de los filtros, especialmente de los filtros lentos de arena, ya que si la turbiedad resulta muy alta, se puede ocasionar un taponamiento u obstrucción del lecho filtrante.

- A menor velocidad de filtración, el agua del afluente resulta con mejores características, esto implica que el diámetro efectivo sea menor y por lo tanto se obtendrá una mayor remoción de agentes contaminantes del agua.
- El diseño estructural de cada una de las unidades constitutivas de la planta de tratamiento ha sido realizado en ferrocemento, debido a la versatilidad y economía que este material nos presenta.
- Cada uno de los elementos fue diseñado de tal forma que la construcción se realizará en paneles prefabricados, con las dimensiones indicadas.
- El diseño nos dio como resultado que los elementos prefabricados para el fondo y las paredes de depósito necesitan dos telas de malla para absorber el momento negativo y una tela de malla para el momento positivo.
- Se debe acotar que al ser los elementos prefabricados se puede tener un mayor control de la calidad del ferrocemento.
- Se debe prestar especial atención el momento de construir las juntas, ya que al ser fundidas en el lugar no se puede tener un control tan exhaustivo de la calidad, lo cual se debe asegurar con un buen vibrado y curado de las juntas.

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

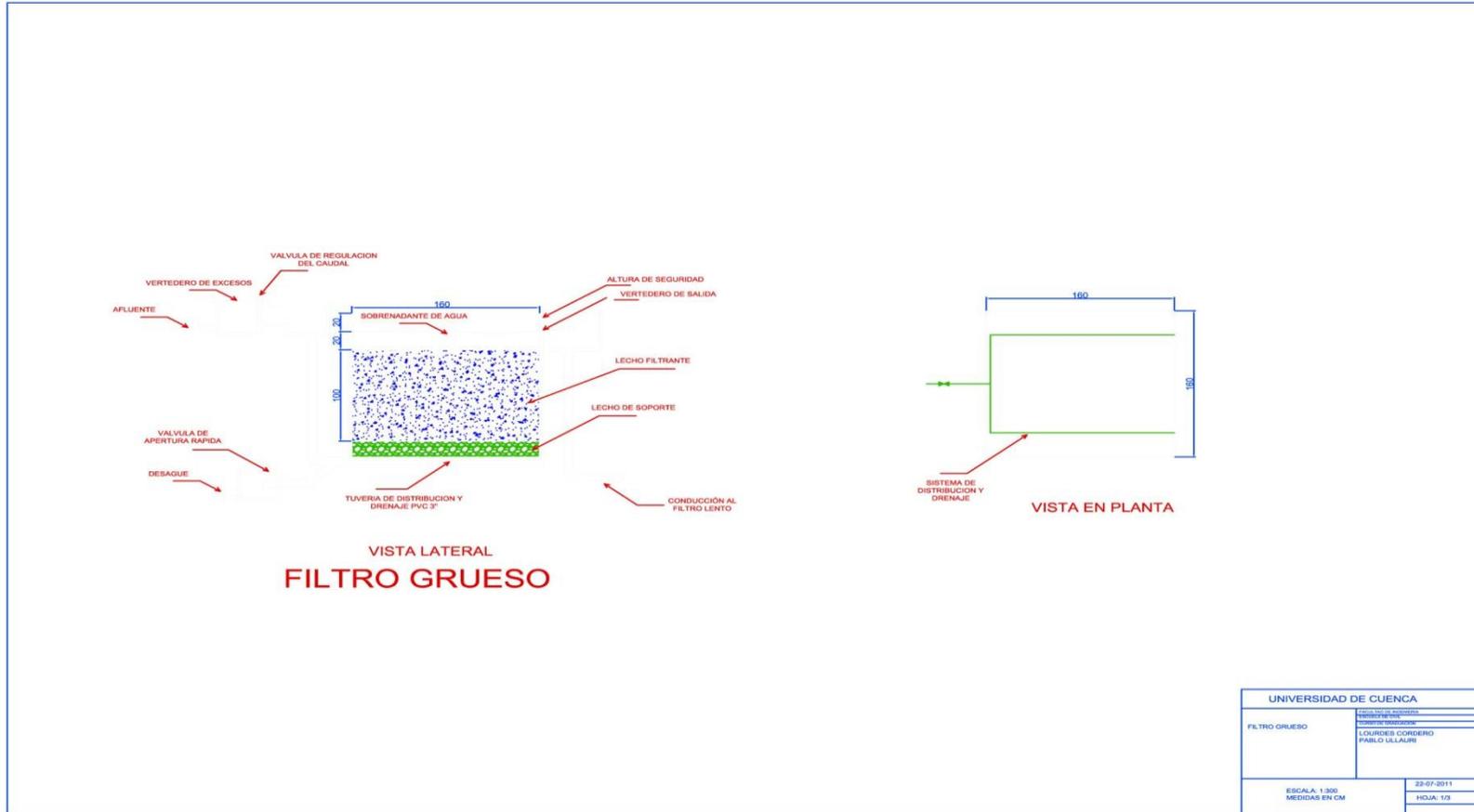
- MELGUIZO B., Samuel. Fundamentos de Hidráulica e Instalaciones de abasto en las edificaciones. Centro de Publicaciones Universidad Nacional Medellín 1994. Quinta edición, primera parte, pág. 165, 318-326.
- ACEVEDO A., Antonio Caso. Manual de Hidráulica. Prensa Técnica S.A. Mexico 1976. Págs. 482-485.
- Manual técnico del agua. SAE depuración de agua degremunt
- <http://www.vet.unicen.edu.ar/prodyserv/labaacui.htm>
- http://edicion-micro.usal.es/web/educativo/m_especial/29ctexto3.htm
- Manual de Teoría y Prácticas de Análisis de Aguas.- Dra. Guillermina Pauta C.- Universidad de Cuenca. 1998
- Filtración gruesa o filtración en gravas, una alternativa de pretratamiento.- Apuntes de clase del Ing. Galo Ordóñez.
- Filtración lenta en arena. Tratamiento de agua para comunidades.- J.T. Visscher, R. Paramasivan, A. Raman, H.A. Heijnen.- Colombia.
- Normativa técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 108:2006.- Segunda versión.
- Ferrocemento – Diseño y Construcción – Prof. Dr Hugo Wainshtok (Edición N° 4).
- www.wikipedia.org
- www.itacanet.org

AUTORES:

MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



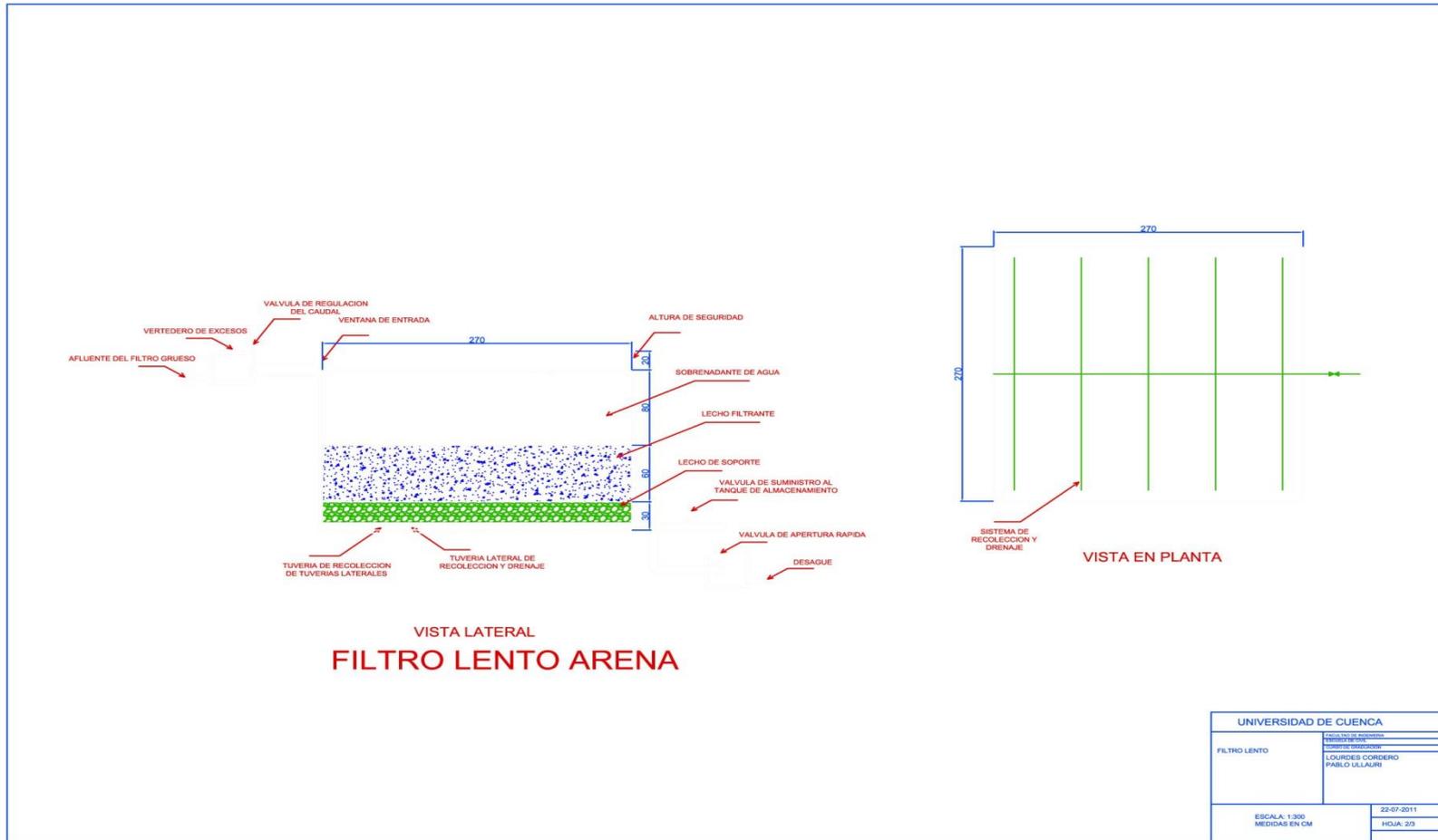
ANEXOS



AUTORES:
MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



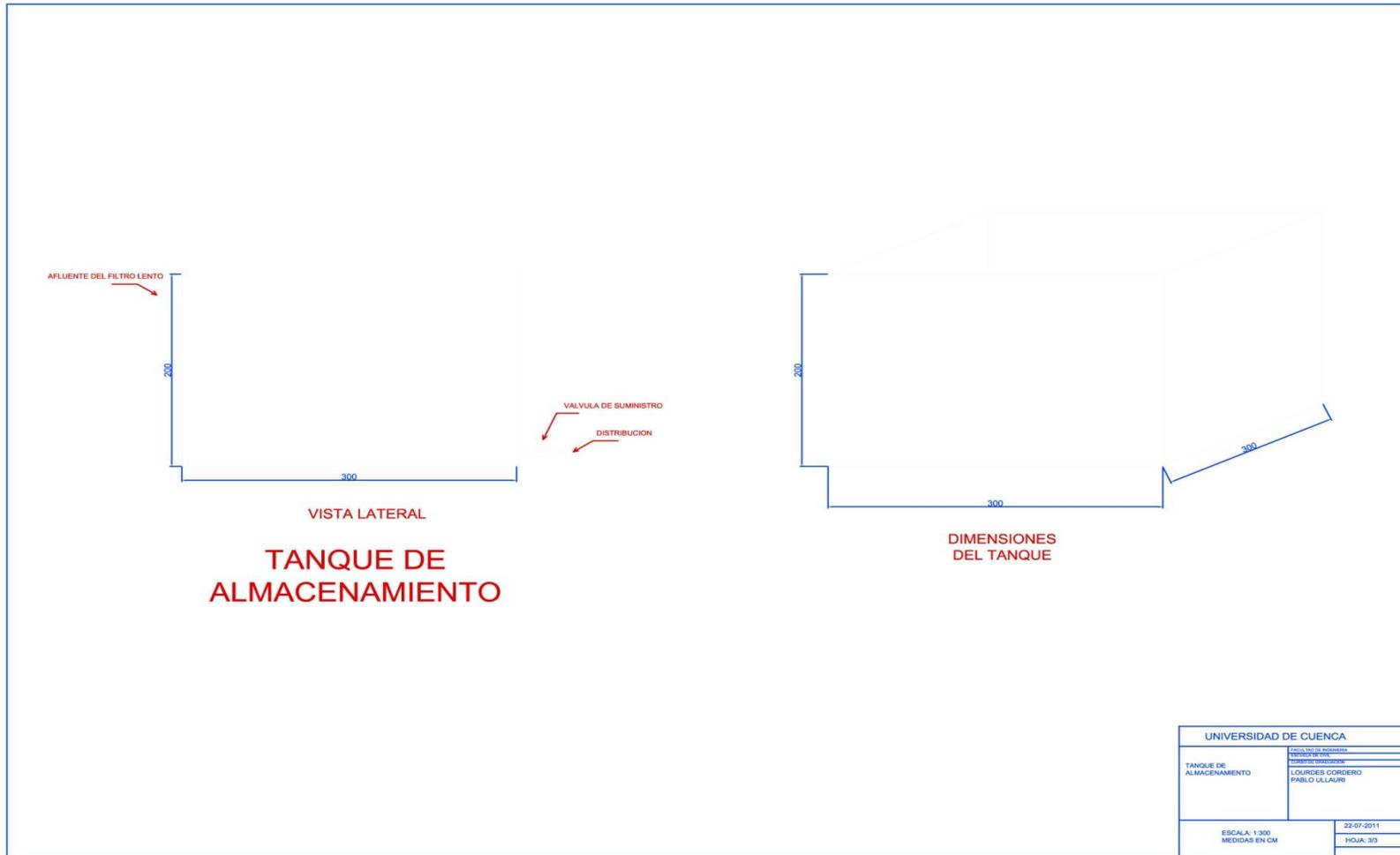
UNIVERSIDAD DE CUENCA



AUTORES:
MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ



UNIVERSIDAD DE CUENCA



AUTORES:
MARÍA DE LOURDES CORDERO ORDÓÑEZ
PABLO NELSON ULLAURI HERNÁNDEZ