

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAISO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA



PROYECTO PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL QUÍMICO

**DISEÑO DE AMPLIACION Y OPTIMIZACION
DE PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA
PARA LA EMPRESA DSD CONSTRUCCIONES
Y MONTAJES S.A.**

Paolo Palavecino Alvarez

Profesores Guías:
Jaime Fernández C.
Gianni Olgún C.

2009

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo diseñar soluciones a los problemas de abastecimiento y funcionamiento de la planta abatidora de fierro y manganeso que la empresa DSD Construcciones y Montajes S.A. tiene para producir agua potable.

Lamentablemente la planta desde sus inicios presentó dificultades operacionales, debido a problemas de diseño y estimaciones de consumo erróneas, lo que trajo consigo en el año 2007 costos anuales aproximados de \$38.040.000+ IVA solo por concepto de compra de agua potable para satisfacer los requerimientos de los trabajadores.

Fue necesario el estudio de las tecnologías empleadas en la eliminación de fierro y manganeso del agua complementado con estudios referentes a las propiedades físicas y químicas del agua a tratar, dando como resultado que la tecnología más efectiva es de la oxidación-reducción.

Una vez seleccionada la alternativa fue necesario realizar estudios experimentales sobre la efectividad de distintos oxidantes, como también la cinética de las reacciones de oxidación. Estos estudios fueron realizados en los laboratorios de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Para esto se utilizaron procedimientos aplicados en otros estudios similares sobre el tema. Los resultados obtenidos permitieron disminuir la cantidad de reactivos utilizados en el proceso de oxidación. Paralelamente fue necesario hacer un nuevo estudio sobre el requerimiento de agua para el personal, arrojando requerimientos de 10 [m³/hr] de agua potable en vez de los 3-4 [m³/hr] que produce actualmente. Con esta información se diseñaron los equipos involucrados para la etapa de oxidación, filtración y distribución con su correspondiente instrumentación.

La solución planteada requiere de un costo inicial de \$19.263.542 + IVA, con un costo anual de operación aproximado de \$11.006.015, lo que produciría un ahorro anual de \$42.020.051 con respecto al sistema actual y, lo que es más importante, se abastecería de agua potable a las instalaciones de faena.

AGRADECIMIENTOS

Al término de esta etapa creo necesario el mirar hacia atrás y agradecer a todas aquellas personas que de una u otra forma me entregaron su apoyo y aliento para alcanzar esta meta.

Quiero agradecer en primer lugar a mi padre Jehová porque sin el no podría haber llegado donde estoy, por darme su guía, fuerza y apoyo en los momentos mas difícil de la vida.

El paso a través de la Universidad, no hubiera sido posible sin el apoyo de mi familia. Por ello doy las gracias a mi madre Viviana, por su infinita abnegación como madre, por inculcarme los valores necesarios para ser una persona de bien. A mi abuela Inés por el cariño entregado en mi infancia y su compañía en este largo camino.

Quiero agradecer en forma especial a la Sra. Carolina Lommatzsch quien en forma completamente desinteresada creyó en mí y me dio la oportunidad realizar mi tesis, además de entregarme constantemente apoyo y sabios consejos.

Agradezco al Sr. Jorge Klug, jefe de ingeniería, por su paciencia y ayuda prestada para desarrollar mi trabajo. Además agradezco a mis tutores de Oficina Técnica en especial a Rodrigo Delgado y

Agradezco a los profesores Jaime Fernández C. y Gianni Olguín C., por asesorarme y acompañarme en mi trabajo, cuyos comentarios y críticas me enseñaron más allá de lo meramente académico.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO 1 INTRODUCCION	1
Problemática	1
Alcances del proyecto	4
Objetivos	4
Plan de trabajo	5
Presentación de la empresa	7
CAPITULO 2 – TEORIA DE LA REMOCION DE FIERRO Y MANGANESO	9
Hierro y Manganeso: Naturaleza y ocurrencia	9
Efectos del hierro y manganeso en la salud	10
Efectos del hierro y el manganeso en los sistemas de agua potable	11
Formas químicas del hierro y el manganeso	12
Compuestos de Fe y Mn	13
Compuestos orgánicos del Fe y el Mn	13
Reacciones de oxidación	16
Pretratamientos tradicionales	16
Aireación	16
Cloración	17
Tratamiento con permanganato de potasio	18
Ajuste de pH	19
Pretratamientos alternativos	20
Ozono (O ₃)	20
Dióxido de cloro (ClO ₂)	21
Peroxido de Hidrogeno (H ₂ O ₂)	21
Pruebas de medición	22
Filtración	22
Mecanismos responsables de la filtración	23
Medios filtrantes	25
Manganeso greensand	25
Modos de operación con greensand	26
Regeneración del greensand	27
Antracita	28
Birm	30
Anthrasand	31
Pirolusita	32
Mejoramiento químico de la filtración	33
Relación de tamaño del medio	36

Razón L/d	36
Consideraciones en la selección del medio	37
Velocidad de retrolavado	37
Flujo de aire en el retrolavado	38
Tecnologías alternativas de remoción	39
Eliminación de Hierro y Manganeso por ablandamiento	39
Eliminación con ablandador zeolita	39
Eliminación por ablandamiento con ceniza de soda/cal	39
Secuestro o separación del hierro y el manganeso	40
Métodos biológicos para eliminar hierro y manganeso	41
Eliminación de hierro y manganeso in-situ	42
Flotación por aire disuelto	43
Microfiltración	44
CAPITULO 3 – SITUACION ACTUAL	47
Inicios	47
Diseño y Montaje de la planta	48
Análisis Químico	48
Población total	48
Consumo total diario	49
Instalaciones de aguas servidas.	49
Costo	50
Planta abatidora actual	50
Bomba de pozo profundo	52
Filtro de Arena	53
Bombas dosificadoras	53
Filtro centrifugo	54
Filtro de anillas	55
Estanque de retención	56
Bomba de estanque de retención	56
Filtros de turbidez	57
Filtro abatidor de manganeso	57
Estanques acumuladores	58
Segundo filtro abatidor	58
Bombas de distribución	59
Medición de la concentración de contaminantes	59
Problemas operacionales	60
Dilución y dosificación de reactivos	60
Filtro abatidor de Fe y Mn	62
Estimación de la población	63
Variación de parámetros del pozo	64
Instrumentación	65
Costos	66
Resumen	67
CAPITULO 4 – SELECCIÓN Y DISEÑO DE PROCESO	68
Requerimientos	68
Determinación de parámetros físicos y químicos	70

Concentración de Fe y Mn	71
pH	71
Turbidez	71
Temperatura	72
Dureza	72
Selección de alternativa	72
Estudios experimentales	79
Selección de oxidante	81
Cinética de oxidación	85
Conclusiones	87
CAPITULO 5 – DISEÑO DE LAS INSTALACIONES	88
Descripción del nuevo proceso	88
Zona de extracción y oxidación	91
Piping	92
Pérdida de carga	93
Bomba de pozo profundo	96
Bombas dosificadoras	97
Dosificación de reactivos	98
Ablandador de agua	101
Filtros de anillas y centrifugo	102
Estanque de retención	102
Bomba de estanque de retención	103
Filtro Abatidor	105
Estanques de acumulación	108
Bombas de distribución	110
Instrumentación y control	111
CAPITULO 6 ANALISIS ECONOMICO	114
CONCLUSIONES	119
REFERENCIA BIBLIGRAFICA	122
GLOSARIO DE TERMINOS	123
ANEXOS	124
Anexo A – Cálculo de reactivos	125
Cálculo de la cantidad de Cloro requerido anualmente	125
Cálculo de la cantidad de cloruro de sodio requerido para regeneración del ablandador anualmente	125
Cálculo de la cantidad de Permanganato requerido anualmente.	125
Anexo B - Bombas	127
Bomba de pozo profundo marca Lowara modelo 12GS55	127
Bomba centrifuga marca Reggio modelo STM 100	129
Bomba centrifuga marca Pedrollo modelo CP25/200A	130
Anexo C – Tuberías	134
Tuberías de PVC Hidráulico	134
Anexo D – Cotizaciones, catálogos, normas	136

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Curva de solubilidad para el Permanganato de Potasio	19
Figura 2.2 Tasa de filtración	23
Figura 2.3 Muestra de manganeso greensand.	26
Figura 2.4 Absorción de los iones de Mn+2	26
Figura 2.5 Muestra de carbón antracita	29
Figura 2.6 Muestra de arena Birm	30
Figura 2.7 Zona de microfiltración en planta Franklin, Boston	44
Figura 2.8 Diagrama de flujo de la planta Franklin, Boston	46
Figura 2.9 Muestras de agua en las diferentes etapas del proceso de microfiltración	46
Figura 3.1 Bomba de pozo profundo - Lowara	47
Figura 3.2 Diagrama de flujo de la planta actual.	51
Figura 3.3 Diagrama de flujo simplificado de la planta actual	52
Figura 3.4 Filtro de arena	53
Figura 3.5 Bombas dosificadoras	54
Figura 3.6 Filtro centrífugo	55
Figura 3.7 Filtro de anillas	55
Figura 3.8 Estanque de retención	56
Figura 3.9 Bomba del estanque de retención	56
Figura 3.10 Filtro abatidor de turbidez	57
Figura 3.11 Filtro abatidor de Fe y Mn	57
Figura 3.12 Estanques acumuladores	58
Figura 3.13 Segundo filtro abatidor	58
Figura 3.14 Bombas de distribución	59
Figura 3.15 Sombrero formado por coloides en el estanque de cloro	62
Figura 3.16 Cantidad de personal en el tiempo	64
Figura 4.16 Determinación de eficiencia de oxidantes para Fe	81
Figura 4.2 Determinación de eficiencia de los oxidantes para el Mn	84
Figura 4.3 Determinación de tiempos de reacción	86
Figura 5.1 Diagrama de flujo de la alternativa propuesta.	90
Figura 5.2 Diagrama de flujo simplificado de la alternativa propuesta	91
Figura 5.3 Curvas características para bomba de pozo modelo 12GS55	97
Figura 5.4 Curva altura-caudal de la bomba Reggio modelo STM 100	103
Figura 5.5 Curvas características para la bomba CP25/200A	104
Figura 5.6 Esquema de composición del filtro	106
Figura 5.7 Filtro abatidor seleccionado	107
Figura 5.8 Curvas características para la bomba CP25/200 ^a	110
Figura B-1 Curva de eficiencia para bomba de pozo profundo	127
Figura B-2 Curvas características de la bomba de pozo profundo	128
Figura B-3 Curva altura caudal para bomba Reggio modelo STM 100	129
Figura B-4 Curva de eficiencia para bomba Pedrollo modelo CP25/200A	130
Figura B-5 Curvas características de la bomba CP25/200A para el primer tramo	132
Figura B-6 Curvas características de la bomba CP25/200A para el segundo tramo	133
Figura C-1 Curvas de presión versus temperatura.	134

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Comparación entre el límite máximo y la concentración medida para cada elemento	1
Tabla 1.2 Comparación entre el límite máximo y el valor medido para cada ítem	2
Tabla 2.1 Reacciones de Fe y Mn con distintos oxidantes.	16
Tabla 3.1 Concentración de contaminantes	48
Tabla 3.2 Cálculo del consumo total diario	49
Tabla 3.3 Costo inicial de las instalaciones	50
Tabla 3.4 Resultados de análisis externo.	65
Tabla 3.5 Valores mensuales de compra de agua embotellada	67
Tabla 4.1 Proyección del volumen diaria de agua a tratar	69
Tabla 4.2 Concentración de contaminantes	71
Tabla 4.3 Resumen de los parámetros del agua de pozo	72
Tabla 4.4 Resultados de eficiencia de oxidantes para fierro.	82
Tabla 4.5 Resultados de eficiencia de oxidantes para manganeso.	84
Tabla 4.6 Semi-reacciones redox	85
Tabla 4.7 Tiempos de reacción	86
Tabla 5.1 Comparación entre la capacidad de flujo de las bombas dosificadoras y los flujos requeridos	98
Tabla 5.2 Reacciones de oxidación	98
Tabla 5.3 Características principales del filtro abatidor requerido	106
Tabla 5.4 Caudal mínimo en artefactos sanitarios	109
Tabla 5.5 Cantidad de artefactos instalados en obra	109
Tabla 5.6 Características principales de los estanques de retención.	110
Tabla 5.7 Características principales de los medidores de flujo	112
Tabla 5.8 Características principales de los fotómetros seleccionados	112
Tabla 6.1 Valores de equipamiento requerido	114
Tabla 6.2 Valores anuales de reactivos y otros ítems	115
Tabla 6.3 Valores de los rellenos y accesorios para filtro y ablandador de agua.	115
Tabla 6.4 Costo anual y VAN del sistema propuesto	116
Tabla 6.5 Costos anuales del sistema actual	117
Tabla 6.6 Costo del cambio en el relleno del filtro actual	117
Tabla 6.7 Costo anual y VAN del sistema actual	117
Tabla 6.8 Anualidades del sistema actual versus el sistema propuesto	118
Tabla B-1 Datos de la curva altura-caudal de la bomba de pozo profundo	127
Tabla B-2 Valores para la construcción de las curvas características de la bomba de pozo profundo	128
Tabla B-3 Datos de la curva altura-caudal de la bomba CP25/200A	131
Tabla B-4 Valores para la construcción de las curvas características de la bomba CP25/200A en el primer tramo.	131
Tabla B-5 Valores para la construcción de las curvas características de la bomba CP25/200A en el segundo tramo	133

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1.1 Problemática

La empresa DSD Construcciones y Montajes S.A. es una empresa especializada a la construcción y montajes de plantas industriales como refinerías, centrales termoeléctricas, etc. En la actualidad la empresa se encuentra desarrollando un proyecto de Coquización Retardada (Delayed Coker Complex) para Enercón en los terrenos de la Refinería de Petróleos de Aconcagua.

Para el desarrollo de la obra fue necesaria la implementación de las instalaciones de faenas. La instalación de faena corresponde a una faena constructiva menor o provisoria, de carácter temporal y esta destinada a satisfacer necesidades básicas del personal como son baños, camarines, comedores, oficinas, bodegas, etc.

Debido a que el lugar destinado a estas instalaciones no contaba con redes de agua potable cercanas se decide por la excavación de un pozo para la posterior extracción de agua para ser usada en las distintas dependencias de las instalaciones. Lamentablemente el agua extraída presenta niveles de fierro (Fe), manganeso (Mn) y turbiedad que superan los límites máximos establecido por la normativa chilena. La norma chilena NCh409/1Of2005 establece claramente que el agua potable no debe contener elementos o sustancias químicas en concentraciones totales mayores que las indicadas en la tabla 1.1. Esta tabla muestra una comparación entre los límites de fierro y manganeso exigidos por la norma, las concentraciones encontradas en el agua de pozo y las concentraciones, encontradas en el sistema de distribución.

Elemento	Límite máximo según NCh409/1Of2005 [mg/L]	Concentración medida en el pozo [mg/L]	Concentración medida en los puntos de distribución [mg/L]
Fierro	0,3	1,41	1
Manganeso	0,1	1,73	>0,35

Tabla 1.1 Comparación entre el límite máximo y la concentración medida para cada elemento

Con respecto a las características organolépticas la NCh409/1Of2005 establece los parámetros relativos a estas como se muestra en la Tabla 1.2. Esta tabla se observa una comparación entre los límites de color, olor, sabor y turbidez exigidos por la norma y los encontrados en el agua de pozo.

Parámetro	Unidad	Límite máximo según NCh409/1Of2005	Valores medidos
Color verdadero	Unidad Pt-Co	20	-
Olor	-	Inodora	Metálico
Sabor	-	Insípida	Metálico
Turbidez	NTU	5	20

Tabla 1.2 Comparación entre el límite máximo y el valor medido para cada ítem

Para solucionar estos inconvenientes la empresa optó por la adquisición de una planta potabilizadora abatidora de Fe, Mn y turbidez. Desafortunadamente la planta adquirida presenta los siguientes problemas en el efluente como en sus instalaciones:

- Niveles de Hierro y Manganeseo, superiores a los exigidos por la normativa chilena, en el agua final.
- Problemas estéticos en el agua debido a la precipitación del hierro posterior a la etapa de filtrado generando un efluente de color amarillento.
- Sabor y olor metálico desagradable en el agua.
- El consumo es mucho mayor que la producción generando un gran déficit.
- Alta frecuencia de mantenciones.

Los problemas referentes a la calidad del efluente y alta frecuencia de mantenciones se deben a un mal diseño de ingeniería de los equipos. El problema referente a la brecha entre el consumo y la producción pasa por una errónea estimación de personal. Inicialmente se proyectó en faena una cantidad no mayor de 600 personas un valor muy por debajo del pick de personal que alcanzó más de 2000 trabajadores. Esta brecha genera que los estanques, destinados al almacenamiento de agua potable, en los momentos de picks se queden completamente vacíos.

Además está el hecho que, a pesar de haber adquirido una planta que entregara agua potable, no se cumplía con el objetivo primordial de entregar agua potable a los trabajadores. Para subsanar esta situación se optó por comprar agua en botellones instalando dispensadores de agua en diversos lugares de la faena y la adquisición de un nuevo filtro abatidor que abastecerá de agua potable exclusivamente al casino. Si bien es cierto que esta solución es efectiva, no es eficiente porque trae consigo un costo anual de \$38.040.000+ IVA solo en la compra de agua embotellada.

Otro aspecto es la escasa capacitación de los operarios. No existen procedimientos respecto a la operación de la planta o como solucionar problemas típicos. En el caso particular de la dosificación de reactivos se realiza en base al ensayo y error por lo que se generan problemas en la inyección de las bombas dosificadoras debido a la obstrucción de las sondas de succión debido al exceso de reactivos. Por lo tanto se hace necesario generar procedimientos de operación de la planta, así como una planificación en la medición de concentración de contaminantes en etapa inicial intermedio y final del proceso.

En resumen los problemas de calidad y funcionamiento de la planta pasan por:

- Incorrecto diseño de equipos involucrados en la filtración.
- Incorrecta dosificación de reactivos.
- Incorrecta proyección de personal en faena (Subdimensionamiento).
- Mínima instrumentación.
- Capacitación de operarios.

1.2 Alcances del proyecto

Diseñar una solución eficiente a la actual problemática que se presenta con respecto al suministro y calidad de agua teniendo siempre presente alcanzar los estándares de calidad exigidos en la normativa nacional que regulan el suministro y distribución de agua potable.

1.3 Objetivos

Objetivo General

- Diseñar la optimización y ampliación de la planta potabilizadora de agua

Objetivos Específicos

- Estudiar tecnologías utilizadas en la remoción de Fe y Mn en agua.
- Estudiar la normativa que rige la calidad y distribución de agua potable.
- Analizar puntos problemáticos en el diseño y operación de la planta.
- Seleccionar una alternativa para la optimización y ampliación de la planta.
- Diseñar el proceso de potabilización.
- Diseñar los equipos que serán requeridos.
- Realizar análisis económico de la alternativa propuesta.

1.4 Plan de trabajo

El plan de trabajo se inicia con el estudio bibliográfico de las tecnologías que se emplean en la actualidad para la remoción de fierro y manganeso del agua. En paralelo se realizará el estudio experimentales de los principales parámetros físicos y químicos del agua extraída del pozo tales como.

- Concentración de contaminantes.
- pH
- Turbidez
- Dureza

Con estos datos y conjugándolos con el estudio de las alternativas de remoción se procede a realizar un análisis de la situación actual. Las conclusiones de esta etapa determinarán las causas de los distintos problemas que afectan a la planta.

Al final de esta etapa se contara con una panorámica de la situación actual que nos permitirá proponer una alternativa para un re-diseño del proceso y un re-diseño de los equipos.

Finalmente se realizara un análisis económico comprobando que la alternativa propuesta produce un ahorro con respecto a los costos del sistema actual

En concordancia a lo escrito anteriormente el plan de trabajo propuesto se detalla en los siguientes ítems.

Recopilación de información

- a. Recopilar información de las distintas personas que han tenido directa relación con la planta de agua, para la identificación de las dificultades.

- b. Estudio de los métodos empleados en la remoción de fierro y manganeso.
- c. Estudio de la normativa que rige la calidad y distribución del agua potable.

Análisis de la planta

- a. Determinación de causas de los problemas referente al diseño del proceso.
- b. Determinación de causas de los problemas referente al diseño de equipos.
- c. Seleccionar alternativa de diseño.

Diseño y realización de experimentos

- a. Diseño de experimentos que serán realizados en laboratorio. Se determinara que reactivos se utilizaran, su concentración y número de muestras.
- b. Realización de experiencias en laboratorio.
- c. Análisis de resultados.

Implementación de resultados

- a. Aplicación de los resultados obtenidos en laboratorio en la planta.

Diseño de optimización y ampliación

- a. Diseño del proceso.
- b. Diseño de equipos
- c. Análisis económico

1.5 Presentación de la empresa

El grupo Man-Ferrostaal, que ya cumple con 250 años de historia, se dedica a la construcción de grandes plantas industriales y a la prestación de servicios para la industria a nivel mundial. Man-Ferrostaal cuenta con más de 4200 empleados en 60 países.

Principalmente Man-Ferrostaal se aboca a dos grandes sectores de trabajo, el sector de proyectos y el sector de servicios. En el sector de proyectos actúa como contratista general para la construcción de grandes plantas industriales, que entrega llave en mano. En el sector de servicios cumple la función de socio de las empresas fabricantes de maquinarias en las áreas de la industria automotriz, transporte, impresión y máquinas especiales, para todo lo referido a ventas y servicio de atención al cliente.

Las áreas de trabajo que actualmente se desarrolla Man-Ferrostaal son las siguientes:

- Biocombustibles.
- Petroquímica.
- Plantas de Potencia Solares y Diesel
- Procesos Metalúrgicos
- Petróleo y Gas
- Maquinaria para Packaging
- Piping Supply
- Maquinaria para la industria del plástico.
- Plantas de Generación Eléctrica
- Transporte

En el área petroquímica Man-Ferrostaal actúa como contratista general en la construcción de plantas para el sector químico y petroquímico. En este contexto asume la responsabilidad por el desarrollo y la realización de grandes proyectos de construcción de plantas petroquímicas.

Bajo esta área de trabajo es que Man-Ferrostaal con su división en Chile DSD Construcciones y Montajes S.A. se encuentra actualmente en la construcción del proyecto Delayed Coker Complex para la Refinería Aconcagua – Concón.

CAPITULO 2 – TEORIA DE LA REMOCION DE FIERRO Y MANGANESO

2.1 Hierro y Manganeso: Naturaleza y ocurrencia

Estos dos elementos, ambos con una presencia relativamente abundante en la corteza de la Tierra, pueden causar problemas estéticos en los sistemas de agua potable como es la acumulación de coloides, de hierro principalmente, tornando el agua de color amarillo-café con un fuerte olor y sabor metálico.

El hierro soluble reducido es hierro ferroso (Fe^{2+}), y el manganeso soluble reducido es (Mn^{2+}). Cuando se oxidan, el hierro se convierte en hierro férrico (Fe^{3+}), y el manganeso a menudo, no siempre, se transforma a las formas insolubles de Mn^{3+} y Mn^{4+} . Tanto el hierro como el manganeso forman combinaciones con otros elementos o compuestos. Estas combinaciones por lo general no impiden la eliminación, sin embargo, pueden inhibir los procesos de oxidación, floculación, sedimentación, o filtración.

La presencia de hierro y manganeso es muy común en pozos o en embalses. Afluentes como ríos o vertientes, a pesar de que contienen niveles bajos de hierro y manganeso normalmente, pueden llegar a contener niveles altos después de ser contenidos en un embalse. La cantidad presente en la solución va a depender de la calidad de la tierra y la cantidad de vida orgánica. La descomposición de la materia orgánica (algas, hojas y otros materiales relacionados con estas) en los sectores mas bajos del embalse puede resultar en condiciones anaeróbicas, es decir, cerca de cero oxígeno, que permiten que los compuestos de Fe y Mn se conviertan en compuestos solubles. Aguas subterráneas con cantidades intolerables de Fe y Mn contienen muy poco o nada de oxígeno disuelto lo que indica condiciones anaeróbicas y a menudo contienen altos niveles de dióxido carbónico. Las condiciones anaeróbicas se dan en la ausencia de oxígeno disuelto, y el alto contenido de dióxido carbónico sugiere mucha oxidación

bacterial de la materia orgánica. Un indicador de esta condición también es la presencia de sulfuro de hidrógeno.

Las cantidades de Fe y Mn varían enormemente a través de una región extensa, y pueden variar enormemente dentro de un área geográfica pequeña, dependiendo de la estructura de la capa freática, de la profundidad del pozo, los terrenos de superficie, las formaciones rocosas, los tipos y velocidades de crecimiento de las plantas y muchos otros factores. Algunos embalses acumulan grandes cantidades de Fe y Mn en cortos periodos de tiempo, mientras que otros crean concentraciones después de muchos años.

2.2 Efectos del hierro y manganeso en la salud

Los problemas derivados de la presencia de Fe y Mn en el agua potable, que aquí se mencionan, no se relacionan principalmente con la salud. No es común que su presencia en el agua se eleve a cantidades consideradas peligrosas para el bienestar físico, en fuentes de agua cruda destinadas al uso potable, a pesar de que algunos investigadores reclaman que muchos metales, incluyendo al manganeso, tienen un impacto negativo en el cuerpo después de muchos años de ingestión.

El exceso de hierro puede provocar hemocromatosis, conjuntivitis, coriorretinitis, y retinitis si contacta con los tejidos y permanece en ellos. La ingesta excesivas de óxido de hierro puede incrementar el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón en personas expuestas a carcinógenos pulmonares. LD50 (oral, rata) =30 gr/Kg. El LD50 o dosis Letal 50 es la dosis individual de una sustancia que provoca la muerte del 50% de la población animal debido a la exposición a la sustancia por cualquier vía distinta a la inhalación. Normalmente expresada como miligramos o gramos de material por kilogramo de peso del animal.

El manganeso es uno de los tóxicos esenciales, lo cual significa que no es sólo necesario para la supervivencia de los humanos, sino que es tóxico cuando está presente en elevadas concentraciones en los humanos. Los efectos del

manganeso mayormente ocurren en el tracto respiratorio y el cerebro. Los síntomas por envenenamiento con manganeso son alucinaciones, olvidos, daños en los nervios, esquizofrenia, depresión, debilidad de músculos, dolor de cabeza e insomnio. Esta enfermedad se denomina manganismo y se puede presentar luego de meses o años de ingesta excesiva de manganeso. El manganeso puede causar parkinson, embolia de los pulmones y bronquitis. El LD50 (oral, rata)= 9 gr/Kg.

2.3 Efectos del hierro y el manganeso en los sistemas de agua potable

Estos metales cuando están presentes en los sistemas de distribución de agua potable causan problemas estéticos al agua. Las aguas que están exclusivamente contaminadas con hierro se tornan amarillentas a café debido a la presencia de óxidos-hidróxidos de hierro férrico. Las aguas que están contaminadas con manganeso pero sin hierro causan manchas negras o de color café oscuro. Si se combinan los dos metales se producen manchas que van del café claro al negro. Las principales quejas tienen que ver con el manchado de la ropa durante el lavado; después las quejas se refieren al agua turbia o café; y por último, la acumulación progresiva adicional puede hacer que se desprendan trozos en las líneas de distribución que se rompen con el movimiento del agua al salir por las llaves de los usuarios.

La presencia de Fe y Mn promueve el crecimiento de crenoformes, los cuales son organismos microscópicos de apariencia viscosa. Los crenoformes (con nombres científicos como *Crenothrix*, *Leptotrix*, *Sphaerotilus* y *Gallionella*) se acumulan en las cañerías y forman grandes masas viscosas como jalea. Al permitir que se formen estos organismos a través de una eliminación inadecuada de Fe y Mn y una inadecuada desinfección del agua filtrada en la planta de tratamiento, lo mas seguro que incrementara los costos tanto de tiempo como de dinero para limpiar las líneas de distribución.

Desde 1962, el estándar de la industria aceptado para límites aceptables de Fe y Mn en agua potable tratada ha sido 0.3 [mg/L] de hierro y 0.05 [mg/L] de manganeso. Una buena regla general, es enfatizar la eliminación de manganeso, ya que al hacerlo el hierro también se elimina.

En los siguientes párrafos se entregará una mirada completa de todos los temas relacionados con el hierro y el manganeso. La eliminación del Fe y el Mn bajo los niveles requeridos, es decir, 0.3 [mg/L] para el Fe y 0.1 [mg/L] para el Mn, es un objetivo difícil de cumplir, debido a que son muchos los factores que afectan los procesos de tratamiento y eliminación. Estos temas van desde los constituyentes del agua cruda hasta velocidades de flujo, temperatura y pH del agua, etc.

2.4 Formas químicas del hierro y el manganeso

El hierro en su forma soluble más simple, que es la forma en que lo encontramos comúnmente en aguas subterráneas o aguas de un embalse, es el hierro ferroso. El manganeso en su forma soluble más simple es el manganeso manganoso. Ambos tienen una valencia de 2, es decir, Fe^{2+} y Mn^{2+} . Estas valencias varían dependiendo si se encuentran como elementos o compuestos.

Cuando el Fe y Mn se encuentran como iones en el agua con valencia +2 son incoloros, pero por ejemplo, al oxidarse el hierro a FeO este se torna negro y al oxidarse a Fe_2O_3 se torna rojo.

Para el manganeso dependiendo de sus valencias se tiene que:

- Mn^0 es manganeso metálico.
- Mn^{+2} se torna rosado pálido.
- Mn^{+3} se torna rojo-violeta.
- Mn^{+4} se torna café-negro.
- Mn^{+6} se torna verde oscuro.
- Mn^{+7} se torna púrpura intenso.

2.5 Compuestos de Fe y Mn

Algunas aguas contienen muchos compuestos de Fe y Mn. Los siguientes compuestos a veces se encuentran en aguas freáticas, aunque los compuestos de Fe y Mn por lo general no evitan la eliminación de los siguientes metales; hidróxidos de Fe y Mn, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ y $\text{Mn}(\text{OH})_2$; bicarbonatos de Fe y Mn, $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$; sulfatos de Fe y Mn, FeSO_4 y MnSO_4 y otros.

Es difícil establecer si el Fe o el Mn están ligados orgánicamente en el agua cruda y si es así, menos en que porcentaje. La determinación de los complejos orgánicos en un agua específica es a menudo solo especulación. Sin embargo, la dificultad en la eliminación de Fe y Mn a niveles mas bajos usando los procesos de filtración/sedimentación/preoxidación sugiere hacer más investigaciones. La presencia de mas de 2.0 a 2.5 mg/L de carbonos orgánicos y/o sulfuro de hidrógeno y/o amoniaco, es una razón suficiente para hacer pruebas piloto para determinar el proceso que cumpla con los requisitos adecuados para el tratamiento del agua.

2.6 Compuestos orgánicos del Fe y el Mn

Abarcar todo el tema de los complejos orgánicos del Fe y el Mn para hacerlo entendible, es difícil. Existen pocos estudios acerca de los complejos orgánicos del Fe y el Mn. Aun así, fenómenos recurrentes pueden llegar a mostrar signos de alerta casi idénticos, que indican al menos la presencia de compuestos orgánicos. Tal condición sugiere la necesidad de partir con procesos de preoxidación/sedimentación/filtración.

Si el proceso de preoxidación/sedimentación/filtración no puede lograr eliminar el Fe y el Mn a los niveles esperados, quizás ellos puedan ser eliminados a niveles aceptables si son tratados como compuestos orgánicos. Si es así, lo mas práctico seria que ante la menor duda tenga que determinar si es o no un compuesto orgánico.

Los compuestos orgánicos más problemáticos en los procesos de eliminación del Fe y el Mn, son los ácidos orgánicos, que contienen uno o más de los grupos carboxílicos (COOH). En este grupo carboxílico, el hidrógeno (H) está “activo”, es decir, va a ionizar ligeramente para dar iones H^+ . Y lo más importante, el hidrógeno activo se intercambia por iones tales como el calcio, el magnesio, el sodio, el hierro, el manganeso, el níquel, etc., exactamente como ocurre en el ablandamiento zeolita.

Los polímeros aniónicos también contienen carboxilo como sus lugares activos. Como el hidrógeno se ioniza a H^+ , el resto del grupo carboxilo tiene una carga negativa. Este tema está relacionado con la eliminación del Fe y el Mn porque el hidrógeno del grupo carboxilo se intercambiara con los iones de Fe^{+2} y Mn^{+2} , cada uno de ellos siendo iones solubles con valencia dos intercambiando con dos hidrógenos. Este proceso es descrito normalmente como conglomerado o compuesto orgánico.

Un intento de oxidar el compuesto Fe^{+2} o Mn^{+2} puede o no tener éxito. Si la oxidación ocurre, creando un hierro férrico (Fe^{+3}) o se cambia el Mn^{+2} a los insolubles Mn^{+3} o Mn^{+4} , el hierro o manganeso puede ser todavía atrapado por la unión del intercambio de iones. En tal caso, el proceso puede llegar a ser complejizado, ya que el Fe/ Mn oxidado forman coloides orgánicos pequeños de Fe y Mn, los cuales llevan una gran carga negativa que es muy difícil de quitar, ya que no se asienta y pasa a través de los filtros. Un polímero aniónico puede ayudar a aglomerar los coloides para formar unidades más grandes y así asentarse o llegar a ser atrapadas por el filtro. Los complejos orgánicos son el resultado de un intercambio iónico, a pesar de que no todos los productos químicos se unen de esta forma.

En los compuestos de carbón, los iones de hidrógeno pueden ser intercambiados por iones de hierro, creando dificultades para oxidar el hierro. Cuando el hierro se puede oxidar, puede que todavía permanezca unido a su huésped de carbón en vez de aglomerarse con otros iones de hierro oxidado para formar una partícula lo suficientemente grande para ser eliminada por filtros granulares

convencionales, es decir, las partículas se mantienen muy finas o de tamaño coloidal.

El impacto de tal complejización de la oxidación del hierro por medio de materia orgánica ha sido reportado por muchos autores. Por ejemplo, Hem (1960) demostró que el ácido tánico tenía la habilidad de formar complejos con el hierro ferroso y retardar significativamente por consiguiente su oxidación por oxígeno. Jobin y Glosch (1972) mostraron que ambos ácidos, el tánico y el húmico, tienen la habilidad de complejizar el hierro y retardar su oxidación al exponerlo a O_2 (aq), haciendo que la oxidación no ocurriera.

Theis y Singer (1973,1974) presentaron resultados de investigación excelentes que apuntaban en dilucidar la habilidad de varios compuestos orgánicos que complejizan el hierro y retardan su eliminación al contactarlo con O_2 (aq). Los autores mostraron que el ácido tánico, el ácido gálico, el pirogalol y otros productos de descomposición vegetativa natural pueden efectivamente retardar la oxidación del Fe (II) por varios días, incluso en aguas saturadas con O_2 (aq).

El Fe y el Mn que son complejizados orgánicamente pueden por lo general ser oxidados usando cloro o $KMnO_4$, dando la dosis apropiada, el pH y el tiempo de retención. El hierro complejo orgánico puede a veces oxidarse con oxígeno solo por aireación. En este estado, su tamaño es por lo general muy fino o coloidal, por lo que es muy pequeño para ser eliminado por un filtro de medio granular. Una opción de eliminación es neutralizar la carga de la superficie usando coagulantes como el alumbre, las sales de hierro, los compuestos de poli aluminio o polímeros catiónicos seguidos de una filtración directa y/o de sedimentación.

Las especies oxidadas de Fe y Mn no complejas orgánicamente, y sus compuestos, pueden permanecer coloidales después de la oxidación. Otra vez, el método de eliminación descrito en el último párrafo es una opción. En algunos casos, sin embargo, el agua cruda contiene elementos y compuestos que interfieren con la acción de ciertos coagulantes.

2.7 Reacciones de oxidación

La tabla 2.1 nos muestra las reacciones de oxidación del Fe y Mn con distintos agentes oxidantes.

Metal/Oxidante	Reacción	Estequiometría ppm oxidante : 1 ppm metal
Fierro		
O ₂ (aq)	$2\text{Fe}^{+2} + 1/2\text{O}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) + 4\text{H}^+$	0.14 mg : 1 mg Fe
O ₃ (aq)	$2\text{Fe}^{+2} + \text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) + 4\text{H}^+ + \text{O}_2$	0.43 mg : 1 mg Fe
NaClO	$2\text{Fe}^{+2} + \text{NaClO} + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) + \text{NaCl} + 4\text{H}^+$	0.66 mg : 1 mg Fe
KMnO ₄	$3\text{Fe}^{+2} + \text{MnO}_4^- + 7\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) + \text{MnO}_2 + 5\text{H}^+$	0.94 mg : 1 mg Fe
ClO ₂	$5\text{Fe}^{+2} + \text{ClO}_2 + 13\text{H}_2\text{O} \rightarrow 5\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) + \text{Cl}^- + 11\text{H}^+$	0.24 mg : 1 mg Fe
Manganeso		
O ₂ (aq)	$\text{Mn}^{+2} + 1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2(\text{s}) + 2\text{H}^+$	0.29 mg : 1 mg Mn
O ₃ (aq)	$\text{Mn}^{+2} + \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2(\text{s}) + \text{O}_2 + 2\text{H}^+$	0.88 mg : 1 mg Mn
NaClO	$\text{Mn}^{+2} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2(\text{s}) + \text{NaCl} + 2\text{H}^+$	1.35 mg : 1 mg Mn
KMnO ₄	$3\text{Mn}^{+2} + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 5\text{MnO}_2(\text{s}) + 4\text{H}^+$	1.92 mg : 1 mg Mn
ClO ₂	$\text{Mn}^{+2} + 2\text{ClO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2(\text{s}) + 2\text{ClO}^- + 4\text{H}^+$	2.45 mg : 1 mg Mn

Tabla 2.1: Reacciones de Fe y Mn con distintos oxidantes.

2.8 Pretratamientos tradicionales

2.8.1 Aireación

La aireación es comúnmente el primer paso en el tratamiento del agua para su posterior filtración. Por medio de la aireación se pueden remover gases disueltos en el agua y estos ser liberados a la atmósfera como es el sulfuro de hidrogeno, el cual es un gas que se encuentra a menudo en las aguas. Otro aspecto importante de la aireación es su contribución a la oxidación del hierro. El oxígeno, aproximadamente un 21% del aire, oxida el hierro a diversas velocidades. Dependiendo del agua, pH, temperatura, tiempo de retención y la ausencia de interferencias orgánicas, al oxidarse el hierro este forma hidróxidos de hierro, los cuales se aglomeran en grupos relativamente grandes, o en partículas pesadas

que son fácilmente removibles por unidades de filtración. Estos flóculos de hierro pueden ser filtrados fácilmente por un filtro de carbón de tamaño efectivo entre 0.7 a 1.2 [mm]. La experiencia indica que el carbón de este tamaño es suficiente para retener los hidróxidos de hierro formados y crear colisiones entre estos resultando en un incremento de la coagulación.

La aireación en contra corriente, es el método más común de aireación, análogo a las torres de enfriamiento. El agua entra por la parte superior de la torre y desciende en forma vertical a través de esta, mientras que el aire es forzado a ascender desde el fondo por medio de ventiladores mecánicos produciéndose el contacto entre ambos. El agua que sale de la torre es retenida por medio de un estanque o piscina colocado en la parte inferior de la torre. Posteriormente el agua acumulada en estos estanques es bombeada hacia los filtros.

Una variación de la aireación en contra corriente es la caída escalonada. En esta configuración el agua simplemente fluye hacia abajo por un canal que se asemeja a un conjunto de escaleras abiertas al aire, resultando en la generación de turbulencia que permite la disolución de oxígeno en el agua. Otra variación es la técnica de atomización del agua, en la cual el agua es atomizada dentro de un estanque recogiendo el oxígeno del aire.

2.8.2 Cloración

El cloro (Cl_2) se dosifica de dos formas generalmente, como gas o en solución líquida generalmente al 10% siendo forzado a entrar en un estanque a presión donde se encuentra el agua a tratar o como una solución la cual es bombeada dentro de la línea, por ejemplo con bombas de diafragma... A su vez el hipoclorito de sodio se vende como una solución líquida que contiene alrededor de un 10% de Cl_2 disponible. Debido a que el hipoclorito de sodio es una solución líquida se puede inyectar directamente o se puede diluir antes de ser inyectado en la línea.

El uso del hipoclorito de sodio al 10% para potabilizar agua, trae consigo la inclusión de soda cáustica. Este compuesto se ocupa para estabilizar el hipoclorito y reacciona con los bicarbonatos formando carbonatos, que a su vez,

reaccionan con el ión calcio o magnesio presente en el agua formando un precipitado de carbonato de calcio o magnesio. Muchas aguas subterráneas exhiben una alta dureza y producen cantidades indeseadas de precipitados cuando se ablandan. La mezcla entre el agua y el hipoclorito debería realizarse en un estanque de retención y de esa forma darle el tiempo suficiente a los precipitados para asentarse y estabilizarse antes de ser extraída la solución clarificada hacia un segundo estanque. El no tener esta consideración puede resultar en que las bombas de inyección de químicos sean obstruidas por la suciedad.

La presencia de materiales orgánicos hace aumentar la dosis teórica debido a que se genera una mayor demanda de cloro. En aguas superficiales, la demanda adicional esta relacionada con la presencia de distintos materiales orgánicos, en cambio en aguas subterráneas esta demanda adicional refleja la presencia de amoníaco o sulfuro de hidrógeno. Entre estas dos reacciones, cloro-hierro, cloro-material orgánico, la primera tiene preferencia sobre la otra, la reacción total entre el hierro y el cloro se completa generalmente en 1 [min] mientras que la reacción entre el cloro y el material orgánico se completa en 15 [min] o incluso puede tomar algunas horas. Por lo tanto, la correcta dosificación de cloro no permite que un exceso de este reaccione con compuestos orgánicos.

2.8.3 Tratamiento con permanganato de potasio

El permanganato de potasio (KMnO_4) es el oxidante más usado para hierro y manganeso. También puede ser utilizado para regenerar filtros de greensand o de pirolusita. El permanganato se vende principalmente como cristales que son de color púrpura con una pureza del 95-99%.

El permanganato de potasio reacciona enérgicamente con el material orgánico como el carbón activado, aceites o grasas. Requiere de un almacenaje cuidadoso alejado de otros reactivos con los cuales pueda generar una reacción violenta. Bajo ciertas condiciones y combinaciones puede generar explosiones espontáneas.

Para poder ser dosificado el permanganato siempre debe ser diluido previamente. Dependiendo del tamaño de la planta es como se realiza la dilución.

La velocidad con la cual el permanganato se disuelve en la solución esta influenciada por la temperatura del agua. A temperatura ambiente (20 °C) los cristales se disuelven rápidamente. En la figura 2.1 se muestra la curva de temperatura v/s porcentaje de solubilidad del permanganato donde se puede apreciar el efecto de la temperatura en la solubilidad.

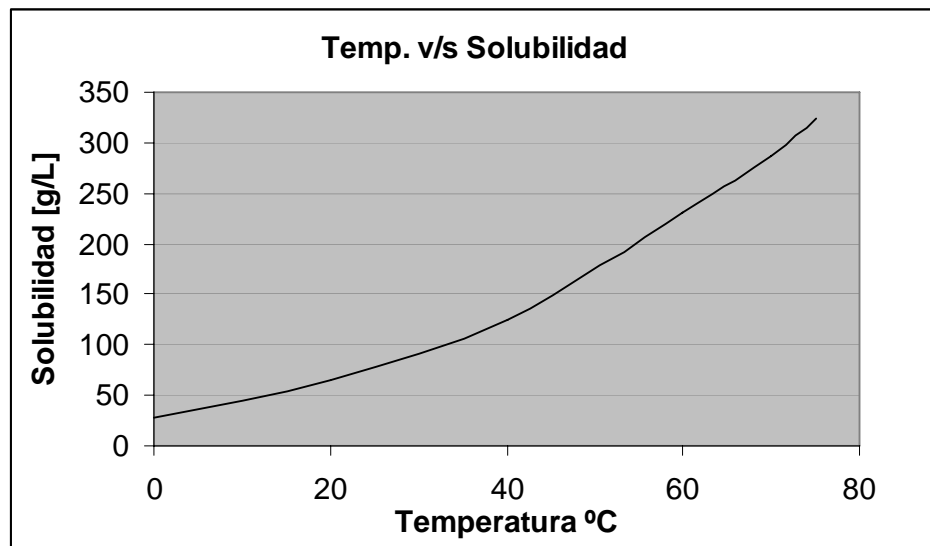


Figura 2.1: Curva de solubilidad para el Permanganato de Potasio

Para la disolución del permanganato se requiere de agua limpia, pero en algunos casos se ocupa la misma agua que se extrae sin tratamiento, por lo cual se corre el riesgo de que el momento del mezclado el hierro y manganeso contenido en el agua precipiten como hidróxidos con el consiguiente riesgo de tapar la bomba o las líneas de inyección, por lo que se requiere de una constante mantención para la eliminación de estos residuos.

2.8.4 Ajuste de pH

La velocidad de oxidación del Mn inducida por el permanganato de potasio esta influenciada por el pH y la temperatura. La oxidación del manganeso a pH 5,5 y

9,0 ocurre dentro de 10 [s] a una temperatura de 25 [°C]. A 2[°C] la oxidación puede demorar 2 [min] o mas, lo que se considera un tiempo excesivo sobre todo en plantas que no tienen considerados tiempos de retención. Hace años se consideraba que la velocidad de oxidación del manganeso era únicamente dependiente del pH, por lo cual adicionaban soda al agua a tratar para incrementar el pH a valores de 7,5 -7,7. Debido que el aumento de pH tiene un costo asociado, este se recomienda realizar solo en plantas donde la producción de agua potable sea en línea o no cuenten con estanques de acumulación de agua limpia.

2.9 Pretratamientos alternativos

2.9.1 Ozono (O₃)

Las investigaciones realizadas por distintas entidades relacionadas con el tratamiento del agua, por ejemplo la AWWA, demostraron la viabilidad de utilizar ozono como oxidante de hierro y manganeso.

Ellos encontraron que el ozono puede oxidar el hierro en forma casi instantánea bajo condiciones normales de pH y temperatura; no obstante algunos tipos de complejos orgánicos resultaron con una velocidad baja de reacción durante el tratamiento con ozono. Los tiempos de reacción para la oxidación del manganeso fueron un tanto lentos pero se completo entre 10 – 30 [s]. También encontraron que el pH juega un rol importante en la oxidación del manganeso así como la temperatura. Los compuestos de carbono inhiben de forma significativa la velocidad de oxidación del Mn.

La principal desventaja de este sistema es el costo de producir el ozono, por lo que solo es económicamente accesible para plantas de tratamiento pequeñas. Otro factor crítico es la reactividad del ozono por lo genera problemas en el control de dosificación.

2.9.2 Dióxido de cloro (ClO₂)

Con la aplicación de dióxido de cloro la velocidad de oxidación para el hierro y el manganeso es extremadamente rápida en condiciones normales de temperatura, y se torna ligeramente más lenta a bajas temperaturas. En tratamientos con permanganato de potasio y cloro, estos se ven afectados por la presencia de material orgánico disuelto (por ejemplo complejos orgánicos de Fe y Mn) y tienden a disminuir las velocidades de reacción. De igual forma esta situación afecta el uso de dióxido de cloro como oxidante, pero este difiere de los otros oxidantes comunes en dos formas.

Primero, el ClO₂ reacciona en forma casi espontánea con el material orgánico, lo que hace que la materia orgánica oxidante sea competidora del manganeso. Por lo tanto se requiere de mucha experimentación para determinar la cantidad y el tipo de material orgánico presente en el agua cruda antes de establecer las cantidades de dosificación.

Segundo, la interacción entre el ClO₂ y el Mn produce cloruros. Por ello se debe limitar el uso de ClO₂ como oxidante debido a la concentración de cloruros con las posibles consecuencias a la salud de los consumidores finales.

El dióxido de cloro es siempre usado en forma gaseosa y dado su inestabilidad y alta reactividad no puede ser transportado, por lo cual debe ser generado en el punto donde se va a usar, y debido a eso el costo de producción es una de sus principales desventajas.

2.9.3 Peroxido de Hidrogeno (H₂O₂)

El peroxido de hidrogeno es el mas débil de los 5 oxidantes mencionados anteriormente. En general genera reacciones insatisfactorias con complejos orgánicos de Fe, y no es un oxidante efectivo de Mn.

2.10 Pruebas de medición

En las plantas de tratamientos se deben realizar pruebas por varias razones. Algunas de ellas deben identificar la concentración de Fe y Mn, así como el potencial de interferencias con el tratamiento, y de esa forma seleccionar el método más apropiado de tratamiento. Al determinar la concentración de Fe y Mn se puede calcular la dosificación necesaria de reactivos a usar.

Durante el tratamiento, los análisis deben confirmar la correcta determinación de la cantidad de dosificación o indicar si es necesario aumentar o disminuir la dosis. Incluso, a pesar de contar con cálculos precisos, las pruebas pueden alertar sobre posibles cambios en la calidad del afluente y poder ajustar los valores de dosificación.

Además los organismos que regulan la calidad del agua, en el caso de Chile es la Superintendencia de Servicios Sanitarios, exigen en forma periódica análisis sobre la calidad del agua entregada a sus consumidores. Estos análisis miden la concentración de contaminantes que pueden afectar la salud humana o animal y deben ser realizados por laboratorios externos.

2.11 Filtración

El objetivo básico de la filtración es separar los precipitados que fueron generados en la etapa anterior y aquellos sólidos suspendidos que son arrastrados por el agua proveniente del pozo. En consecuencia, el trabajo que los filtros desempeñan depende directamente de la mayor o menor eficiencia de los procesos de pretratamiento.

La filtración puede realizarse de muchas formas diferentes: con baja carga superficial (filtros lentos), con alta carga superficial (filtros rápidos) o en medios granulares (arena, antracita, birm, greensand o combinados), con flujo ascendente o flujo descendente, o puede trabajar a presión o gravedad.

La filtración se cuantifica por la velocidad con la cual el agua atraviesa el medio filtrante, medida como tasa de filtración o carga superficial, q_f , o sea el cociente entre el caudal, Q , y el área filtrante A_f :

$$q_f = \frac{Q}{A_f} \quad \text{Ec. 2.1}$$

En donde,

A_f = Área superficial

Q =Caudal que entra el filtro

h = Profundidad de lecho,

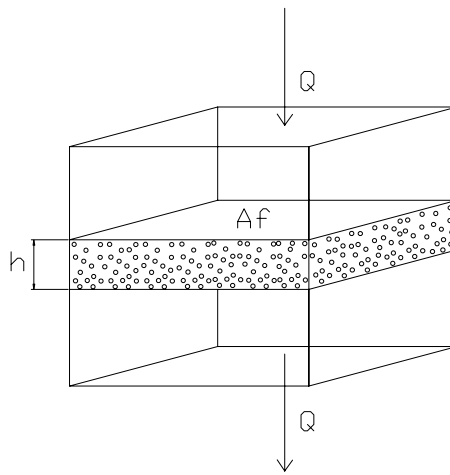


Figura 2.2: Tasa de filtración

Las unidades del sistema métrico que se emplean para expresar la tasa de filtración es $m^3/m^2/d$.

2.12 Mecanismos responsables de la filtración

En sus comienzos se creía que la filtración se realizaba por el simple efecto físico de cernido, pero la remoción de partículas más pequeñas que los poros del medio filtrante descartó completamente esa idea.

En efecto, el agua que entra al filtro contiene una variedad muy grande de partículas en suspensión. Todo este conjunto de partículas queda en menor o mayor grado retenido en el lecho filtrante, preferentemente adherido a la

superficie de los granos formando una película alrededor de ellos. Evidentemente los mecanismos que transportan la materia en suspensión dentro del lecho filtrante lo adhieren con mayor o menor eficiencia a él, tienen que ser distintos según sea el tamaño de las partículas, su densidad y las características electroquímicas que posea.

Las partículas grandes, cuyo volumen es mayor que el de los poros del medio granular queda retenido por simple cernido en los intersticios del lecho; en cambio, las partículas de menor diámetro que los poros del medio filtrante, entran libremente en el material granular, y tienen que atravesar una distancia relativamente grande antes de poderse adherirse a los granos que forman dichos poros. El proceso de filtración por tanto se puede considerar que ocurre en dos etapas distintas pero complementarias.

- La de transporte de las partículas dentro de los poros.
- La de adherencia a los granos del medio.

El transporte de partículas es debido a fenómenos físicos e hidráulicos, influenciados por los factores que gobiernan la transferencia de masa. La adherencia es debida a fenómenos de acción superficial que son influenciados por parámetros físicos y químicos.

Los mecanismos que pueden realizarse el transporte son:

- Cernido
- Sedimentación
- Intercepción
- Difusión
- Impacto inercial.
- Acción hidrodinámica.

Los que pueden realizar la adherencia son:

- Fuerzas de Van der Waals.
- Fuerzas electroquímicas.
- Puente químico.

Cuál de ellos es el que controla el proceso de filtración ha sido asunto de largos debates. Es indudable que no todos necesariamente tienen que actuar al mismo tiempo y que, en algunos casos, la contribución de uno o varios de ellos pueden hacer para retener el material suspendido, es quizás despreciable.

Pero hay que tener en cuenta dada la complejidad del fenómeno, más de un mecanismo deberá entrar en acción para transportar y adherir los diferentes tamaños de partículas al medio granular.

2.13 Medios filtrantes

El entendimiento de las características físicas del medio granular del medio filtrante es un paso esencial para la comprensión general del proceso de filtración. Se discutirán todos los medios filtrantes usados en la remoción de hierro y manganeso.

2.13.1 Manganeso greensand

El manganeso greensand o simplemente greensand se ha utilizado durante varias décadas en la remoción de Fe y Mn. El greensand es de color verde oscuro producido de la glauconita (ver figura 2.3). La glauconita $((K,Na)(Fe^{3+},Al,Mg)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2)$ es cubierta sintéticamente con una delgada capa de MnO_2 , algunas partículas adquieren un color verde, y de ahí el nombre de greensand (tierra verde).

El manganeso greensand tiene un tamaño efectivo de 0.3 – 0.35 [mm], un coeficiente de uniformidad menor que 1.60, y una gravedad específica aproximada de 2.4.



Figura 2.3: Muestra de manganeso greensand.

2.13.2 Modos de operación con greensand

El modo de operación típico para los tratamientos con greensand involucra la preoxidación seguida por una filtración. En esta secuencia, llamada regeneración continua, se adiciona un agente oxidante fuerte como el KMnO_4 antes del filtro de greensand. En teoría, la oxidación tanto del Fe y del Mn a formas insolubles se realiza para que estos complejos sean retenidos por las acciones físicas del filtro (colado, cribado, tamizado, etc.). Cualquier partícula de Fe o Mn que no fue oxidada, posiblemente debido a una baja dosificación de oxidante, es adsorbida sobre la superficie del $\text{MnO}_2(\text{s})$ como se ilustra en la figura 2.4.



Figura 2.4: Absorción de los iones de Mn^{+2}

Operando de este modo, el medio filtrante acumula sólidos, los cuales luego son removidos durante el retrolavado. La inherente adherencia de la mayoría de los compuestos de Fe y Mn hace que su remoción en el retrolavado con agua se torne una tarea dificultosa. Es por ello que los fabricantes recomiendan el uso de aire en el retrolavado. La adición de aire genera turbulencia y por lo tanto, las arenas se restriegan entre ellas quedando más limpias. Debido a que un exceso en el restregado de la arena puede llevar a la remoción de la cubierta de MnO_2 se recomienda el uso de aire en bajas cantidades, por cortos intervalos de tiempo,

intervalos infrecuentes o una combinación de los tres. El mantener el medio filtrante limpio es la clave para el correcto funcionamiento del proceso de filtración y extender la vida de la cama filtrante.

Otro modo de operación involucra la oxidación del hierro y del manganeso seguido de la adición extra de cloro o permanganato con el fin de regenerar la superficie del greensand. En este modo se debe alimentar un exceso de oxidante que además de satisfacer la demanda de oxidación debe permitir la regeneración de la superficie de MnO_2 . Normalmente el exceso de permanganato en el afluente es del orden de 0.05 [mg/L] tornando el agua ligeramente rosada.

2.13.3 Regeneración del greensand

Bajo cualquier modo de operación de remoción continua de Fe y Mn, el greensand requiere de una regeneración. Los fabricantes recomiendan la regeneración continua para aquellas aguas donde el principal objetivo es la remoción del hierro con o sin presencia de manganeso. Este método involucra la suficiente alimentación de permanganato de potasio o cloro para satisfacer la demanda química, incluyendo la regeneración de sitio sobre el MnO_2 ocupados por la adsorción de iones de Fe y/o Mn.

La experiencia ha demostrado la necesidad de una cuidadosa dosificación debido a que el efluente de algunos filtros tiene un ligero color rosado que contiene altos niveles de manganeso, incluso más altos que los encontrados en el agua cruda a tratar. Este efecto es resultado de un exceso de alimentación de regenerante para la cama del filtro que presenta poca demanda de regeneración. Debido a que el porcentaje de manganeso en el KMnO_4 es cercano al 35%, cualquier sobrealimentación de este resulta en elevadas concentraciones de manganeso residual en el agua final.

Para la dosificación de Cl_2 , se recomienda satisfacer toda la demanda química y dosificar un exceso con el fin de mantener una cantidad de cloro residual en el agua y cumplir con las regulaciones de la autoridad referente a la calidad del agua entregada.

Una investigación realizada en 1991 por William R. Knocke llegó a las siguientes conclusiones:

- La adsorción de Mn(II) por MnO_x(s) es muy rápida. La cinética de adsorción y la capacidad de absorción se ve incrementada con el incremento de pH en la solución.
- En ausencia de oxidante durante la filtración, la remoción de Mn(II) es únicamente por medio de la adsorción. No existe evidencia que sustente una reacción de auto-oxidación entre el Mn(II) adsorbido y la superficie de MnO_x(s) en el rango de pH examinado ...
- Cuando existe la presencia de cloro libre, la superficie de MnO_x(s) es continuamente regenerada, promoviendo una remoción eficiente de Mn(II) por extensos periodos de tiempo.

2.13.4 Antracita

La antracita es el carbón mineral de más alto rango y el que presenta mayor contenido en carbono, hasta un 95%. Es negro, brillante y muy duro (ver figura 2.5). Su densidad oscila entre 1,2 y 1,8 [gr/cm³].

El uso de una capa de carbón antracita es una decisión importante porque ayuda a reducir la carga de sólidos, dando como resultado carreras mas largas de filtración. El tamaño efectivo, el coeficiente de uniformidad y la gravedad específica de la antracita son factores importantes. Una mala combinación de estos resulta en una mezcla entre los dos medios filtrantes y reduce el rendimiento en la remoción.



Figura 2.5: Muestra de carbón antracita

El usar una capa de carbón antracita antes de la capa de greensand tiene dos beneficios. El primero resulta de que las partículas de carbón son tres veces más largas que las partículas de greensand (0.9 [mm] comparado con 0.3 [mm]). Debido a esta diferencia, el espacio entre las partículas es significativamente mayor, de esta manera la capa de antracita puede retener una mayor cantidad de material filtrado antes de ser saturado, evidentemente la capacidad de greensand es menor por el menor tamaño de las partículas del medio filtrante.

El espacio entre las partículas del medio granular se designa como área vacía o área vacante (también se le conoce como porosidad de cama). La cantidad de material filtrado o retenido necesario para llenar el área vacante se conoce como la capacidad de contención de sólidos del medio filtrante. La antracita puede retener mucho más precipitados que el greensand por lo tanto el flujo de agua debe ser restringido. Comúnmente, los filtros de carbón que cuentan con un tamaño efectivo de 0.7 – 0.8 [mm] tiene un volumen de hueco de aproximadamente 60%, mientras que el de greensand es de 35-40%. Por lo tanto, si únicamente el filtro estuviera compuesto de una cama de greensand, para procesar una mayor cantidad de agua sería necesario trabajar a altas presiones corriendo el riesgo de fracturar las partículas de greensand.

El segundo beneficio radica en los espacios vacíos de la antracita, la cual entrega un lugar para la floculación de los óxidos de Fe y Mn. El pretratamiento del agua cruda ayuda a la filtración (con la adición de cloro o permanganato de potasio). Como el hierro sufre un cambio químico durante la oxidación, éste usualmente

forma partículas sólidas que tienden a formar racimos lo suficientemente grandes para ser atrapadas por el medio filtrando. Como las partículas oxidadas de hierro se empujan a través de la capa de carbón, ellas chocan entre ellas, adhiriéndose conjuntamente con las partículas de carbón, donde son retenidas.

Si a los óxidos de hierro se les permitiera fluir a través de la capa de greensand, este tendería a recubrir las partículas del medio filtrante con óxidos de hierro todo el tiempo. El manganeso no podría ser adsorbido por el MnO_2 por encontrarse ocupados aquellos lugares y el greensand perdería gradualmente la capacidad de retención de manganeso.

2.13.5 Birm (Burgess Iron Removal Method)

Birm es el nombre comercial para un medio cubierto con dióxido de manganeso, que es capaz de actuar como oxidante y catalítico. Esto hace reaccionar el oxígeno disuelto del agua con el hierro y manganeso presentes, oxidándolos, y de esta manera precipitándolos (cambiarlos de estado soluble a particulado o suspendido) para luego retenerlos en la superficie del lecho. El birm es de color negro con un peso específico de 2 gr/cm^3 (ver figura 2.6).



Figura 2.6: Muestra de arena Birm

La fabricación del Birm es similar al proceso con el cual se fabrica el manganeso greensand. Mientras que el greensand tiene una densidad de $85 \text{ [lb/ft}^3\text{]}$ el birm tiene una densidad de $46 \text{ a } 50 \text{ [lb/ft}^3\text{]}$. Debido a su baja densidad, los retrolavados requieren de un estricto control.

Los fabricantes de Birm recomiendan usar solo aire en la oxidación previa a la filtración. En aguas subterráneas es común que el Fe y Mn se encuentren disueltos en sus estados divalentes debido a la presencia de CO_2 libre. El medio actúa como catalizador entre el oxígeno disuelto y los compuestos de Fe y Mn solubles, incrementando esta reacción y produciendo hidróxidos de hierro y manganeso que precipitan hacia su forma filtrable. Después del retrolavado el filtro está nuevamente listo para el servicio.

2.13.6 Anthrasand

El anthrasand es otro medio filtrante similar al greensand. La base del material es carbón antracita y tierra de sílice, como en una configuración de medio dual, es recubierto con una delgada capa de $\text{MnO}_2(\text{s})$. Una diferencia básica entre el anthrasand y el manganeso greensand es el método de aplicación de la capa de $\text{MnO}_2(\text{s})$. El anthrasand es colocado en un filtro, donde se sumerge en una solución de sal de manganeso durante un tiempo antes de adicionar KMnO_4 para oxidar el ión manganeso a su forma $\text{MnO}_2(\text{s})$.

El modo de operación recomendado sugiere iniciar la oxidación previa del agua cruda con permanganato de potasio antes de la filtración para luego ser removidos por el filtro. Cualquier partícula de Fe o Mn que no haya sido oxidada es adsorbida por la superficie del anthrasand. Por lo cual se debe mantener una alimentación de KMnO_4 para mantener el $\text{MnO}_2(\text{s})$ constantemente regenerada.

El anthrasand ofrece una inherente resistencia al desgaste debido a la dureza de su base de antracita y tierra de sílice. La baja pérdida de carga asociada con el diseño dual del medio es otra de sus ventajas.

Uno de los principales problemas en la producción de anthrasand es obtener una total oxidación del recubrimiento de $\text{MnO}_2(\text{s})$. Generalmente, la antracita y la tierra de sílice no tienen propiedades de intercambio iónico, como la glauconita que es la base del manganeso greensand.

Otro misterio es la razón por la cual la erosión por aire parece tener poco efecto sobre algunas arenas recubiertas naturalmente por $\text{MnO}_2(\text{s})$, mientras que el uso de aire remueve las capas superiores

2.13.7 Pirolusita

La pirolusita es MnO_2 pero de origen natural. Es producida a partir de mineral de $\text{MnO}_2(\text{s})$. El mineral es conminucionado a tamaños específicos necesarios para ser ocupado en procesos de potabilización de agua. Las partículas resultantes son piezas sólidas de $\text{MnO}_2(\text{s})$, eliminando la necesidad de sintetizar una capa de $\text{MnO}_2(\text{s})$ sobre cada partícula, como en el caso del greensand, el Birm y la anthrasand. Debido a que la pirolusita tiene una gravedad específica cercano a 4 (a modo de comparación la gravedad específica del greensand es de 2,4) se requiere de aire en el retrolavado para mantener las partículas de pirolusita diseminadas por toda la cama de arena. Debido a la alta gravedad específica de la pirolusita algunas plantas no pueden entregar el flujo de agua necesario en los retrolavados para fluidización y correcta limpieza de la cama. Por ellos se recomienda el uso de agua y aire en los retrolavados para una limpieza más efectiva. En algunas plantas se opta por iniciar el sistema de limpieza con aire seguido por un lavado con agua sola y luego un corto paso de aire para redistribuir la pirolusita en la cama.

Las partículas sólidas de $\text{MnO}_2(\text{s})$ resisten programas de retrolavados enérgicos incluyendo el uso de aire sin la preocupación de la erosión de la superficie. Cualquier erosión que se produzca sobre la superficie de la pirolusita solo expone una superficie de $\text{MnO}_2(\text{s})$ nueva.

Generalmente el permanganato de potasio no se usa en procesos en los que se utiliza pirolusita, aunque si es posible hacerlo. Usualmente, el agua cruda es aireada para remover gases no deseados como sulfuro de hidrogeno y es el agente oxidante del fierro. El Fe es posteriormente filtrado por una capa de carbón colocada por sobre la capa de pirolusita, si se desea un crecimiento de las partículas antes de la etapa de filtración es factible el uso de algún floculante. Con respecto al manganeso, este simplemente es removido por absorción.

Comúnmente se adiciona cloro al agua antes de que esta sea filtrada. Esta operación presenta dos ventajas, la primera consiste en que el cloro es un agente regenerativo de la superficie de la pirolusita. Y la segunda que a la salida del filtro el agua ya contiene una cantidad de cloro que ayuda a la desinfección del agua. Si debido al uso de cloro se forman compuestos de cloro indeseados se recomienda solo el uso de este en los retrolavados.

En resumen, los medios granulares que comúnmente se ocupan en la remoción de Fe o Mn son similares entre ellos ya que todos cuentan con una superficie de $\text{MnO}_2(\text{s})$. Lo que varía es el material base, pero la función de la superficie de $\text{MnO}_2(\text{s})$ es la misma, por lo que se puede establecer las siguientes conclusiones

- Todos los medios filtrantes tienen una superficie de $\text{MnO}_2(\text{s})$ excepto la antracita...
- En todos la capa de $\text{MnO}_2(\text{s})$ puede ser regenerada con Cl_2 o KMnO_4 .
- La superficie de $\text{MnO}_2(\text{s})$ debe ser mantenida limpia para sostener el proceso de remoción. La vida media está directamente relacionada con la eficiencia de los retrolavados, el diseño de los drenes inferiores y los procedimientos de operación de los retrolavados.
- En algunos casos, la vida media está directamente relacionada con la resistencia al desgaste de las partículas del medio.
- Se deben realizar estudios a escala piloto para cualquier medio para determinar la eficiencia de cada medio, duración de carreras y de mecanismos adecuados para la limpieza del medio.

2.14 Mejoramiento químico de la filtración

La adición de coagulantes y floculantes facilita la remoción de sustancias indeseadas del agua, en este caso Fe y Mn. Si el Fe y el Mn son oxidados a su forma insoluble, las partículas oxidadas pueden ser todavía muy pequeñas para ser atrapadas en el medio granular del filtro. En este caso, es necesaria la adición de productos químicos para aglomerar las partículas oxidadas en unidades más grandes para ser filtradas.

Como regla general, el medio filtrante debería ser capaz de remover sólidos suspendidos (incluyendo óxidos de Fe y Mn) mayores que 10 μm . Estudios indican que bajo un diseño apropiado y en óptimas condiciones de operación se puede remover la mayoría de las partículas que tengan un tamaño entre 5 a 10 μm . Las partículas que presentan un tamaño menor a 5 μm usualmente pasan a través del filtro y aparecen como Fe y Mn residual en el agua final.

Actualmente existe una gran variedad de coagulantes químicos, pero entre ellos presentan más similitudes que diferencias. Esto incluye a los coagulantes y floculantes.

Los coagulantes son químicos para neutralizar-desestabilizar la carga eléctrica superficial sobre el material particulado, permitiendo que ocurra la floculación. Los floculantes son químicos para la estabilización de flóculos compuestos por las mismas sustancias como resultado de un gran número de colisiones entre partículas coaguladas. Los flóculos pueden ser sedimentados o filtrados por medio de una filtración granular.

Por ejemplo, la mayoría de las impurezas encontradas en el agua –arcilla, material orgánico, etc.- tienen carga negativa en su superficie. Las sales de aluminio son hidrolizadas en el agua para formar especies iónicas con carga positiva que neutralizan las cargas negativas superficiales sobre las partículas, permitiendo la aglomeración. El aluminio continúa reaccionando para formar hidróxido de aluminio insoluble, una sustancia gelatinosa que atrapa las impurezas coaguladas. Sales de hierro se usan en ciertas ocasiones como coagulantes.

Ampliamente usados en las industrias de tratamientos de agua y a menudo muy utilizados en los procesos de remoción de Fe y Mn son los polímeros orgánicos. Estos productos pueden actuar como floculantes, coagulantes o ambos.

Los polímeros orgánicos se agrupan en polímeros aniónicos, catiónicos y no iónicos.

Los polímeros aniónicos tienen cargas negativas. Su dosificación no debe exceder 0.5 [mg/L], la dosificación típica es entre 0.1 – 0.3 [mg/L]. La sobre dosificación de polímero (mas de 10 [mg/L]) puede resultar en la aglomeración de las partículas del medio filtrante.

Los polímeros catiónicos tienen cargas positivas. La dosificación común es entre 2-10 [mg/L].

Los polímeros no-iónicos no tienen cargas. El floculo generado en agua fría es a menudo frágil y liviano, y la adición de algún polímero no-iónico en pequeñas dosis genera un floculo mas resistente a las roturas debido a la acción del mezclado, bombeado o alguna otra condición turbulenta.

Si el Fe no puede ser removido del agua por la filtración directa (oxidación, sedimentación, filtración), hay dos alternativas para poder realizarla, ambas requieren la adición de polímero antes de la filtración.

1. Si el Fe se encuentra como un complejo orgánico, este tendrá carga negativa. La oxidación por medio de O_2 (Aq) o Cl_2 puede cambiar del hierro de ferroso a férrico, aunque el ión férrico puede aun estar unido a su estructura orgánica y/o en forma coloidal. Un polímero catiónico neutralizaría la carga coloidal y permite hasta tamaños adecuados para la filtración.
2. Usando Cl_2 como oxidante a veces resultan hidróxido de hierro coloidal con carga positiva. Un polímero aniónico neutraliza la carga coloidal para permitir la floculación hasta tamaños adecuados para la filtración.

Los polímeros requieren de una dosificación cuidadosa debido a que tienen un potencial de aglomeramiento. En plantas que no disponen de aire o cuentan con poco flujo de agua para retrolavado se deben realizar estudios a escala piloto para observar y determinar los efectos sobre el medio filtrante del polímero y determinar la dosificación optima. Una mala evaluación de los impactos del polímero puede acortar drásticamente la vida útil del medio filtrante al apelsonar la arena sin posibilidad de recuperarla.

2.15 Relación de tamaño del medio

El diseño de la cama filtrante requiere la aplicación de una fórmula para encontrar una relación teórica entre los tamaños del medio antes de realizar estudios a escala piloto. La relación teórica es:

$$\frac{d_1}{d_2} = \left(\frac{\rho_2 - \rho}{\rho_1 - \rho} \right)^{0.667} \quad \text{Ec. 2.2}$$

Donde:

d_1 = tamaño de partícula del primer medio

d_2 = tamaño de partícula del segundo medio

ρ_1 = densidad de las partículas de tamaño d_1

ρ_2 = densidad de las partículas de tamaño d_2

ρ = la densidad del fluido (1.0 para el agua)

La aplicación de esta fórmula supone una elección correcta del primer filtro para un estudio a escala piloto. Esta también indica la necesidad por la compatibilidad de las gravedades específicas si un filtro requiere de un lecho profundo. La fórmula no toma en consideración los coeficientes de uniformidad de los dos medios.

2.16 Razón L/d

El diseño de la cama filtrante también requiere del cálculo de la razón L/d, la entre el tamaño del medio y la profundidad de lecho. El criterio global es:

$L/d \geq 1000$ con la adición de polímero como ayudante de la filtración

$L/d \geq 1500$ sin la adición de polímeros.

Donde:

L = profundidad de lecho mm

d = tamaño efectivo del medio, en mm

2.17 Consideraciones en la selección del medio

Para establecer los parámetros de diseños del filtro se deben considerar una serie de factores adicionales. Entre estos factores se encuentran:

- Naturaleza del agua a tratar. (nivel de contaminantes)
- La calidad del efluente.
- Tipos de procesos (regeneración continua o intermitente)
- Disponibilidad de equipos para trabajar (estanques, cañerías, válvulas, bombas, instrumentos, etc.)

Por lo tanto se deben realizar estudios detallados a escala piloto antes de finalizar un diseño o implementar mejoras a cualquier proceso de filtración.

2.18 Velocidad de retrolavado.

Se define como una adecuada velocidad de retrolavado a aquel flujo de agua a través del medio filtrante que permite alcanzar una limpieza óptima del medio granular. La velocidad en la cual se alcanza el punto óptimo de limpieza se define como la máxima velocidad de limpieza hidráulica. La máxima velocidad hidráulica es menor en agua fría que en agua caliente, debido a que la temperatura cambia la viscosidad del agua. Por lo tanto, las velocidades óptimas de retrolavado, especialmente de aguas superficiales, son menores en los meses de invierno que en los meses de verano.

Antiguamente, muchos fabricantes de medios filtrantes indicaban la velocidad de retrolavado sobre la base de cuanto se expandía el lecho filtrante durante el retrolavado. En las hojas de especificaciones determinaban la expansión de lecho entre un 35 a 50%.

Para calcular la velocidad de retrolavado en forma precisa se deben conocer datos tales como, el tamaño efectivo, coeficiente de uniformidad y gravedad específica del medio filtrante.

Si el lecho esta compuesto de dos o más tipos de arenas, el retrolavado debe fluidizar efectivamente todo el lecho aproximadamente a la misma velocidad de flujo. Por ejemplo, si el greensand se fluidiza a 30 [m/h] (12.5 [gpm/ft²]), el topping de carbón debería ser seleccionado con un tamaño efectivo, coeficiente de uniformidad y gravedad especifica de tal forma que permita su fluidización a velocidades menores que la del greensand. Con esa práctica se mantiene el carbón como topping del greensand. Debido a que el carbón debiera ser lo más grueso posible, si se selecciona carbón con una alta gravedad específica se corre el riesgo de mezclarse con el greensand.

2.19 Flujo de aire en el retrolavado

Otra alternativa a usarse durante del retrolavado, es el uso de aire de forma de restregar la arena y alcanzar niveles de limpieza adecuados. Las mejoras producidas por el uso de aire son indiscutidas pero aun no se establece un consenso único con respecto a cual es el flujo de aire necesario.

Los fabricantes de manganeso greensand recomiendan el uso de agua-aire como una opción, usando tasas de 4.1 – 10.2 [(L/s)/m²] para el aire y de 9.8 – 12.2 [m/h] (4 – 5 [gpm/ft²]) para el agua.

Valores empíricos respaldan tasas entre 12.7 y 20.3 [(L/s)/m²] de aire. Se requiere el uso de tasas altas cuando el material filtrante tiene una alta gravedad específica como los filtros de arena y en aquellos filtros donde la profundidad de lecho exceda los 90 [cms]. Como regla general la caída de presión a 15.2 – 17.8 [(L/s)/m²] es de 28-40 [kPa]. A estas tasas el material no presenta una alta velocidad de erosión, esto es tanto en filtros de arena, carbón y greensand.

2.20 Tecnologías alternativas de remoción.

2.20.1 Eliminación de Hierro y Manganeso por ablandamiento

El hierro y el manganeso pueden ser eliminados en forma efectiva, junto con la dureza, ya sea en un ablandador de agua zeolita o como parte de un proceso de ablandamiento con ceniza de soda/de cal o calizo.

2.20.2 Eliminación con ablandador zeolita

Un ablandador de agua zeolita llega a eliminar hasta varios miligramos por litro o ppm de Fe y Mn. El flujo a ser ablandado se bombea hacia un filtro a presión que contiene una zeolita escogida, el cual elimina tanto la dureza como los cationes libres de Fe y Mn. Los iones son ligados a la zeolita, el cual eventualmente consume toda su capacidad de intercambio de cationes. La regeneración se realiza mediante un retrolavado del medio con una solución salina, por lo general preparada con cloruro de sodio (NaCl). Los iones de Fe y Mn dejan el filtro en el enjuague del flujo de desperdicio, los iones de sodio los reemplazan en el medio.

Una restricción importante requiere que no se agreguen oxidantes al agua en su camino hacia el ablandador. Sino, puede ocurrir una oxidación química del Fe y el Mn, obstruyendo la zeolita o impregnándolo con productos de oxidación.

2.20.3 Eliminación por ablandamiento con ceniza de soda/cal

Cuando el agua es ablandada usando procesos de ablandamiento con ceniza de soda/cal o de cal, se elimina por completo el Fe y el Mn. Al agregar cal o ceniza de soda el pH del agua se eleva a 10 si solo se desea eliminar el calcio o se eleva a pH 11 si se desea que los iones manganesos y ferrosos se van a precipiten como hidróxidos de hierro y manganeso. Este precipitado se elimina junto con el sedimento del carbonato de calcio principalmente. En este proceso, el Fe y el Mn se oxidan por O_2 a Fe^{+3} y el Mn^{+4} (aunque el Mn podría también ir a Mn^{+3}) antes del paso de ablandamiento. Por lo general, permanecen niveles

insignificantes de Fe y Mn, y no se necesita un tratamiento de eliminación de Fe y Mn adicional.

2.20.4 Secuestro o separación del hierro y el manganeso

El secuestro a menudo se usa para evitar la oxidación del Fe y el Mn dentro del sistema de distribución. Este tratamiento ayuda a mantener el sistema limpio y el agua libre de turbiedad y color negro y/o rojo indeseables en forma temporal.

El proceso de separación no elimina ni el Fe ni el Mn, pero reduce el color y la turbiedad asociado a su presencia. El proceso implica la adición de un agente secuestrador, como el silicato de sodio junto con el cloro, o polifosfatos junto con el cloro. Estos agentes retardan la formación de turbiedad y color importantes causados por la oxidación gradual del Fe y el Mn dentro del sistema de distribución.

En la separación del Fe con silicato de sodio, se agrega primero el cloro para oxidar el hierro, cambiándolo desde la forma ferrosa a la forma férrica coloidal. El uso de silicato de sodio o un polifosfato responde a la necesidad de estabilizar el coloide, manteniéndolo de tal forma que no cause ninguna turbiedad o color aparente.

Como regla general, la separación del Fe y Mn debiera ser llevada a cabo solamente siguiendo un análisis de costo-beneficio y pruebas piloto in-situ, o en comparación con un sistema similar. Por lo general, la separación intenta lidiar con pequeñas cantidades de Fe y Mn dejadas después de realizar otros procesos de eliminación (tales como la oxidación/filtración o la adsorción). El costo de separar muchos mg/L de Fe y lo que sea sobre 0.5 [mg/L] de Mn en el agua con alta dureza debería compararse con los procesos de eliminación de Fe y Mn antes de la separación.

Dependiendo de la calidad del agua cruda y de la condición del sistema de distribución, la tasa de descarga de separador requerida puede llegar a ser tan alta que no convenga económicamente. Los costos deberían ser calculados y

comparados con aquellos requeridos para otros métodos de remoción, como parte de un estudio piloto para determinar la practicidad del uso de separadores.

2.20.5 Métodos biológicos para eliminar hierro y manganeso

El hierro y el manganeso pueden ser eliminados también con medios biológicos en vez de los medios químicos/físicos. Este método ha sido usado en forma exitosa en un gran número de plantas de tratamiento de aguas en Europa, África y otras partes. Sin embargo, el tratamiento biológico requiere condiciones y calidades de agua cruda específicas, y no todas las aguas subterráneas o de superficie pueden ser tratadas con esta técnica en forma económica. En cambio cuando es posible realizarlo, el tratamiento biológico ofrece costos de capital y operación mas bajos comparados con los procesos químicos/físicos. Además, produce menos desperdicio lo cual permite una evacuación y desagüe sin problemas.

Las habilidades de ciertos tipos de bacteria para absorber/adsorber Fe y Mn disuelto reduciéndolos al usar acciones catalíticas/enzimáticas, se conoce hace tiempo. El proceso de tratamiento biológico facilita el crecimiento y la mantención de grandes colonias de estas bacterias, por lo general adentro de un filtro, donde ellas puedan actuar sobre el Fe y el Mn disuelto. La acción bacteriana oxida al Fe y al Mn, y los depósitos resultantes son atrapados en los alrededores del filtro. Este proceso es por lo general rápido, con tasas de filtración substancialmente más altas que aquellas para procesos de tratamiento físico/químicos. El éxito va a depender si se dan las condiciones ambientales correctas dentro del filtro para permitir que se desarrolle y se mantenga una colonia fuerte de la bacteria más beneficiosa. Sin embargo, debido a que se requieren condiciones ambientales diferentes para cada tipo de bacteria que elimina el Fe y el Mn, el tratamiento del agua que contenga ambos elementos requiere de un proceso en dos etapas. Por lo general, una etapa de biofiltración inicial elimina el hierro y una segunda etapa de biofiltración elimina el Mn.

Muchas bacterias oxidan el hierro ferroso a la forma férrica, haciendo que precipite. La bacterias que realizan esta función mas comúnmente encontradas

son; *Gallionella*, *Leptothrix*, *Crenothrix*, y *Siderocapsa*. Por lo general las bacterias oxidan al hierro usando uno de estos dos procesos:

- Oxidación intercelular (es decir, la oxidación dentro de las células bacteriales) por acción enzimática.
- Oxidación extracelular (es decir, la oxidación fuera de las células bacteriales) por acción catalítica de los polímeros excretados.

La eliminación biológica del Mn emplea un proceso similar a aquel utilizado para la eliminación biológica del Fe. Ambos oxigenan el agua cruda entrante, ambos oxidan el metal (en este caso el Mn) a través de la acción de bacteria, y ambos filtran hacia fuera lo precipitado. Sin embargo, las condiciones ambientales necesarias para sustentar las bacterias apropiadas difieren, así que la eliminación del Mn debe ser hecho en forma separada de la eliminación de Fe.

2.20.6 Eliminación de hierro y manganeso in-situ

La eliminación in-situ involucra la eliminación de Fe y Mn en el terreno alrededor de un pozo de producción. El proceso es relativamente nuevo, con solo algunas instalaciones de operación en Europa y los Estados Unidos, pero tiene el potencial de ofrecer un enfoque simple de efecto-costo al problema del Fe y el Mn en el agua potable.

Un oxidante, generalmente aire, se disuelve en el flujo del agua de recarga, la cual es luego inyectada en el terreno alrededor del pozo de producción, ya sea, volviendo a bombear a través del pozo de producción o a través de pozos de recarga adyacentes. El agua de recarga rica en oxidantes causa que el Fe y el Mn formen superficies de hidróxidos en los granos de la tierra del alrededor, creando una zona de tratamiento. La recarga esta entonces terminada, y el agua subterránea rica en Fe y Mn es extraída a través de esta zona ya que es bombeada desde el pozo de producción. Las superficies de hidróxidos adsorben los iones ferrosos y manganosos, reduciendo las concentraciones de Fe y Mn disueltos. Cuando la zona de tratamiento llega a agotarse, es decir, pierde su capacidad de adsorber el Fe y el Mn, se reactiva mediante la inyección de agua de recarga oxidada. Este ciclo de recarga/remoción es repetido según la

necesidad. La duración de cada ciclo se determina por el volumen del agua que puede ser extraída del pozo de producción antes de que el Fe y el Mn alcancen niveles superiores a 0.3 [ppm] de hierro y 0,05 – 0,1 [ppm] de manganeso.

2.20.7 Flotación por aire disuelto

La flotación por aire disuelto (DAF) no es un proceso para eliminar el Fe en sí. Sin embargo, como en la sedimentación, elimina los precipitados que se forman seguido de la oxidación del Fe y Mn disueltos por agentes tales como la aireación, Cl_2 , KMnO_4 , y O_3 .

Primero se oxidan el Fe y el Mn y se deja tiempo suficiente para que se complete la reacción de oxidación. Luego, se agrega al agua un coagulante causando el precipitado del Fe y el Mn, durante la precipitación los coloides tienden aglutinarse formando grumos.

Mientras el agua “agrumada” ingresa a la célula DAF, se inyecta burbujas de aire microscópicas al flujo, donde ellas se adhieren a las partículas de grumo. El grumo sube a la superficie sobre las burbujas de aire, donde forma una escoria espesa. La escoria se remueve a intervalos regulares usando paletas giratorias. El agua limpia entonces deja la célula DAF por la salida inferior. Para que el proceso sea realmente eficiente se requiere de burbujas de aire extremadamente pequeñas.

El proceso DAF es más rápido que la sedimentación, así que las células DAF son substancialmente más pequeñas que construir estanques de una capacidad de igual flujo. Sin embargo, DAF trabaja mejor con aguas de baja turbiedad que contienen algunas materias orgánicas como las algas.

La experiencia con DAF ha demostrado que el proceso elimina fácilmente los precipitados de Fe, especialmente aquellos precipitados ligados orgánicamente. El método DAF elimina los precipitados de Mn en bajas concentraciones, pero encuentra dificultades para eliminar altas concentraciones de Mn, ya que los

precipitados no siempre flotan fácilmente. En estos casos, primero se debe eliminar el Fe usando una dosis baja de oxidante, seguido de DAF.

2.20.8 Microfiltración

El uso de la microfiltración en la remoción de Fe y Mn es una tecnología reciente que se está utilizando principalmente en ciertas zonas de Estados Unidos. La separación por membranas permite apartar fragmentos de materia desde partículas macroscópicas desde bacterias hasta iones y/o moléculas. La figura 2.7 muestra una planta de microfiltración instalada de planta Franklin ubicada en la ciudad de Boston, Estados Unidos.



Figura 2.7: Zona de microfiltración en planta Franklin, Boston

Una membrana se define como una barrera selectiva que separa dos fases. La selectividad es una propiedad intrínseca del material que la compone, permitiendo la separación de ciertos compuestos químicos presentes en una disolución. Si bien esta definición se ajusta perfectamente a las membranas de origen natural que controlan el flujo de nutrientes y otros químicos desde y hacia la célula, existe un área de estudio muy amplia que analiza el desarrollo de operaciones de separación utilizando membranas sintéticas.

Una parte importante de este tipo de acciones lo componen las operaciones de filtración, en las cuales la membrana permite separar especies que fluyen a través

de ellas impulsadas por una diferencia de presión. El filtro o membrana separa los componentes por diversos mecanismos entre los cuales pueden darse el flujo de tipo viscoso a través de poros de un cierto tamaño o la disolución de ciertas especies a través de una membrana densa no porosa.

Cuando se realiza una filtración para separar cierto tipo de partículas, la separación misma implica la acumulación de aquellas partículas que no son capaces de pasar a través de filtro, formándose una especie de “torta” que disminuye la productividad del proceso. Para asegurar tiempos de operación prolongados con funcionamiento continuo, se utiliza la configuración en flujo cruzado. Así, la corriente de alimentación que ingresa a los módulos de filtración es separada en dos flujos:

- **Permeado:** La corriente pasa a través de la membrana y tiene un contenido reducido de aquellas partículas o moléculas que no son capaces de atravesar la membrana.
- **Concentrado:** La corriente es rechazada por la membrana y contiene el total o gran parte de especies que no son capaces de pasar a través de la membrana.

La figura 2.8 muestra un esquema de general del funcionamiento de la planta Franklin ubicada en Boston, EE.UU. A su vez la figura 2.9 nos presenta muestras de agua en distintas etapas del proceso de microfiltración

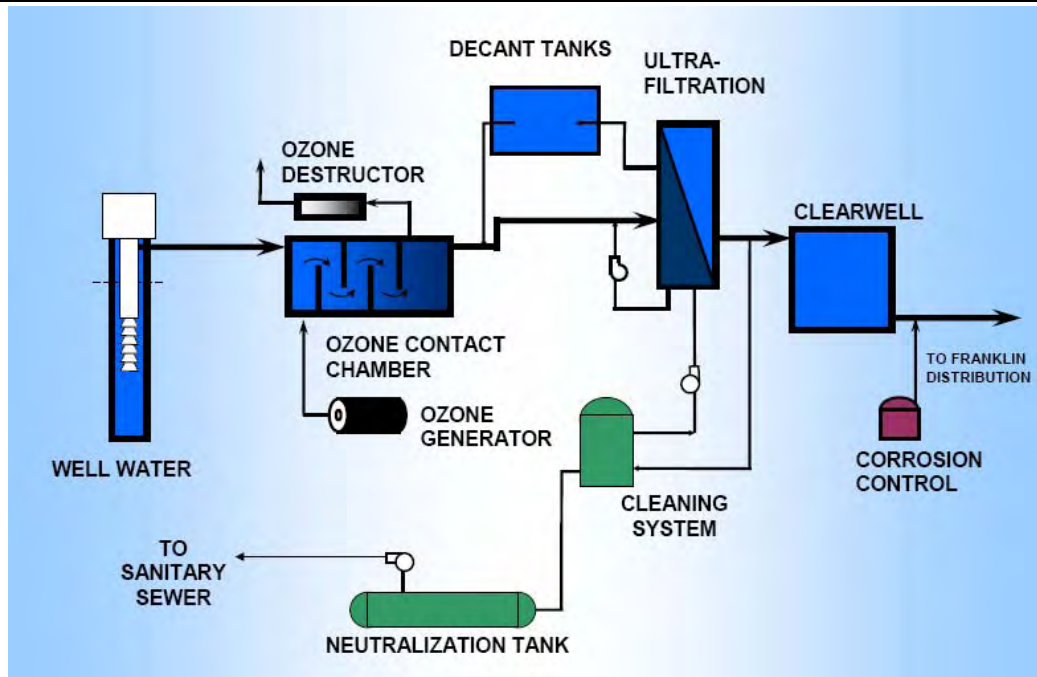


Figura 2.8: Diagrama de flujo de la planta Franklin, Boston

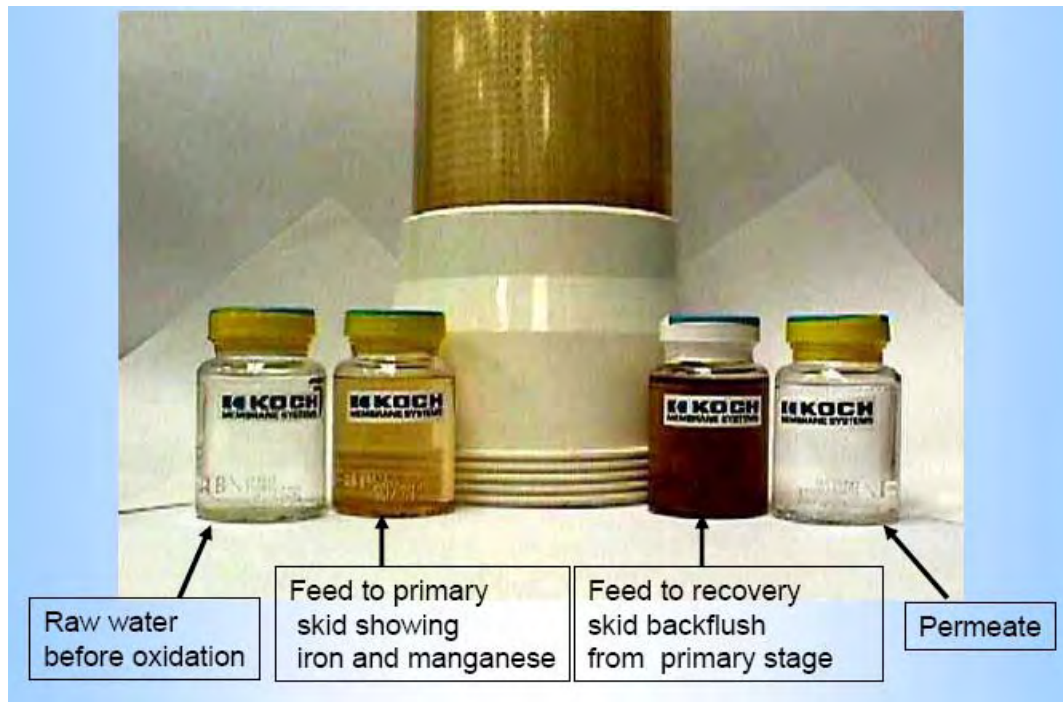


Figura 2.9: Muestras de agua en las diferentes etapas del proceso de microfiltración.

CAPITULO 3 – SITUACION ACTUAL

El presente capítulo presenta la historia de la planta potabilizadora, partiendo desde su construcción hasta la actualidad. Se entregan datos de diseño y costos de las instalaciones. Se realiza un análisis general sobre equipos y aspectos referentes al funcionamiento de la planta.

3.1 Inicios

Debido a que en el lugar donde se realizaría la construcción y montaje del proyecto Delayed Coker Complex no existe una red cercana de agua potable se optó por la opción de cavar un pozo con el fin de extraer agua para el abastecimiento tanto de la faena como de las oficinas de administración previo permiso escrito por la refinería de petróleo.

La excavación del pozo mas su habilitación fue ejecutada por la empresa Marcelo Labrin Perforaciones en octubre de 2005 por un valor de \$5.850.000 + IVA, el producto ofertado consistió en la construcción de un pozo de 30 [m] de profundidad de 200 [mm] de diámetro en acero más una bomba sumergible marca Lowara de 7.5 [HP], la figura 3.1 muestra la bomba separada en 3 partes. Los cálculos efectuados por la empresa de perforación, del pozo se pueden extraer un caudal de 6 [L/s] o 21,6 [m³/h].



Figura 3.1: Bomba de pozo profundo - Lowara

3.2 Diseño y Montaje de la planta

El diseño de ingeniería y montaje de la planta fue adjudicado a la empresa Ingeniería y Construcción San Ignacio LTDA. Entre los datos que se requirieron en su momento por la empresa para el diseño de la planta están:

- Análisis químico y microbiológico del agua.
- Población total.
- Instalaciones a las cuales suministrar agua.

3.2.1 Análisis Químico

Los análisis fueron realizados por el laboratorio de salud ambiental perteneciente al Servicio de Salud del Ambiente – Región Metropolitana el 16 de noviembre de 2005. De los resultados entregados por el laboratorio se descubre que los niveles de fierro y manganeso contenidos en el agua de pozo superan la norma chilena NCh409/1Of2005. La tabla 3.1 nos muestra una comparación entre la concentración máxima permitida por la norma y los valores encontrados en el agua de pozo.

Elemento	Valor Medido	Valor Máximo (NCh409/1Of2005)
Fierro	1,07 [mg/L]	0,3 [mg/L]
Manganeso	1,23 [mg/L]	0,1 [mg/L]

Tabla 3.1: Concentración de contaminantes

Con respecto al análisis microbiológico este concluyó que los niveles de microorganismos encontrados están bajo los niveles permitidos por la normativa y por lo tanto solo es necesaria la adición de cloro en el agua para su potabilización.

3.2.2 Población total

Este valor fue entregado por la empresa DSD Construcciones y Montajes S.A. y corresponde a una estimación del máximo total de personal que se encontrará en

faena. El valor entregado por la empresa fue de 650 personas. Basado en parámetros de diseño de instalaciones de faena se debe estimar el consumo diario de agua por persona entre 100 – 150 [L/día]. Este valor considera el gasto de agua en baños y duchas, consumo personal, alimentación.

Entre las instalaciones a las cuales se les debe suministrar agua se encuentran:

- Baños y Duchas del personal de terreno.
- Baños de Oficinas de Administración.
- Casino.

El consumo de agua generado por los dos primeros ítems está considerado dentro del consumo diario por la población flotante (100 – 150 [L/día]). Por lo tanto solo queda el consumo efectuado por el casino para labores de limpieza. Este valor se estima en 40 [L/m²]. El área ocupada por el casino es de 330 [m²].

3.2.3 Consumo total diario

El consumo total diario se obtiene sumando el consumo diario de la población y el consumo diario del casino. Este cálculo se detalla en la tabla 3.2.

Ítem	Cantidad (Pers.)	Consumo/día [L]	Total [L] / día
Población	650	150	97.500
Casino	330	40	13.200
Total			110.700

Tabla 3.2: Cálculo del consumo total diario

3.3 Instalaciones de aguas servidas.

Estas instalaciones fueron diseñadas y montadas por la empresa Ingeniería y Construcción San Ignacio LTDA. Las instalaciones consisten principalmente en una planta de tratamiento de aguas servidas y un estanque separador de grasas.

3.4 Costo

El precio total de la oferta realizada por la empresa Ingeniería y Construcción San Ignacio LTDA. Se detalla en la tabla 3.3.

ITEM	COSTO
PLANTA TRATAMIENTO AGUAS SERVIDAS, AEROBIC-650	22.450.000
ESTANQUE SEPARADOR DE GRASAS	230.000
SUMINISTRO E INST. SISTEMA DE AGUA POTABLE	5.087.052
TOTAL	27.767.052 + IVA

Tabla 3.3: Costo inicial de las instalaciones

Cabe destacar que en el ítem titulado “suministro e inst. sistema de agua potable” estaba considerado el precio de la instalación de la planta abatidora de fierro y manganeso. Debido a problemas de cumplimiento por parte de la empresa San Ignacio LTDA. esta solo alcanza a instalar el sistema de distribución y quedó pendiente lo referente a la planta abatidora de Fe y Mn.

Debido al fallo en el cumplimiento en lo ofertado por la empresa San Ignacio, se opta adquirir con otra empresa una planta abatidora de Fe y Mn con el fin de suministrar agua potable a la faena.

La empresa selecciona fue Kogan Química S.A. Basados en el análisis químico realizado con anterioridad, Kogan ofrece un sistema de abatimiento consistente en un sistema de oxidación-filtración para 5 [m³/h] por un valor de \$2.850.000 + IVA.

3.5 Planta abatidora actual

La planta ofertada por Kogan se puede dividir en dos partes principales

- Extracción y dosificación de reactivos
- Zona de filtros y estanques.

Esta división se puede apreciar en la figura 3.2.

Planta Potabilizadora de Agua
DSD – Delayed Coker Complex

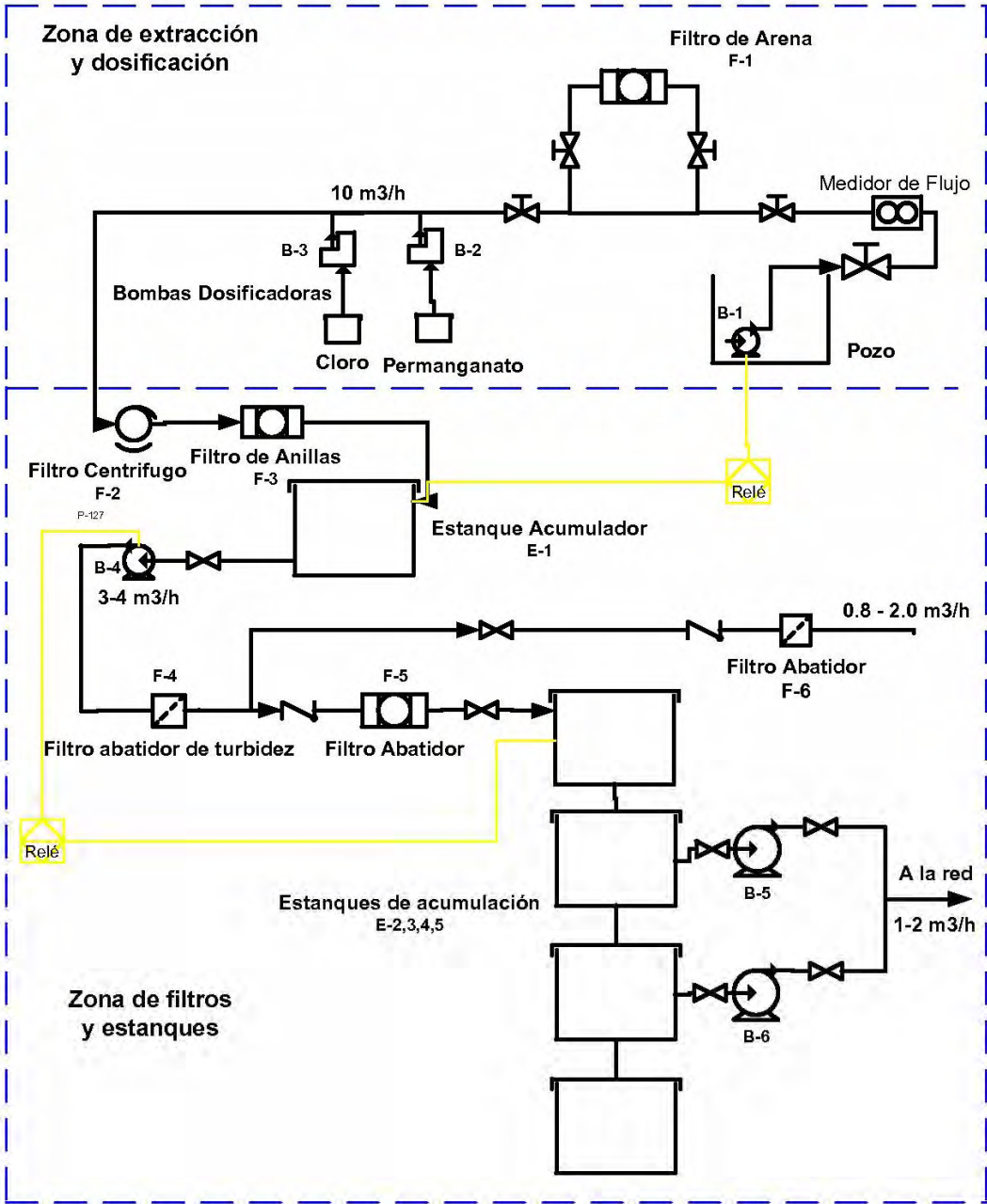


Figura 3.2: Diagrama de flujo de la planta actual.

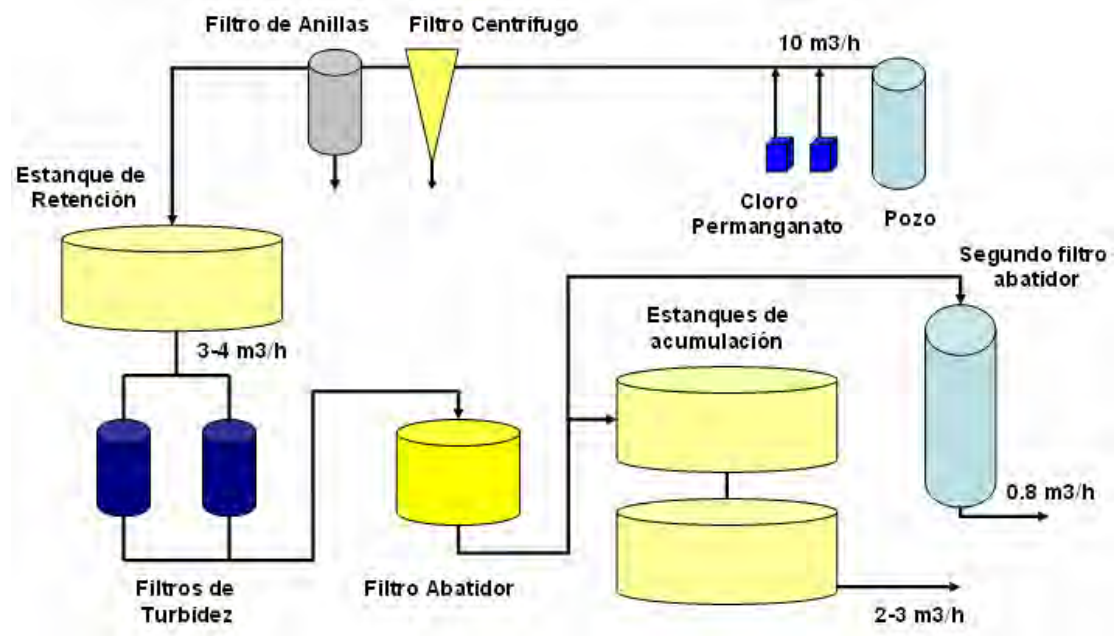


Figura 3.3: Diagrama de flujo simplificado de la planta actual

La figura 3.3 entrega una visión simplificada del sistema actual. En ella se puede apreciar los equipos principales, direcciones y cantidad de flujo.

3.5.1 Bomba de pozo profundo (B-1)

Como se menciona al comienzo del presente capítulo, la extracción del agua de pozo se realiza por medio de una bomba sumergible (B-1) o tipo lápiz marca Lowara de 7.5 [HP]. Actualmente esta bomba entrega un flujo de 10 [m³/hr] de agua cruda.

3.5.2 Filtro de Arena (F-1)

Es un filtro fabricado en acero de múltiples capas, es de aproximadamente de 1 metro de diámetro. La información con que se cuenta de este filtro es escasa debido a que fue diseñado por personal de DSD que en la actualidad ya no trabaja en la empresa.

El objetivo con el cual este filtro fue construido era la de retener algas y partículas de arena gruesa provenientes del agua bombeada del pozo y de esa manera alivianar el trabajo de los filtros abatidores en las etapas posteriores. La figura 3.4 nos muestra el filtro de arena mencionado



Figura 3.4: Filtro de arena

En el filtro se puede apreciar que la entrada del efluente es por el costado del cabezal superior y su salida se encuentra también por un costado del cabezal superior, cosa muy extraña debido a que en la práctica los filtros tienen su entrada por el cabezal superior y la salida del efluente es por el cabezal inferior. Este diseño tiene como principal problema la ineficacia de la etapa de retrolavado, lo que se ha traducido en que el filtro se encuentre obstruido y inutilizable en la actualidad.

3.5.3 Bombas dosificadoras (B-2, B-3)

Para la dosificación del permanganato se utiliza una bomba magnética de membrana (B-2). Esta bomba es capaz de entregar un caudal de 7 litros/minuto a una presión de 10 bares. El caudal de la bomba está determinado por la posición de la perilla de regulación ubicada en su panel frontal, esta regula de manera lineal el número de impulsos por minutos del magneto.

El nombre comercial del permanganato de potasio utilizado en la oxidación es Koganperk-C, este se utiliza para oxidar fierro y manganeso presentes en el agua.

Los cristales o gránulos son de color púrpura oscura con un brillo metálico, a veces con una tonalidad a bronce oscuro. Tiene un gusto astringente y es inodoro.

Para la dosificación del cloro se usa una bomba de diafragma serie “F-MA” de Kogan (B-3). Esta bomba es capaz de entregar un caudal de 1,5 litros/minuto a una presión de 12 bares. Ver figura 3.5



Figura 3.5: Bombas dosificadoras

Koganclor-10 es el nombre comercial que Kogan le da a una solución al 10% de hipoclorito de sodio. El propósito de ocupar el cloro en esta parte del proceso es:

- Oxidación del hierro.
- Bactericida
- Mantener un nivel mínimo de cloro de 0.2 ppm en los puntos de consumo final.

La preparación de la solución de permanganato se realiza disolviendo 2 [Kg] de sal de permanganato de potasio en 200 [L] de agua. En el caso del cloro se disuelven 40 [L] de hipoclorito de sodio al 10% en 160 [L] de agua.

3.5.4 Filtro centrífugo (F-2)

Después de la inyección de los químicos, el agua pasa a través de dos filtros antes de ser acumulada en un estanque de retención. Estos filtros son del tipo centrífugo y de anillas. Posteriormente el agua pasa a través de los filtros

abatidores de turbidez y el filtro abatidor de Fe y Mn para ser finalmente depositada en los estanques de acumulación.

El filtro centrífugo es un filtro de operación en línea marca Cintropur modelo NW 75. Su carcasa es de policarbonato transparente, lo que permite observar la acumulación de arena, posee un una válvula de purga de 1/2" que permite la eliminación de impurezas, como la arena, por el fondo. Cuenta con 2 conexiones tipo NPT de 75 [mm], el flujo máximo de operación es de 30 [m³/hr] con una presión máxima de trabajo de 16 [bar]. (Ver figura 3.6)



Figura 3.6: Filtro centrífugo

El flujo del agua que entra se transforma en un remolino, mediante la hélice centrífuga. Las partículas grandes precipitan hasta en el fondo del recipiente donde son eliminadas a través de la válvula de purga. Dependiendo del tamiz filtrante, que puede variar de 5 μ a 300 μ , asegurará la filtración en función de la finura elegida.

3.5.5 Filtro de anillas (F-3)

Los filtros de anillas tienen el mismo campo de aplicación que los filtros de malla aunque los dispositivos de funcionamiento son diferentes. Este filtro es de filtración por anillas de limpieza manual. Cuenta con una conexión NPT de 3", con un caudal máximo de 40 [m³/hr] y una presión de trabajo máxima de 10 [Kg/cm²]. Este equipo al tener un sistema de filtración por medio de anillas permite la retención de las partículas de menor tamaño que no fueron removidas por el filtro centrífugo (ver figura 3.7).



Figura 3.7: Filtro de anillas

3.5.6 Estanque de retención (E-1)

Es un estanque fabricado en fibra de vidrio reforzado con una capacidad de 5000 litros, de modelo tronco cónico, con un diámetro superior de 2,37 [m], diámetro inferior de 1,8 [m] y altura de 1,83 [m]. Actúa como estanque de recepción, del agua proveniente de los filtros removedores de arena. El objetivo de este estanque de acumulación es la de retener el agua y entregarle mayor tiempo para que ocurra las reacciones de oxidación. El tiempo de retención para este estanque es aproximadamente 1,5 [h]. Ver figura 3.8



Figura 3.8: Estanque de retención

3.5.7 Bomba de estanque de retención (B-4)

El agua acumulada en este estanque es extraída desde el fondo por una bomba centrífuga y transportada hacia los filtros eliminadores de turbidez y posteriormente al filtro abatidor de Fe y Mn. La bomba es marca REGGIO modelo STM 100, potencia 1[hp], flujo de 20-130 [L/min] y altura de 33-12,5 [m]. (Ver figura 3.9).



Figura 3.9: Bomba del estanque de retención

3.5.8 Filtros de turbidez (F-4)

Son dos filtros colocados en forma paralela, fueron fabricados en poliéster y cuentan con una multiválvula de 6 vías. Están constituidos por varias capas, arenas de tres granulometrías distintas, antracita y greensand no activado. Su altura es de 1,6 [m] y un diámetro de 65 [cm]. (Ver figura 3.10). La función de estos filtros es la reducción de la turbidez. Cuantitativamente hablando estos filtros reducen la turbidez de 20 [NTU] a 7 [NTU]



Figura 3.10: Filtro abatidor de turbidez

3.5.9 Filtro abatidor de manganeso (F-5)

El filtro esta fabricado en poliéster. Esta equipado con una válvula de 6 vías. Corresponde a un filtro dual, esta compuesto por greensand activado y antracita. Su velocidad de filtración varía entre 5 y 12 [m³/m²/h]. Con un caudal máximo de 5 m³/h con una presión máxima de trabajo de 50 [psi]. Su altura es de 63 [cm] y su diámetro es de 75 [cm] (ver figura 3.11). Tiene un porcentaje de remoción para el Fe cercano al 29% mientras que para el manganeso tiene un porcentaje de remoción próximo al 15%.



Figura 3.11: Filtro abatidor de Fe y Mn

3.5.10 Estanques acumuladores (E-2,3,4,5)

Son 4 estanques fabricados en PRFV conectados entre si por el fondo. Cada estanque puede almacenar hasta 5.000 [L], por lo cual se pueden almacenar 20.000 [L] de agua para ser distribuida por el sistema. Estos estanques son de modelo tronco cónico, con un diámetro superior de 2,37 [m], diámetro inferior de 1,8 [m] y altura de 1,83 [m]. (ver figura 3.12)



Figura 3.12: Estanques acumuladores

3.5.11 Segundo filtro abatidor (F-6)

Como el problema de abastecimiento de agua es un problema grave, la empresa optó por la adquisición de un segundo filtro abatidor con la finalidad de abastecer de agua potable únicamente al casino y sus instalaciones para la preparación de los alimentos. Este filtro se encuentra ubicado a la salida de los filtros abatidores de turbidez.

Este filtro puede suministrar al casino un flujo de 0.8-2.0 [m³/h] de agua potable. Cuenta con una conexión de 1" y puede trabajar con una presión máxima de 60 [psi]. En comparación con el anterior filtro abatidor (F-5) se puede apreciar



Figura 3.13: Segundo filtro abatidor

las diferencias, principalmente, con su profundidad de lecho

3.5.12 Bombas de distribución (B-5, 6)

Estas bombas centrifugas son las encargadas de transportar el agua purificada de los estanques de acumulación a los puntos de distribución (baños, duchas, etc.). Son dos bombas, una de ellas esta en servicio mientras la otra es de respaldo. La marca de las bombas es PERROLLO, modelo CP25/200A, potencia 4 [hp], caudal de 50 – 250 [L/min], altura 56 – 33 [m]. Ver figura 3.14



Figura 3.14: Bombas de distribución

3.6 Medición de la concentración de contaminantes

El método utilizado para cuantificar la concentración de Fe, Mn y cloro libre en los efluentes se basa en la colorimetría. En si, la medición se realiza por medio de test específico para cada contaminante. El procedimiento básicamente consiste en extraer un volumen determinado de agua del efluente y aplicar reactivos para formar complejos coloreados y comparar el color obtenido con los tabulados.

En el caso del hierro primero adiciona una solución alcalina de enmascaramiento posteriormente se reducen todos los iones de hierro con hidroxilamonio dando iones de hierro (II) los cuales con una solución de 2,2`-bipiridina forman un complejo de color rojo. La concentración de hierro se determina semicuantitativamente por comparación visual del color de la solución de medición con las zonas de color de una probeta. La concentración máxima que se puede determinar con este método es de 50 [mg/L]

Para la medición de manganeso se agrega una solución alcalina de enmascaramiento, el manganeso reacciona con formaldoxima formando un complejo pardo rojizo. Este método se encuentra estandarizado por la norma DIN

38406-2. La concentración máxima que se puede determinar con el kit de medición es de 0,5 [mg/L]

Las deficiencias de utilizar esta metodología para la cuantificación de concentración de los contaminantes son principalmente su precisión y el criterio del operario que realiza la medición al momento de comparar el color obtenido con los tabulados. La precisión del método depende principalmente de la presencia de iones extraños en el agua reduciendo la selectividad de los reactivos utilizados para la formación de complejos.

Para solucionar estos inconvenientes se recomienda la utilización de dispositivos electrónicos especialmente diseñados para la medición de fierro y manganeso.

3.7 Problemas operacionales

A pesar de contar con el equipamiento necesario para realizar el proceso de oxidación-filtración con el fin de remover el Fe y Mn del agua, este objetivo no se cumple por diversos factores. En esta parte se detallaran los diversos problemas que afectan a la planta, cual es su origen y como se podrían solucionar.

3.7.1 Dilución y dosificación de reactivos

Ya en sus inicios la planta presentaba problemas de operación en la dosificación de reactivos. De acuerdo a las instrucciones entregadas por Kogan, para la preparación de la solución de permanganato es necesario disolver 5 [Kg.] de permanganato de potasio en 50 [L] de agua, por lo que la concentración de la solución era de 100 [g/L].

Si consideramos la solubilidad del permanganato a 20 [°C], temperatura promedio del agua al ambiente, esta es de 65 [g/L]. Claramente este valor es casi la mitad de la concentración a la cual se preparaban la soluciones de permanganato de potasio, por lo tanto, al momento de preparar la solución siempre quedaba sal remanente en el fondo.

Como consecuencia, la sal no disuelta era succionada por la bomba dosificadora y esto traía como resultado la obstrucción de esta, provocando continuas mantenciones. Otro problema generado por el exceso en la dosis de permanganato es la constante saturación del único filtro abatidor. Debido al remanente de sal en el estanque de preparación, esta era transportada por las bombas hasta los filtros donde la sal era retenida por el medio filtrante y saturaba el filtro en poco tiempo. Aproximadamente la carrera de filtración duraba entre 1 a 1,5 [h], siendo que una carrera optima debe durar entre 7 – 8 [h]. Actualmente, al momento de preparar la solución de permanganato, se diluyen 2 [Kg] de sal en 200 [L] de agua. Por lo tanto, se propone hacer un estudio experimental para determinar la concentración óptima de permanganato de potasio al momento de preparar la solución.

Otro problema se deriva del agua utilizada durante la preparación de los reactivos. El agua utilizada es la proveniente del efluente producido en la planta potabilizadora. Esta agua, aparte de contener restos de Fe y Mn que no fueron abatidos, también presenta una alta dureza (450 ppm). Por lo cual, al momento de preparar las soluciones de KMnO_4 y NaClO , el Fe y Mn remanentes se oxidan formando precipitados que tapan los ductos de inyección de las bombas de dosificación.

En el caso del estanque de cloro, para preparar la solución de utiliza hipoclorito de sodio al 10% que trae consigo la inclusión de soda cáustica. Este compuesto se ocupa para estabilizar el hipoclorito y reacciona con los bicarbonatos formando carbonatos, que a su vez, reaccionan con el ión calcio o magnesio presente en el agua formando un precipitado de carbonato de calcio o magnesio (ver figura 3.15). Por lo tanto, se recomienda la utilización de un equipo ablandador de agua para disminuir la dureza del agua destinada a la preparación de las soluciones de permanganato de potasio y cloro.



Figura 3.15: Sombrero formado por coloides en el estanque de cloro

3.7.2 Filtro abatidor de Fe y Mn

El gran problema de la planta, es la imposibilidad de producir agua potable. Esto se debe en gran medida a la baja eficiencia del filtro abatidor de fierro y manganeso.

Las mediciones de concentración realizadas al efluente del filtro, y por ende, del agua que se distribuye a baños, duchas, etc. presenta una concentración de fierro cercana a 1 ppm y una concentración de manganeso mayor a 0,35 ppm.

La imposibilidad del filtro de abatir el Fe y Mn es por dos razones principalmente. Los diseñadores recomiendan para la remoción de fierro y manganeso que la tasa de filtración debe estar entre 4,9 [m³/m²h] - 9,7 [m³/m²h] o 2 - 4 [gpm/p²]. Los cálculos efectuados en terreno determinaron que para el caudal de diseño (5 [m³/h]) la tasa de filtración es de 15 [m³/m²h] aproximadamente.

El que la tasa de filtración de diseño sea mayor que la tasa recomendada repercute en la calidad del agua de salida, ya que, la velocidad con la que el agua atraviesa la arena del filtro es muy alta y por lo tanto la remoción de los coloides generados por la oxidación del fierro y manganeso se ve disminuida.

Pero la planta actualmente procesa 3 [m³/h]. Realizando el cálculo correspondiente se obtiene que la actual tasa de filtración se reduce a 9.04 [m³/m²h], el cual es un valor que está dentro del rango de la tasa recomendada, pero de igual forma el agua obtenida no alcanza los límites exigidos por la normativa chilena.

Este punto se puede explicar por la profundidad de lecho. La profundidad de lecho recomendada para estos filtros es de 1 a 1,2 [m]. El actual filtro tiene una profundidad de lecho aproximada a 40 [cm]. El tener una profundidad menor afecta al tiempo de contacto entre el afluente y la arena, por ende, la retención de coloides se ve disminuida afectando la calidad del efluente.

Por lo cual la opción recomendada sería diseñar un nuevo filtro que cumpla con el objetivo de remover los contaminantes.

3.7.3 Estimación de la población

Otro problema que se presenta es el subdimensionamiento de la planta debido a una mala estimación inicial de la población. Cuando recién comenzaba el proyecto, se estimó que el número máximo de trabajadores sería de 600 personas. Pero durante el proyecto la población excedió por mucho el valor estimado inicialmente, llegando en noviembre de 2007 a más de 2000 trabajadores. Ver figura 3.16.



Figura 3.16: Cantidad de personal en el tiempo

Este subdimensionamiento trae como problema, que en los momentos pick, los estanques destinados a acumular agua potable se vacíen, cosa que nunca debiera ocurrir.

Para subsanar este problema es necesario realizar una nueva estimación de la población debido a que la empresa tiene proyectos futuros en la refinería de Concón, obviamente seguirá utilizando las instalaciones de faena ya existentes.

3.7.4 Variación de parámetros del pozo

Ante la imposibilidad de producir agua potable, la empresa DSD Construcciones y Montajes S.A. envió una carta de reclamo a Kogan S.A. con el fin de entregar soluciones a la problemática. Kogan realizó un análisis al agua de pozo a través de un laboratorio externo. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.4.

Parámetros Físicos	Metodología	Limite Máximo	Limite de Detección	Valor Medido
Turbiedad (UNT)	Nefelométrico	5	0,1	20
Color (Pt - Co)	Platino - Cobalto	20	-	Aparente 105 - Real 15
Olor	Organoléptico	Inodoro	-	Inodoro
Sabor	Organoléptico	Insípido	-	-

Parámetros Químicos	Expresión	Metodología	Limite Máximo (mg/l)	Limite de Detección	Concentración Medida (mg/l)
Amoniaco	N-NH ₃	Electrodo Especifico	1,5	0,02	5,15
Arsénico	As	E.A.A. Generación de Hidruros	0,01	0,002	< 0,002
Cadmio	Cd	E.A.A. Aspiración Directa	0,01	0,005	< 0,005
Cianuro	CN ⁻	Electrodo Especifico	0,05	0,02	< 0,002
Cloruros	Cl ⁻	Argentométrico	400	1,4	142,5
Cobre (Total)	Cu	E.A.A. Aspiración Directa	2	0,01	< 0,01
Compuestos Fenólicos	Fenol	E.A Molecular	0,002	0,001	< 0,001
Cromo (Total)	Crt	E.A.A. Aspiración Directa	0,05	0,03	< 0,03
Flúor (Total)	F ⁻	Electrodo Especifico	1,5	0,05	0,7
Hierro (Total)	Fe	E.A.A. Aspiración Directa	0,3	0,03	6
Magnesio (Total)	Mg	E.A.A. Aspiración Directa	125	0,2	28,16
Manganeso (Total)	Mn	E.A.A. Aspiración Directa	0,1	0,02	1,17
Mercurio	Hg	E.A.A. Vapor Frío	0,001	0,0005	< 0,0005
Nitratos	N-NO ₃	Electrodo Especifico	50	0,9	10,21
Nitritos	N-NO ₂	E.A. molecular	3	0,01	< 0,03
Razón Nitrato + Nitrito	-	Calculo	1	-	0,21
Plomo	Pb	E.A.A. Aspiración Directa	0,05	0,02	< 0,02
Sólidos Disueltos Totales		Gravimétrico	1500	10	1139
Selenio (Total)	Se	E.A.A. Generación de Hidruros	0,01	0,003	< 0,003
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	Gravimétrico con Secado	500	6	260,1
Zinc (Total)	Zn	E.A.A. Aspiración Directa	3	0,04	0,66
Valor Medido					
pH 27°C		Potenciómetro	6,5 - 8,5	-	7,1

Tabla 3.4: Resultados de análisis externo.

De la tabla 3.4 se observa que la concentración de Fe (6 ppm) es muy superior a la medida en el año 2005 (1,07 ppm). Según Kogan este aumento en la concentración de fierro sería el principal responsable del mal funcionamiento de la planta. Por lo tanto, se hace necesario realizar estudios experimentales para determinar la concentración de Fe y Mn reales.

3.7.5 Instrumentación

Otro aspecto que se puede mejorar, es el método de cuantificación de la concentración de los contaminantes. Actualmente el operario de la planta para

determinar la concentración de los contaminantes utiliza un sistema basado en colorimetría. Si bien es cierto, que por este método se puede determinar la concentración de Fe y Mn en el efluente, no sirve para determinar la concentración de Fe y Mn en el agua cruda por encontrarse estos valores fuera del rango de detección, por lo cual, es imposible detectar la variación de Fe y Mn en el efluente y realizar los ajustes requeridos.

Considerando las limitaciones que posee el método colorimétrico, se recomienda la adquisición de un equipo electrónico de detección de Fe y Mn, ya que entrega mayor rapidez, autonomía, sencillez y precisión.

Otro punto que se puede mejorar, es la medición de flujos. Actualmente existe un único medidor de flujo a la entrada del tanque de retención. Claramente es necesario contar con más equipos de medición en distintas partes de la planta, como por ejemplo:

- A la salida de la bomba de pozo.
- A la salida del estanque de retención.
- A la entrada del segundo filtro abatidor.
- A la salida de los de las bombas de distribución.

3.8 Costos

Debido a que la planta no es capaz de entregar agua potable, se ha incurrido la compra de agua potable envasada. Esta solución aunque resuelve en parte el problema de contar con agua potable es una solución poco eficiente debido al alto costo del agua envasada. La tabla 3.5 nos muestra el gasto que ha incurrido la empresa en agua purificada a partir de enero de 2007.

FECHA	PROVEEDOR	DESCRIPCION	CANT	P.U. NETO	COSTO
ene-07	AGUASODA LTDA.	AGUA PURIFICADA	530	1.500	795.000
ene-07	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	212	1.800	381.600
ene-07	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	800	1.800	1.440.000
ene-07	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	1.000	1.800	1.800.000
mar-07	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	1.000	1.800	1.800.000
mar-07	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	1.000	1.800	1.800.000
abr-07	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	900	1.800	1.620.000
jun-07	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	800	1.585	1.268.000
ago-07	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	1.000	1.585	1.585.000
ago-07	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	2.000	1.585	3.170.000
sep-07	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	2.000	1.585	3.170.000
oct-07	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	2.000	1.585	3.170.000
nov-07	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	2.000	1.585	3.170.000
nov-07	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	2.000	1.585	3.170.000
dic-07	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	2.000	1.585	3.170.000
feb-08	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	2.000	1.585	3.170.000
abr-08	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	2.000	1.585	3.170.000
may-08	MANANTIAL S.A.	AGUA PURIFICADA	2.000	1.585	3.170.000

TOTAL	41.019.600+IVA
--------------	-----------------------

Tabla 3.5: Valores mensuales de compra de agua embotellada

Fuente: Departamento de Control de Costo

Claramente el seguir con esta solución, en el largo plazo, es una decisión errónea debido al alto costo mensual en agua purificada.

3.9 Resumen

La planta presenta una serie de puntos que se puede mejorar. Estos son:

- Calidad del efluente
- Determinación de la concentración de los reactivos ocupados para oxidar.
- Aumento en la cantidad de agua tratada.
- Instrumentación

CAPITULO 4 – SELECCIÓN Y DISEÑO DE PROCESO

Como se vio en el capítulo 2 existen varios métodos efectivos en la remoción de Hierro y manganeso, los cuales podemos clasificar en:

- Oxidación-Filtración.
- Intercambio Iónico.
- Secuestración o Inhibidores.
- Biológicos.
- In situ.
- Flotación.
- Ultrafiltración.

Como es obvio cada método tiene asociadas restricciones, equipamiento necesario, costos, ventajas y desventajas, etc., que hará que la balanza se incline finalmente por uno.

Para decidir cual es el método mas apropiado para la remoción de Fe y Mn para el proyecto es necesario como primer paso conocer los principales parámetros físicos y químicos del agua que debemos tratar además de otros requerimientos necesarios que deben cumplir las instalaciones.

Entre tales requerimientos tenemos:

- Volumen de agua a tratar.
- Usos
- Desmontaje, traslado y almacenaje.

4.1 Requerimientos.

Un aspecto importante de consideración para la selección de un método de remoción es la cantidad de agua a tratar. Para ello se considera aquellas zonas que debe abastecer.

- Oficinas de Administración (baños y cocina)
- Casino
- Baños de personal (Duchas, lavamanos)
- Baños de personal externo (Duchas, lavamanos).

Para determinar el flujo de agua tratar es necesario considerar que el diseño no tomará la cantidad máxima de personas que trabajaron en el proyecto “Delayed Coker Complex”, sino que se basará en las estimaciones de personal para los proyectos futuros que DSD Construcciones y Montajes tiene planificados en refinería. Estas proyecciones consideran un máximo de 1500 personas trabajando en faena, esto incluye tanto personal de terreno como administrativo.

En las instalaciones de faena, independiente del trabajo a realizar, se tiene como consideración que para cada trabajador de la obra es necesario contar con 100 – 150 [L/día]. Además también se debe considerar el consumo de agua por parte del casino para efectos de limpieza de sus instalaciones por lo que se proyecta un consumo de 40 [L/(m²*día)] para el casino.

La tabla 4.1 nos muestra el cálculo proyectado total de agua a potabilizar en la faena.

Ítem	Cantidad de Trabajadores	Consumo/día [L]	Total [L]
Población	1500	150	225.000
Casino	330	40	13.200
Total			238.200

Tabla 4.1: Proyección del volumen diaria de agua a tratar

Con este valor proyectado ya se puede determinar en forma preliminar la cantidad de agua a tratar por hora. Para ello se divide el consumo total por 24[h] y obtenemos un consumo proyectado de 9.925 [m³/h].

Un factor a considerar es la utilización que se le dará al agua proveniente de la planta. Estos son:

- Casino: Se utilizara en la preparación de los alimentos y limpieza de las instalaciones por lo cual se necesitara tanto agua fría como caliente.
- Baños: En los baños principalmente los de personal de terreno se destinara a inodoros, lavamanos y duchas, por lo cual se debe contar con agua fría y caliente.

Otro aspecto no menor que debe ser considerado es referente al desarme y traslado de la planta a otras instalaciones de faena donde se presente la necesidad de potabilización de agua o su estancia en bodegas de la empresa en espera de ser nuevamente utilizada.

Por lo cual los componentes de la planta deben ser fácilmente desmontables y que no presenten problemas de almacenamiento tanto de equipos como de reactivos químicos.

4.2 Determinación de parámetros físicos y químicos

Aparte de los requerimientos mencionados, es necesario determinar los parámetros químicos y físicos tales como:

- Concentración de Fe y Mn.
- pH
- Turbiedad
- Temperatura.
- Dureza.

Estos estudios experimentales se realizaron en la Escuela de Ingeniería Química de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y se midieron parámetros tales como:

4.2.1 Concentración de Fe y Mn

Aunque ya se contaba con datos referentes a la concentración de Fe y Mn, estos eran antiguos y además muy dispares entre sí. Por ello, se decide que lo mejor es medir nuevamente las concentraciones de los contaminantes.

La muestra a analizar fue extraída directamente del pozo, sin reactivos oxidantes. Los procedimientos utilizados para la toma de muestra, son los que se detallan en la NCh409/2.Of2004, “Agua potable – Parte 2: Muestreo”.

La concentración de los contaminantes se determinó por medio un equipo de absorción atómica. Los resultados de los análisis se muestran en la tabla 4.2.

Contaminante	Concentración [ppm]	Método de Cuantificación	Limite Máximo
Fierro	1.41	Absorción Atómica	0.3 ppm
Manganeso	1.73	Absorción Atómica	0.1 ppm

Tabla 4.2: Concentración de contaminantes

4.2.2 pH

La medición de pH se realizó utilizando un pH-metro digital arrojando un valor de 7.2.

4.2.3 Turbidez

La turbidez se determinó por medio de un turbidímetro digital. El valor entregado para el agua de pozo fue de 22 NTU.

4.2.4 Temperatura

La temperatura fue el único parámetro que se midió directamente en terreno con la ayuda de un termómetro de mercurio. La temperatura medida fue de 18 [°C].

4.2.5 Dureza

La determinación de dureza fue realizada por la empresa Aguasin por medio de un método colorimétrico entregando un valor de 450 [ppm] expresada en carbonatos de Calcio.

La tabla 4.3 muestra un resumen de los parámetros del agua de pozo

Parámetros	Valor Medido
Fierro [ppm]	1,41
Manganeso [ppm]	1,73
pH	7,2
Turbiedad [NTU]	22
Temperatura [°C]	18
Dureza [ppm]	450

Tabla 4.3: Resumen de los parámetros del agua de pozo

4.3 Selección de alternativa

Para la eliminación del fierro y manganeso mediante la técnica de ablandamiento con zeolita o resinas, es necesario mantener ambos elementos en su forma ionizada. Este método presenta problemas principalmente cuando el Fe y el Mn se oxidan formando coloides que son retenidos en el lecho de zeolita impregnándola y obstruyéndola. Por lo tanto, para utilización de este método es necesario cuidar la instrucción de agentes oxidantes, como aire, en el agua cruda y de esa manera evitar la precipitación principalmente del fierro.

Lamentablemente para nuestro caso particular, este requerimiento es imposible de cumplir, debido a que las condiciones propias del pozo el agua extraída presenta coloides, principalmente de óxidos de fierro. Por lo tanto la

implementación de esta alternativa traería consigo una constante obstrucción de los filtros ablandadores.

Otra alternativa planteada fue el abatimiento del fierro y manganeso mediante cal. Si bien es cierto que la adición de cal se utiliza principalmente para el ablandamiento del agua, esta trae consigo un efecto beneficioso, como es el abatimiento del fierro y manganeso debido al aumento en el pH del agua. Para ello es necesario elevar la basicidad del agua hasta pH 11. El principal problema de esta alternativa es el requerimiento de sistema de dosificado y manejo de reactivos químicos, además del manejo de una gran cantidad de sedimentos. Por lo tanto, si el objetivo que se persigue es solo la eliminación de fierro y manganeso y no el ablandar agua, este proceso desde el punto de vista económico no es atractivo.

El método de secuestración o inhibición es poco atractivo de implementar debido a que es una solución temporal al problema con el Fe y el Mn. Por lo general, el efecto del agente separador dura mas tiempo que el agua que permanece en el sistema de distribución, pero si el agua tuviera que estar almacenada por unos días, podrían aun aparecer problemas asociados a la precipitación Fe y Mn.

Incluso después de la separación, el Fe puede precipitar en calentadores de agua como calefones o termos eléctricos provocando nuevamente problemas de color, olor y sabor en el agua. Además si los calentadores de agua no se limpian en forma rutinaria, pueden acumularse restos de precipitados de óxidos de fierro.

Los altos niveles de calcio y magnesio, es decir, la dureza del agua, merma la eficiencia del proceso. La adición de polifosfatos aumenta el nivel de nutrientes del agua por lo cual se debe vigilar la cantidad residual de cloro a través del sistema debido a que el aumento en el nivel de nutriente puede promover la reaparición de bacterias del tipo HPC.

Otro efecto indeseado proviene de la adición de silicato de sodio debido a que aumenta el contenido de sodio en el agua. Este efecto puede llegar a transformarse en una preocupación en cuanto a la dosificación de las aguas que

ya tienen niveles altos de sodio, en tal caso deberían ser usados otros agentes separadores. A las personas con ciertos problemas al corazón por lo general se les recomienda tomar agua baja en sodio.

Con respecto a la alternativa de remoción biológica esta presenta limitantes referentes a composición del agua cruda, supervisión constante y la adquisición de equipamiento extra que tornan esta alternativa poco atractiva desde el punto de vista económico.

Por ejemplo para una operación óptima en la remoción de hierro se requiere de un nivel de pH de 6.5 a 7.2, el oxígeno disuelto (OD) de 5 a 25 [ug/L] y una temperatura de 10 a 25 [°C]. Para alcanzar los niveles de oxígeno disuelto el agua cruda se oxida primero usando inyección de aire directa o aireación por cascada. El proceso debe evitar la sobre oxidación del agua cruda o se desarrollaran condiciones apropiadas para la eliminación física/química, especialmente con un pH mayor a 7. Este método requiere calibración precisa y monitoreo del proceso de oxidación.

Sin embargo, el agua cruda no debe contener cantidades destructivas de componentes tóxicos para las bacterias. Entre estos componentes se incluyen:

- Cloro (Cl_2) (por esta razón, la aplicación de cloro para desinfectar el agua debe ser después que se ha completado el proceso de eliminación biológica)
- El ácido sulfhídrico (menos de 0.01mg/L)
- Los metales pesados (por ejemplo, el zinc menos de 0.5 [mg/L])
- Amoníaco (NH_3)
- Los fosfatos
- Las materias orgánicas
- Los hidrocarburos

En nuestro caso el agua de pozo tiene una concentración de Zinc de 0,66 [ppm] y una concentración de amoníaco de 5,15 [ppm], por lo cual sería un ambiente destructivo para las bacterias y provocaría la extinción de las colonias.

Otra desventaja de un proceso biológico de remoción es el tiempo de puesta en marcha. Por ejemplo, cuando una planta nueva inicia sus funciones, la bacteria se empieza a desarrollar en forma natural, alcanzando niveles óptimos, en algunos casos, entre 2 a 3 días o una semana. Por lo tanto este método tiene un largo periodo para el crecimiento, adaptación y puesta en marcha.

Para la eliminación del manganeso se necesitan condiciones tales como un pH sobre 7.5, oxígeno disuelto (OD) mayor a 5 [mg/L], y un potencial de reducción de 300 a 400 [mV].

El agua cruda no debe contener material tóxico para las bacterias. La lista de componentes y sustancias tóxicas es similar a aquella utilizada para la eliminación biológica del Fe. Se requiere oxigenación previa para asegurar que el nivel de oxígeno disuelto (OD) es mayor que 5 [mg/L] dentro del biofiltro. La inyección de aire en línea, la oxigenación en spray o las torres de oxigenación en cascada son los métodos más comunes de oxigenación.

En el caso de la eliminación biológica del manganeso se requiere de una puesta en marcha mas larga de la que se necesita para la eliminación biológica del hierro debido a que el desarrollo de un número suficiente de organismos bacteriales puede llegar a tomar entre 2 a 8 semanas.

Por lo tanto, para la eliminación en conjunto del fierro y manganeso se requiere de un proceso de dos etapas. El proceso de tratamiento global incluiría aireación inicial y filtración para la eliminación biológica del Fe, una segunda aireación para elevar otra vez los niveles de oxígeno disuelto, ajuste del pH sobre 7.5 usando cal, ceniza de soda o soda cáustica, una filtración secundaria para la eliminación biológica del Mn, y finalmente algún modo de desinfección como el uso de cloro.

Otra alternativa planteada para la remoción de fierro y manganeso es la de remoción in-situ. Como se menciona en el capítulo 2 la eliminación in-situ involucra la eliminación de Fe y Mn en el terreno alrededor de un pozo de producción. El proceso es relativamente nuevo, con solo algunas instalaciones de

operación en Europa y los Estados Unidos, por lo que la información respecto a este método es relativamente poca.

Para la remoción in-situ se utiliza generalmente como oxidante oxígeno atmosférico que se disuelve en el flujo del agua de recarga, la cual es luego inyectada en el terreno alrededor del pozo de producción ya sea volviendo a bombear a través del pozo de producción o a través de pozos de recarga adyacentes. El oxígeno atmosférico puede ser inyectado de diferentes formas, incluyendo la inyección de aire forzado, es decir, usando un compresor de aire, aunque el método más confiable y simple es la inyección al vacío, en el cual el agua pasa rápidamente por un puerto de succión designado que succiona el aire dentro de la tubería tipo venturi.

Una de las complejidades de este método es determinar la ubicación exacta de los pozos de recarga. La ubicación debe tomar en cuenta los patrones de flujo dentro de la capa freática, la porosidad de la capa freática, es decir, cuán fácil el agua viaja a través de las formaciones de arena, gravilla o roca, y la necesidad de sacar toda la producción de agua a través de las zonas de tratamiento establecidas alrededor de los pozos de recarga.

Una desventaja de este proceso es el tiempo de puesta en marcha debido a que el Mn se demora más que el Fe en oxidarse, por ello los niveles de Fe soluble disminuyen rápidamente, mientras que la eliminación de Mn toma mucho más tiempo en alcanzar niveles deseables, tomando varios días incluso una semana.

Una de las características particulares de este método es el largo tiempo de tratamiento. El agua que se bombea para los consumidores debería tomar entre 24 a 48 horas en viajar a través de la zona de tratamiento. Este tiempo varía mucho de un pozo a otro, porque el tiempo que demora el agua en viajar depende de la composición de la capa freática. Las capas freáticas se componen de varias combinaciones de arena, gravilla, y roca, junto con otros materiales incluyendo tierras, carbones, etc.

Uno de los problemas principales de esta alternativa es la obstrucción de los poros de la capa freática por causa de los hidróxidos de Fe y Mn, causando una disminución progresiva en el desempeño de los pozos de recarga. Por ello un problema importante, durante la puesta en marcha, es la obstrucción frecuente de los pozos de recarga, particularmente cuando la calidad del agua de recarga puede ser muy mala, es decir, alto en Fe y Mn.

Otro problema de operación experimentado es la corrosión de la cobertura del pozo y del sistema de bombeo. Este proceso es acelerado por los altos niveles de oxígeno disuelto en el agua de recarga.

Entre otros factores que afectan el proceso están; la temperatura, la alcalinidad, el tiempo que le toma al agua para viajar a través de la zona de tratamiento y la presencia de componentes que reducen el oxígeno dentro de la zona de tratamiento. Por lo tanto, es recomendable realizar estudios a escala piloto para probar la conveniencia del proceso y determinar parámetros de operación y diseño apropiados.

Si bien los costos de operación del tratamiento in-situ son bajos debido a que no requiere químicos, no produce sedimento que requiera ser manipulado, y solamente necesita supervisión intermitente de un personal que lo opere. No es recomendable aplicarlo si las tasas de producción son menores de 1000 [L/min] debido al costo de establecer los pozos de recarga y los costos del sistema de bombeo y almacenamiento asociados. Ya este punto se podría desechar la posibilidad de utilizar esta tecnología, debido a que las tasas de producción son de aproximadamente 166 [L/min] y no se justificaría el estudio a escala piloto para determinar la ubicación de pozos de recarga, determinación de parámetros de operación y estudios de la capa freática.

Otra alternativa planteada es la flotación por aire disuelto o DAF. Si bien la tecnología de flotación de minerales no está diseñada para la eliminación de contaminantes, se puede utilizar perfectamente para la eliminación de hierro y manganeso.

Primero se debe oxidar el Fe y el Mn y se deja tiempo suficiente para que se complete la reacción de oxidación. Luego, se agrega al agua un coagulante como el alumbre, causando el precipitado del Fe y el Mn. Luego una suave agitación promueve la formación de flóculos (grumos), y los flóculos alcanzan con el tiempo tamaños que permiten una fácil eliminación. El agua “agrumada” ingresa a la celda de flotación, burbujas de aire microscópicas son inyectadas en el flujo, a ellas se adhieren los flóculos que ascienden a la superficie donde forman una escoria espesa. La escoria es removida a intervalos regulares usando paletas giratorias. Posteriormente el agua limpia entonces deja la celda de flotación por una salida inferior. Para que el proceso de flotación sea realmente eficiente se requiere de burbujas de aire extremadamente pequeñas, por lo que es necesario el contar con equipamiento capaz de satisfacer este requerimiento.

La experiencia con DAF ha demostrado que el proceso elimina fácilmente los precipitados de Fe, especialmente aquellos precipitados ligados orgánicamente. A veces encuentra dificultades para eliminar altas concentraciones de Mn, ya que los precipitados no siempre flotan fácilmente. En estos casos, se recomienda primero eliminar el Fe usando una dosis baja de oxidante, seguido de DAF. Para continuar con la eliminación del Mn por filtración/oxidación. Lamentablemente la concentración del manganeso en el agua de pozo de alta, por lo cual esta alternativa se torna poco atractiva desde el punto de vista técnico y económico debido a que podría eliminar el hierro de manera eficaz pero se requerirá de una segunda etapa en la eliminación del manganeso siendo que se podría perfectamente prescindir de la etapa de flotación y utilizar exclusivamente el método de oxidación/filtración tanto para el Fe como el Mn.

Otra excelente alternativa para la eliminación del hierro y manganeso es la microfiltración o ultrafiltración. Esta tecnología se encuentra en uso en algunas plantas de potabilización en Estados Unidos entregando muy buenos resultados. Su principal inconveniente es su alto costo de implementación y operación, sobre todo para tasas pequeñas de producción. Su uso se recomienda principalmente para plantas de abastecimiento municipales que proveen de agua potable a ciudades. Por lo tanto, bajo esa perspectiva es inviable la utilización de esta tecnología en nuestro proyecto.

Quizás la mejor alternativa de las comentadas anteriormente, es la de oxidación y filtración. Esta alternativa es ampliamente utilizada y difundida en el mundo por su simplicidad, eficacia y bajo costo. Básicamente para la utilización de esta alternativa se requiere la implementación de una etapa de oxidación, ya sea, utilizando aire, permanganato de potasio, cloro u ozono. Posteriormente la filtración puede realizarse en filtros a presión o por gravedad.

Esta configuración permite el tratamiento de un amplio rango de tasas de producción, sobre todo en tasas pequeñas, y el tratamiento de un amplio rango de concentración de contaminantes. Para ello es necesario realizar estudios experimentales para hallar la dosificación óptima de reactivos para producir la oxidación completa del Fe y el Mn.

Entre las principales atenciones que requiere está la de asegurar la limpieza de los filtros en la etapa de retrolavado, ya que de esto depende en gran medida el éxito del abatimiento de los contaminantes. Otra complejidad de esta alternativa es la utilización de un sistema de dosificado de reactivos y el manejo de reactivos químicos altamente oxidantes.

En conclusión y en base a todo lo expuesto anteriormente se considera que la mejor alternativa de ser implementada en el presente proyecto es la de oxidación/filtración debido a su bajo costo, facilidad de operación y bajo costo de instalación y mantención.

4.4 Estudios experimentales

Una vez seleccionado el método de remoción de Fe y Mn es necesaria la realización de estudios experimentales para determinar los parámetros de operación que aseguren la remoción eficaz de los contaminantes.

Si bien es cierto, que para el método de oxidación-reducción, datos como pH, flujo requerido, dureza, etc. son datos importantes para el diseño, lo mas importante es la información relacionada con la cantidad de reactivos necesarios para oxidar

completamente los contaminantes y la información relacionada con la cinética de reacción de oxidación.

En resumen, falta por determinar la cantidad necesaria de oxidante (cloro, permanganato) para oxidar los agente contaminantes (hierro, manganeso), y a su vez determinar cuanto tiempo demora la reacción en completarse.

Para el diseño de experiencias, se aplicó el procedimiento utilizado por Amlan Ghosh y Zaid Chowdhury en su trabajo “Iron and manganese precipitation control – use of alternative oxidants” realizado el año 2006.

El procedimiento consiste en adicionar cantidades determinadas de oxidante sobre alícuotas de agua cruda de pozo, se deja reaccionar las muestras durante 120 [min.], se filtra y se mide la cantidad de contaminante remanente en solución. Con los resultados se determina cual es la cantidad óptima de reactivo para oxidar por completo el Fe y el Mn.

Cuando se ha determinado la cantidad óptima de reactivo se procede a determinar la velocidad de reacción. El procedimiento consiste en adicionar la cantidad óptima de oxidante sobre alícuotas de agua cruda de pozo, estas se dejan reaccionar durante periodos de tiempo ya preestablecidos. Luego las muestras son filtradas y se les mide la concentración de contaminantes.

Los análisis fueron realizados en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Química de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

4.5 Selección de oxidante

Para esta experiencia, se preparó una solución de permanganato de potasio de 0,1 [g] de permanganato de potasio en 100 [ml] y se utilizó una solución de hipoclorito de sodio al 10%.

Se utilizaron 20 vasos precipitados, a cada uno se les agregó una alícuota de 50 [ml] de agua de pozo y se separaron en 4 grupos de 5 vasos. En los dos primeros grupos se midió la efectividad del cloro y permanganato para oxidar Fe y en los otros 2 grupos se midió la efectividad del cloro y permanganato para oxidar el Mn. (Ver figura 4.1)

En algunas investigaciones consultadas se concluye que la cantidad de oxidante, cualquiera de los dos, es menor a la dosis teórica, esto se explica por influencias externas como el aire, el cual por contener oxígeno también participa en la oxidación del Fe.

De acuerdo a las ecuaciones 4.1 y 4.2, para oxidar 1 ppm de fierro se requieren de 0,66 [ppm] de hipoclorito de sodio o 0,94 [ppm] de permanganato de potasio.

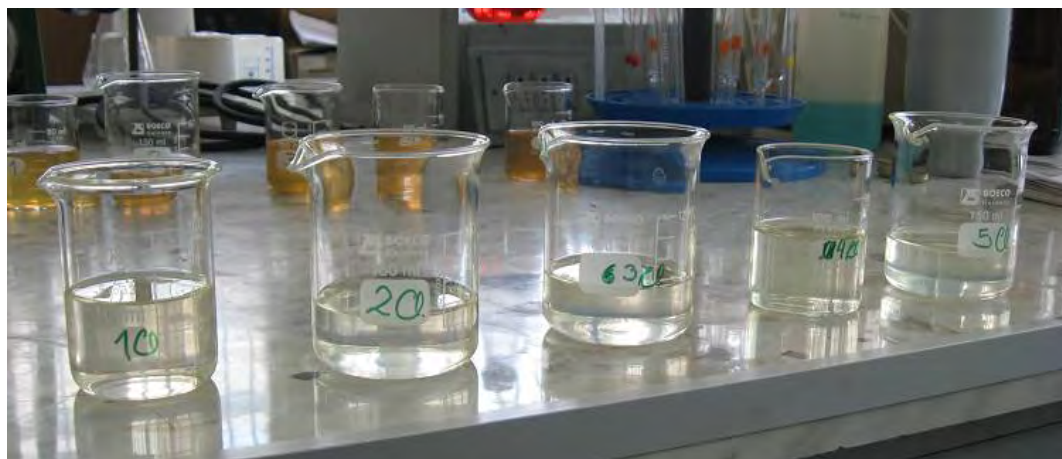
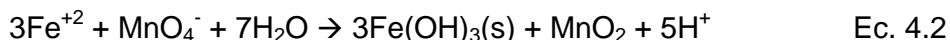
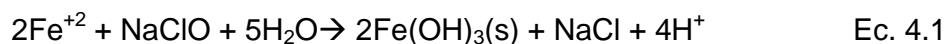


Figura 4.1: Determinación de eficiencia de oxidantes para Fe

Siguiendo el procedimiento, al primer vaso de cada grupo se agregó una cantidad, por separado, equivalente al 80% de la cantidad estequiométrica de oxidante. Al segundo vaso se adiciono la cantidad estequiométrica. En los vasos sucesivos se agregaron un 10%, 20%,30% de exceso de oxidante y todas las muestras fueron agitadas suavemente una vez.

Las muestras se dejaron reaccionar por 120 minutos entregándoles el tiempo necesario para que ocurra completamente la reacción. Si bien los investigadores* concluyen que la oxidación completa del hierro y el manganeso ocurre en pocos minutos se decide dejar reaccionar las muestras por 120 [min] debido a que se desconoce si hay presencia de compuestos orgánicos de hierro y manganeso o si existen otros compuestos que compitan con el Fe y el Mn por oxidante.

Las muestras son posteriormente filtradas y se procede a medir la concentración de Fe. La tabla 4.4 muestra los resultados obtenidos en laboratorio:

Oxidante	Muestra	Concentración Fe (ppm)	% respecto a dosis estequiométrica.
NaClO	1	0,0534	80%
	2	<0,0001	100%
	3	<0,0001	110%
	4	<0,0001	120%
	5	<0,0001	130%
KMnO₄	1	0,0432	80%
	2	<0,0001	100%
	3	<0,0001	110%
	4	<0,0001	120%
	5	<0,0001	130%

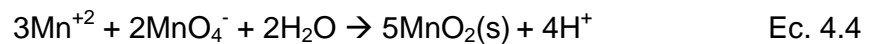
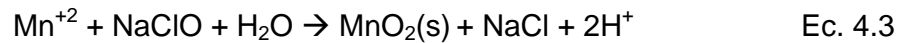
Tabla 4.4: Resultados de eficiencia de oxidantes para hierro.

Es fácil apreciar que tanto el cloro como el permanganato son excelentes oxidantes del hierro y la concentración mínima para lograr la oxidación completa

* Amlan Ghosh and Zaid Chowdhury, Iron and manganese precipitation control use alternative oxidants, 2006

es la dosis teórica. Un resultado inesperado que se observó durante la experiencia, es la reducción de turbidez en el líquido una vez filtrado. Se procedió a medir la turbidez de las soluciones y se encontró que éstas se habían reducido de 20 [NTU] en agua cruda a 2 [NTU] después de filtradas.

De acuerdo a las ecuaciones 4.3 y 4.4, para oxidar 1 ppm de manganeso se requieren de 1,35 ppm de hipoclorito de sodio o 1,92 ppm de permanganato de potasio.



Para la determinación de la eficiencia de oxidación del Mn se ocupó un procedimiento similar al anterior. Se tomaron los dos grupos de muestras restantes y se agregaron las alícuotas. Al igual que en caso anterior al primero se agregó un 80% de la cantidad teórica del oxidante, al siguiente se agregó la cantidad teórica y así aumentando sucesivamente hasta llegar a un 30% de exceso y todas las muestras fueron agitadas suavemente una vez. En el cálculo de la dosis teórica se debe tener presente, basado en la tabla de potenciales (tabla 4.6), que la primera reacción en ocurrir es la de oxidante-hierro, por lo cual, se debe considerar la cantidad estequiométrica necesaria para oxidar en primer lugar el Fe y posteriormente el Mn. Las muestras son posteriormente filtradas y se procede a medir la concentración de Fe. Al igual que el caso anterior se dejó reaccionar la solución durante 120 [min] de acuerdo a las razones mencionadas anteriormente. (Ver figura 4.2)



Figura 4.2: Determinación de eficiencia de los oxidantes para el Mn

La tabla 4.5 nos muestra los resultados obtenidos en laboratorio:

Oxidante	Muestra	Concentración Mn (ppm)	% respecto a dosis estequiométrica.
NaClO	1	1,359	80%
	2	1,2274	100%
	3	1,2215	110%
	4	1,2143	120%
	5	1,2157	130%
KMnO₄	1	0,2123	80%
	2	<0,0001	100%
	3	0.1747	110%
	4	0,3556	120%
	5	0,5278	130%

Tabla 4.5: Resultados de eficiencia de oxidantes para manganeso.

De los resultados obtenidos se desprende que:

- El cloro no sirve como agente oxidante del Mn, porque, a pesar de dar un tiempo razonable a la reacción y de agregar reactivo en exceso no se logra la remoción del Mn a niveles aceptables por la normativa.

- El permanganato es el mejor agente oxidante de los dos llegando incluso, en la muestra 2, a remover completamente el Mn.
- Se recomienda el uso exclusivo de permanganato como oxidante.
- Se recomienda exclusivamente el uso de cloro como desinfectante.
- Nuevamente se observa una reducción considerable de la turbidez después de filtradas las muestras.

Es interesante en este punto mostrar las semi-reacciones redox que forman parte en la oxidación de Fe y Mn, con permanganato de potasio o hipoclorito de sodio. El valor de los potenciales de reducción se muestra en la tabla 4.6.

Semi-reacciones	Potencial
$\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \leftrightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1.679 [V]
$\text{HClO} + \text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	1.482 [V]
$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Mn}^{+2} + 2\text{H}_2\text{O}$	1.224 [V]
$\text{Fe}^{+3} + \text{e}^- \leftrightarrow \text{Fe}^{+2}$	0.771 [V]

Tabla 4.6: Semi-reacciones redox

De acuerdo a los potenciales de reducción la reacción que primero ocurre es la oxidación del hierro por efecto del permanganato. También se puede determinar que el permanganato es un oxidante mas fuerte que el hipoclorito de sodio, por lo que seria correcto pensar que se puede utilizar únicamente permanganato como agente oxidante. El cloro se utilizaría como agente desinfectante.

4.6 Cinética de oxidación

Aclarada la duda respecto a la eficiencia de los reactivos, se abre una nueva interrogante referente a la cinética de reacción. De forma más específica nos referimos al tiempo que demora la reacción en completarse en un 100%. Debido a que en el paso anterior se encontró que el permanganato de potasio era el mejor agente oxidante, el estudio de la cinética de reacción solo se realizara con este.

Para determinar el tiempo necesario para que ocurra la oxidación completa de los contaminantes se propone un método similar al descrito anteriormente (ver figura

4.3). Este consiste en colocar 10 vasos precipitados, separarlos en dos grupos de 5 vasos y agregarles una alícuota de 50 [ml] de agua de pozo a cada uno, posteriormente agregar la dosis teórica de permanganato de potasio, se agitan suavemente las muestras y se mide a distintos tiempos la concentración de los contaminantes. Los tiempos de reacción establecidos son 5, 10, 15, 30, 60 minutos. Una vez alcanzado el tiempo de reacción, las muestras son filtradas y se mide la concentración de contaminantes.



Figura 4.3: Determinación de tiempos de reacción

La tabla 4.7 nos muestra los resultados obtenidos:

Muestra	Tiempo (min.)	Concentración de Fe (ppm)
1	0	1,41
2	5	0,0457
3	10	0,0353
4	15	<0,0001
5	30	<0,0001
6	60	<0,0001

Muestra	Tiempo (min.)	Concentración de Mn (ppm)
1	0	1,73
2	5	0,0373
3	10	0,0232
4	15	<0,0001
5	30	<0,0001
6	60	<0,0001

Tabla 4.7: Tiempos de reacción

4.7 Conclusiones

De los estudios experimentales realizados en el laboratorio se sacaron 3 conclusiones importantes. La primera tiene relación con los oxidantes, en ella se demostró que el mejor oxidante, tanto para Fe y Mn, es el permanganato de potasio el cual demostró ser capaz de oxidar completamente ambos metales. En el caso del cloro este demostró una alta eficiencia para la oxidación de fierro pero una pobre efectividad para la oxidación del manganeso, por ello, la recomendación es la utilización del cloro solo como agente desinfectante.

Los resultados experimentales determinaron que la dosis de reactivos necesarias es la estequiométrica, por lo tanto, la segunda conclusión que se desprende de los estudios experimentales, es la ausencia de compuestos que compitan con los contaminantes por oxidante.

La tercera conclusión va en concordancia con los resultados obtenidos por otras investigaciones referentes a la cinética de reacción. Los resultados de laboratorio determinaron que el tiempo necesario para que ocurra la reacción completamente era de 15 [min], por lo que también se puede concluir la ausencia de compuestos, como compuestos orgánicos de Fe y Mn, que retrasen la oxidación de los contaminantes.

CAPITULO 5 – DISEÑO DE LAS INSTALACIONES

5.1 Descripción del nuevo proceso

Con los datos obtenidos de los estudios realizados en el laboratorio es posible realizar un esbozo inicial del proceso de oxidación/filtración propuesto en el proyecto

Básicamente la propuesta tendrá como base el esquema actual de la planta, es decir, se contempla una zona de pretratamiento donde se adicionan los oxidantes y otra zona donde se encuentran los filtros y estanques. Se considera utilizar la mayor parte del equipamiento existente (bombas, estanques, piping, instrumentos) que se encuentre en condiciones de ser usado.

El esquema general de proceso parte con la extracción del agua de pozo por medio de la bomba de pozo profundo que actualmente se ocupa. Esta bomba es accionada por medio de un relé conectado a un sensor de nivel ubicado en el estanque de retención.

En la zona de pretratamiento u oxidación de Fe y Mn se utilizará como agente oxidante KMnO_4 , y se considera la utilización de HClO exclusivamente para la desinfección del agua. La adición de los reactivos se realizara en línea mediante las bombas de diafragmas que actualmente se encuentra en uso. Para la preparación de las soluciones se considera la adquisición de un ablandador de agua para evitar la formación de precipitados que pueden obstruir las líneas de o el cuerpo de las bombas de inyección.

El agua pretratada pasará a través de los filtros de malla y anillas, de la misma forma que se realiza hoy día, para ser acumulada en un estanque de retención. El diseño del estanque debe entregar el tiempo necesario para completar la reacción de oxidación de Fe como de Mn.

Posteriormente el agua será extraída del estanque de retención por medio de bombas centrifugas que llevaran el agua hasta los filtros abatidores de Fe y Mn compuesto de carbón tipo antracita y manganeso greensand. Estas bombas se accionarán por medios de relés que se encuentran conectados a un sensor de nivel en los estanques de acumulación. El diseño de los filtros abatidores deben considerar un área de flujo y profundidad de lecho de aseguren la retención de los óxidos de Fe y Mn y permitan carreras de filtración de mínimo 8 [hr] de duración.

El agua proveniente de los filtros abatidores será retenida en estanques de almacenamiento o acumuladores donde una bomba la extraerá y la transportara a los distintos puntos de consumo de la faena. El diseño de los estanques debe considerar un volumen tal, que cuando ocurran los picks de consumo no se produzcan déficit o agotamiento del agua potable acumulada.

La distribución del agua potable a los distintos puntos de consumo se realizará por medio de las bombas de distribución que existen actualmente.

Con respecto a la instrumentación, es necesaria la adquisición de medidores de flujo. El primero se contempla a la salida de la bomba del estanque de retención, el segundo y tercero deben ir a la salida de las bombas de distribución. El quinto se ubicara a la entrada del segundo filtro abatidor. La utilización de medidores o contadores de flujo, y no rotámetros, responde solo a un hecho económico debido a su bajo costo comparado con otros equipos de medición más precisos

Lo anteriormente descrito se describe en la figura 5.1.

Planta Potabilizadora de Agua
DSD – Delayed Coker Complex

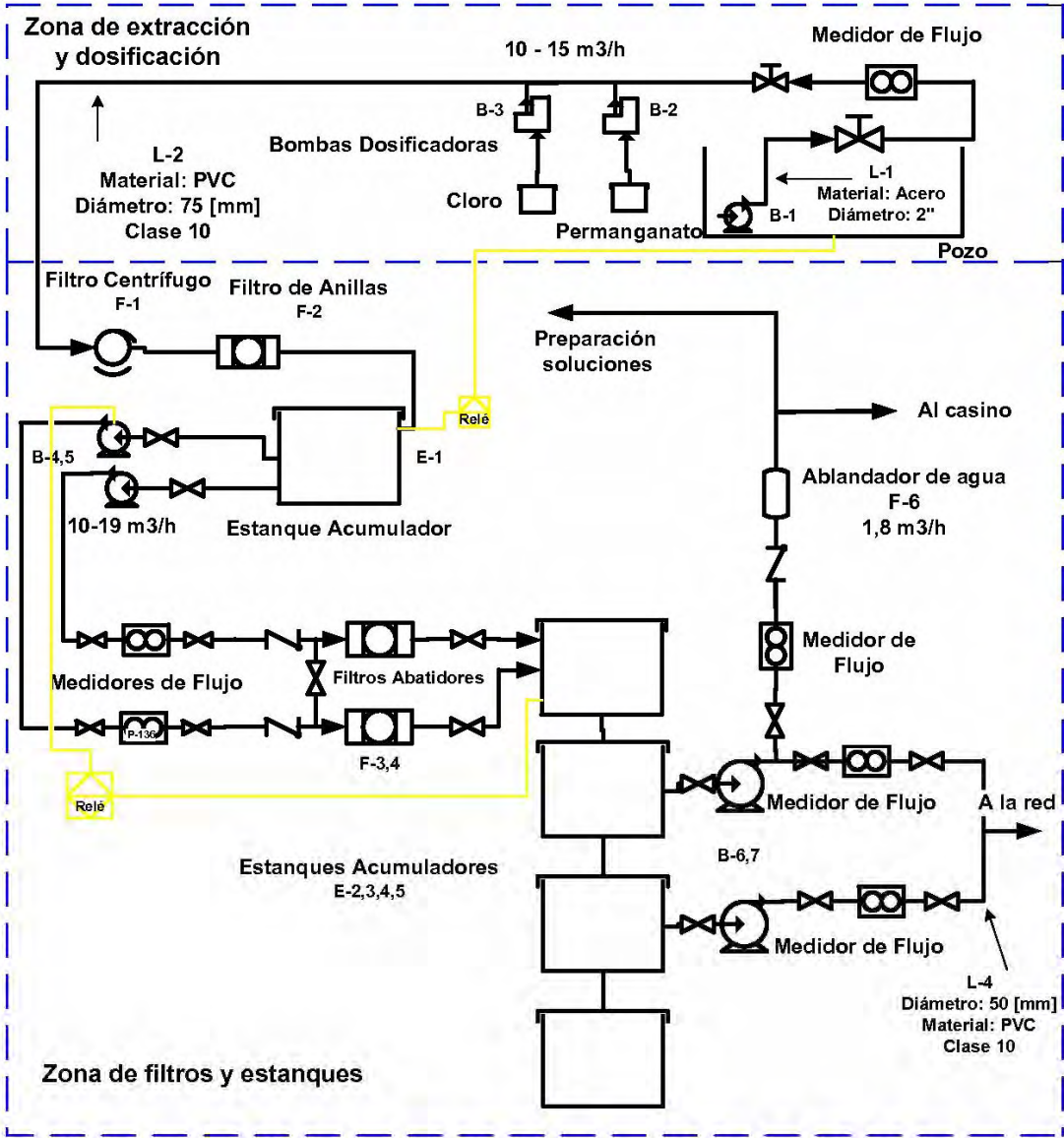


Figura 5.1: Diagrama de flujo de la alternativa propuesta.

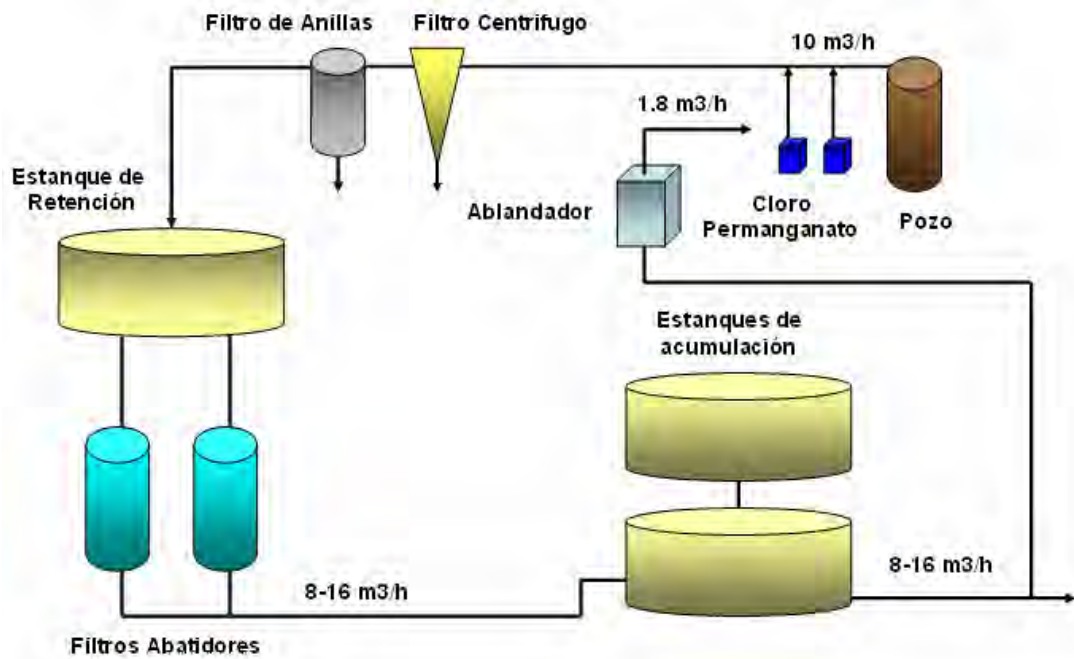


Figura 5.2 Diagrama de flujo simplificado de alternativa propuesta

La figura 5.2 entrega una visión simplificada del sistema propuesto. En ella se puede apreciar los equipos principales, direcciones y cantidad de flujo.

El diseño de las instalaciones consideran el flujo determinado en el capítulo 4 correspondiente a $10 \text{ [m}^3/\text{h]}$ para satisfacer una demanda diaria de 238.200 [L].

Para el diseño de las instalaciones se dividirá la planta en dos zonas:

- Zona de extracción y oxidación.
- Zona de filtración y distribución.

5.2 Zona de extracción y oxidación

Los ítems a diseñar en esta zona son:

- Piping.
- Bomba de pozo profundo.

- Bombas dosificadores.
- Dosificación de reactivos y preparación.

5.2.1 Piping

La cañería utilizada para la descarga de la bomba de pozo profundo es de 2 ". Las características para esta tubería acero son:

Q=2.78 [L/s] caudal de salida de la bomba equivalente a 0.00278 [m³/h]
D= 0,054 [m], diámetro interior de la cañería de 2" Schedule Std.

La cañería utilizada para transportar el agua desde la zona de dosificación a la zona de filtros es de PVC hidráulico, las características principales de esta tubería son:

Q=2.78 [L/s] caudal.
D=0.0678 [m], diámetro interior de la cañería de 75 [mm] de PVC clase 10.
C=150, coeficiente de rugosidad.

La velocidad por tubo es:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} \quad \text{Ec. 5.1}$$

Donde

A=Área de la sección transversal de la tubería (m²)

V= Velocidad del flujo (m/s)

Q= Caudal (m³/s)

D= Diámetro interior de la tubería (m)

Evaluando la velocidad en la tubería de acero, se tiene:

$$V = \frac{4 * 0.00278}{3.14 * 0.054^2}$$

$$V=1.21 \text{ [m/s]}$$

Evaluando la velocidad en la tubería de PVC, se tiene:

$$V = \frac{4 * 0.00278}{3.14 * 0.0678^2}$$

$$V=0.77 \text{ [m/s]}$$

Si bien, en la práctica se recomienda que la velocidad por tubo del agua sea entre 1-3 [m/s], desafortunadamente la tubería de PVC no lo cumple. Lamentablemente esto no se puede solucionar, debido a que esta tubería está enterrada y el cambiarla implicaría el movimiento de tierra, cosa que es inviable.

5.2.2 Pérdida de carga

Para ponderar en forma precisa la pérdida de carga en la línea se detallarán a continuación los componentes de esta:

- 28 [m] de tubería de acero de 2"
- 1 codo de tubería de acero de 2"
- 307 [m] de tubería de PVC de 75 [mm]
- 8 codos de PVC de 75 [mm]
- 1 Filtro de anillas
- 1 Filtro centrifugo
- 1 Medidor de Caudal para 10 [m³/h]

Para la pérdida de carga por tubería de acero se ocupará la ecuación de Fair-Whipple-Hsiao para agua fría y con diámetro de tubería inferior a 100 [mm]. Esta ecuación es la que se recomienda en la NCh2485Of2000 "Instalaciones domiciliarias de Agua Potable – Diseño, cálculo y requisitos de las redes interiores" (Anexo D).

$$J = 676.745 * \frac{Q^{1.751}}{D^{4.753}}$$

Ec. 5.2

Donde

J = Pérdida de carga unitaria en las tuberías (m.c.a./m)

Q = Caudal (L/min)

D = Diámetro interior real (mm).

Evaluando

$$J = 676.745 * \frac{166.8^{1.751}}{54^{4.753}}$$

$$J=0.031 \text{ [m.c.a/m]}$$

Para el cálculo de pérdida de carga por tubería y singularidades de PVC, se utilizará la ecuación de Hazen & Williams, debido a que esta ecuación es ampliamente recomendada también por el Plastic Pipe Institute, AWWA, National Engineering Standards de U.S.A. y todos los grandes productores de tubería de PVC en el mundo.

$$J = 10.665 * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.869}} \quad \text{Ec. 5.3}$$

Donde

J = Pérdida de carga en tanto por uno (m.c.a./m)

Q = Caudal en m³/s

D = Diámetro interior de la tubería en m

C = Coeficiente de rugosidad (C=150)

Evaluando

$$J = 10.665 * \frac{0,00278^{1.852}}{150^{1.852} * 0.0678^{4.869}}$$

$$J=0.009 \text{ [m.c.a./m]}$$

Para las pérdidas de carga por singularidades de acero se utilizara el método expuesto en la norma NCh2485Of2000 (D) la cual establece:

$$J = K * \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ec. 5.4}$$

Donde

J = Pérdida de carga en tanto por uno (m.c.a).

K = Coeficiente de proporcionalidad que depende de las características específicas de cada pieza especial. (1.74 para un codo de 90° de radio corto de 50 mm de diámetro).

V = velocidad de escurrimiento (m/s).

G = aceleración de gravedad (9.81 m/s²).

Evalutando

$$J = 1.74 * \frac{1.21^2}{2 * 9.81}$$

$$J = 0.13 \text{ [m.c.a]}$$

Para las pérdidas de carga por singularidades de PVC se utilizará el mismo método por recomendación del fabricante. El valor de K para un codo de 90° de radio corto de 75 mm es 2.83.

Evalutando

$$J = 2.83 * \frac{0.77^2}{2 * 9.81}$$

$$J = 0.09 \text{ [m.c.a]}$$

Para el filtro de filtro de anilla el fabricante estima la perdida de carga de 2 [m.c.a] (Anexo D) cuando el filtro esta limpio y de 12 [m.c.a] cuando el filtro esta saturado. Para efecto de diseño se tomara el lado mas desfavorable, es decir, que la perdida de carga a través del filtro de anilla será de 12 [m.c.a].

Para el caso del filtro centrífugo el fabricante estima la pérdida de carga máxima es de 1 [bar] o 10,2 [m.c.a.] (Anexo D), por lo que se tomará ese valor para el cálculo de la pérdida de carga.

En el caso del medidor de flujo es fabricante establece que para un flujo de 10 [m³/h], la pérdida de carga a través del medidor es de 0,21 [m.c.a.] (Anexo D).

Finalmente, la pérdida de carga total desde la salida de la bomba hasta el estanque de retención es:

$$\Delta P_t = \Delta P_{Tub.Acero} + \Delta P_{Fitting} + \Delta P_{Tub.PVC} + \Delta P_{Fitting} + \Delta P_{Filtros} + \Delta P_{medidor} + \Delta Z$$

$$\Delta P_t = 28 * 0,031 + 0,13 + 307 * 0,009 + 8 * 0,09 + 12 + 10,2 + 0,21 + 30$$

$$\Delta P_t = 56,9[m.c.a.]$$

5.2.3 Bomba de pozo profundo

Como se menciona en el capítulo 3, para la extracción del agua de pozo se utiliza una bomba de pozo profundo o sumergible tipo lápiz marca Lowara modelo 12GS55 de 7.5 [hp].

La figura 5.3 muestra las curvas de altura-caudal, de sistema y operación. El desarrollo de las distintas curvas se encuentra en el anexo B-1.

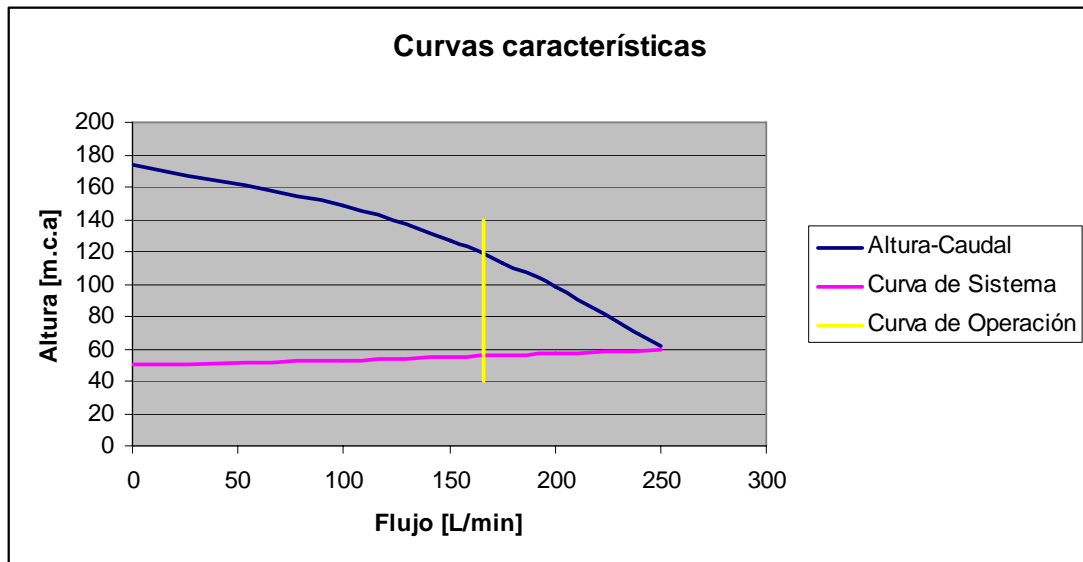


Figura 5.3: Curvas características para bomba de pozo modelo 12GS55

Como se aprecia en la figura a un flujo de 166 [L/min] ($10 \text{ m}^3/\text{h}$) la curva de operación está a la izquierda de la intersección de la curva altura-caudal y la curva del sistema, lo que refleja claramente que la bomba cumple con las condiciones que son requeridas por lo que no es necesario cambiarla. Un aspecto que merece destacarse es el hecho que la bomba propuesta puede bombear hasta 250 [L/min] y el requerimiento para la planta es de 166 [L/min], por lo tanto, se hace necesario la utilización de válvulas de restricción de flujo para ajustar el caudal entregado por la bomba al caudal de diseño de la planta.

5.2.4 Bombas dosificadoras

No se considera necesario el sustituir las actuales bombas dosificadoras debido a que su funcionamiento es óptimo. Si por motivos de operación se debe entregar un flujo mayor al que pueden entregar las bombas, la solución sería aumentar la concentración de las soluciones oxidantes y ajustar el flujo nuevamente. De esa manera se evita el adquirir bombas de mayor capacidad. La comparación entre la capacidad de flujo de las bombas y el flujo requerido se muestra en la tabla 5.1

	Bomba de Permanganato	Bomba de Cloro
Flujo Máximo [L/min]	7	1,5
Flujo de trabajo [L/min]	3,5	0,15
Presión Máxima [bar]	10	12

Tabla 5.1: Comparación entre la capacidad de flujo de las bombas dosificadoras y los flujos requeridos

5.2.5 Dosificación de reactivos

De acuerdo a los datos experimentales obtenidos en laboratorio se llegó a la determinación que la dosificación teórica de oxidante es la estequiométrica. Recordemos las ecuaciones de oxidación de Fe y Mn con permanganato de potasio que se encuentran en la tabla 5.2.

Metal/Oxidante	Reacción
Fierro	
KMnO ₄	$3\text{Fe}^{+2} + \text{MnO}_4^- + 7\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s}) + \text{MnO}_2 + 5\text{H}^+$
Manganeso	
KMnO ₄	$3\text{Mn}^{+2} + 2\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 5\text{MnO}_2(\text{s}) + 4\text{H}^+$

Tabla 5.2: Reacciones de oxidación

Para oxidar 3 moles de fierro se necesita un mol de permanganato y para oxidar 3 moles de Mn se necesitan 2 moles de permanganato. El peso molecular del Fe y el Mn es 55.84 y 54.94 [g/mol] respectivamente. Calculando:

$$1.41 \text{ ppm} \cdot 10 \text{ m}^3/\text{h} = 14.1 \text{ [g/h] de Fe}$$

$$1,73 \text{ ppm} \cdot 10 \text{ m}^3/\text{h} = 17.3 \text{ [g/h] de Mn}$$

$$14.1 / 55.84 = 0.25 \text{ mol/h de Fe}$$

$$17.3 / 54.94 = 0.32 \text{ mol/h de Mn}$$

Realizando el cálculo estequiométrico se obtiene:

$$0.25/3 = 0.08 \text{ mol/h de permanganato para oxidar el Fe}$$

$$0.32 \cdot 2/3 = 0.21 \text{ mol/h de permanganato para oxidar el Mn}$$

En total

$$n_i = 0.08 + 0.21 = 0.29 \text{ mol/h de permanganato.}$$

El peso molecular del permanganato de potasio es 158 g/mol. Calculando la masa de permanganato queda:

$$0.29 * 158 = 45.82 \text{ g/h}$$

La bomba dosificadora de permanganato entrega un flujo máximo de 7 [L/min.] o 0.42 [m³/h]. Un valor conservador de diseño sería 0.21 [m³/h]. Por lo que la solución de permanganato a dosificar es:

$$[\text{KMnO}_4] = 45.82 / 0.21 = 218.19 \text{ g/m}^3$$

Para llegar a este resultado solo se considero la cantidad estequiométrica de permanganato para oxidar el Fe y el Mn presente en el agua, pero no considero permanganato necesario para la regeneración continua del lecho filtrante de greensand.

Los fabricantes de greensand recomiendan para su regeneración una cantidad de 0.05 [mg/l] de exceso de permanganato en el agua con el fin de lograr la regeneración del lecho filtrante. Calculando la cantidad de permanganato necesario para este fin obtenemos que:

$$0.05 \text{ [mg/L]} = 0.05 \text{ [g/m}^3\text{]}$$

Sumándolo al resultado anterior

$$[\text{KMnO}_4] = 218.19 \text{ g/m}^3 + 0.05 \text{ [g/m}^3\text{]} = 218.24 \text{ [g/m}^3\text{]}$$

El estanque utilizado para la preparación del permanganato tiene una capacidad máxima de 200 [L], por lo cual la cantidad de permanganato por cada preparación de solución es:

$$218.24 \text{ [g/m}^3\text{]} * 0.2 = 43.65 \text{ [g]}$$

En conclusión se recomienda disolver 44 [g] de KoganPerk-C en 200 litros de agua blanda.

Para el caso del cloro la norma exige una concentración de cloro libre entre 0.2 y 2 ppm en el agua. Un valor adecuado para diseñar sería de 2 ppm o 2 [g/m³] considerando que una cantidad no despreciable del cloro es retenido por el filtro de greensand.

El cloro que se compra actualmente para la planta es una solución de cloro al 10% p/v de hipoclorito de sodio en envases de 20 [L]. El peso molecular del HClO es de 52,5 [g/mol], por lo tanto el porcentaje másico de cloro es:

$$\% = \frac{1 * 35.5}{52.2} * 100 = 68.01\%$$

Por cada envase de 20 [L] vienen 2000 [g] de hipoclorito de sodio que al multiplicarlo por el porcentaje másico calculado en el paso anterior se obtiene una cantidad de 1360 [g] de cloro libre por envase.

Como se proyecta tratar 10 [m³/h] la cantidad a dosificar de cloro libre es de 20 [g/h]. La bomba dosificadora tiene como caudal máximo de 1.5 [L/min.] o 0.09 [m³/h]. Se recomienda ajustar la bomba a un 10% de su caudal máximo.

La cantidad de cloro libre por metro cúbico es

$$[Cl^-] = \frac{20[g/h]}{0,009[m^3/h]} = 2222,22[g/m^3]$$

El estanque en el cual se diluye este producto tiene un volumen de 200 [L], por ende.

$$2222,22 * 0,2 = 444.44 \text{ [g]}$$

Al momento de preparar la solución en el estanque, este debe contener 444,44 [g] de cloro libre en 200 [L]. Por lo tanto cada vez que se prepare la solución de cloro se debieran diluir 6,52 [L] de hipoclorito de sodio al 10% y diluir hasta 200 [L]. En conclusión se recomienda adicionar 7 litros de Koganclor-10 y diluir hasta 200 [L] utilizando agua blanda.

5.3 Ablandador de agua

El objetivo de incluir un ablandador de agua, responde al hecho que el hipoclorito de sodio al 10%, trae consigo la inclusión de soda cáustica. Este compuesto se ocupa para estabilizar el hipoclorito y reacciona con los bicarbonatos formando carbonatos, que a su vez, reaccionan con el ión calcio o magnesio presente en el agua formando un precipitado de carbonato de calcio o magnesio que obstruye las bombas de dosificación.

La idea inicial es la utilización del equipo para ablandar el agua con la que se preparan la solución de cloro. Se considera la utilización de un ablandador del tipo de intercambio iónico de un cuerpo, con un flujo de trabajo de 1 [m³/h]. Obviamente esta cantidad de flujo es muy superior al requerido para la preparación de las soluciones, pero la decisión tiene fundamento en que el ablandador se podría utilizar en el ablandamiento del agua que se destina al lavado de loza en el casino.

Como es bien sabido, la dureza del agua es un enemigo de los detergentes debido a que los corta, este problema se reitera en forma frecuente en la maquina lava lozas del casino. Esta maquina opera aproximadamente 4 horas al día y consume 0.8 [m³/h].

Con estos datos se realizaron cotizaciones en distintas empresas que venden equipos para ablandar agua y el equipo seleccionado es el modelo HAF-1200-DA de la empresa Aguasin, con un caudal nominal de 1,8 [m³/h] y un tiempo aproximado de operación de 4 horas con una dureza de 450 ppm.

5.4 Filtros de anillas y centrifugo

Estos dos filtros son equipamientos que están funcionando en la actualidad. Ellos fueron adquiridos desde un comienzo y su función principal es la de retener arena que pueda provenir del pozo. Los dos filtros cuentan con un sistema de purga por gravedad para las partículas de arena gruesa, mientras que para las partículas mas finas quedan retenidas en una malla de acero.

El requerimiento de diseño principal de estos filtros es que puedan operar con un flujo de 10 [m³/h]. Por lo datos entregados por el fabricante, estos filtros si son capaces de operar a ese flujo. Ver anexo E

5.5 Estanque de retención

Por definición el tiempo de retención es el tiempo requerido para que un flujo determinado pase a través del estanque:

$$t = \frac{\text{Vol.de.Estanque}}{\text{Flujo.de.Salida}} \quad \text{Ec. 5.5}$$

Por lo cual, reemplazando los valores en la ecuación obtenemos

$$t = \frac{5.0m^3}{10m^3 / h} = 0.5h$$

Los análisis químicos revelaron que la reacción de oxidación tanto para el fierro como para el manganeso ocurre completamente dentro de los primeros 15 minutos, por lo cual, un tiempo de retención de 30 minutos es un tiempo prudente para esperar que la reacción de oxidación se haya completado.

El actual tanque de retención tiene un volumen de 5[m³]. Por lo cual si consideramos un flujo de 10 [m³/h] podremos calcular que el tiempo de retención

de este estanque es de 30 [min.] que es exactamente el tiempo presupuestado. Por lo tanto, no es necesario adquirir de otro estanque.

5.6 Bomba de estanque de retención

Esta bomba es la encargada de transportar el agua almacenada en el estanque de retención, llevarla hasta el filtro de abatidor y descargarla en los estanques de almacenamiento.

En la actualidad se cuenta con una bomba centrífuga marca Reggio modelo STM 100, es capaz de bombear entre 20 -130 [l/min.] a una presión que varía entre 12,5 – 33 [m.c.a]. De acuerdo a la figura 5.4 esta es incapaz de transportar un flujo de 10 m³/h, incluso este flujo se encuentra fuera de su rango de trabajo, por lo cual es necesario cambiarla.

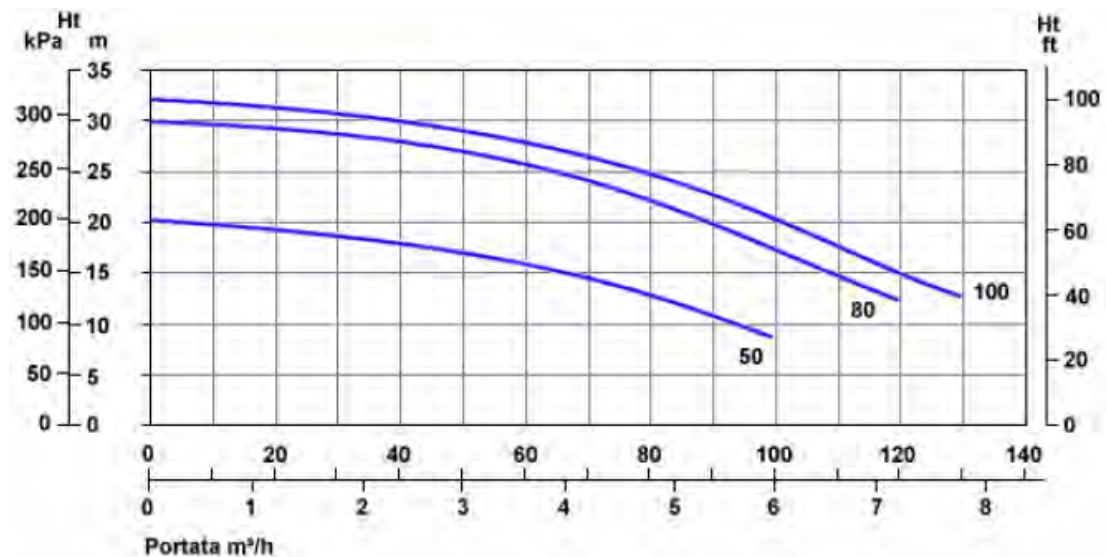


Figura 5.4: Curva altura-caudal de la bomba Reggio modelo STM 100 (Los números 50, 80 y 100 representan distintos modelos de la serie STM, en nuestro caso particular la línea de operación de la bomba es la 100).

Para esta función se contempla el uso de una bomba eléctrica centrífuga marca Pedrollo modelo CP25/200A de 4 HP. Dentro de su campo de prestaciones, esta bomba es capaz de transportar un flujo máximo de 15 [m³/h] y puede alcanzar una altura manométrica de 57 [m]. La figura 5.5 muestra las curvas de altura-caudal, de sistema y operación. El desarrollo de las distintas curvas se encuentra en el anexo B.

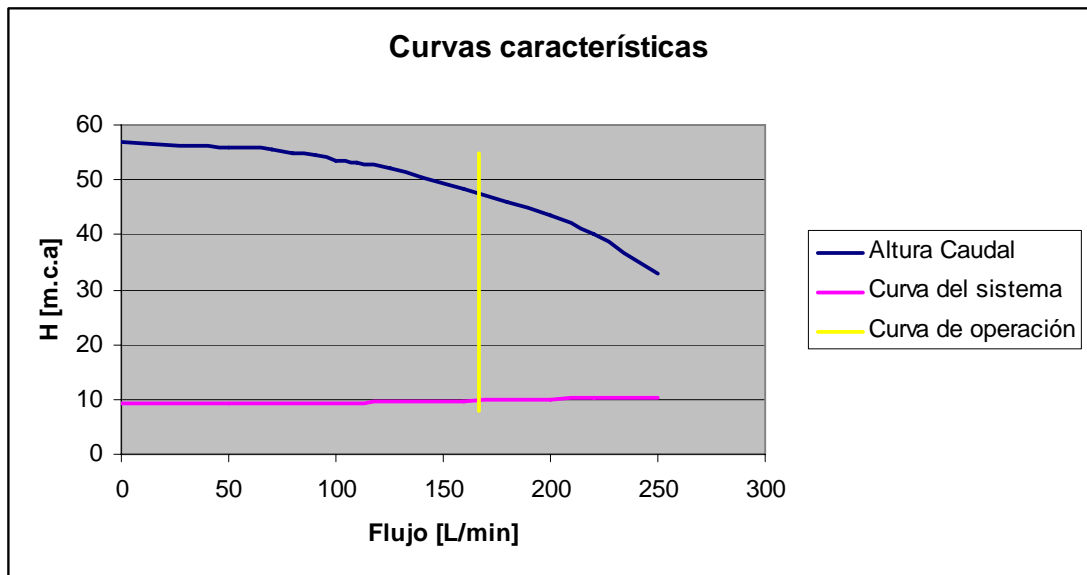


Figura 5.5: Curvas características para la bomba CP25/200A

Como se aprecia en la tabla a un flujo de 166 [L/min] (10. [m³/h]) la curva de operación esta a la izquierda de la intersección de la curva altura-caudal y la curva del sistema, lo que refleja que la bomba cumple con las condiciones que son requeridas, por lo cual la idea inicial de utilizar esta bomba es factible.

Para asegurar el procesamiento constante de agua se requiere de la adquisición de 2 de estas bombas. Un aspecto que merece destacarse es el hecho que la bomba propuesta puede bombear hasta 250 [L/min] y el requerimiento para la planta es de 166 [L/min], por lo tanto, se hace necesario la utilización de válvulas de restricción de flujo para ajustar el caudal entregado por la bomba a el caudal de diseño de la planta.

5.7 Filtro Abatidor

He aquí quizás el equipo más importante en el proceso de potabilización del agua. El filtro será el encargado de eliminar los contaminantes presentes en el agua así como reducir la turbidez a niveles aceptados por la normativa.

Entre los requerimientos y en base a la teoría de la remoción, la tasa de filtración debe ser entre 2 – 3 [gpm/pie²] o 4,9 - 9,7 [m³/m²h]. Con respecto a la composición de las arenas de la cama filtrante esta debiera ser grava en el fondo, seguida por una capa de manganeso greensand y una capa superior de carbón tipo antracita.

El uso de grava esta contemplado para dar soporte a los medios filtrantes. El uso de greensand esta pensado para adsorber las partículas de Mn que no fueron oxidadas en la etapa de pretratamiento además de retener los óxidos que no sean retenidos por la capa superior de antracita. La utilización de antracita se contempla para la retención de los óxidos de fierro principalmente. La figura 5.6 nos muestra un esquema de las capas de medio filtrantes requeridas

Se hace la observación que si bien la teoría habla de usar carbón antracita, en el mercado nacional no existe debido a su alto costo, es por ello que las distintas empresas que fabrican estos tipos de filtros es carbón “tipo” antracita.

Debido al volumen de agua a tratar se recomienda que el cuerpo del filtro sea de acero.

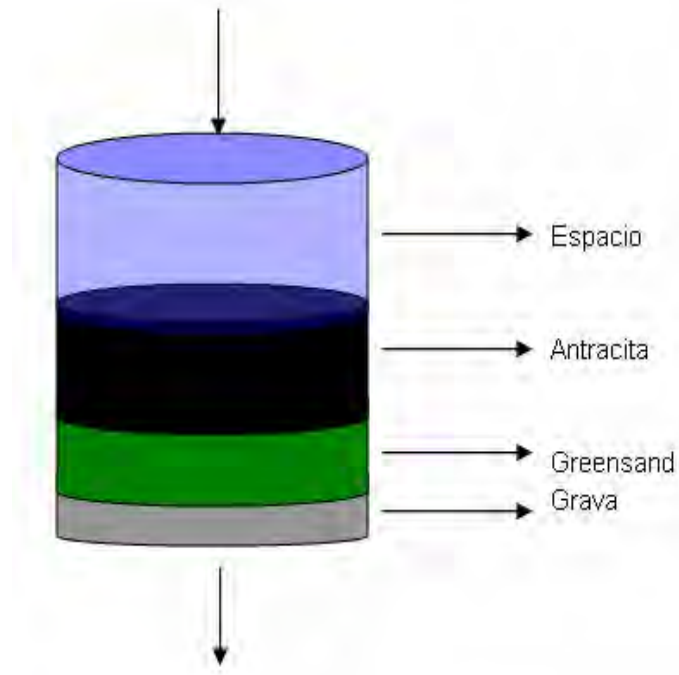


Figura 5.6: Esquema de composición del filtro

El filtro seleccionado es el modelo ABAA-95 de la empresa Aguasin, las principales características del filtro se encuentran en la tabla 5.3

Marca	Aguasin
Modelo	ABAA-95
Material de construcción	Acero ASTM A-37
Flujo de servicio	3,5 – 8,5 [m ³ /h]
Tasa de filtración	7,14 [m ³ /m ² h]
Flujo de retrolavado	15 [[m ³ /m ² h]
Tasa de retrolavado	32 [m ³ /m ² h]
Temperatura de operación	5-50 °C
Conexión de alimentación y servicio	2"
Carga filtrante	
	160 [Kg] de carbón tipo antracita
	360 [Kg] de manganeso greensand
	180 [Kg] de grava.
Válvula automática	Tipo bola
Caída de presión	8 [psi]
Instrumentación	2 Manómetros

Tabla 5.3: Características principales del filtro abatidor requerido

Un punto interesante de destacar es el flujo de servicio. Como se observa en la tabla, este es de 3,5 – 8,5 [m³/h] versus los 10 [m³/h] de diseño. Por lo tanto la primera conclusión es que se requerirán de 2 filtros para satisfacer las necesidades de agua potable.

Pero pudiera haber la pregunta ¿Por qué no seleccionar un filtro más grande en vez de dos filtros chicos? La respuesta es simple, el flujo de retrolavado. Para el filtro seleccionado, el flujo de retrolavado (15[m³/h]) es 3 veces el flujo de operación promedio (5 [m³/h]). Si se optara por un filtro que su flujo de servicio sea de 10 [m³/h] para el retrolavado se necesitaría un flujo de 30 [m³/h], lo que traería consigo la adquisición de una nueva bomba exclusiva para el retrolavado. Por lo tanto, para poder utilizar las bombas seleccionadas la mejor alternativa es seleccionar dos filtros de menor capacidad que un filtro único de mayor capacidad

Como se menciona anteriormente, para el estanque de retención se conectarán dos bombas para el traslado del agua hacia los filtros abatidores y finalmente los estanques de acumulación. Esto es una segunda ventaja de seleccionar dos filtros abatidores, debido a que es posible aumentar servicio, si se requiriera, a 17 [m³/h] basándose en la información entregada por el fabricante. Lo que ante picos de consumo, permitiría aumentar el flujo de agua en un 70%.



Figura 5.7: Filtro abatidor seleccionado

Como se puede apreciar en la figura 5.7 el filtro tiene cuerpo de cilindro vertical construido en planchas de acero, lo que entrega una mayor durabilidad con respecto a un filtro de PRFV. Además cuenta con 5 válvulas automáticas tipo bola, por ende el sistema de retrolavado es automático. El sistema de distribución superior es de tipo campana invertida y el sistema de distribución inferior es mediante difusores. Mayores características del filtro se pueden encontrar en el anexo D

5.8 Estanques de acumulación

Como su nombre lo indica, la finalidad de estos estanques es acumular agua potable para ser repartida a los distintos puntos de consumo en faena.

Para determinar la cantidad de estanques necesarios se debe partir diseñando en el caso más desfavorable. A través del funcionamiento de la planta se detectaron tres puntos álgidos donde el nivel de agua acumulada desciende a niveles mínimos.

Los horarios en los cuales se produce los picks de consumo son:

- 08:00 - 08:30 (Fin del turno noche)
- 12:00 – 14:00 (Colación)
- 18:00 – 18:15 (Fin turno día)

De estos tres, el punto mas critico es el ultimo, debido que en el turno día es donde se encuentra la mayor cantidad de personal. Para poder cuantificar el flujo de agua necesario en esos momento es necesario recurrir a la norma chilena NCh2485.Of2000 “Instalaciones domiciliarias de agua potable – Diseño, cálculo y requisito de las redes interiores”. Esta norma establece en su Anexo A, el caudal mínimo instalado en artefactos sanitarios.

La tabla 5.4 muestra un extracto de los tipos de artefactos con su caudal mínimo.

Tipo de Artefacto	Gasto (L/min)	
	Agua fría	Agua caliente
Inodoro corriente	10	
Baño lluvia	10	10
Lavatorio	8	8
Urinario corriente	6	

Tabla 5.4: Caudal mínimo en artefactos sanitarios

La tabla 5.5 nos muestra la cantidad de artefactos instalados en la obra

Artefactos en la faena	
Tipo de artefacto	Cantidad (unidades)
Inodoro corriente	33
Baño lluvia	77
Lavatorio	51
Urinario corriente	14

Tabla 5.5: Cantidad de artefactos instalados en obra

Como se estableció al principio, para los cálculos de los estanques de acumulación se considera el caso más desfavorable respecto al consumo, es decir, cuando todos los artefactos están en funcionamiento.

La determinación del flujo de agua, para el peak al final del turno día, se realiza multiplicando la cantidad de artefactos por su consumo mínimo y sumarlos. Si realizamos esto obtendremos que la cantidad de agua requerida durante el peak es de de 35.4 [m³]

La planta posee 4 estanques de PRFV de 5000 [L] cada uno, por lo cual es necesario la adquisición de 2 estanques de PRFV de 10.000 [L] c/u y conectarlos por el fondo a los estanques ya existentes lo que sumaría una capacidad de reserva de 40 [m³]. Las características de los estanques requeridos se muestran en la tabla 5.6

Tipo	Tronco Cónico
Material	PRFV
Volumen	10.000 [L]
Diámetro superior interior	256 [cm],
Diámetro inferior interior	245 [cm],
Espesor	9 [cm],
Altura Total	225 [cm],
Conexiones	1 1/4"

Tabla 5.6: Características principales de los estanques de retención.

5.9 Bombas de distribución

Las bombas de distribución son las encargadas de transportar el agua potable a los distintos puntos de consumo de la faena. Para esta labor se consideran dos bombas centrifugas marca Pedrollo modelo CP25/200A de 4 HP, que se encuentran operando en la actualidad. La figura 5.8 muestra las curvas de altura-caudal, de sistema y operación. En ellas se puede apreciar claramente que la bomba cumple con las condiciones que son requeridas, por lo que no seria necesario cambiarla por otra. El desarrollo de las distintas curvas se encuentra en el anexo B.

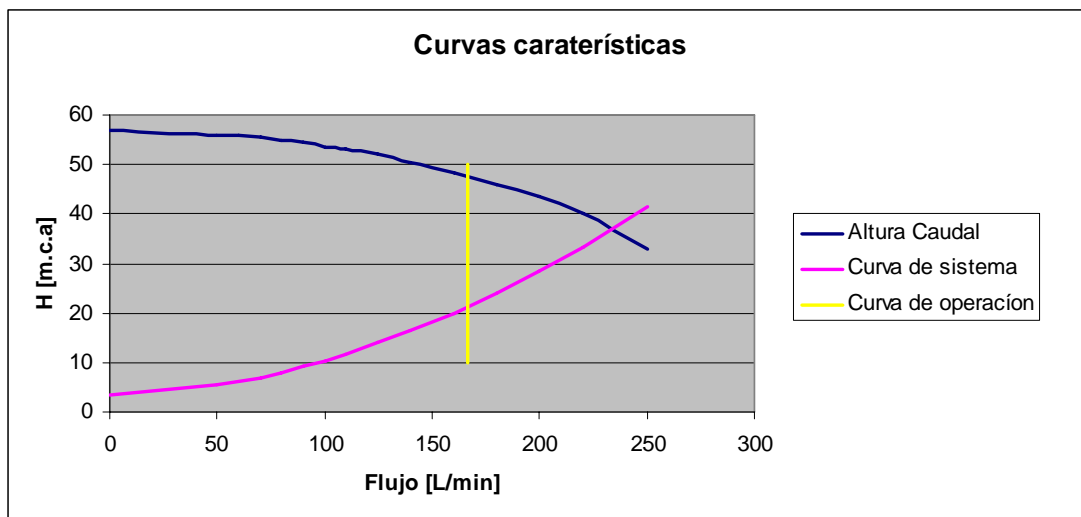


Figura 5.8: Curvas características para la bomba CP25/200^a

Un punto que merece ser discutido es con respecto al funcionamiento de las bombas durante los peak de consumo, sobre todo el que se produce al final del turno día. Si realizásemos el cálculo respectivo nos daría que para abastecer de 35.4 [m³] de agua potable en tan solo 15 [min.] se necesitaría una batería de bombas capaces de transportar en conjunto 141 [m³/h] durante 15 minutos. Por lo tanto se requerirían de 11 bombas de las propuestas para cumplir con el requerimiento.

Obviamente la adquisición de 11 bombas no se justifica para satisfacer una demanda de tan solo 15 min., por lo cual, y en base a datos en terreno, con las dos bombas que existen se puede satisfacer la demanda en los peak, debido principalmente, que los trabajadores ocupan menos de la mitad de las instalaciones, tales como duchas y lavamanos.

5.10 Instrumentación y control

Los 2 lazos de control que actual están operando se componen de tres sondas de nivel conectadas a un relé de control el cual se conecta a los paneles de controles de las bombas respectivas.

En el primer lazo de control, el sensor de nivel se encuentra ubicado en el estanque de retención. Cuando el nivel de agua baja se activa un relé que acciona la bomba de pozo y las bombas dosificadoras de cloro y permanganato.

En el segundo lazo de control, el sensor de nivel se encuentra ubicado en un estanque acumulador. Cuando el sensor se activa este acciona un relé que acciona la bomba ubicada a la salida del estanque de retención bombeando agua hacia el filtro abatidor.

Adicionalmente se requiere la adquisición de 4 medidores o contadores de flujo de 1 ½" o 38 [mm]. La ubicación de ellos es la siguiente:

- Salida de bombas de estanque de retención (2)
- Salida de bombas de distribución (2).

La selección de medidores de flujo por sobre instrumentos de medición mas precisos, por ejemplo rotámetros, radica en su flexibilidad de montaje, horizontal o vertical, y su menor costo comparados con estos. Las características técnicas de los medidores se detallan en la tabla 5.7.

Diámetro nominal	38 [mm]
Caudal máximo	20 [m ³ /h]
Caudal nominal	10 [m ³ /h]
Presión de servicio	16 bar
Perdida de carga en Q_{máx}	0,7 bar
Perdida de carga en Q_n	0,21 bar

Tabla 5.7: Características principales de los medidores de flujo

Otro punto que puede ser mejorado en la planta es el método de cuantificación de Fe y Mn en el agua. Actualmente se utiliza un método basado en la colorimetría. Una de las desventajas de este método es que es semi-cuantitativo, por lo cual no entrega precisión en las mediciones. Para ello se recomienda la adquisición de fotómetros para determinar la concentración del Fe y Mn en el agua.

Los fotómetros seleccionados son el HI 93709 para manganeso y el HI 93721 de la empresa Hanna Instruments, las características completas de los fotómetros se encuentran en el anexo D. El resumen de las características de los medidores se muestran en la tabla 5.8.

Elemento	Manganeso	Fierro
Modelo del equipo	HI 93709	HI 93721
Rango	0-20 ppm	0-5 ppm
Resolución	0,1 ppm	0,1 ppm

Tabla 5.8: Características principales de los fotómetros seleccionados

Para la medición de cloro libre, se recomienda seguir con el método actual de colorimetría, ya que, la norma NCh409/1.Of2005 en el punto 11.1 permite el uso de la colorimetría con comparación visual para la determinación de cloro libre. Por

lo tanto, se recomienda seguir la metodología actual para la medición de cloro libre

CAPITULO 6 ANALISIS ECONOMICO

Con el análisis del capítulo anterior se obtuvieron las principales modificaciones que son necesarias realizar a la planta.

De acuerdo a los planteamientos realizados en el capítulo anterior, se detallara a continuación el equipamiento nuevo que se requiere adquirir.

- 2 Filtros abatidores para un flujo de 3,5 – 8,5 [m³/h]
- 2 Bombas centrífugas de 4 Hp
- 2 Estanques de PRFV de 10.000 [L] c/u
- 1 Ablandador de agua para un flujo de 1.8 m³/h]
- Piping y Fittings.

Para la instrumentación y control se requiere:

- Medidores de Flujo
- Medidores de concentración de Fe
- Medidores de concentración de Mn

El valor de cada ítem mencionado anteriormente se detalla en la tabla 6.1.

Ítem	Valor s/IVA	Referencia.
Filtros Abatidores (Incluye instalación y puesta en marcha)	8.793.800	Anexo D
Bombas	850.400	Anexo D
Estanques	1.400.000	Anexo D
Ablandador (incluye instalación y puesta en marcha)	1.445.000	Anexo D
Piping	150.000	Estimado
Medidores de Flujo	340.267	Anexo D
Medidores de Concentración (incluye accesorios y reactivos)	525.525	Anexo D
Fletes a obra	150.000	Estimado
Total	13.654.992	

Tabla 6.1: Valores de equipamiento requerido

Los costos anuales de operación se pueden desglosar en:

- Permanganato de potasio.
- Cloro
- Cloruro de sodio
- Reactivos para medidores de concentración.
- Imprevistos.

La tabla 6.2 detalla el valor de cada ítem mencionado anteriormente. Los cálculos de la cantidad de Permanganato de sodio, hipoclorito de sodio y sal se encuentran en los anexos A-1, A-2 y A-3 respectivamente.

Ítem	Valor anual s/IVA	Referencia
Permanganato de Potasio	930.150	Anexo A
Hipoclorito de Sodio al 10%	1.872.000	Anexo A
Cloruro de sodio	286.650	Anexo A
Reactivos para medidores de []	519.750	Anexo D
Imprevistos	2.000.000	Estimado
Total	5.608.550	

Tabla 6.2: Valores anuales de reactivos y otros ítems

Cada 3 años es necesario cambiar empaquetaduras y rellenos tanto para los filtros abatidores como para el ablandador de agua. El costo de cada ítem se muestra en la tabla 6.3.

Ítem	Costo s/IVA	Referencia
Relleno Filtro Abatidor	2.656.187	Anexo D
Cambio de Accesorios	120.000	
Relleno Ablandador	181.600	
Cambio de Accesorios	81.000	
Total	3.038.787	

Tabla 6.3: Valores de los rellenos y accesorios para filtro y ablandador de agua.

Luego de realizado el detalle de los costos asociados a la ampliación y optimización de la planta, sería interesante realizar una comparación entre el sistema propuesto versus el sistema actual

Para realizar esta comparación se utilizará el procedimiento del valor actual neto (VAN) considerando un periodo de 10 años y una tasa de interés anual de 20%. Al final de los diez años los equipos se deprecian completamente.

El VAN es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual, es decir, actualizar mediante una tasa, todos los flujos de dineros futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto. Lo anteriormente descrito se resumen en:

$$VAN = -A + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+i)^n} \quad \text{Ec 6.1}$$

La tabla 6.4 muestra los flujos de dineros anuales y el VAN si se opta por ampliar y optimizar la planta.

Año	Costo anual s/IVA	Valor actual
0	-19263542	-19263542
1	-5608550	-4673792
2	-5608550	-3894826
3	-8647337	-5004246
4	-5608550	-2704741
5	-5608550	-2253950
6	-8647337	-2895976
7	-5608550	-1565243
8	-5608550	-1304369
9	-8647337	-1675912
10	-5608550	-905812
VAN		-46.142.410

Tabla 6.4: Costo anual y VAN del sistema propuesto

La tabla 6.5 muestra los gastos que se incurrirían anualmente si se opta por continuar con el sistema actual.

Ítem	Costo anual s/IVA
Agua embotellada	38.040.000
Permanganato	930.150
Hipoclorito de sodio al 10%	1.872.000
Medición de []	529.000
Mantenimiento	2.000.000
Total anual	43.371.150

Tabla 6.5: Costos anuales del sistema actual

Además cada tres años es necesario cambiar la arena del filtro abatidor. Este costo se detalla en la tabla 6.6.

Ítem	Costo Anual s/IVA
Relleno filtro	126.580
Total anual	126.580

Tabla 6.6: Costo del cambio en el relleno del filtro actual

La tabla 6.7 muestra los flujos de dineros anuales y el VAN si se opta por continuar con el sistema actual.

Año	Costo anual s/IVA	Valor Actual
0	42.771.150	-42.771.150
1	42.897.730	-35.748.108
2	42.771.150	-29.702.188
3	42.771.150	-24.751.823
4	42.897.730	-20.687.563
5	42.771.150	-17.188.766
6	42.771.150	-14.323.972
7	42.897.730	-11.971.969
8	42.771.150	-99.472.02
9	42.771.150	-82.893.35
10	42.897.730	-6.928.223
VAN		-222.310.299

Tabla 6.7: Costo anual y VAN del sistema actual

El método VAN muestra claramente las diferencias entre continuar con el sistema actual versus la ampliación y optimización de la planta.

Si bien con el método VAN bastaría para determinar que opción es mas rentable a largo plazo, seria interesante convertir el VAN en anualidades para determinar el

ahorro anual que se alcanzaría si se opta por la ampliación y optimización de la planta potabilizadora.

Las anualidades son pagos iguales efectuados a intervalos iguales de tiempo, generalmente de un año, que se llaman intervalos de pago. Para el cálculo de las anualidades se ocupó la ecuación 6.2

$$A = P \left(\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right) \quad \text{Ec 6.2}$$

La tabla 6.8 muestra las anualidades del sistema propuesto versus el sistema actual y el ahorro alcanzado.

Año	Sistema actual	Sistema propuesto	Ahorro
1	53.026.065	11.006.015	42020051
2	53.026.065	11.006.015	42020051
3	53.026.065	11.006.015	42020051
4	53.026.065	11.006.015	42020051
5	53.026.065	11.006.015	42020051
6	53.026.065	11.006.015	42020051
7	53.026.065	11.006.015	42020051
8	53.026.065	11.006.015	42020051
9	53.026.065	11.006.015	42020051
10	53.026.065	11.006.015	42020051

Tabla 6.8: Anualidades del sistema actual versus el sistema propuesto

Este cálculo nos permite concluir que la implementación del sistema propuesto produciría un ahorro anual de \$42.020.051 con respecto al sistema actual

CONCLUSIONES

El problema de la remoción de fierro y manganeso de fuentes acuíferas, es un problema que se remonta hace muchos años atrás, los primeros informes que hablan acerca de técnicas efectivas de remoción se remontan a la década del 70. A partir de esa fecha se han desarrollado y aplicado múltiples tecnologías que han demostrado su eficacia al momento de remover estos contaminantes, entre ellas tenemos:

- In-situ
- Remoción biológica
- Oxidación-Filtración
- Intercambio iónico
- Abatimiento por cal
- Secuestración o inhibición
- Microfiltración / Ultrafiltración
- Flotación

De todas las tecnologías estudiadas, la más difundida, aplicada y recomendada es la de oxidación-filtración por tener bajos costos de operación, pocas limitaciones de uso y permite operar bajo un amplio rango de concentraciones de contaminantes.

La normativa nacional que rige la calidad de la calidad del agua es la NCh409/1Of.2005 “Agua potable – Requisitos” establece que la concentración máxima de fierro total en el agua potable es de 0,3 [ppm] mientras que para el manganeso la concentración máxima en el agua es de 0,1 [ppm]. Si bien la presencia de fierro y manganeso en el agua no deriva en problemas de salud sino estéticos, la OMS considera aceptable una concentración de fierro de 1-3 [ppm] para el consumo humano mientras que para el manganeso recomienda una concentración máxima de 0,1 [ppm]. De lo anterior se desprende que la normativa chilena está acorde a las recomendaciones internacionales respecto a la concentración máxima de fierro y manganeso en el agua.

Los principales problemas que presenta actualmente la planta son:

- Calidad del agua potable.
- Subdimensionamiento de la planta.

La mala calidad del agua entregada en la faena se debe en gran medida al mal diseño del filtro abatidor, por lo cual la recomendación es cambiarlo por uno diseñado con las especificaciones, tales como, tasa de filtración y profundidad de lecho adecuadas para la remoción de Fe y Mn. El problema de subdimensionamiento y desabastecimiento de agua en los momentos pick se debe a estimaciones erróneas de la población total que se necesitaría en faena, la recomendación es ampliar las instalaciones, con la adquisición de bombas de mayor capacidad para satisfacer la demanda en forma óptima.

Después de analizar las características físico-químicas del afluente se concluye que el mejor método de remoción de Fe y Mn es el método de oxidación-filtración. El diseño de proceso considera aprovechar al máximo las instalaciones. A pesar de ello se recomienda prescindir de los siguientes equipos:

- El actual filtro abatidor de Fe y Mn.
- Filtros abatidores de turbidez.

El equipamiento nuevo que se recomienda adquirir es:

- Filtros abatidores.
- Bombas centrifugas.
- Estanques.
- Ablandador de agua
- Instrumentación

Si bien, para el sistema propuesto se consideró un flujo de operación de 10 [m³/h] la planta puede ser capaz de producir 17 [m³/h]. Este aumento de flujo se debe a la selección de dos filtros abatidores que cuentan con una capacidad máxima de filtrado de 8,5 [m³/h]. Por lo tanto esto permitiría asumir aumentos de consumo relacionados con el aumento de la población en faena.

Además el sistema propuesto de oxidación/filtración cumpliría con otros requerimientos tales como el traslado y almacenaje de los equipos de la planta. Esto se debe a que todos los equipos necesarios son fácilmente desmontable, transportables y almacenables en bodegas de la empresa para ser reutilizados en otras faenas donde se requieran. Además los reactivos utilizados (hipoclorito de sodio, permanganato de potasio) son reactivos que requieren ser almacenados en recipientes tapados alejados de la humedad y calor, por lo cual, su almacenamiento previste un bajo riesgo.

El costo inicial de las modificaciones asciende a la suma de \$13.654.992, principalmente por la adquisición de los filtros abatidores, ablandador de agua y estanques. Los costos de operación anual promedio del sistema propuesto son de \$11.006.015 versus los \$53.026.065 del sistema actual lo que traería un ahorro anual promedio de \$42.020.051.

En resumen, el sistema propuesto entregaría agua apta para el consumo de los trabajadores de faena, con tasas de producción acorde a la cantidad de trabajadores y con costos menores con respecto al actual sistema de compra de agua embotellada.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- 1) Elmer O. Sommerfield, Iron and Manganese Removal Handbook, American Water Works Association, 1999.
- 2) Jorge Arboleda V, Teoría y práctica de la purificación del agua, Vol. 2, McGraw-Hill Interamericana, Santafé de Bogotá, 2000.
- 3) Jairo Romero R, Potabilización del agua, Alfaomega, Ciudad de México, 1999.
- 4) Piña. Martín and Ma. de Lourdes Rivera, Remoción de hierro y manganeso en fuentes de agua para abastecimiento público aplicando una técnica de adsorción – oxidación que utiliza zeolita natural como medio de contacto en los estados de Sinaloa y Chihuahua, Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Cancún, México , 2002.
- 5) Petkova Simeonova and Ma. Lourdes Rivera, Estudio piloto para la remoción de manganeso en las fuentes de abastecimiento de agua de Guaymas, Sonora, p. 1-9. Consolidación para el desarrollo, México, 1996.
- 6) Amlan Ghosh and Zaid Chowdhury, Iron and manganese precipitation control – use of alternative oxidants, Annual Conference American Water Works Association, Florida, 2006, p. 1-16.
- 7) Jason Wen, How to select and operate a pressure filter for Mn/Fe removal?, Annual Conference American Water Works Association, Florida, 2004, p. 1-33.
- 8) Paul Lambert and Antonia von Gottberg, Ultrafiltration for iron and manganese removal: A comparison of two state of the art plants designed eight years apart, American Water Works Association, 2007, p. 1-26.
- 9) NCh2485.Of2000, Instalaciones domiciliarias de Agua Potable – Diseño, cálculo y requisitos de las redes interiores.
- 10) NCh409/1.Of2005, Agua potable parte 1: Requisitos.

GLOSARIO DE TERMINOS

Abatir, abatimiento: Acción de disminuir o eliminar completamente un elemento indeseado en el agua.

Coloides: Partículas que no son apreciables a simple vista, pero mucho más grandes que cualquier molécula.

Fe: El hierro es un elemento químico de número atómico 26 situado en el grupo 8 de la tabla periódica de los elementos.

m.c.a.: Unidad de presión del Sistema Técnico de Unidades, y equivale a la presión ejercida por una columna de agua pura de un metro de altura. Su equivalencia es $1 \text{ Kg/cm}^2 = 10 \text{ m.c.a.}$

Mn: El manganeso es un elemento químico de número atómico 25 situado en el grupo 7 de la tabla periódica de los elementos

Oxidación: Reacción química a partir de la cual un átomo, ión o molécula cede electrones aumentando la carga positiva.

Pretratamiento: Acondicionamiento del agua para facilitar los tratamientos propiamente dichos, o para preservar las instalaciones de la erosión, corrosión, etc.

PRFV: Plásticos Reforzados con Fibra de Vidrio (PRFV). Este material es un compuesto de fibras de vidrio, carbono, kevlar, metal, boro ó silicatos de aluminio, resina plástica y aditivos.

Solubilidad: Es la medida de la capacidad de una determinada sustancia para disolverse en otra. Puede expresarse en moles por litro, en gramos por litro, o en porcentaje de soluto; en algunas condiciones se puede sobrepasarla, denominándose a estas soluciones sobresaturadas

Toxicidad: Capacidad de una sustancia de ser letal en baja concentración o de producir efectos tóxicos acumulativos, cancerígeno, mutagénicos, etc.

ANEXOS

Anexo A – Cálculo de reactivos

A-1 Cálculo de la cantidad de Permanganato requerido anualmente.

- Se considera que la planta funcionará 8000 [h/año].
- La dosis a usar es de 50[g] por cada 200 [L] de solución.
- Tomando en cuanto que la bomba dosificadora bombea a razón de 210 [L/h].

Obtenemos que

$$\frac{Kg}{año} = \frac{210 * 8000 * 50}{200} * \frac{1Kg}{1000g}$$

Al año se consumen 420 Kg. de Permanganato de Potasio.

A-2 Cálculo de la cantidad de Cloro requerido anualmente

- Se considera que la planta funcionará 8000 [h/año].
- La dosis a usar es de 20[L] por cada 200 [L] de solución.
- Tomando en cuanto que la bomba dosificadora bombea a razón de 90 [L/h].

Obtenemos que

$$\frac{L}{año} = \frac{90 * 8000 * 20}{200}$$

Al año se consumen 72000 [L] de solución de cloro al 10%

A-3 Cálculo de la cantidad de cloruro de sodio requerido para regeneración del ablandador anualmente

- Se considera una operación de 8000 [h/año]

Capacidad: 3000 [gr] de Carbonato de calcio.

Flujo de agua a ablandar: 300 [L/h]

Dureza del agua: 450 [mg/L]

$$\text{Rendimiento: } \frac{3000 * 1000}{450 * 300} = 22.2[\text{hr}]$$

$$\text{Regeneraciones por año: } 8000/22.2 = 361$$

$$\text{Tiempo de regeneración: } 30 [\text{min}]$$

$$\text{Concentración de solución salina: } 60 [\text{g/L}]$$

$$\text{Flujo de solución para regeneración: } 2.1 [\text{L/min}]$$

$$\text{Cantidad de sal por año: } \frac{2.1 * 60 * 30 * 361}{1000} = 1365 [\text{Kg}]$$

Anexo B - Bombas

B-1 Bomba de pozo profundo marca Lowara modelo 12GS55

El primer paso es comprobar que al flujo de diseño, 166 [l/min] o 10 [m³/h], la eficiencia es máxima. De acuerdo a la figura B-1 se aprecia que para el flujo de diseño la eficiencia de la bomba se acerca a su máximo.

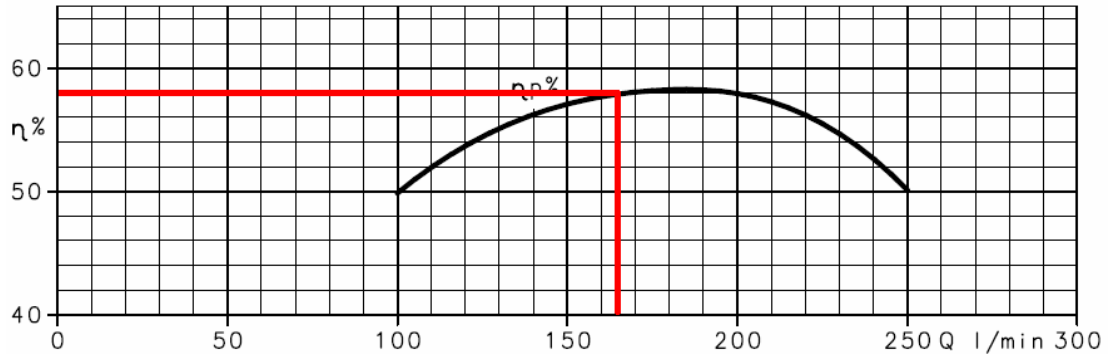


Figura B-1: Curva de eficiencia para bomba de pozo profundo

El segundo paso es construir la curva altura-caudal de la bomba y la curva característica del sistema las que nos permitirán chequear la operación óptima de la bomba.

Para la construcción de la curva altura caudal hay que dirigirse al catálogo del fabricante de la bomba. Del este se extrae la tabla B-1.

Flujo [L/min]	0	100	150	175	200	250
H [m.c.a]	173,6	148,3	127	113	98	62

Tabla B-1: Datos de la curva altura-caudal de la bomba de pozo profundo

La construcción de la curva característica del sistema se detalla en la tabla B-2

Perdidas por singularidades (m.c.a.)						
Flujo [L/min]	Tubería de acero de 3"	Tubo de PVC de 75 [mm]	Fittings	Filtros	Altura	Total (m.c.a.)
0	0	0	0,210	22,200	30	52,410
100	0,351	1,073	0,503	22,200	30	54,127
150	0,714	2,274	0,870	22,200	30	56,058
175	0,936	3,025	1,108	22,200	30	57,268
200	1,182	3,873	1,383	22,200	30	58,638
250	1,747	5,856	2,042	22,200	30	61,845

Tabla B-2: Valores para la construcción de las curvas características de la bomba de pozo profundo

Graficando las curvas obtenemos

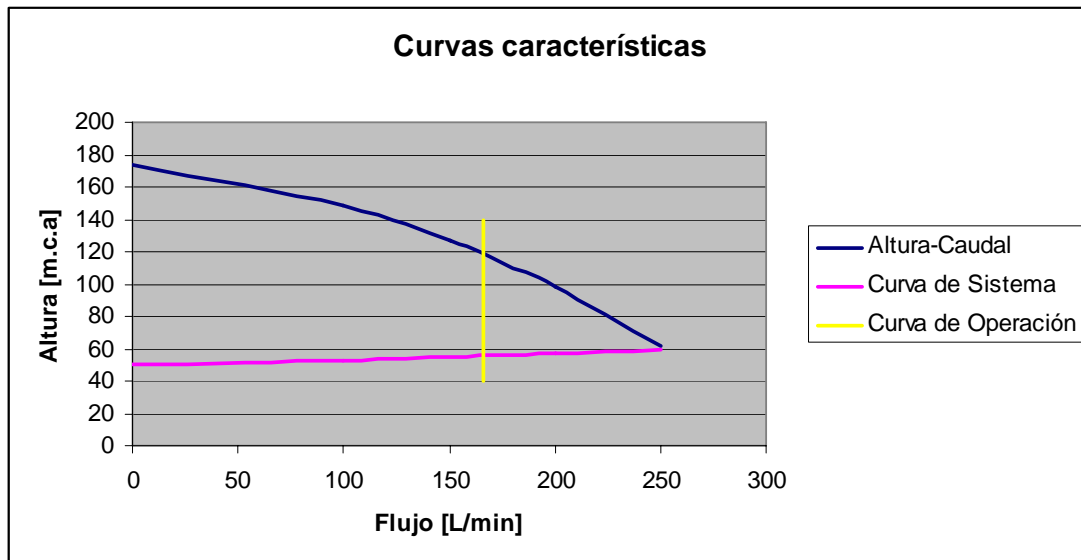


Figura B-2: Curvas características de la bomba de pozo profundo

Como se aprecia en la Figura B-2 para un flujo de 10. [m³/h] o 166 [L/min] la curva de operación está a la izquierda de la intersección de la curva altura-caudal y la curva del sistema, lo que refleja claramente que la bomba cumple con las condiciones que son requeridas, por lo que no sería necesario cambiarla por otra.

B-2 Bomba centrífuga marca Reggio modelo STM 100

Esta bomba es actualmente la encargada de transportar el agua desde el estanque de retención hasta los estanques acumuladores pasando por los filtros abatidores de turbidez y el filtro abatidor de Fe y Mn.

La siguiente tabla muestra la curva altura-caudal entregada por el fabricante.

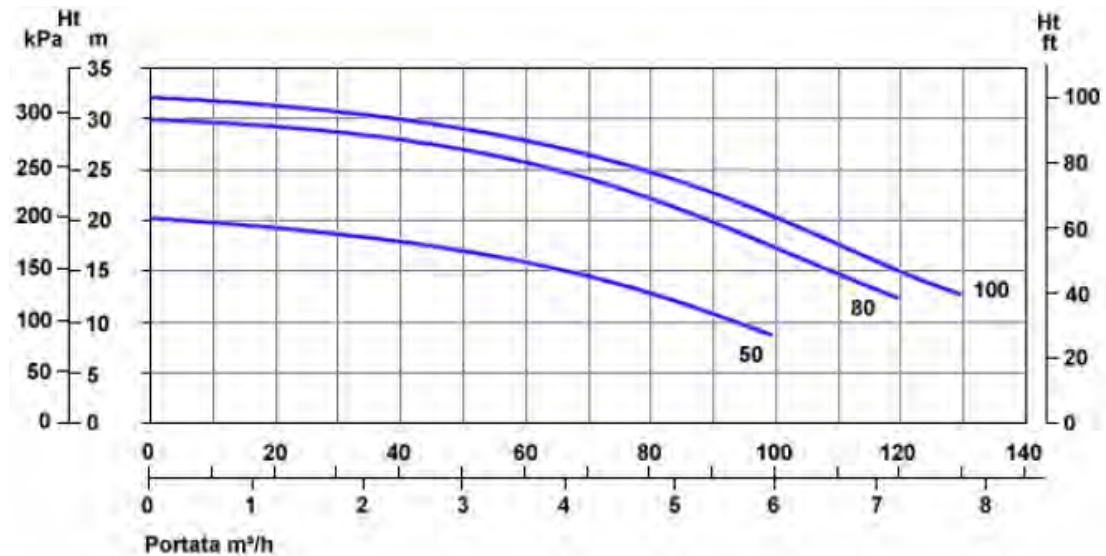


Figura B-3: Curva altura caudal para bomba Reggio modelo STM 100

Claramente se puede apreciar en la figura B-3 que el caudal de diseño (166,66 [L/min]), es superior al caudal máximo de la bomba (130 [L/min]). Por lo tanto, si se desea aumentar la capacidad de producción se requiere el cambio de bomba.

B-3 Bomba centrífuga marca Pedrollo modelo CP25/200A

Estas bombas serán las encargadas de transportar el agua desde el estanque de retención hacia los estanques de acumulación pasando por el filtro abatidor. Además estas bombas serán las encargadas de transportar el agua desde los estanques de acumulación hacia los puntos de consumo.

El primer paso es determinar la eficiencia de la bomba en el flujo de diseño, 166 [l/min]

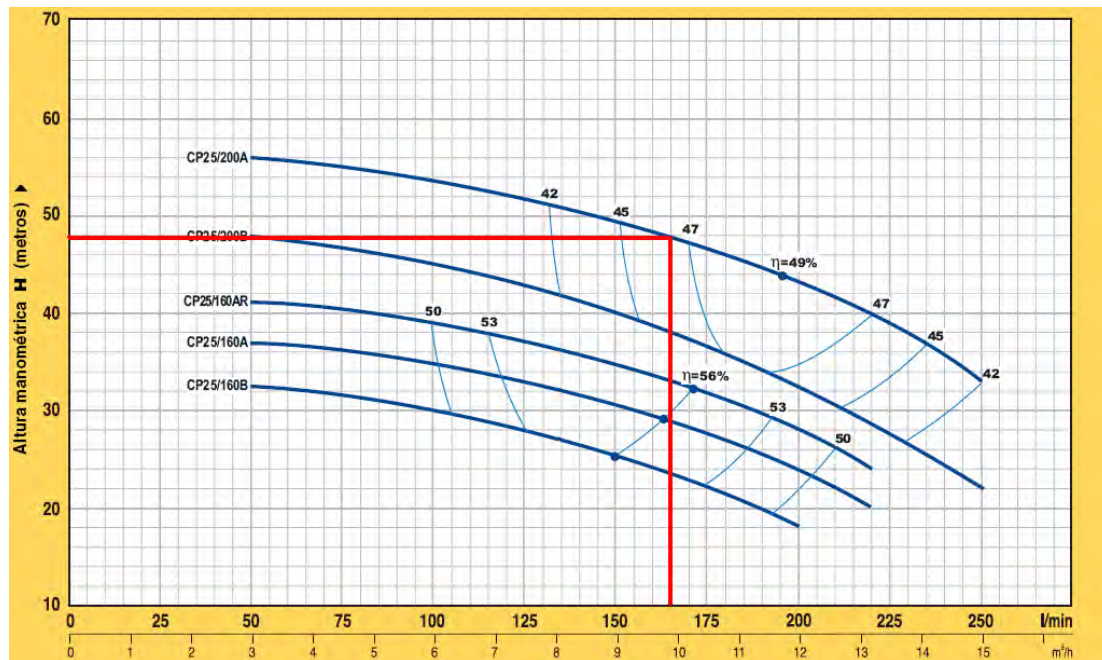


Figura B-4: Curva de eficiencia para bomba Pedrollo modelo CP25/200A

Como se puede apreciar en la figura B-4, para el flujo de diseño, la eficiencia de la bomba es aproximadamente 47% muy cercano al valor máximo de 49%. Por lo tanto, bajo el criterio de eficiencia la bomba es apta para los requerimientos.

El segundo paso es construir la curva altura-caudal de la bomba y la curva característica del sistema las que nos permitirán chequear la operación óptima de la bomba.

Para la construcción de la curva altura caudal nos dirigimos al catálogo del fabricante de la bomba de donde se extrae la tabla B-3.

Flujo [L/min]	0	50	60	70	80	90	100	110	125	140	160	180	200	220	250
H (m.c.a)	57	56	55,8	55,5	55	54,5	55	53	52	50,5	48,5	46	43,5	40	33

Tabla B-3: Datos de la curva altura-caudal de la bomba CP25/200A

La construcción de la curva característica del sistema se detalla en la tabla B-4. Esta curva corresponde al tramo comprendido entre el estanque de retención y los estanques acumuladores, pasando a través del filtro abatidor.

Flujo [L/min]	Perdidas por singularidades [m.c.a.]				Total (m.c.a)
	Tubería de PVC de 50 [mm]	Fittings	Filtros	Altura	
0	0	0,5	5,6	3	9,1
50	0,068	0,535	5,6	3	9,203
60	0,096	0,550	5,6	3	9,245
70	0,127	0,568	5,6	3	9,295
80	0,163	0,589	5,6	3	9,351
90	0,203	0,612	5,6	3	9,415
100	0,246	0,638	5,6	3	9,485
110	0,294	0,667	5,6	3	9,561
125	0,372	0,716	5,6	3	9,689
140	0,459	0,771	5,6	3	9,830
160	0,588	0,854	5,6	3	10,042
180	0,732	0,948	5,6	3	10,280
200	0,889	1,053	5,6	3	10,543
220	1,061	1,170	5,6	3	10,830
250	1,344	1,365	5,6	3	11,309

Tabla B-4: Valores para la construcción de las curvas características de la bomba CP25/200A para el primer tramo

Graficando los datos obtenemos:

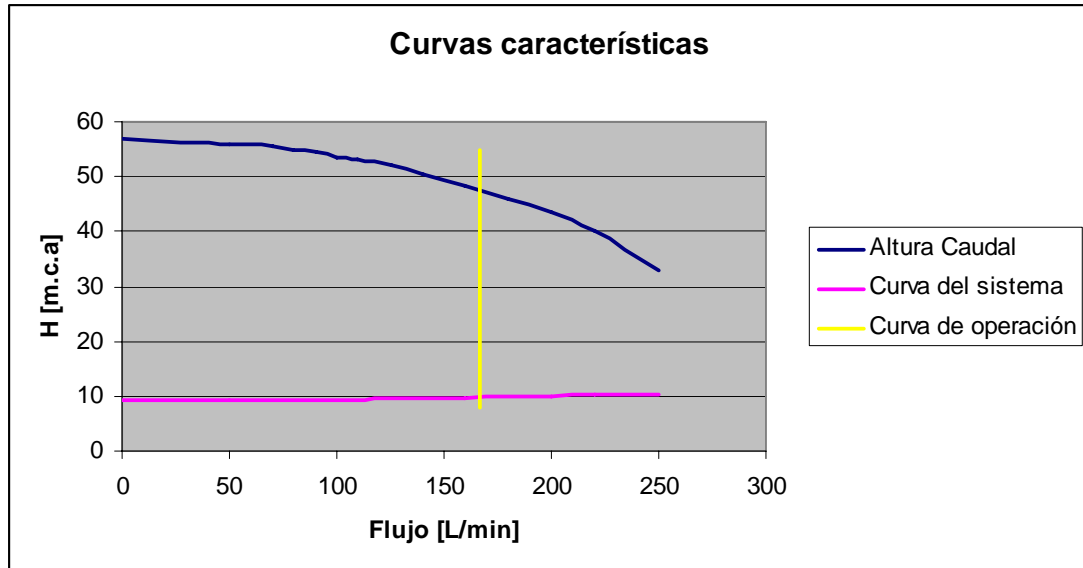


Figura B-5: Curvas características de la bomba CP25/200A para el primer tramo

De la figura B-5 se puede observar que la curva de operación se encuentra a la izquierda del punto de intersección de las curvas de altura-caudal y de sistema, por lo tanto, la bomba cumpliría con los requerimientos.

Como se mencionó anteriormente, esta misma bomba se planea utilizar para la distribución de agua potable, desde los estanques de retención hacia los distintos puntos de distribución.

Para chequear su óptimo funcionamiento es necesario la construcción de la curva de sistema. Debido a que este tramo contiene muchos puntos de consumo (duchas, lavamanos, casino, etc.), para efectos de cálculo se considerará el punto más desfavorable de la red, es decir, el punto más alejado.

La construcción de la curva característica del sistema se detalla en la tabla B-5

Flujo [L/min]	Perdidas por singularidades [m.c.a.]			Total (m.c.a)
	Tubería de 50 [mm]	Fittings	Altura	
0	0	0,5	3	3,5
50	1,706	0,7	3	5,379
60	2,391	0,7	3	6,140
70	3,181	0,8	3	7,020
80	4,073	0,9	3	8,016
90	5,066	1,1	3	9,127
100	6,158	1,2	3	10,350
110	7,347	1,3	3	11,684
125	9,309	1,6	3	13,890
140	11,483	1,9	3	16,339
160	14,705	2,3	3	19,976
180	18,290	2,7	3	24,031
200	22,230	3,3	3	28,497
220	26,522	3,8	3	33,370
250	33,607	4,8	3	41,430

Tabla B-5: Valores para la construcción de las curvas características de la bomba CP25/200A en el segundo tramo

Graficando:

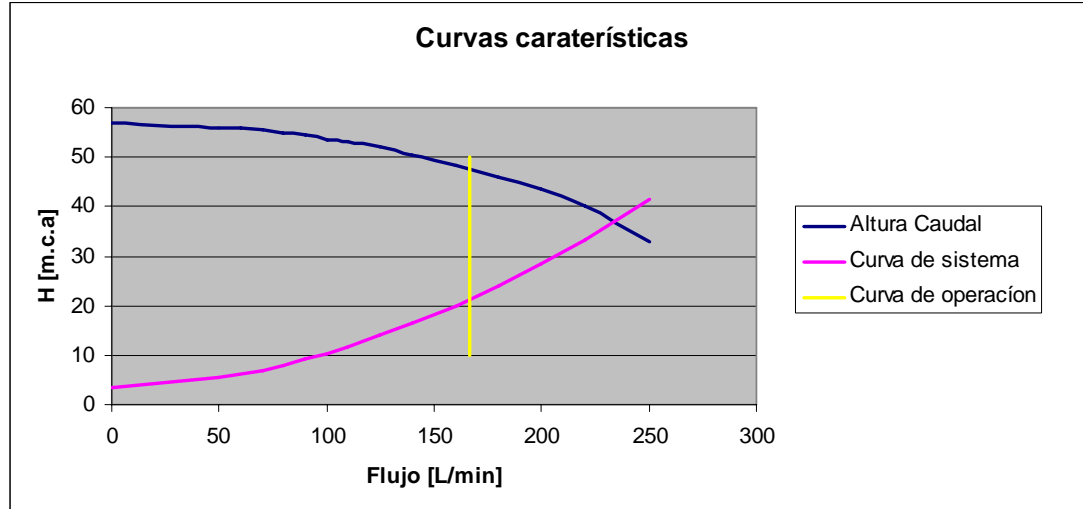


Figura B-6: Curvas características de la bomba CP25/200A para el segundo tramo

De la figura B-6 podemos concluir que para las condiciones requeridas de diseño, la bomba cumple con su cometido.

Anexo C – Tuberías

C-1 Tuberías de PVC Hidráulico

Para el transporte de agua se considera la utilización de tuberías de PVC Hidráulico. Esta selección se debe al bajo costo de esta como a su alta resistencia mecánica y fácil montaje.

Para transportar el agua desde la zona de pretratamiento, se utilizara una cañería de PVC Hidráulico clase 10 de 75 [mm]. Para transportar el agua dentro de la planta y hacia los puntos de consumo se contempla el uso de una tubería de 50 [mm] clase 10.

En la actualidad se fabrican 4 clases diferentes de tuberías, clase 4, 6,10 y 16. La diferencias entre clases radica es su espesor, y por ende, es su resistencia a la presión interna. Todo esto se ve reflejado en la figura C-1.

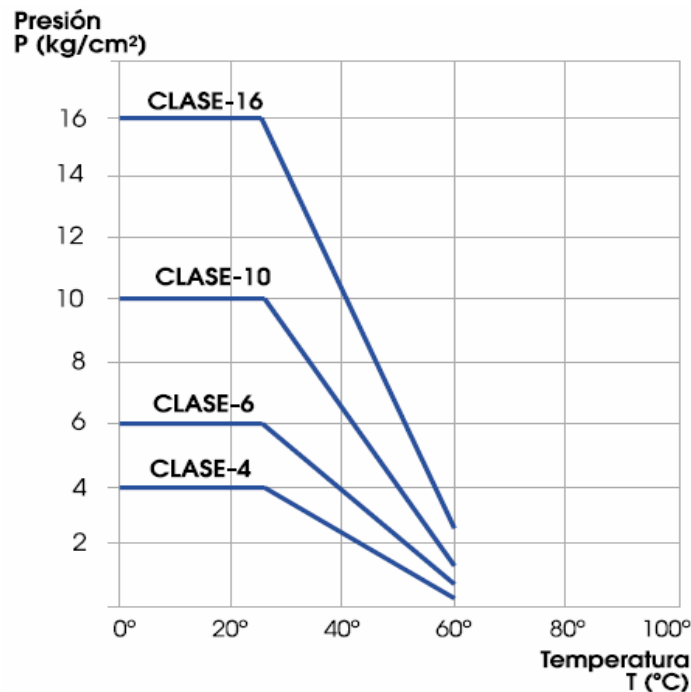


Figura C-1: Curvas de presión versus temperatura para distintas clases de tuberías de PVC

Como se menciona, las tuberías seleccionadas corresponden a clase 10. Esto se traduce en que las tuberías soportan una presión interna de 10 [Kg/cm²] o 100 [m.c.a] a una temperatura de 25[°C].

Si se observa las curvas de altura-caudal de las distintas bombas ninguna supera los 100 [m.c.a], por lo tanto, es correcta la utilización de las tuberías de PVC en la planta.

Anexo D – Cotizaciones, catálogos, normas

**PROYECTO PLANTA POTABILIZADORA
PLANTA COKE
CONCON
DSD MONTAJES**

Presupuesto N°AT333/07

AGUASIN



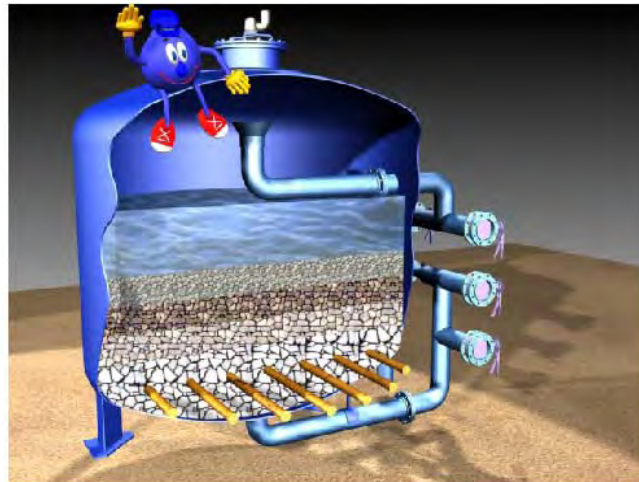
2

Presupuesto AT 333/07
Viña del Mar 15 de Noviembre del 2007

1. INTRODUCCION

AGUASIN, tiene el agrado de ofrecer el suministro de un equipo de Tratamiento de Agua Automático, para tratar un caudal de **5,0 m³/h**, diseñado para la eliminación de Hierro y Manganeseo ,este estudio esta basado en el informe de agua enviados por el Cliente, el cual indica que existen concentraciones de contaminantes excedidas de lo indicado en la Norma Chilena de agua potable (NCh 409), los contaminantes y sus concentraciones son: Hierro 6,0 ppm Fe y para el Manganeseo 1,3 ppm Mn, para esto se recomienda la instalación de un Filtro modelo **ABAA-95**. Este filtro esta diseñado para trabajar a una presión máxima de trabajo de 5 kg/cm².

El filtro es construido bajo las normas vigentes, en los materiales, fabricación, controles, inspecciones y pruebas.





3

Presupuesto AT 333/07
Viña del Mar 15 de Noviembre del 2007

2. ALCANCE DE LOS SUMINISTROS

Item	Cantidad	Descripción
1	1	<p>Filtro en profundidad a presión, de funcionamiento Automático, marca AGUASIN, modelo ABAA-95</p> <p>El filtro está compuesto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Estanque a presión. ■ Difusores inferiores ■ Manifold de acero. ■ Válvulas Automáticas ■ Válvula de venteo automático. ■ Instrumentación. Dos manómetros. ■ Carga filtrante (antracita y arena) y carga soportante (gravas)

3. ESPECIFICACIONES TECNICAS

3.1 Filtros eliminador de Hierro Manganeso

Características Técnicas de Operación del filtro:

Marca	:	AGUASIN
Modelo	:	ABAA-95
Modo de operación	:	Automática
Caudal de servicio	:	3,5– 8,5 m ³ /h
Caudal de trabajo	:	5 m ³ /h
Tasa de servicio diseño	:	7,14 m ³ /h/m ²
Caída máxima de presión	:	8 psi
Caudal de retrolavado	:	22,7 m ³ /h
Tasa de retrolavado	:	32 m ³ /h/m ²
Temperatura de Operación	:	5 - 50 °C
Conexión de alimentación y servicio	:	2" Ø
Presión mínima para retrol.	:	20 psi
Presión Máxima de Trabajo	:	5 Kg/cm ²



4

Presupuesto AT 333/07
Viña del Mar 15 de Noviembre del 2007

Composición del Lecho Filtrante:

Carga Filtrante

- Carenit AN	:	160 Kg
- Carenit AB	:	360 Kg

Carga Soportante

Carenit C-5	:	180 Kg
-------------	---	--------

Características Técnicas del Cuerpo:

* Diseño

Forma de la unidad fondos	:	Cilíndrico vertical con bombeados
Material de construcción	:	Acero ASTM A-37

Diámetro Cilíndrico	:	950 mm
Altura Cilíndrica	:	1500 mm

* Revestimiento y Pintura

Pintura Interior:

Tipo de Arenado	:	SP5
Anticorrosivo Epóxico (Adolfo Stierling)	:	AS-334-14, 1,2-1,5 mils
Revestimiento (Adolfo Stierling)	:	IPONPLASTIC AS-234 20 mils

Pintura Exterior:

Tipo de arenado	:	SP5
Anticorrosivo Epóxico (Adolfo Stierling)	:	AS-334-14, 1,2-1,5 mils
Intermedio	:	AS-332-586 4 mils
Terminación	:	AS-22 color azul Aguasin poliuretano, 2 mils.

* Distribuidores

Superior	:	Distribuidor tipo campana invertida
Inferior tipo flaua	:	Distribuidor vertebrad
Tapá Hombre (Diámetro)	:	16 pulgadas



5

Presupuesto AT 333/07
Viña del Mar 15 de Noviembre del 2007

Características Técnicas Manifold:

* Piping

Material : Acero ASTM A-53
Calibre : sch 40
Restrictor de Flujo : Placa orificio

* Válvulas:

Válvula Automática

Tipo : Bola
Cantidad : 5 de 2"Ø

Válvula de venteo

Marca : ARI
Modelo : D040
Tipo : Doble cinética
Conexión : ½" Ø
Material del cuerpo : PP

* Instrumentación

Manómetros

Cantidad : Dos (2)
Rango : 0-100 psi
Ø Esfera : 2 ½"
Ø Conexión : 1/4" NPT abajo

Pesos aproximados:

Embarque : 1.260 Kg
Servicio : 2.020 Kg



Presupuesto AT 333/07
Viña del Mar 15 de Noviembre del 2007

4. **PRECIO**

- a) Del filtro Aguasin modelo **ABMA-95**, sin instalación, puesto en nuestras bodegas de Santiago sobre camión.

\$3.836.900.- + IVA

- b) **Supervisión** de Instalación, montaje, armado y puesta en marcha del equipo.
Dos visitas de un Técnico

\$ 560.000.- + IVA

El precio es sin IVA, sin traslado ni instalación.

Lugar de entrega sobre camión en nuestras bodegas de Aguasin, SCL.

Aguamarket *Productos y Servicios para la Industria del Agua Latinoamericana*

English Home Ver Versión Básica

Buscar...
Buscar

NUESTROS PRODUCTOS ▶ Cotizar Productos | Guia Productos | Productos Destacados | Precios Referenciales

Usuario: Paolo Palavecino Mi "Panel de Control"   

VER MENSAJES
DEL REQUERIMIENTO

Presupuesto MEDIOS FILTRANTES CARBON ANTRACITA

Cotización 1 de 2

▶ Siguiente

▶▶ Ultima

Oferta N° : 23509	Fecha Cotización : Santiago, 23 / SEP / 2008
Requerimiento N° : 80518	
Ejecutivo Asignado : Mariela Gonzalez	
Email Ejecutivo : tratamiento@aguamarket.com	

Características y Detalles Técnicos

Valores



Precio Neto : 62800 PESOS CHILENOS + IVA

... [Imprimir](#) [COMO COMPRAR](#) [Beneficios](#) [Info. Facturación](#)

Ficha Técnica :

MEDIOS FILTRANTES

Medios Filtrantes Carbon Antracita

Utilizado en filtros multi-Media. debido a su densidad relativamente media, permanecerá sobre medios más pesados tales como arena o granate que proporciona una capa excelente de la prefiltración. Los medios de antracita son un carbón machacado calificado seleccionado específicamente para el tratamiento de aguas

ormato:

Saco 30 Kg \$ 62800 + IVA

[...Ver Más](#)

Condiciones de Venta

Validez de la Cotización	:	20 días
Condiciones de Pago	:	Contado más IVA
Garantía	:	
Plazo de Entrega, previa orden de compra	:	5-7 días
Despacho	:	A convenir, precio no incluye traslado
Lugar de Entrega	:	Oficinas Aguamarket
Fono Asesoría	:	(56 - 2) 2363250

*Nota: Los valores expresados no incluyen IVA
Orden de Compra disponible para clientes naturales.*

CONFIRME SU COMPRA

Comentarios

- _SOLO BUSCABA INFORMACION
- _YA COMPRE EN OTRO LADO
- _FUERA DE PRESUPUESTO



Responda y
Obtenga
Agua Puntos
y Beneficios

Informe sus comentarios

ENVIAR

DESEO NEGOCIAR

Solicito me contacte y llame a mi teléfono, se despide atte. :

Mariela Gonzalez
Fono:(56-2) 2351457
Email:tratamiento@aguamarket.com

Aguamarket *Productos y Servicios para la Industria del Agua Latinoamericana*

English Home Ver Versión Básica

Buscar...
Buscar

NUESTROS PRODUCTOS ▶ Cotizar Productos | Guia Productos | Productos Destacados | Precios Referenciales

Usuario: Paolo Palavecino Mi "Panel de Control"    

VER MENSAJES
DEL REQUERIMIENTO

Presupuesto MEDIOS FILTRANTES FIERRO Y/O MANGANESO

Cotización 2 de 2

 Primera  Anterior

Oferta Nº	: 23507 Nueva	Fecha Cotización	Santiago, 23 / SEP / 2008
Requerimiento Nº	: 80518		
Ejecutivo Asignado	: Mariela Gonzalez		
Email Ejecutivo	: tratamiento@aguamarket.com		



Características y Detalles Técnicos

Valores



Precio Neto : 325200 PESOS CHILENOS + IVA

...

 Imprimir  COMO COMPRAR > Beneficios  Info. Facturación

Ficha Técnica :

MEDIOS FILTRANTES

Medios Filtrantes Hierro y/o Manganeseo

Es una glauconita (Manganese Greensand) capaz de retener el hierro y/o manganeseo disuelto en el agua mediante un proceso de oxidación y filtración. Este producto también elimina sulfuro de hidrógeno y arsénico en condiciones especiales.

Formato:

Saco 40 Kg \$ 325200 + IVA

[...Ver Más](#)

Condiciones de Venta

Validez de la Cotización	:	20 días
Condiciones de Pago	:	Contado más IVA
Garantía	:	
Plazo de Entrega, previa orden de compra	:	7-10 días, previa confirmación de stock
Despacho	:	A convenir, precio no incluye traslado
Lugar de Entrega	:	Oficinas Aguamarket
Fono Asesoría	:	(56 - 2) 2363250

Nota: Los valores expresados no incluyen IVA
Orden de Compra disponible para clientes naturales.


CONFIRME SU COMPRA

Comentarios

- _SOLO BUSCABA INFORMACION
- _YA COMPRE EN OTRO LADO
- _FUERA DE PRESUPUESTO



Responda y
Obtenga
Agua Puntos
y Beneficios



Productos y Servicios para la Industria del Agua Latinoamericana

Home

Ayuda English

Buscar Producto...

NUESTROS PRODUCTOS

INGRESO CLIENTES

Cotice Todo para Agua

Ingrese su Email

¿Cliente Nuevo?


¿Cómo Cotizar Productos?

Cotizar Productos | **Guia Productos** | **Productos Destacados** | **Precios Referenciales**

Precio Referencial de

ELECTROBOMBA CENTRIFUGA NORMALIZADA CP25/200A

Esta cotización es *informativa*, son solo valores REFERENCIALES

 **Imprimir**


ID Cotización : **20822**

Despacho : Oficinas Aguamarket

Pais Oferente : Chile

Fecha Cotización : 24/05/2008

Comentarios Técnicos



electrobomba superficie normalizada

origen italia

modelo cp25/200a

4 hp

380 v




7.2 amp

diametro succión 1 1/2

diametro descarga 1

*****valor \$ 425.200 + iva*****

COMUNIDAD

- Noticias del Agua
- Visitenos  Blog
- Suscribase  RSS
- Comparta  Facebook
- Temas de Interes
- Diccionario del Agua
- Convertor de Unidades
- Consejos Mantención
- Foro Consultoría
- Licitaciones Públicas
- Eventos y Asociados
- Historial Boletines
- Símbologia
- Videos

PROVEEDORES

- Acceso Empresas Registradas "Panel Empresa"
- Registre Gratis su Empresa
- Contraseñas Olvidadas
- Negocios en Línea

BOLSA DE TRABAJO

BOLETÍN COMERCIAL

CONTACTO



electrobombas centrífugas normalizadas "EN 733 - DIN 24255"



CAMPO DE LAS PRESTACIONES

Caudal hasta 250 l/min (15 m³/h)
 Altura manométrica hasta 57 m

LIMITES DE UTILIZO

Altura de aspiración manométrica hasta 7 m
 Temperatura del líquido hasta + 90°C
 Máxima temperatura ambiente hasta + 40°C

EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60034-1
 IEC 34-1
 CEI 2-3



EMPLEOS E INSTALACIONES

Son aconsejadas para bombear agua limpia y líquidos químicamente no agresivos para los materiales que constituyen la bomba.

LAS BOMBAS DE ESTA SERIE SON CONSTRUIDAS SEGUN LA NORMA EN 733 - DIN 24255 Y HALLAN UN EMPLEO ESPECIFICO EN EL CAMPO CIVIL, INDUSTRIAL O AGRICOLA, DONDE SUS CARACTERISTICAS DE ROBUSTEZ Y FIABILIDAD ADQUIEREN UN VALOR MAS ALTO.

La instalación se debe efectuar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.

GARANTIA 2 AÑOS según nuestras condiciones generales de venta.

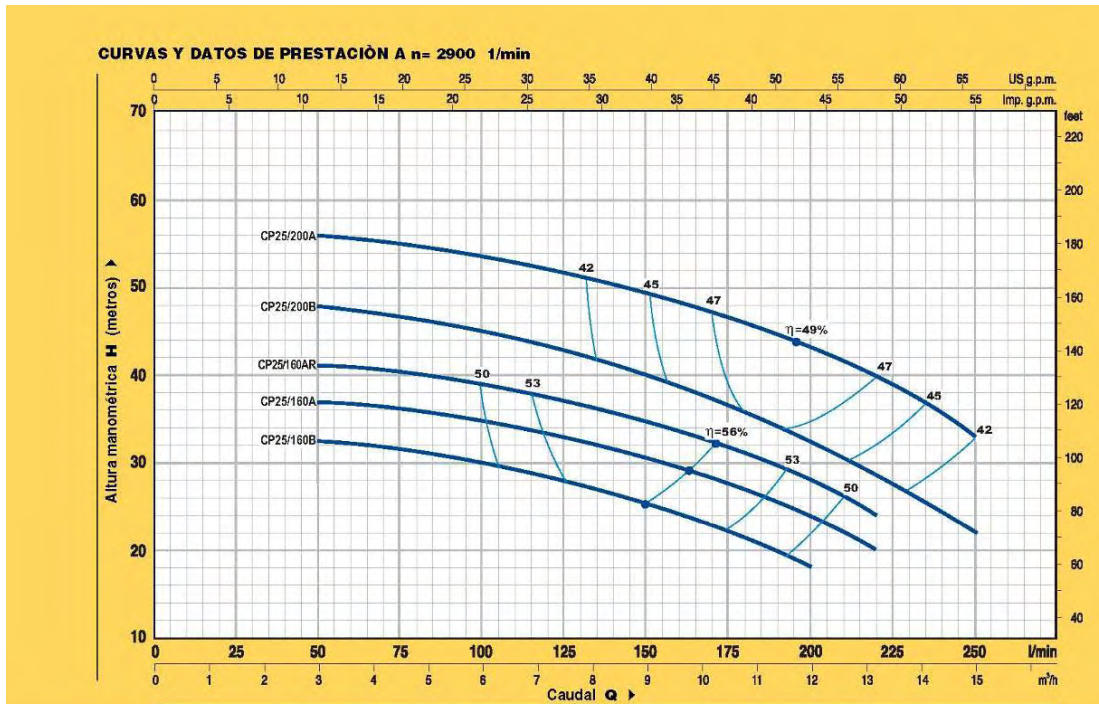
CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION

- CUERPO BOMBA: hierro fundido, construido según las normas EN 733 - DIN 24255 y UNI 7467- NF E-44-111, con bocas de aspiración e impulsión roscadas ISO 228/1.
- RODETE: el latón, del tipo a flujo radial centrífugo.
- EJE MOTOR: acero inoxidable EN 10088-3 - 1.4104.
- SELLO MECANICO: cerámica - grafito - NBR.
- MOTOR ELECTRICO: las bombas están acopladas a un motor eléctrico PEDROLLO expresamente dimensionado, silencioso, cerrado, con ventilación externa, apto para servicio continuo.
 CPm: monofásico 230 V - 50 Hz con condensador y salvamotor térmico incorporado en el protector hasta 1.5 kW.
 CP: trifásico 230/400 V - 50 Hz.
- AISLAMIENTO: clase F. ● PROTECCION: IP 44.

EJECUCION BAJO PEDIDO

- ⇒ sello mecánico especial
- ⇒ otras tensiones o frecuencia 60 Hz

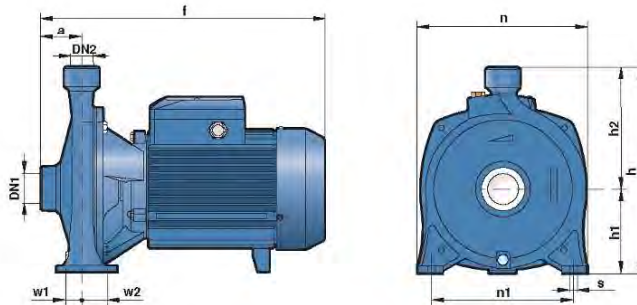




TIPO		POTENCIA		Q	Caudal														
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m³/h	0	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.5	8.4	9.6	10.8	12.0	13.2
CPm 25/160B	CP 25/160B	1.1	1.5	l/min	0	50	60	70	80	90	100	110	125	140	160	180	200	220	250
CPm 25/160A	CP 25/160A	1.5	2	H mts	38	37	36.8	36.5	36	35.5	35	34	33	31.5	29.5	27	24	20	
	CP 25/160AR	2.2	3		42	41	41	40.5	40	39.5	39	38	37	36	34	31	28	24	
CPm 25/200B	CP 25/200B	2.2	3		49	48	47.5	47	46.5	45.5	45	44	43	41	38.5	36	32	28	22
	CP 25/200A	3	4		57	56	55.8	55.5	55	54.5	53.5	53	52	50.5	48.5	46	43.5	40	33

Q = Caudal H = Altura manométrica total Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO 9906 App. A.

TABLA DIMENSIONES Y PESOS



TIPO		BOCAS		DIMENSIONES mm											kg	
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	n	n1	w1	w2	s	1~	3~	
CPm 25/160B	CP 25/160B	1 1/2"	1"	56	386	260	105	155	206	150	27.5	27.5	10	20.7	18.7	
CPm 25/160A	CP 25/160A													21.7	21.0	
	CP 25/160AR													-	21.8	
CPm 25/200B	CP 25/200B	1 1/2"	1"	60	384/359	305	125	180	252	210	23.5	39.5	11	31.0	28.6	
	CP 25/200A													-	30.7	



Panamericana Norte 18.900, Interior
Comuna de Lampa • Santiago • Chile
Casilla 9177, Correo Central • Santiago
Fono: (56 2) 270 9500 • Fax: (56 2) 738 7684
E-mail: aguasin@aguasin.com

45 años de trayectoria en tratamientos de agua



C O T I Z A C I O N N° JZD 50/07

PARA:	DE:
Claudio Aguirre	Jimena Zúñiga AGUASIN LTDA.
ORGANIZACIÓN:	FECHA:
DSD	OCTUBRE 2007
NÚMERO DE FAX / FONOS / EMAIL	N° TOTAL DE PÁGINAS, PORTADA INCLUIDA: 1
c_aguirre@dtd.cl	MAIL: jzuniga@aguasin.com
SU REF: SOLICITUD TELEFÓNICA	FAX: 2696910 FONOS: 094481717

Estimado señor:

Me es grato cotizar los siguientes productos.

Item	Descripción	Predo Pesos \$
1	Un equipo ablandador de agua marca AGUASIN modelo HAF-1200-DA de funcionamiento totalmente automático, por tiempo de diseño propio, fabricado en nuestros talleres. Equipado con reloj programador (timer importado de E.E.U.U.) que comanda las válvulas y controla los procesos de retrolavado, regeneración, lavado y ablandamiento.	
1.1	<u>CARACTERISTICAS TECNICAS POR CUERPO:</u> Cantidad de resina: 46 litros o 1,62 pie ³ . Caudal nominal: 1,8 m ³ /h Conexiones 1" Capacidad: 3000 gr de carbonato de calcio, lo que equivale a un rendimiento de aproximadamente 6,7 m ³ de agua blanda por regeneración, utilizando agua de 450 ppm de dureza, expresada como CaCO ₃ , es decir aprox. 4 horas de operación continua. (el valor de dureza fue medido en terreno).	
2	<u>PRECIO:</u> Del equipo descrito, puesto en sus bodegas de Santiago, sin instalación y sin IVA.	\$ 1.370.000
2.1	Puesta en marcha del equipo por personal de nuestro servicio técnico	\$75.000



C-100E
Strong Acid
Cation Exchange Resin
 (For use in water softening applications)

Technical Data

PRODUCT DESCRIPTION

PuroLite C-100E is a high purity premium grade bead form conventional gel polystyrene sulphonate cation exchange resin designed expressly for the treatment of foodstuffs, beverages, potable waters, and water used in the processing of food. Its specification is such that it will exceed the relevant EEC requirements, and the resin is in compliance with the U.S. Food & Drug

Administration Code of Federal Regulations section 21, paragraph 173.25; for use in the treatment of foods for human consumption. Its high bead integrity, excellent chemical and physical stability, and very low extractibles content play a large part in its successful employment in these areas.

Typical Physical & Chemical Characteristics	
Polymer Matrix Structure	Crosslinked Polystyrene Divinylbenzene
Physical Form and Appearance	Clear spherical beads
Whole Bead Count	90% min.
Functional Groups	R-SO ₃ ⁻
Ionic Form, as shipped	Na ⁺
Shipping Weight (approx.)	850 g/l (53 lb/ft ³)
Screen Size Range: - U.S. Standard Screen	16 - 50 mesh, wet
Particle Size Range	+1.2 mm <5%, -0.3 mm <1%
Moisture Retention, Na ⁺ form	46 - 50%
Swelling	Na ⁺ → H ⁺ Ca ²⁺ → Na ⁺
	5% max. 8% max.
Specific Gravity, moist Na ⁺ Form	1.27
Total Exchange Capacity, Na ⁺ form, wet, volumetric dry, weight	1.9 eq/l min. 4.5 eq/kg min.
Operating Temperature, Na ⁺ Form	150°C (300°F) max.
pH Range, Stability, Na ⁺ Form	0 - 14
pH Range Operating, Na ⁺ Form	6 - 10

Standard Operating Conditions (Co-current Softening of Water)				
Operation	Rate	Solution	Minutes	Amount
Service	8 - 40 BV/h 1.0 - 5.0 gpm/ft ³	Influent water	per design	per design
Backwash	Refer to Fig. 2	Influent water 5° - 30°C (40° - 80°F)	5 - 20	1.5 - 4 BV 10 - 20 gal/ft ³
Regeneration	2 - 7 BV/h 0.25 - 0.90 gpm/ft ³	8 - 20% NaCl	15 - 60	60 - 320 g/l 4 - 10 lb/ft ³
Rinse, (slow)	2 - 7 BV/h 0.25 - 0.90 gpm/ft ³	Influent water	30 approx.	2 - 4 BV 15 - 30 gal/ft ³
Rinse, (fast)	8 - 40 BV/h 1.0 - 5.0 gpm/ft ³	Influent water	30 approx.	3 - 10 BV 24 - 45 gal/ft ³
Backwash Expansion 50% to 75% Design Rising Space 100% "Gallons" refer to U.S. Gallon = 3.785 liters				

OPERATING PERFORMANCE

The operating performance of **Purolite C-100E** in the sodium cycle depends on:

- The amount and concentration of regenerant used.
- The total hardness of the water to be treated and its sodium content.
- The flowrate of the influent water through the bed.

Performance is usually assessed in terms of the residual hardness in the treated water (traditionally expressed as ppm of CaCO₃, where 1 ppm CaCO₃ corresponds to a divalent cation concentration of 0.02 meq/l). In municipal water softening, low regeneration levels and high efficiency of removal of the hardness is usually required, since acceptable water quality is usually obtained by a split-stream operation in which a fully-softened stream is blended with the raw water to give the final product. Under beverage manufacturing conditions, or in industrial use for food processing, a suitable treated water, with less than 5 ppm of hardness, can be obtained with a

level of 70-80 kg salt per cubic meter (4.5 - 5 lb/ft³) of resin. In ordinary domestic softening, residual hardness at these comparatively low levels is not usually required, and quite high flowrates are often in use with negligible effect on the operating capacity. The most efficient use of regenerant can be achieved by using high concentrations of salt, and giving adequate contact time; the subsequent displacement of the spent regenerant from the bed should also be slow, but the final removal of excess salt should be carried out at normal service flow rates.

Hardness leakage under the standard operating conditions is normally less than 1% of the total hardness of the influent water, and the operating capacities are not significantly affected unless the raw water contains more than about 25% of its exchangeable cations as sodium (or other univalent) ions.

Both the operating capacity and the average leakage of hardness during the run may be calculated for a wide range of conditions from the data given in Figs. 3 through 6.

HYDRAULIC CHARACTERISTICS

The pressure drop (headloss) across a properly classified bed of ion-exchange resin depends on the particle size distribution, bed depth, and void volume of the exchanger, and on the flowrate and viscosity (and hence on the temperature) of the influent solution. Anything affecting any of these parameters, for example the pres-

ence of particulate matter filtered out by the bed, abnormal compaction of the resin bed, or the incomplete classification of the resin will have an adverse effect, and result in an increased headloss. Typical values of pressure drop across a bed of **Purolife C-100E** are given for a range of operating flow rates in Fig. 1.

Fig. 1 PRESSURE DROP VS FLOW RATE

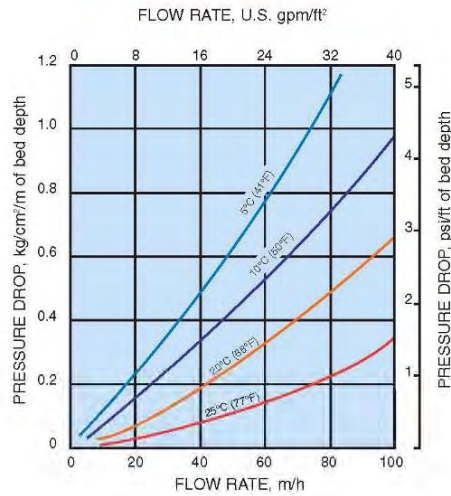
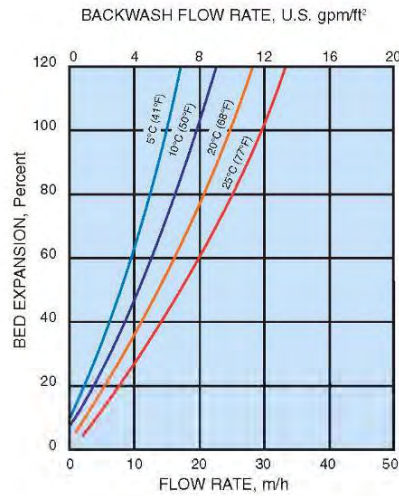


Fig. 2 BACKWASH EXPANSION



During upflow backwash, the resin bed should be expanded in volume by between 50 and 75%, in order to free it from any particulate matter from the influent solution, to clear the bed of bubbles and voids, and to reclassify the resin particles as much as possible, ensuring minimum resistance to flow. Backwash should be

commenced gradually to avoid an initial surge with consequent carryover of resin particles. Bed expansion increases with flow rate and decreases with temperature, as shown in Fig. 2, above. Care should always be taken to avoid resin loss by accidental overexpansion of the bed.

Conversion of Units	
1 m/h (cubic meters per square meter per hour)	= 0.341 gpm/ft ² = 0.409 U.S. gpm/ft ²
1 kg/cm ² /m (kilograms per square cm per meter of bed)	= 4.33 psi/ft = 1.03 atmos/m = 10 ft H ₂ O/ft

CHEMICAL AND THERMAL STABILITY

Purolite C-100E is insoluble in dilute or moderately concentrated acids, alkalis, and in all common solvents. However, exposure to significant amounts of free chlorine, "hypochlorite" ions, or other strong oxidizing agents over long periods of time will eventually break down the crosslinking. This will tend to increase the moisture retention of the resin, decreasing its mechanical strength, as well as generating small amounts of

extractable breakdown products. Like all conventional polystyrene sulphonated resins, it is thermally stable to higher than 150°C (300°F) in the alkali (for instance, sodium) or alkaline earth (calcium and magnesium) salt forms. The free acid form tends to hydrolyse in water at temperatures appreciably higher than 120°C (250°F) thereby losing capacity, as the functional groups are gradually replaced by hydroxyl groups.

OPERATING CAPACITY CALCULATION

If the regeneration level, influent water analysis, and service flowrate are known, the capacity and leakage curves may be used directly to determine the operating

capacity of the resin in the unit and the residual hardness in the treated water. A specific example of the application of these curves is given below:

INFLUENT WATER			
Cation analysis in:	ppm CaCO ₃	meq/l	gr/U.S. gal
Total hardness	400	8	23
Sodium (& univalents)	100	2	5.8
TDS (total dissolved solids)	500	10	28.8

TREATMENT
Regeneration with: 160 g/l [10 lb/ft ³] of NaCl Service Flowrate: 25 m/h [10 U.S. gpm/ft ²] Leakage endpoint: 5 ppm above permanent (kinetic) leakage figure.

CAPACITY is calculated as follows:
Fig. 3 → Base Operating Capacity, C _B , @ 160 g/l (10 lb/ft ³) NaCl = 1.45 eq/l (31.7 kgr/ft ³) Fig. 4 → correction factor, C ₁ for 25 m/h & TDS 500 = 0.96 Hence calculated Operating Capacity, C _B x C ₁ = 1.39 eq/l (30.4 kgr/ft ³). After applying the conventional 90% "design factor" the value of 1.25 eq/l may be quoted as a design operating capacity. This corresponds to a figure of 27.3 kgr/ft ³ (1.25 eq/l x 21.85 kgr/ft ³ per eq/l).

LEAKAGE is calculated as follows:
Fig. 5 → Base Leakage @ 160 g/l NaCl [or 10 lb/ft ³] = 2.3 ppm CaCO ₃ Fig. 6 → correction factor, K ₁ , for a TDS value of 500 = 1.1 Hence permanent (kinetic) leakage = 2.3 x 1.1 = 2.5 ppm CaCO ₃

NOTES:
i) The curves given are in fact based on an endpoint leakage of 5 ppm over and above the observed kinetic leakage; operating capacities will differ somewhat if a different criterion is used. ii) The curves given are applicable only to influent monovalent ion contents less than or equal to the hardness content; if the water to be treated is atypical in this or other parameters, please contact your local sales office for assistance.

PUROLITE C-100E (SOFTENING)

Fig. 3 OPERATING CAPACITY, C_B

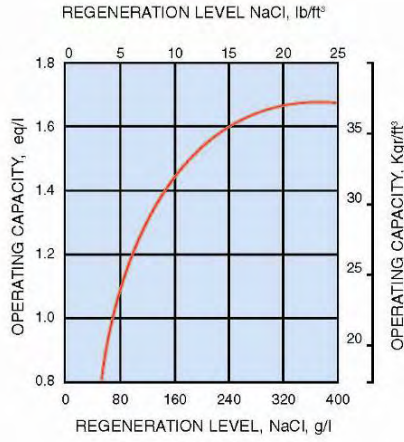


Fig. 4 EFFECT OF FLOW RATE & TDS ON OPERATING CAPACITY

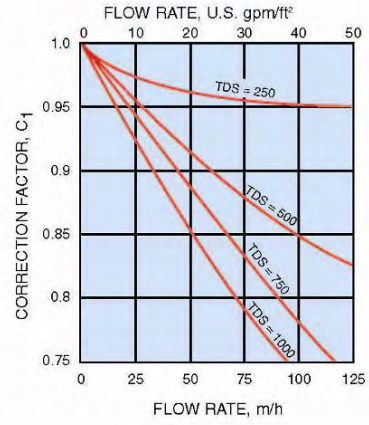


Fig. 5 HARDNESS LEAKAGE

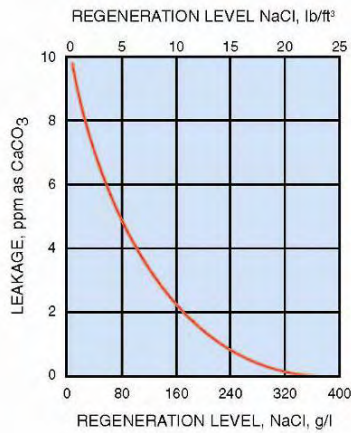
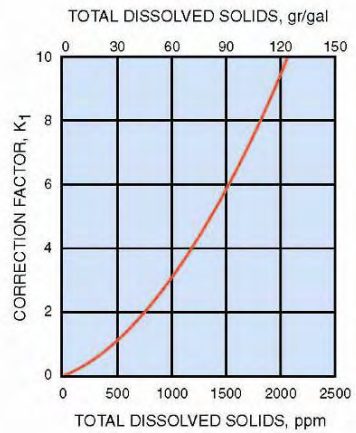


Fig. 6 CORRECTION FOR TDS





WORLDWIDE OFFICES

USA: www.puro-liteUSA.com
International: www.puro-lite.com

U.S.A.

The Puro-lite Company
150 Monument Road
Bala Cynwyd, PA 19004
Phone: (1) 610-668-9090
Toll Free: 800-343-1500
Telefax: (1) 610-668-8139
Email: sales@puro-liteUSA.com

TEXAS

The Puro-lite Company
1700 West Loop South
Suite 740
Houston, TX 77027
Toll Free: 800-562-6488
Telefax: (1) 713-627-7890

CANADA

The Puro-lite Company
625 Wabanaki Drive
Unit #2
Kitchener, Ontario N2C 2G3
Toll Free: 800-461-1500
or (1) 519-896-6674
Telefax: (1) 519-896-6679

UNITED KINGDOM

Puro-lite International Limited
Kershaw House
Great West Road
Junction with Lampton Road
Hounslow, TW5 OBU
Sales Phone: (44) 181-570-4454
Telefax: (44) 181-572-7726

European Marketing

Phone: (44) 181-577-1222
Telefax: (44) 181-577-1136

GERMANY

Puro-lite Deutschland GmbH
Harkort Strasse 25
40880 Ratingen
Phone: (49) 2102-46033
Telefax: (49) 2102-443663

FRANCE

Puro-lite International SARL
34 Avenue Maignon
75008 Paris
Phone: (33) 1-4256-4563
Telefax: 648856
Telefax: (33) 1-4563-3826

SPAIN

Puro-lite Iberica S.A.
Parc Tecnologic del Valles
Centre Empreses Noves Tecnologies
08290 Cerdanyola del Valles (Barcelona)
Phone: (34) 3-582-0266
Telefax: (34) 3-582-0268

EGYPT

Puro-lite International Middle East
Cairo Liaison Office
12 Obour Gardens
Fifth Floor, App. No. 55
Salah Salem Street
Nasr City, Cairo
Phone: (20) 2-4021477
Telefax: (20) 2-4021478

ITALY

Puro-lite International S.r.l.
Viale Coni Zugna 29
20144 Milan
Phone: (39) 02-481-8145
Telefax: (39) 02-4801-2359

ROMANIA

Puro-lite Romania
International Business Center Modern
B-dul Carol I No. 34-36
5th Floor
Bucharest, Sector 2
Phone: (40) 1-250-5053/5028
Telefax: (40) 1-250-5999

POLAND

Head Office
Radus Spolka z o.o.
ul Przebendowskich 33
81-543 Gdynia
Phone/Fax: (48) 58-6248118

GLIWICE

Radus Spolka z o.o.
ul G6rnych Wal6w 25
44-100 Gliwice
Phone: (48) 32-315-931
Telefax: (48) 32-315-931

SLASK

Radus Spolka z o.o.
ul 3 Maja 3/33
32-600 Oswiecim
Phone: (48) 33-425-603
Telefax: (48) 33-425-603

CZECH & SLOVAK REPUBLICS

Puro-lite International
Nad Mazankou 17
182 00 Prague 8
Phone: (420) 2-688-1086
Telefax: (420) 2-688-1086

RUSSIA

Head Office
Puro-lite International
10th Floor
36 Lyusinovskaya Street
Moscow
Phone: (7) 095-564-8120
Telefax: (7) 095-564-8121

ST. PETERSBURG

Puro-lite International Limited
12 Building A Tambovskaya St.
St. Petersburg
192007 Russian Federation
Phone: (7) 812-327-8530
Telefax: (7) 812-327-9079

KAZAKHSTAN

Puro-lite RH Limited
Office 205
240 Doslyk AV.
Almaty 480051
Phone: (7) 3272-641-234
Telefax: (7) 3272-641-234

SINGAPORE

Puro-lite International (Singapore)
PTE Limited
32-04 The Concourse
300 Beach Road, 199555
Phone: (65) 297-0889
297-1453
Telefax: (65) 297-1986

CHINA

Head office
Puro-lite (China) Company, Ltd.
Chengguan Town
Deqing County
Zhejiang Province 313200
Phone: (86) 572-842-2908
Telefax: (86) 572-842-3954

TAIWAN

Puro-lite International
16F-2, No. 191
Fu-hsing N. Road, Taipei
Phone: (886) 2-546-7078
Telefax: (886) 2-546-7069

MEXICO

Puro-lite International, S.A. De C.V.
World Trade Center
Montecito 38, Piso 33, Oficina-19
Mexico D.F. 03810
Phone: (52) 5-488-0904
Telefax: (52) 5-488-0906

UKRAINE

Puro-lite International Limited
2 Korolenko Street.
Dnepropetrovsk 320070
Phone: (38) 0562-320-065
0562-320-066
Telefax: (38) 0562-320-067

KOREA

Puro-lite International (Korea) LLC
Dae Yeon Bldg., Suite 403
943-30 Daechi-dong
Kangnam-gu, Seoul
Phone: (82) 2-3453-7062/7063
Telefax: (82) 2-3453-7064

All suggestions and recommendations given above concerning the use of Puro-lite products are based on tests and data believed to be reliable. However, as Puro-lite cannot control the use of its products by others, no guarantee is either expressed or implied by any such suggestion or recommendation by Puro-lite nor is any information contained in this leaflet to be construed as a recommendation to infringe any patent currently valid.

G-100/ER/299/SOP



Productos y Servicios para la Industria del Agua Latinoamericana

[English](#) [Home](#)
[Ver Versión Básica](#)

NUESTROS PRODUCTOS ▶
Cotizar Productos
Guía Productos
Productos Destacados
Precios Referenciales

Cotiza Todo para Agua

Ingrese su Email

¿Cliente Nuevo?

¿Cómo Cotizar Productos?

PRODUCTOS

- Cotizar Productos
- Guía Productos
- Productos Destacados
- Productos Nuevos
- Precios Referenciales
- Compre Online
- Beneficios al Comprar

PROVEEDORES

- Acceso Empresas Registradas
- Registre Gratis su Empresa
- Contraseñas Olvidadas
- Negocios en Línea

COMUNIDAD

- Quiénes Somos
- Noticias del Agua
- Temas de Interés
- Diccionario del Agua
- Foro Consultoría
- Conversor de Unidades
- Consejos Mantenimiento
- Licitaciones Públicas
- Eventos y Asociados
- Historial Boletines
- Simbología
- Visitenos Blog
- Suscríbete RSS
- Comparta Facebook
- Visitenos Videos

BOLSA DE TRABAJO

SUSCRIPCIÓN BOLETÍN

CONTACTO

PRODUCTOS POR CATEGORIA

- Acuicultura
- Aguas Servidas Domésticas
- Aguas Servidas Municipales
- Aireación y Agitación
- Asesoría, Consultoría e Ingeniería

SAL SELECCIONADA

Esta cotización es *informativa*, son *solo* valores **REFERENCIALES**

[Imprimir](#)
COTIZAR AQUÍ

ID Cotización : 23579	Fecha Cotización :
Despacho : Oficinas Aguamarket	25/09/2008
Pais Oferente : Chile	

Comentarios Técnicos

el valor indicado es por el saco de 20 kg. respecto al despacho, solamente ofrecemos dejar el producto (por pagar) en transporte que defina el cliente.

VALOR: 4.200 PESOS CHILENOS + IVA

(valor neto: no incluye impuestos, contáctese para descuentos)

Esta cotización es *informativa*, son *solo* valores **REFERENCIALES**

[DESEO COTIZAR DEFINITIVAMENTE EL PRODUCTO]

COTIZAR AQUÍ
> Beneficios
> Sólo buscaba información



Productos y Servicios para la
Industria del Agua en Latinoamérica

Aguamarket y Cia Ltda.
77.595.290-3
Av. Providencia 835 of. 27

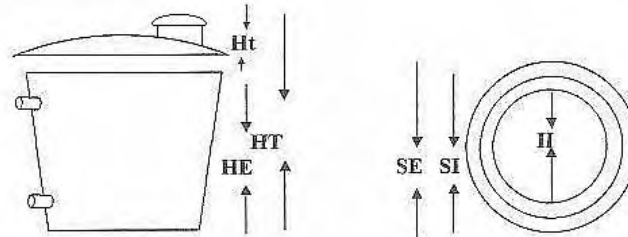
PRESUPUESTO
Estanque Fibra de Vidrio Sobre Superficie.

Cliente:	: Paolo Palavecino	Cotización n°	: 17350
E - mail	: p_palavecino@dsd.cl	Requerimiento	: N° 74635
Fono	: 32-8960607	Fecha	: 28 de julio de 2008

De nuestra consideración:

Por medio de la presente nos es grato enviar presupuesto informativo de "Estanque 10.000 lts" requerida por usted:

Estanque Tronco Cónico de PRFV.



Volumen: 10.000 Lts.

HE	: Altura del Estanque	HE	: 209 cm
Ht	: Altura de la tapa.	Ht	: 16 cm
HT	: Altura Total	HT	: 225 cm
SE	: Diámetro Superior Exterior.	SE	: 274 cm
SI	: Diámetro Superior Interior.	SI	: 256 cm
II	: Diámetro Inferior Interior.	II	: 245 cm

Valor incluye una salida y una entrada de 1 1/4".

Valor Estanque 10m3:..... \$ 730.000 + IVA

AV. Providencia # 835 Of. 27 Providencia, Santiago, Chile
Teléfono: (02) 236 32 50 – Fono / Fax: 346 87 14 venta@aguamarket.com www.aguamarket.com

HANNA Instruments Ltda

RUT : 78972190-4
 Dr. M. Barros Borgoño 246, Providencia
 Teléfono (562) 236-1400 RUT: 78.972.190-4
 Fax (562) 236-4009 email:ventas@hannachile.com

COTIZACION

DSD CONSTRUCCIONES Y MONTAJE S.A
Atn.: Sr. PAOLO PALAVECINO

Cotización N° 38753	Emisión : 27-09- 2007	Vencimiento : 12-10- 2007	Fono : 2414300	Fax : 2414395
Vendedor : Soledad Vallejos				T/C : 1

Item		Unid.	Cantidad	Precio Unit.	Total \$	
01	HI 95701C	Kit Medidor de Cloro Libre + Estándares	C/U	1	\$ 194,250	194,250
02	HI 93701-01	Reactivo Cloro Libre polvo (100 tests).	C/U	1	\$ 12,600	12,600
03	HI 93721	Fotómetro portátil para Hierro R.A.	C/U	1	\$ 150,150	150,150
04	HI 93721-01	Reactivo Hierro R.Alto 0.00 a 5.00 mg/l	C/U	1	\$ 13,650	13,650
05	HI 93709	Medidor de Manganeso Precisión de microproces	C/U	1	\$ 129,150	129,150
06	HI 93709-01	Reactivo Manganeso R.Alto 0.00 a 20.0 mg/l	C/U	1	\$ 25,725	25,725
07	HI 93735	Fotómetro Dureza Total	C/U	1	\$ 136,500	136,500
08	HI 93735-0	Reactivo Dureza Total 0-750 mg/L (100 tests)	C/U	1	\$ 59,850	59,850
09	HI 93735-01	Reactivo Dureza Total 200-500 mg/L (100 tests)	C/U	1	\$ 23,625	23,625
10	HI 93735-02	Reactivo Dureza Total 400-750 mg/L (100 tests)	C/U	1	\$ 23,625	23,625
11	HI 83200	Fotómetro multi-parámetro (36)	C/U	1	\$ 674,625	674,625

Neto		\$			1,443,750
IVA		\$			274,313
Total		\$			1,718,063



Hanna Instruments Equipos Limitada
Santiago: Dr. Barros Borgoño 246 Providencia, fono 2-2361400 fax: 2-2364009.
Pto. Montt : Benavente 550 of 602, fono 65-437437, fax 65-437438.
website : www.hannachile.com, email : ventas@hannachile.com

Analizadores de Manganeso

Características

El HI 93709 y el HI 93748 son fotómetros portátiles que determinan, con facilidad y precisión, la concentración de manganeso en el agua. Son ideales para aplicaciones en campo. El HI 93709 realiza mediciones en rango alto y el HI 93748 en rango bajo.

Con estos equipos se pueden realizar más de 300 mediciones con una pila común de 9V. El sistema de auto-desconexión (tras 10 minutos de inactividad) garantiza una larga vida de la pila. Además garantizan precisión en las medidas y facilidad de uso, gracias al avanzado microprocesador interno. Son ideales para las medidas in situ y pueden ser utilizados por personal no especializado.



Especificaciones

	HI 93709 (Manganeso HR)	HI 93748 (Manganeso LR)
Rango	de 0.0 a 20.0 mg/L	de 0 a 300 µg/L
Resolución	0.1 mg/L	1 µg/L
Exactitud (a 20 °C)	±0.2 mg/L ±3% de la lectura	±2 µg/L ±3% de la lectura
Fuente luminosa	LED (Light Emitting Diode) 555 nm	
Duración fuente	vida del equipo	
Sensor luminoso	fotocélula de silicio	
Tipo / duración	pila 1 x 9V / 40 horas aprox. de uso continuo; auto-desconexión después de 10 minutos de inactividad Condiciones de trabajo de 0 a 50 °C; H.R. máx. 95% sin agua de condensación	
Dimensiones	180 x 83 x 46 mm	
Peso	290 g	
Método	adaptación del Método oxidación del periodato (Standard Methods adaptación del Método PAN; la reacción for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed.); entre manganeso y reactivos la reacción entre el manganeso y los reactivos origina un color naranja tinte violeta en la muestra en la muestra	

Como Pedir

- HI 93709, se suministra completo con 2 cubetas, pila e instrucciones.
- HI 93748, se suministra completo con 2 cubetas, pila e instrucciones.



Hanna Instruments Equipos Limitada
Santiago: Dr. Barros Borgoño 246 Providencia, fono 2-2361400 fax: 2-2364009.
Pto. Montt: Benavente 550 of 602, fono 65-437437, fax 65-437438.
website : www.hannachile.com, email : ventas@hannachile.com

Medidores de Hierro

Características

La concentración de hierro en el agua ha de ser controlada porque se vuelve perjudicial por encima de ciertos niveles. En el agua doméstica, por ejemplo, el hierro puede alterar su sabor y hacerla desagradable, manchar la ropa, dañar la vajilla y favorecer el crecimiento de ciertas bacterias. El hierro también es un indicador de corrosión en plantas industriales o en sistemas de refrigeración o calefacción por agua. Además, el hierro es controlado normalmente en las aguas residuales de minería para evitar posibles contaminaciones. Los kits de pruebas químicas, normalmente tienen errores de precisión.

Hanna ofrece dos modelos con una amplia display: el HI 93721, con rango desde 0,00 a 5,00 mg/L con una resolución de 0,01 mg/L, y el HI 93746 con rango desde 0 a 400 µg/L con resolución de 1 µg/L.



Especificaciones

	HI 93721 (Hierro RA)	HI 93746 (Hierro RB)
RANGO	0,00 a 5,00 mg/L	0 a 400 ug/L
RESOLUCION	0,1 mg/L	1 ug/L
PRECISION (@20°C)	±0,4 mg/L ±2% de lectura	±10 ug/L ±8% de lectura
DESVIACION EMC TIPICA	±0,01 mg/L	±1 ug/L
FUENTE EMISORA	Diodo emisor @ 470 nm	Diodo emisor @ 555 nm
DURACION DE EMISOR	Duración del instrumento	
TIPO DE LUZ EMISORA	Fotocélula de silicona	
DURACION Y TIPO DE PILAS	1 x 9V / Aprox. 40 horas Auto-apagado después de 10 minutos sin usar	
CONDICIONES DE TRABAJO	0 a 50°C ; RH 95%	
DIMENSIONES Y PESO	180 x 83 x 46 mm/ 290 g	180 x 83 x 46 mm/ 290 g
METODO	Adaptación del phenantroline recomendado por la EPA del método 315 B para aguas naturales y tratadas. La reacción entre el hierro y los reactivos produce un tinte naranja en la muestra.	Adaptación al método TPTZ. La reacción entre el hierro y los reactivos produce un tinte azul en la muestra.

Como Pedir

- HI 93721 Se suministra con 2 cubetas, pila de 9V y manual de instrucciones.

Accesorios

- HI 93721-01 Reactivo para 100 determinaciones (Fe RA)
- HI 93721-03 Reactivo para 300 determinaciones (Fe RA)
- HI 710009 Protector de goma azul
- HI 710010 Protector de goma aislante
- HI 731321 Cubetas de medición (4 unidades)
- HI 731318 Paño para limpiar cubetas (4 unidades)
- HI 731325 Tapones para cubetas (4 unidades)
- HI 93703-50 Solución de limpieza de cubetas (230 mL)



Hanna Instruments Equipos Limitada
Santiago: Dr. Barros Borgoño 246 Providencia, fono 2-2361400 fax: 2-2364009.
Pto Montt: Benavente 550 of 602, fono 65-437437, fax 65-437438.
website: www.hannachile.com, email: ventas@hannachile.com

Fotometro para 36 parametros de calidad del agua

• Características

El HI 83200 es uno de los colorímetros más versátiles del mercado. Un solo medidor mide hasta 36 de los parámetros de calidad de agua más importantes.

HI 83200, como otros instrumentos de esta serie, funciona durante horas con una pila de 9V normal económico. Además, puede trabajar continuamente con un voltaje de entrada de 12 a 20 VDC. HI 83200 es también facilísimo de usar.

La carátula frontal lista todos los parámetros por orden numérico y la pantalla muestra los mismos números como referencia rápida durante el ensayo. El medidor se puede poner a cero en unos segundos y los reactivos cuestan mucho menos de lo que usted esta acostumbrado a pagar. itodo esto y mucho más por una pequeña parte del costo de los caros y complejos espectrofotómetros!

Los 36 parámetros legibles en un amplio display para facilitar las lecturas tanto en terreno como en laboratorio. Estos son: amoníaco r. alto, amoníaco r. bajo, bromo, cloro libre, cloro total, dióxido de cloro, cromo VI r. alto, cromo VI r. bajo, color, cobre rango alto, cobre, cianuro, ácido cianúrico, fluoruro, dureza Ca, dureza Mg, hidrazina, yodo, hierro rango alto, hierro rango bajo, manganeso r. alto, manganeso r. bajo, molibdeno, níquel r. alto, nitrato, nitrito r. alto, nitrito r. bajo, oxígeno disuelto, pH, fosfato r. alto y bajo, fósforo, sílice, plata, zinc.

Además, con una gran ventaja: conexión a computador por un puerto RS232 en la zona posterior del instrumento, lo que le otorga mayor versatilidad a la hora de efectuar lecturas, con un software amigable y fácil de usar. En laboratorios, el gasto de batería se soluciona con la conexión 12 VDC mediante adaptador incluido.



Visite nuestro sitio web www.hannachile.com

1

• **Especificaciones**

Ensayo	Rango	Método
Aluminio	0.00 a 1.00 mg/l	Aluminón
Amoniaco r. alto	0.00 a 9.99 mg/l	Nessler
Amoniaco r. bajo	0.00 a 3.00 mg/l	Nessler
Bromo	0.00 a 8.00 mg/l	DPD
Cloro libre	0.00 a 2.50 mg/l	DPD
Cloro total	0.00 a 3.50 mg/l	DPD
Dióxido de cloro	0.00 a 2.00 mg/l	Rojo de Clorofenol
Cromo VI r. alto	0 a 1.000 ug/l	Difenilcarbohidrazida
Cromo VI r. bajo	0 a 300 ug/l	Difenilcarbohidracida
Color	0 a 500 pcu	Cloroplatinato
Cobre rango alto	0.00 a 5.00 mg/l	Bicinconinato
Cobre rango bajo	0 a 990 ug/l	Bicinconinato
Cianuro	0.000 a 0.200 mg/l	Piridina-pirazalona
Acido cianurico	0 a 80 mg/l	Turbidimétrico
Fluoruro	0.00 a 2.00 mg/l	SPADNS
Dureza Ca	0.00 a 2.70 mg/l	Calmagite
Dureza Mg	0.00 a 2.00 mg/l	Colorimétrico
Hidrazina	0 a 400 ug/l	p-dimetilaminobenzaldehido
Yodo	0.0 a 12.5 mg/l	DPD
Hierro rango alto	0.00 a 5.00 mg/l	Fenantrolina
Hierro rango bajo	0 a 400 ug/l	TPTZ
Manganeso r. alto	0.0 a 20.0 mg/l	Oxidación por periodato
Manganeso r. bajo	0 a 300 ug/l	PAN
Molibdeno	0.0 a 40.0 mg/l	Acido mercaptoacetico
Níquel r. alto	0.00 a 7.00 g/l	Fotométrico
Nitrato	0.0 a 30.0 mg/l	Reducción por cadmio
Nitrito r. alto	0 a 150 mg/l	Sulfato ferroso
Nitrito r. bajo	0.00 a 0.35 mg/l	Diazotación
Oxígeno disuelto	0 a 10.0 mg/l	Winkler
pH	5.9 a 8.5 pH	Rojo fenol
Fosfato r. alto	0.0 a 30.0 mg/l	Aminoácido
Fosfato r. bajo	0.00 a 2.50 mg/l	Acido ascórbico
Fósforo	0.0 a 15.0 mg/l	Aminoácido
Sílice	0.00 a 2.00 mg/l	Heteropoliazul
Plata	0.000 a 1.000 mg/l	PAN
Zinc	0.00 a 3.00 mg/l	Zincón

• **Como Pedir**

- HI 83200, Se suministra con 2 cubetas, pila de 9V, adaptador 12 VDC HI 710006 y manual de instrucciones.

Visite nuestro sitio web www.hannachile.com

2



Hanna Instruments Equipos Limitada
Santiago: Dr. Barros Borgoño 246 Providencia, fono 2-2361400 fax: 2-2364009.
Pto. Montt.: Benavente 530 of 602, fono 65-437438, fax 65-437438.
website : www.hannachile.com, email : ventas@hannachile.com

Medidor de rango completo de Dureza Total ppm, °f, °d y °e

• Características

La dureza total del agua, o bien, la presencia de sales disueltas de magnesio y de calcio es debida, tanto a la filtración de las aguas naturales a través de los estratos del suelo, como al tiempo de acumulación en las faldas acuíferas. Además, la dureza esta relacionada con el fenómeno de la corrosión de las tuberías en los sistemas de refrigeración, en las calderas, en los sistemas de osmosis inversa y en la desmineralización de plantas.

El colorímetro Hanna HI 93735 mide la dureza total de tres rangos, a partir de 0 a 750 ppm, abarcando una amplia gama de aplicaciones. Otra importante característica de este versátil instrumento es la posibilidad de visualizar en la pantalla la medición de dureza efectuada en ppm -igual, g/l-, en su conversión en grados franceses -°f-, en grados alemanes -°D- y en grados ingleses -°E-. Esto tiene una gran utilidad en todas las aplicaciones en las que los operadores suelen usar una sola de estas unidades de medida. Con HI 93735 ya no es necesario recurrir a tablas de conversión, poco prácticas sobre todo en el caso de análisis efectuados en el terreno. Los reactivos están disponibles tanto en polvo como líquidos, pudiendo así realizar el máximo número de repeticiones en las mediciones.



Visite nuestro sitio web www.hannachile.com

1

• **Especificaciones**

HI 93735 -Dureza Total-	
RANGO	0 a 250 mg/L; 200 a 500mg/l; 400 a 750mg/l
RESOLUCIÓN	1mg/l -de 0 a 100mg/l; 5mg/l -de 100 a 750mg/l-
PRESICIÓN -@20°C-	+/-5mg/l o +/-4% de lectura - 0 a 250mg/l-; +/-7mg/l o +/-3% -200 a 500 mg/l-; +/- 10mg/l o +/-2% - 400 a 750mg/l-
DESVIACIÓN EMC TIPICA	+/-5mg/L
FUENTE EMISORA	Diódo emisor @ 585 nm
DURACIÓN DEL EMISOR	Duración del instrumento
TIPO DE LUZ EMISORA	Fotocélula de silicio
DURACIÓN Y TIPO DE PILAS -	1 x 9V / Aprox 40 horas, Auto-apagado después de 10 minutos sin usar
CONDICIONES DE TRABAJO	0 a 50°C ; RH 95%
DIMENSIONES Y PESO	180 x 83 x 46 mm / 290 g .
METODO	Adaptación al método EPA 130.1. La reacción entre calcio. Magnesio y los reactivos provoca un tinte rojo violeta en la muestra.

• **Como Pedir**

- HI 93735 se suministra con dos cubetas, pila de 9V y manual de instrucción.

• **Accesorios**

- HI 93735-00 Reactivo para 100 determinaciones -0-250 mg/l-
- HI 93735-01 Reactivo para 100 determinaciones -250-500 mg/l-
- HI 93735-02 Reactivo para 100 determinaciones -400-750 mg/l-
- HI 93735-0 Reactivo para 100 determinaciones -0-750 mg/l-
- HI 710009 Protector de goma azul
- HI 710010 Protector de goma naranja
- HI 731321 Cubetas de medición -4 unidades-
- HI 731318 Paño para limpiar cubetas -4 unidades-
- HI 731325 Tapones para cubetas -4 unidades-
- HI 93703-50 Solución de limpieza de cubetas -230 mL-

Visite nuestro sitio web www.hannachile.com

2


Hanna Instruments Equipos Limitada

Santiago: Dr. Barros Borgoño 246 Providencia, fono 2-2361400 fax: 2-2364009.
 Pto Montt : Benavente 550 of 602, fono 65-437438, fax 65-437438.
 website : www.hannainst.cl, email : ventas@hannainst.cl

Medidores de Cloro Libre y Total
• Características

- Función CAL CHECK que permite calibrar o validar el buen funcionamiento.
- Protegido contra salpicaduras de agua
- Filtros y lámpara protegidos del polvo o suciedad por medio de una cubierta transparente.
- Auto-apagado después de 10 min.
- Este KIT incluye estándares de calibración certificados NIST.


• Especificaciones

	HI 95701 Cl libre	HI 95711 Cl libre y total
Rango	0.00 to 5.00 mg/L	0.00 to 5.00 mg/L Cl libre 0.00 to 5.00 mg/L Cl Total
Resolución	0.01 mg/L de 0.00 a 3.50 / 0.10 mg/L sobre 3.50 mg/L	
Precisión	±0.02 mg/L @ 1.00 mg/L	
Desviación EMC Típica	±0.01% mg/L	
Fuente de Luz	Lámpara de Tungsteno con filtro de interferencia de banda estrecha @ 525nm	
Detector de Luz	Foto-célula de Silicio	
Baterías	1 x 9V / Auto apagado después de 10 minutos de inactividad.	
Medio Ambiente	0 a 50°C; RH 95%	
Dimensiones	180 x 83 x 46mm	
Peso	290 gr	

• Como Pedir

- HI 95701, medidor de Cloro Libre.
- HI 95701C, Kit medidor de Cloro Libre más estándares, incluye juego de patrones de calibración, maletín de transporte, cubetas, tijeras, pila 9 V y manual de instrucciones.
- HI 95711, medidor de Cloro Libre y Total.
- HI 95711C, Kit medidor de Cloro Libre y Total más estándares, incluye juego de patrones de calibración, maletín de transporte, cubetas, tijeras, pila 9 V y manual de instrucciones.

• Accesorios

- HI 710009, Protector azul para fotómetros
- HI 93701-01, Reactivos para Cloro Libre 100 test
- HI 731318, Paños para secar cubetas
- HI 93711-01, Reactivos para Cloro Total 100 test
- HI 731331, Cubetas cristal 4 unid.
- HI 95701-11, Patrón de calibración para Cloro Libre
- HI 731335, Tapas cubetas 4 unid.
- HI 95711-01, Patrón de calibración para Cloro Total

Visite nuestro sitio web www.hannainst.cl

i

Medidores de Agua Potable Domiciliarios – DN 25, 32 y 38 mm

Tipo velocimétrico de chorro múltiple para agua fría (40°C), Norma ISO 4064

- PARA INSTALACIÓN HORIZONTAL
- PRESIÓN DE TRABAJO HASTA 16 BAR
- TRANSMISIÓN MAGNÉTICA DIRECTA
- REGISTRO EXTRA SECO (IP68)



Medidor standard DN 25 mm



Medidor standard DN 32 mm



Medidor standard DN 38 mm

Detalles de Construcción

- ✓ Registro 100% impermeable (Protección **IP68**), debido a su construcción herméticamente encapsulada en cobre y vidrio que elimina totalmente el empañamiento. Además, evita intervención con agujas calientes.
- ✓ Equipado con nuevo sello-tapón plástico anti-intervención que protege e impide la manipulación del tornillo de calibración y el acceso al inserto de medición.
- ✓ Emisión de pulsos opcional: 1 Pulser Reed a 100 ó 1.000 litros por pulso..
- ✓ Posibilidad de upgrade a registro electrónico Opto-Encoder para lectura remota.
- ✓ Válvula antirretorno ('check') opcional que evita flujos reversos y la inversión fraudulenta del medidor.
- ✓ Cuerpos de bronce con alternativas de aleación C83600 ó C84400.
- ✓ Insertos de medición fabricados con polímeros sintéticos apropiados, de baja densidad, alta resistencia a la corrosión y al desgaste, gran exactitud y duración.
- ✓ Acople magnético permanente de 4 polos de alta calidad y larga duración.
- ✓ Protección magnética tipo Jaula de Faraday contra intervención externa.
- ✓ Regulación externa de fácil calibración.
- ✓ Cámara de medición con venas estabilizadoras de flujo hidráulico, baja pérdida de carga y características metroológicas virtualmente lineales.
- ✓ Relojería orientable en 355°.
- ✓ Homologaciones de Modelos: Chile (DICTUC), Alemania (PTB), Brasil (INMETRO), Argentina (IRAM), México (NOM), Perú (INDECOPI).
- ✓ El conjunto giratorio eje-turbina descansa sobre un cojinete de zafiro, tiene virtualmente el mismo peso que el agua que desplaza y un bajo caudal de arranque.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 25 mm (1"), 32 mm (1¼") y 38 mm (1½")

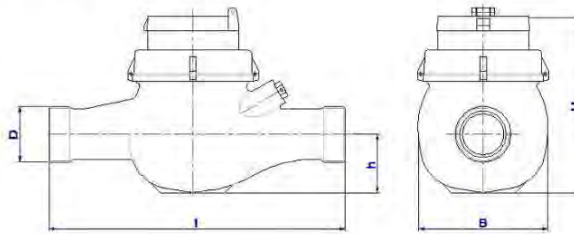
DIÁMETRO NOMINAL	pulg mm	1"	1¼"	1½"
		25	32	38
CAUDAL MÁXIMO $Q_{máx}$	m ³ /h	7	10	20
	l/min	116,67	166,67	333,33
	l/seg	1,94	2,78	5,56
CAUDAL NOMINAL Q_n	m ³ /h	3,5	5	10
	l/min	58,33	83,33	166,67
	l/seg	0,97	1,39	2,78
CAUDAL de TRANSICIÓN Q_t	l/h	290	400	800
CAUDAL MÍNIMO $Q_{mín}$	l/h	70	100	200
CAUDAL de ARRANQUE	l/h	20	20	40
VOLUMEN ADMISIBLE RECOMENDADO DIARIO	m ³	42	60	120
VOLUMEN ADMISIBLE RECOMENDADO MENSUAL	m ³	630	900	1.800
VOLUMEN ADMISIBLE RECOMENDADO ANUAL	m ³	3.780	5.400	10.800
MÁXIMA CAPACIDAD de LECTURA	m ³	99.999	99.999	99.999
MÍNIMA CAPACIDAD de LECTURA	l	0,05	0,05	0,05
PRESIÓN de SERVICIO	bar	16	16	16
PÉRDIDA de CARGA en $Q_{máx}$	bar	0,7	0,7	0,7
PÉRDIDA de CARGA en Q_n	bar	0,19	0,2	0,21
TEMPERATURA MÁXIMA del AGUA	°C	40	40	40
ERROR RELATIVO MÁXIMO	%	CAMPO SUPERIOR de MEDICIÓN CAMPO INFERIOR de MEDICIÓN		+ 2% ± 5%

DIMENSIONES y PESOS

DIÁMETRO NOMINAL	pulg mm	1"	1¼"	1½"
		25	32	38
DIÁMETRO de CONEXIÓN		1"	1¼"	1½"
ROSCA de CONEXIÓN MEDIDOR (Ver Nota [1])	D	R 1¼"	R 1¼"	R 2"
LARGO (Ver Nota [2])	l mm	220 (260)	260	300
ALTURA	h mm	48	48	63
ALTURA	H mm	142	142	160
ANCHO	B mm	102	102	136
PESO	kg	2,3	2,3	5,0

NOTAS:

- [1] Rosca Paralela (Whitworth-Gas)
 [2] Largo Opcional 260 mm





Ejemplo de aplicación para Lectura Remota

Medidor DN 25 mm equipado con un Registro Electrónico Opto-Encoder conectado a un Sistema de Lectura Inductiva.

El Registro del medidor (A) está conectado (longitud máxima del cable hasta 50 metros) a un contacto de pared inductivo Minipad (B). El Capturador de Datos Psion Workabout (C) lee los datos del medidor (volumen totalizado y N° de Serie) por medio de el contacto inductivo (D) y un software de procesamiento de rutas de lectura.

cintropur
WATER FILTRATION & TREATMENT

Filtros industriales
para líquidos
con prefiltración
centrífuga

www.cintropur.com



DESCRIPCIÓN GENERAL

Construidos enteramente con materiales sintéticos de primera calidad, los filtros CINTROPUR® son perfectamente aptos para productos alimenticios y agua potable.

La hélice centrífuga CINTROPUR® transforma la dinámica en un movimiento centrífugo precipitando las partículas pesadas al fondo del vaso, mientras la tela filtrante asegura la filtración final de acuerdo con el micronaje elegido.

Principio de base

Protección de las instalaciones industriales, colectivas y agrícolas, para la filtración de las partículas sólidas (tierra, arena, óxido,...) en suspensión en el agua.

APLICACIONES

Industria : Protección de las instalaciones sanitarias y de las máquinas herramientas de producción.

Agricultura : Filtración sobre red de riego ;
Filtración de aguas para abrevaderos ;
Filtración de aguas de lluvia y aguas de pozo.

Colectividades : (hoteles, restaurantes, escuelas, edificios, ...) protección de las instalaciones sanitarias y aparatos electrodomésticos (lavadora, lavavajillas, ...).

Ventajas :

- caudal elevado ;
- baja pérdida de carga ;
- prefiltración centrífuga con efecto ciclónico ;
- robustez y fiabilidad ;
- purga inferior rápida y fácil ;
- control visual del medio filtrante (vaso transparente) ;
- sistema exclusivo, ecológico y económico de la tela filtrante.

Tratamiento de aguas

Los modelos NW 50, 62 y 75 equipados con "cesta", se pueden llenar con varios productos.

- Cristales de poli-fosfatos, silicatos, sílico-fosfatos

Eficaz hasta 60°C, esos productos se utilizan para reducir los efectos nefastos e incrustantes de la cal. La protección de las nuevas instalaciones contra el óxido es otra aplicación muy conocida.

- Carbón activado CINTROPUR SCIN

El carbón activado CINTROPUR® SCIN elimina los sabores y olores del agua, reduce el cloro y los micro-contaminantes como pesticidas y otras sustancias disueltas.



NW50 TE
+ carbón activado



Filtración

Aparato estándar se suministra con o el representado a qui al fabrico con una tela filtrante de 25 µ

Tratamiento

NW50 : Ref. 40 / Gpc.
NW62 : Ref. 41 / Gpc.
NW75 : Ref. 42 / Gpc.

Ref. 38
Ref. 39
Ref. 35
Ref. 32
Ref. 37
Ref. 34
Ref. 35 (vaso negro)
Ref. 31
Ref. 30
Ref. 29
NW50 : Ref. 25
NW62 : Ref. 27
NW75 : Ref. 28

1 Manómetros 0-20 bar 1/4"
Indican la presión de la red. A ≥ 1 bar, cambiar la tela filtrante, mínimo 3 x/año.

2 Sistema bayoneta
Sistema de fijación del vaso al cabezal del filtro (4 agujeros para la ubicación de los tornillos inox para el sistema de cierre). Permite una manipulación rápida y fácil del vaso.

3 Hélice centrífuga
De origen sobre cada modelo en la versión filtración, la hélice centrífuga transforma la dinámica en un movimiento centrífugo precipitando las partículas pesadas al fondo del vaso.

4 Válvula de purga 1/2"
Permite la eliminación de las impurezas en el fondo del vaso gracias al efecto ciclónico de la hélice centrífuga.
Se rosca SÓLO manualmente (sin herramientas).

ACCESORIOS

A. **Racones en latón desmontables**
Racones 2 piezas del mismo diámetro entrada/salida con estanqueidad asegurada por juntas tóricas. Permite un montaje/desmontaje rápido del filtro.

B. **Fijación mural**
Soporte mural inox a fijar sobre el cabezal del filtro con los dos manómetros. Modelo idéntico para toda la gama de los filtros industriales.

C. **Vaso negro**
Evita la formación de algas por la exposición a la luz del sol.

D. **Dispositivo TE**
Dispositivo interior del filtro TE ; utilizado para el tratamiento de aguas con carbón activado o polifosfatos ; también puede instalarse en los modelos NW 62 y NW 75.

RECARGAS

E. **Tela filtrante (embalaje de 5 piezas)**
Desechable : 5µ / 10µ / 25µ / 50µ / 100µ
Lavable : 150µ / 300µ

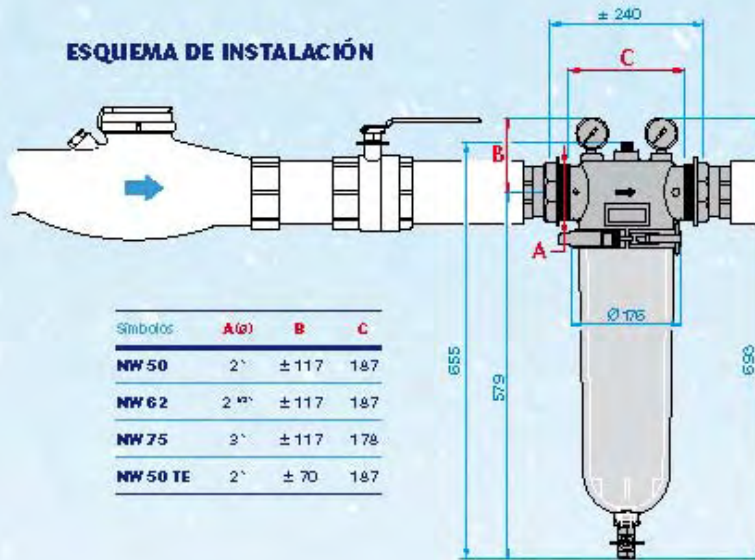
F. **Carbón activado**
Calidad INTROPUR SCIN
Bote de 3,4 l. Capacidad de un vaso NW 50TE, NW 62TE, NW 75TE de 4,35 l.

DATOS TÉCNICOS

Tipo de filtro	NW 50	NW 62	NW 75	NW 50 TE
Diámetro de conexión	2"	2 1/2"	3"	2"
Caudal medio (m³/h) ΔP = 0,2 bar	20	25	30	1*
Presión de servicio (bar)	10	10	10	10
Presión máx. de trabajo (bar)	16	16	16	16
Temperatura máxima	50° C	50° C	50° C	50° C
Peso (kg)	3,2	3,2	3,2	3,2
Tela filtrante (de origen)	25 μ	25 μ	25 μ	—
Volumen del vaso	—	—	—	4,35 l
Superficie de filtración	1 250 cm²	1 250 cm²	1 250 cm²	—

*Valor en condiciones estándar QVBC042/20V

ESQUEMA DE INSTALACIÓN



Vuestro distribuidor :



Cintropur® is a product of the Airwatec® company
info@cintropur.com — www.cintropur.com



216

Normas oficiales para la calidad del agua Chile

NORMA CHILENA OFICIAL 409/1.Of. 2005

AGUA POTABLE
PARTE 1: REQUISITOS

Drinking water - Part 1: Requirements.

2005

AGUA POTABLE - PARTE 1: REQUISITOS

PREAMBULO

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

La norma NCh409/1 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización y en su estudio participaron los organismos y las personas naturales siguientes:

Agua Potable Maipú	Camilo Concha S.
Aguas Industriales	
AGUASIN Ltda.	Severino García G.
Centro de Investigaciones	
Mínero Metalúrgicas, CIMM	M. Elena Bastidas B.
Comisión Chilena de Energía Nuclear	Teniente Coronel Víctor Aguilera A. Luis A. Frangini N. Elena Poblete Z.
Empresa de Agua Potable Lo Castillo Ltda.	Elizabeth Echeverría O.
Empresa de Agua Potable Villa Los Dominicos Ltda.	
Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias, EMOS	Mario Riquelme G. Antonio Tagle M. Félix Blú P. Fernando Garcés A. Manuel González A. Silvia González R. Lino A. Yelpi P.
Empresa de Obras Sanitarias de la V Región, ESVAL	Adolfo Andrade T. Luis Riveros P. Gabriela Simpson L. Juan Grau
Instituto de Ecología de Chile Instituto de Fomento Pesquero, IFOP	Marion Belmonte S.
Instituto de Investigaciones y Control del Ejército de Chile, IDIC	Emilio Lorenzini B.
Instituto de Investigaciones y Ensayes Farmacológicos, IDIEF	Sara Benado T. Sonia Avendaño V.
Instituto de Recursos Natura-	

les, IREN-CORFO Instituto de Salud Pública de Chile	Ximena Trepiana P. Patricia Muñoz P. Cecilia Venegoni Oriales Villarroel G. Pablo Riquelme M.
Instituto Nacional de Hidráulica Instituto Nacional de Normalización, INN	Paz Avilés A. Leonor Ceruti M. Elsa Samaniego E. Pedro Cheul G.
Laboratorio Tecnoanálisis de Alimentos Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero, División Protección de Recursos Naturales	Manuel Cubillos L. Nury Bezama B. Eduardo Jordán L.
Ministerio de Obras Públicas, Servicio Nacional de Obras Sanitarias, SENDOS	Elizabeth Alarcón A. Alberto Cáceres V. Ricardo Cristi L. Carlos Morales N. Carlos Peña V. Zita Ruíz I. Marcela Sanhueza R. Augusto Schuster C. Nora Cabrera R. Daniel Juricio V. Julio Monreal U. Hernán Venturino P.
Ministerio de Salud Pública	Francisco Osorio M. Roberto Abeliuk
Ministerio de la vivienda y Urbanismo, Depto. Normas y Estándares Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería - DICTUC Universidad Católica de Chile, Instituto de Ciencias Químicas Universidad de Concepción	Guido Concha G. Rolf Kümmerlin R. Néstor Mendoza C. José Valladares Mario Vega H. Claudio Villegas F.
Universidad de Chile, Escuela de Salud Pública	Francisco Unda O. Eugenia Segura P.
Universidad de Chile, Facultad de Ingeniería, Sección Ingeniería Sanitaria	Jorge Castillo G.

Universidad del Norte, Depto. de Geociencia	Gabriela Castillo M. Ana María Sancha F.
Universidad del Norte, Depto. Ingeniería Obras Civiles	Hugo Alonso C.
Universidad Técnica del Estado, Facultad de Ingeniería	Alejandro Guillier O. Guillermo Tamblay F.
	Patricia Mery C.

Esta norma se estudió para actualizar las especificaciones de los capítulos 1 a 8, ambos inclusivos, de la norma chilena NCh409.Of70 Agua Potable - Requisitos, declarada Oficial de la República de Chile por Decreto N° 354 del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, de fecha 22 de abril de 1970.

Los anexos no forman parte del cuerpo de la norma.

Esta norma fue aprobada por el H. Consejo del INN con fecha 27 de Diciembre de 1983.

Esta norma ha sido declarada Oficial de la República de Chile por Decreto N° 11, de fecha 16 de enero de 1984, del Ministerio de Salud.

AGUA POTABLE - PARTE 1: REQUISITOS

1 ALCANCE Y CAMPO DE APLICACIÓN

1.1 Esta norma establece los requisitos físicos, químicos, radiactivos y bacteriológicos que

debe cumplir el agua potable.

- 1.2 Esta norma se aplica el agua potable proveniente de cualquier sistema de abastecimiento.

2 REFERENCIAS

NCh40/2	Agua potable - Parte 2: Muestreo.
NCh412	Agua para fines industriales - Ensayos - Examen organoléptico.
NCh1276	Nombres técnicos para pesticidas y reguladores del crecimiento.
NCh1620/1	Agua potable - Determinación de bacterias coliformes totales - Parte 1: Método de tubos múltiples (NMP).
NCh1620/2	Agua potable - Determinación de bacterias coliformes totales - Parte 2: Método de filtración por membrana.

3 TERMINOLOGIA

- 3.1 agua potable: agua que cumple con los requisitos físicos, químicos, radiactivos y bacteriológicos prescritos en esta norma que aseguran su inocuidad y aptitud para el consumo humano.
- 3.2 coliformes totales: comprende todos los bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que:
- a) en la técnica de filtración por membrana, produzcan colonias con un brillo verde dorado metálico dentro de las 24 ± 2 h de incubación, a $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$, en medio m-Endo; y/o
 - b) en la técnica de tubos múltiples, fermenten la lactosa con producción de gas a $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$ dentro de 48 h.
- 3.3 coliformes fecales: comprende todos los bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que:
- a) en la técnica de filtración por membrana, produzcan colonias de color azul dentro de 24 ± 2 h, cuando se incuban en un medio m-FC a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$; y/o
 - b) en la técnica de tubos múltiples, fermenten la lactosa con producción de gas a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ dentro de 24 ± 2 h.
- 3.4 color verdadero: impresión visual causada por las materias disueltas en el agua.
- 3.5 contaminación: presencia de materias extrañas que alteran o modifican las propiedades físicas, químicas, biológicas y/o radiactivas del agua, tendiendo a deteriorar su calidad, lo que puede degradar su utilización y/o constituir un riesgo para la salud humana.
- 3.6 curie (Ci): unidad de radiactividad, que expresa la intensidad de desintegración de una sustancia radiactiva, y corresponde a una velocidad de $3,7 \times 10^{10}$ desintegraciones por segundo.
- 3.7 muestra contaminada bacteriológicamente: se considera como contaminada una muestra que:
- a) en la técnica de tubos múltiples, presente un tubo con formación de gas en cualquier dilución; y
 - b) en la técnica de filtración por membrana, presente el desarrollo de una colonia en la filtración de 100 ml de muestra.

- 3.8 pH: logaritmo negativo a la base 10 de la concentración de iones-hidrógeno en solución, expresada en moles por litro. Indica la propiedad ácida, neutra o básica de la solución.
- Agua ácida: $\text{pH} < 7$
 - Agua neutra: $\text{pH} = 7$
 - Agua básica : $\text{pH} > 7$
- 3.9 radiactividad: desintegración espontánea de los núcleos atómicos de ciertos elementos, acompañada de emisión de partículas o de radiaciones electromagnéticas.
- 3.10 residuo sólido filtrable: material remanente, después de evaporar y secar a masa constante en una estufa a una temperatura de $104 \pm 1^\circ\text{C}$, una muestra de agua, previamente filtrada a través de un filtro de porosidad no mayor que 5 micrones.
- 3.11 SAAM: sigla de sustancias activas al azul de metileno, denominación química genérica del grupo funcional de los detergentes de uso más general. Su contenido en el agua se expresa en mg/l.
- 3.12 sabor: sensación gustativa que producen las materias contenidas en el agua.
- 3.13 servicio de agua potable: sistema de abastecimiento de agua potable, con redes independientes, constituido por una o más fuentes, su obras de conducción, tratamiento, regulación y distribución.
- 3.14 técnica de filtración por membrana. método cuantitativo para evaluar la concentración de bacterias en el agua, mediante la filtración de volúmenes determinados de muestra a través de una membrana capaz de retener las bacterias presentes. Esta membrana se incuba sobre un medio de cultivo adecuado en condiciones de tiempo, humedad y temperatura determinados.
- 3.15 técnica de tubos múltiples: método cuantitativo para estimar la concentración de bacterias presentes en el agua, mediante la inoculación de una serie de tubos en concentraciones decimales decrecientes de la muestra, en un medio de cultivo adecuado, las cuales se incuban en condiciones de tiempo y temperatura determinados.
- 3.16 turbiedad: interferencia óptica producida por las materias en suspensión en el agua.
- 3.17 unidad de la escala platino-cobalto: unidad de color de una solución patrón, definida según se indica en la norma NCh412.
- 3.18 unidad nefelométrica: unidad de turbiedad de una solución patrón, definida según se indica en la norma NCh412.

4 REQUISITOS FÍSICOS

El agua potable debe cumplir con los requisitos físicos indicados en la tabla 1. Estos requisitos se deben determinar según NCh412.

TABLA 1 - (Requisitos físicos*)

REQUISITO	UNIDAD	LIMITE MAXIMO
Turbiedad	Unidades nefelométricas (formazina)	5
Color verdadero	Unidades de escala platino-cobalto	20
Olor	—	inodora
Sabor	—	insípida

* El Ministerio de Salud puede aceptar aguas que no cumplan estos requisitos, siempre que ello no implique un peligro para la salud pública.

5 REQUISITOS QUÍMICOS

- 5.1 El agua potable no debe contener elemento o sustancias químicas en concentraciones totales mayores que las indicadas en la tabla 2.

TABLA 2 - Contenido máximo de elementos y sustancias químicas.

SUBSTANCIA	EXPRESADO COMO	LIMITE MAXIMO
Amoníaco	N	0,25
Arsénico	As	0,05
Cadmio	Cd	0,01
Cianuro	CN ⁻	0,20
Cloruros	Cl ⁻	250*)
Cobre	Cu	1,0*)
Compuestos fenólicos	Fenol	0,002
Cromo hexavalente	Cr	0,05
Detergente	SAAM	0,50
Flúor	F ⁻	1,5
Hierro	Fe	0,3*)
Magnesio	Mg	125
Manganeso	Mn	0,10*)
Mercurio	Hg	0,001
Nitratos	N	10*)
Nitritos	N	1,0
Plomo	Pb	0,05
Residuos sólidos filtrables	-	1 000*)
Selenio	Se	0,01
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	250*)
Zinc	Zn	5,0*)
???		mínimo 0,2
???		máx. no existe

El Ministerio de Salud puede aceptar un contenido mayor de estas sustancias.

5.2 El agua potable debe tener un pH comprendido entre 6,0 y 8,5.

6 REQUISITOS RADIATIVOS

6.1 El agua potable no debe contener sustancias radiactivas en concentraciones mayores que las indicadas en la tabla 3.

TABLA 3- Requisitos radiactivos

ELEMENTOS RADIATIVOS	LIMITE MAXIMO, pCi/l*)
Estroncio 90	10,00
Radium 226	3,00
Actividad Beta total (excluyendo Sr-90, Ra-226 y otros emisores alfa)	1 000
Actividad Beta total (incluyendo Sr-90, corregida para el K-40 y otros radioemisores naturales)	50,00
Actividad Alfa total (incluyendo Ra-226 y otros emisores alfa)	15,00

*) 1 pCi = 10⁻¹² Ci.

7 REQUISITOS BACTERIOLOGICOS

7.1 El agua potable debe estar exenta de microorganismos de origen fecal, cuya presencia se establece en base a la determinación de gérmenes del grupo coliforme. Sin embargo, cuando se trate de agua distribuida por redes, se considera como potable desde el punto de vista bacteriológico, a aquella que cumpla simultáneamente con las condiciones que se indican en los puntos 7.1.1 y 7.1.2.

NOTA - Ver anexo A a esta norma.

7.1.1 De todas las muestras que se analicen mensualmente en un servicio de agua potable, puede indicar la presencia de gérmenes del grupo coliforme:

- a) el 10% de las muestras, cuando se haya analizado 10 o más muestras en el mes;
y
- b) una muestra, cuando se haya analizado menos de 10 muestras en el mes.

7.1.2 De todas las muestras que se analicen mensualmente en un servicio de agua potable, puede indicar la presencia de gérmenes del grupo coliforme en una concentración

igual o superior a 5 gérmenes por 100 ml:

- a) el 5% de las muestras, cuando se haya analizado 20 o más muestras en el mes, y
- b) una muestra, cuando se haya analizado menos de 20 muestras en el mes.

7.2 En los puntos correspondientes a muestras que hayan evidenciado la presencia de gérmenes del grupo coliforme, se deben realizar pruebas diarias hasta que, por lo menos en 2 muestras consecutivas, no se detecte la presencia de dichos gérmenes. Estas muestras de repetición se hacen sin perjuicio del programa de muestreo rutinario establecido en la norma NCh409/2 y se incluyen en la evaluación mensual que deben realizar los servicios de agua potable según los puntos 7.1.1 y 7.1.2.

7.3 La determinación de gérmenes del grupo coliforme se debe efectuar por la técnica de tubos múltiples o por la técnica de filtración por membrana, de acuerdo a lo establecido en NCh1620/1 o NCh1620/2; respectivamente.

8 DESINFECCIÓN

8.1 El agua potable distribuida por redes debe ser sometida a un proceso de desinfección, debiendo existir una concentración residual de desinfectante activo en la red en forma permanente.

8.2 En el caso de usar cloro o compuestos clorados como desinfectante, la concentración residual mínima de cloro libre debe ser de 0,20 mg/l en cualquier punto de la red, determinada en forma colorimétrica. (Ver anexo B de esta norma).

El uso de cualquier otro desinfectante debe ser autorizado por el Ministerio de Salud, el cual debe además establecer la concentración mínima de desinfectante activo residual en la red.

8.3 De todas las muestras que se analicen mensualmente en un servicio de agua potable, un número menor o igual al 20% de ellas puede tener una concentración residual de desinfectante activo inferior al mínimo establecido. Pero solamente un 5% de ellas puede tener una concentración residual de 0,0 mg/l.

NOTA - El Ministerio de Salud puede dictar condiciones de excepción que él calificará.

8.4 Cuando la concentración de desinfectante activo residual es inferior al mínimo establecido en el punto 8.2, deben tomarse muestras diarias adicionales en el mismo punto de la red de distribución, hasta que por lo menos 2 muestras consecutivas indiquen que el agua ha alcanzado este nivel. Estas muestras de repetición se hacen sin perjuicio del programa de muestreo rutinario establecido en norma NCh409/2 y se incluyen en la evaluación mensual que deben realizar los servicios de agua potable según el punto 8.3.

9 CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PESTICIDAS Y TRICLOROMETANO

9.1 Pesticidas.

En tabla 4 se indican las concentraciones máximas de ciertos pesticidas en agua potable.

TABLA 4 - Contenidos máximos de pesticidas en agua potable.

PESTICIDA		LIMITE MAXIMO RECOMENDADO $\mu\text{g/l}$
NOMBRE TECNICO	NOMBRE QUIMICO	
DDT	Dicloro difenil tricloroetano	1
Heptaclor.	1, 4, 5, 6, 7, 8, 8-heptacloro-3a, 4, 7, 7a-tetrahidro-4, 7-metanoinden	
Heptaclor epóxido		0, 1
2, 4 D	Acido 2, 4-diclorofenoxiacético	100
Clordano	1, 2, 4, 5, 7, 8, 8-octacloro-3a, 4, 7, 7a-tetrahidro-4, 7-metanoindano	0, 3
Lindano	γ -1, 2, 3, 4, 5, 6-hexaclorociclohexano	3
Metoxiclor	1, 1, 1-tricloro-2, 2-di (4-metoxifenil) etano	30
Hexaclorobenceno	Perclorobenceno	0,01
Aldrin	Endo, exo 1, 2, 3, 4, 10, 10-hexacloro-1, 4, 4a, 5, 8, 8a-hexahidro-1, 4: 5, 8-dimetano-naftaleno	
Dieldrin	1, 2, 3, 4, 10, 10-hexacloro-6, 7-epoxi-1, 4, 4a, 5, 6, 7, 8, 8a-octahidro-exo-1, 4-endo-5, 8-dimetanonafaleno	0,03
Endrin	endo, endo 1, 2, 3, 4, 10, 10-hexacloro-6, 7-epoxi-1, 4, 4a, 4, 5, 7, 8, 8a-octahidro-1, 4: 5, 8-dimetanonafaleno	0,2
Fenoprop (2, 4, 5 TP)	Acido 2-(2, 4, 5-triclorofenoxi-propiónico)	10
Toxafeno' (camfeclor)	Mezcla de reacción de camfenos clorados, que contiene 67 a 69% de cloro	5

NOTA - Para mayor información sobre nombres y estructura química de pesticidas, ver NCh1276.

9.2 Triclorometano.

La concentración máxima de triclorometano en agua debe ser 0,1 mg/l.

10 MUESTREO

La extracción de muestras para determinar los requisitos establecidos en esta norma, se efectúa de acuerdo a lo señalado en norma NCh409/2.

11 METODOS DE ENSAYO

Cuando no exista norma chilena sobre el método de ensayo para un determinado requisito, se deben usar aquellos métodos señalados en la última edición del *Standard Methods for the examination of water and wastewater**).

* Publicado por la American Public Health Association y otros.

ANEXO A

Este anexo no forma parte del cuerpo de la norma, se inserta sólo a título informativo.

Requisitos bacteriológicos.

- A.1 Los requisitos bacteriológicos de esta norma se han establecido en base a considerar como indicadores de contaminación a los gérmenes del grupo coliforme (coliformes totales). Sin embargo, se considera conveniente que los servicios establezcan la diferenciación de coliformes fecales con el objeto de controlar y mejorar sus sistemas de tratamiento y operación.

NORMA CHILENA OFICIAL

NCh2485.Of2000

Instalaciones domiciliarias de agua potable - Diseño, cálculo y requisitos de las redes interiores

Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

La norma NCh2485 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización, a partir de un anteproyecto elaborado por Empresa Consultora AMBAR, y en su estudio participaron los organismos y las personas naturales siguientes:

Aguas Cordillera S.A.
Ambar S.A.

Corporación Desarrollo Tecnológico, Cámara Chilena de la Construcción
Empresa de Obras Sanitarias del Maule, ESSAM
Empresa de Obras Sanitarias de Valparaíso, ESVAL S.A.

Empresa de Servicios Sanitarios del Bío Bío, ESSBIO S.A.
Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias, EMOS S.A.

GC y GC Ingeniería Ltda.
Instituto Nacional de Normalización, INN

Medidores Lautaro S.A.

Omar Lara V.
Claudio Friedmann
Mario Riquelme G.

Herman Noll V.
Pablo Pizarro A.
Omar Chávez
Darío Pareja P.

Jorge Figueroa G.
Francisco Aravena
Ana María Muñoz

Gloria Rivera C.
Gustavo Contreras P.
Hernán Aguiló M.
Claudio Friedmann
Julio Salazar F.

I

NCh2485

Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, MINVU
Tecnología Hidráulica, T.H.C. S.A.
Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS

Susana Jara D.
Angel Tessini F.
Christián Lillo S.
Gerardo Samhan E.

Por no existir Norma Internacional, en la elaboración de esta norma se ha tomado en consideración la Especificación Técnica de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS 009-00-87 *Especificación Técnica sobre Instalaciones Sanitarias Domiciliarias* y antecedentes técnicos nacionales.

El Anexo A forma parte del cuerpo de la norma.

Los Anexos B, C, D y E no forman parte del cuerpo de la norma, se insertan sólo a título informativo.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 28 de Julio de 2000.

Esta norma ha sido declarada Oficial de la República de Chile por Decreto N°5058, de fecha 17 de Noviembre de 2000, del Ministerio de Obras Públicas, publicado en el Diario Oficial N° 36.839 del 16 de Diciembre de 2000.

II

Instalaciones domiciliarias de agua potable - Diseño, cálculo y requisitos de las redes interiores

1 Alcance y campo de aplicación

1.1 En esta norma se establecen los métodos básicos para el cálculo y diseño de las redes interiores de las instalaciones domiciliarias de agua potable en todo el territorio nacional, cuenten o no con prestador.

1.2 Estas redes pueden ser para uso doméstico, industrial o comercial.

2 Referencias normativas

Los documentos normativos siguientes contienen disposiciones que, a través de referencias en el texto de la norma constituyen requisitos de la norma.

NCh691	<i>Agua potable - Conducción, regulación y distribución.</i>
NCh2459	<i>Instalación de medidores remarcadores de agua potable fría de 3, 5, 7 y 20 m³/h de caudal máximo.</i>
ASTM A 53 ^{*)}	<i>Standard Specifications for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless.</i>

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta norma, se aplican los términos y definiciones siguientes:

3.1 accesorios de unión y piezas especiales: piezas que se utilizan para unir los tubos y completar el sistema de tuberías, tales como: válvulas, llave, adaptadores, curvas, reducciones, uniones americanas, coplas u otras, en redes domiciliarias

*) Mientras no exista la norma chilena correspondiente, se debe usar esta norma.

NCh2485

3.2 arranque de agua potable: el tramo de la red pública de distribución, comprendido desde su punto de conexión a la tubería de distribución hasta la llave de paso colocada después del medidor, inclusive

3.3 autoridad competente: prestador y/o autoridad estatal correspondiente que tiene competencia en el ámbito de regulación, fiscalización y diseño de las instalaciones domiciliarias de agua potable

3.4 caudal instalado (QI): suma de los caudales asignados a los artefactos sanitarios que se incluyen en el proyecto de instalación de agua potable de un inmueble, que se señalan en Anexo A de esta norma o bien, los que en el futuro apruebe la Autoridad Competente

3.5 caudal máximo probable (QMP): concepto probabilístico mediante el cual se cuantifica el máximo caudal con el que se deben diseñar las instalaciones de agua potable de inmuebles que tienen una determinada característica de consumo. Este se calcula en función de los caudales instalados de los artefactos sanitarios

3.6 certificado de factibilidad de dación de servicios: documento formal emitido por el prestador del servicio sanitario, mediante el cual asume la obligación de otorgar los servicios a un usuario, expresando los términos y condiciones para tal efecto

3.7 conexión: unión física del arranque de agua potable y la tubería de la red pública de distribución

3.8 instalación domiciliaria de agua potable: obras necesarias para dotar de este servicio a un inmueble desde la salida de la llave de paso colocada a continuación del medidor o de los sistemas propios de abastecimiento de agua potable, hasta los artefactos

3.9 instalación interior de agua potable: obras necesarias para dotar de agua potable al interior de un conjunto de inmuebles, viviendas o departamentos, perteneciente a cualquier tipo de conjunto, ubicadas a continuación del sistema propio de elevación o del elemento de medición individual. En caso de tratarse de una propiedad que no forma parte de un conjunto, corresponde a la instalación domiciliaria de agua potable

3.10 longitud total equivalente: longitud real de una tubería más una longitud equivalente por las pérdidas de carga singulares, es decir, aquellas ocasionadas por llaves, válvulas, accesorios de unión y piezas especiales, reemplazadas éstas por pérdidas equivalentes en tubos rectos, presentes en el tramo que se está analizando

3.11 peticionario: persona natural o jurídica que solicita el servicio, sea el propietario o una persona autorizada por él

3.12 prestador: persona natural o jurídica, habilitada para el otorgamiento de los servicios públicos de distribución de agua potable o de recolección de aguas servidas, que se obliga a entregarlos a quien lo solicite dentro de su área o zona de concesión, en las condiciones establecidas en la ley, su reglamento y su respectivo decreto de concesión

2

NCh2485

3.13 proyectista: persona autorizada por las disposiciones legales vigentes para proyectar instalaciones domiciliarias de agua potable y alcantarillado, que asume la responsabilidad del diseño por él desarrollado

3.14 redes privadas de distribución de agua potable: parte de la instalación domiciliar de agua potable, ubicada aguas abajo del arranque domiciliario y que sirve a más de un inmueble, vivienda o departamento, hasta los sistemas propios de elevación o hasta la llave de paso ubicada inmediatamente después del elemento de medición individual. Según corresponda, ésta debe ser proyectada y construida en las vías de circulación o espacios de usos comunes al exterior de las edificaciones

3.15 redes públicas de distribución de agua potable: instalaciones exigidas por la urbanización conforme a la ley, inclusive los arranques de agua potable, operadas y administradas por el prestador del servicio público de distribución, a las que se conectan las instalaciones domiciliarias de agua potable

4 Requisitos generales para el diseño

4.1 De existir prestador, el diseño y cálculo de las redes interiores de la instalación domiciliar de agua potable se debe realizar considerando la presión dinámica mínima informada por el prestador inmediatamente aguas abajo del arranque para el consumo máximo diario establecido en NCh691.

4.1.1 El prestador debe asegurar la presión mínima dinámica aguas abajo del arranque domiciliario en la llave de paso después del medidor de 14 m.c.a. (1,373 bar) para el consumo máximo diario, tomando como referencia la cota del terreno sobre la tubería de distribución de la red pública. En el caso que dicha presión sea inferior, el prestador debe justificarla técnicamente.

4.1.2 Para presentar el diseño a revisión del prestador, el proyectista debe contar con el certificado de factibilidad vigente de dación del servicio de agua potable.

4.2 Las tuberías de la instalación domiciliar deben quedar dentro de los límites de la propiedad o contar con la servidumbre respectiva.

4.3 El diseño y cálculo de las instalaciones domiciliarias de agua potable, debe garantizar en toda circunstancia la preservación de la potabilidad del agua y el suministro adecuado a cualquier artefacto. Cada uno de los componentes que forman parte de la instalación deben cumplir con los análisis de elementos tóxicos especificados en sus normas respectivas.

NCh2485

4.4 Para el diseño de las instalaciones domiciliarias de agua potable, se acepta el uso de los materiales que cumplan con las normas chilenas vigentes u otros aceptados por la Superintendencia de Servicios Sanitarios o quien la suceda en sus atribuciones. Estos materiales deben asegurar el buen funcionamiento y durabilidad de las instalaciones. Para tal efecto, los proveedores de los materiales deben contar con certificación extendida por laboratorios aceptados en el Sistema de Acreditación del Instituto Nacional de Normalización.

4.5 Salvo justificación técnica en contrario, en las instalaciones de agua fría la tubería de cobre que alimenta un solo artefacto debe tener un diámetro mínimo de 13 mm o su diámetro hidráulicamente equivalente en otros materiales autorizados. Si alimenta más de un artefacto o un artefacto calentador, el diámetro mínimo en tubería de cobre debe ser de 19 mm o su diámetro hidráulicamente equivalente en materiales autorizados. La llave de paso en la tubería al artefacto calentador de agua debe tener el diámetro mínimo de 19 mm.

4.6 En cada recinto donde se instalen artefactos sanitarios, se deben incluir como mínimo una llave de paso en la tubería para agua fría y otra llave de paso en la tubería para agua caliente, además de la llave de paso para el inodoro. El artefacto calentador debe contar con llaves de paso para el agua fría y para el agua caliente.

4.7 Las redes privadas de distribución de agua potable, que se desarrollen en el interior de condominios y en espacios comunes de edificios no alimentados por sistemas propios de elevación, deben ser diseñadas de acuerdo con lo señalado en NCh691 y construidas en las vías de circulación o espacios de uso comunes al exterior de las edificaciones.

4.8 En las dependencias sanitarias de uso público o masivo, las instalaciones de agua potable no deben ser embutidas en muros o losas, pero, pueden ir cubiertas, debiendo quedar accesibles para su revisión y mantenimiento.

4.9 En industrias, laboratorios, hospitales, centros médicos y odontológicos y otros que manejen productos tóxicos, inmediatamente después de la llave de paso ubicada aguas abajo del medidor o medidor remarcador, la instalación de agua potable debe incluir una válvula anti-retorno.

4.10 La forma de presentación de los proyectos y contenido de los mismos, se deben regir por las especificaciones que establezca el Reglamento (ver Anexo E).

4.11 La instalación interior debe ser independiente de otras con suministro propio o particular.

4.12 Se debe proyectar un solo arranque domiciliario para predios o industrias con varios inmuebles en su interior a fin de que no existan interconexiones con varios arranques. No se deben interconectar sistemas o instalaciones interiores abastecidas por varios arranques en el mismo predio.

5 Dimensionamiento de las tuberías

5.1 Caudales

Los diámetros de las tuberías se deben determinar en las instalaciones de agua fría y agua caliente, considerando los caudales asignados a los artefactos en Anexo A de esta norma y otros caudales aceptados por la Autoridad Competente. En el cálculo de caudales totales no se exigirá adicionar los caudales de agua caliente de los artefactos calentadores (calefones, calderas u otros), con los caudales de agua fría.

5.2 Cálculo del caudal máximo probable

5.2.1 El caudal máximo probable en viviendas se debe calcular a partir de la fórmula siguiente u otro procedimiento que el proyectista justifique técnicamente y que sea aceptado por la Autoridad Competente.

$$QMP = 1,7391 \times QI^{0,6891}$$

en que:

QMP = caudal máximo probable (L/min);

QI = caudal instalado (L/min).

Para el último artefacto, el caudal máximo probable se debe considerar igual al caudal instalado.

Para los dos últimos artefactos de un tramo de ramal, el caudal máximo probable debe ser la suma de los caudales instalados de ambos.

El caudal máximo probable de un tramo de ramal en que existen tres o más artefactos debe ser, como mínimo la suma de los dos de mayor consumo.

5.2.2 El caudal máximo probable en instalaciones tales como industriales, deportivas, comerciales, regimientos, establecimientos educacionales, servicios públicos y otros, queda al criterio del proyectista y debe ser fundamental para dimensionar la instalación. La fórmula anterior, es una referencia mínima de diseño y el caudal máximo probable puede llegar a ser igual al caudal instalado.

5.3 Velocidades

Las velocidades del agua en las tuberías no deben exceder de 2,5 m/s en las tuberías exteriores y de distribución principal y 2,0 m/s en las tuberías de la red interior.

NCh2485

5.4 Dimensionamiento de la instalación. Pérdidas de carga

Los cálculos de diámetros y pérdidas de carga en las tuberías deben ser estudiados mediante fórmulas y tablas correspondientes a cada material, usuales para estos casos. El proyectista debe considerar para el cálculo de las pérdidas de carga el uso a que las tuberías serán sometidas, relacionado con la calidad del agua y el período de vida útil previsto para ellas.

5.4.1 Cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías

Para el cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías se pueden usar algunas de las fórmulas siguientes u otras que se utilicen para el cálculo de pérdidas de carga en instalaciones domiciliarias, cuya procedencia debe ser indicada por el proyectista.

a) Fórmula de Fair-Whipple-Hsiao:

$$\text{Para agua fría} \quad : \quad J = 676,745 \times Q^{1,751} / D^{4,753}$$

$$\text{Para agua caliente} \quad : \quad J = 545,045 \times Q^{1,751} / D^{4,753}$$

en que:

J = pérdida de carga unitaria en las tuberías (m/m);

Q = caudal máximo probable (L/min);

D = diámetro interior real (mm).

Esta fórmula se puede usar para todos los diámetros de tuberías inferiores a 100 mm.

b) Fórmula de Hazen-Williams:

$$J = 10,67 \times Q^{1,85} / D^{4,85} \times C^{-1,85}$$

en que:

J = pérdida de carga unitaria en las tuberías (m/m);

Q = caudal máximo probable (m³/s);

D = diámetro interior (m);

C = coeficiente de fricción que depende del material de la tubería.

Esta fórmula se puede usar para todos los diámetros superiores o iguales a 100 mm.

5.4.2 Cálculo de las pérdidas de carga en piezas especiales y accesorios de unión

Para el cálculo de las pérdidas de carga en las piezas especiales o accesorios de unión se pueden usar los métodos hidráulicos que se señalan a continuación:

- a) Cálculo de la pérdida de carga producida por una determinada pieza especial o accesorio, según método cinético.

Para este método se usa la fórmula siguiente:

$$J_s = K \times V^2 / 2g$$

en que:

J_s = pérdida singular (m.c.a.);

V = velocidad de escurrimiento (m/s);

g = aceleración de gravedad (9,81 m/s²);

K = coeficiente de proporcionalidad que depende de las características específicas de cada pieza especial (ver Anexo B);

$V^2 / 2g$ = altura de velocidad.

- b) Cálculo de la pérdida de carga de un accesorio determinado, por asignación de una pérdida por fricción a una *longitud equivalente* de tubería del mismo diámetro.

Para el cálculo de la pérdida de carga de un determinado accesorio por este método hidráulico, se puede usar el Anexo C, donde están tabulados los valores equivalentes en metros (m), para cada tipo de accesorio.

- c) Método simplificado de la longitud equivalente mediante el cual se asigna a la pérdida por accesorios en un tramo del sistema, un factor que aumenta la longitud real del tramo.

Se debe considerar un coeficiente igual a 1,5 de la longitud real del tramo para la estimación de la longitud equivalente de los accesorios. Este método está limitado a proyectos con medidores hasta 19 mm de diámetro.

5.4.3 Para el cálculo de las pérdidas de carga, es necesario considerar aquellas producidas en el calentador empleado.

5.5 El cálculo de los diámetros, pérdidas de carga y presiones de cada punto, se debe resumir en forma de cuadro ordenado según tramos de tuberías. Se puede utilizar un cuadro como el que se presenta en Anexo D. El proyectista puede hacer las variaciones que estime conveniente, de acuerdo con la complejidad del proyecto.

NCh2485

5.6 Presiones

5.6.1 Para el caso de alimentación desde la red pública, la presión de salida en el artefacto más desfavorable debe ser al menos de 4 m.c.a. (0,392 bar).

5.6.2 Para el caso de alimentación mediante elevación mecánica, el artefacto más desfavorable debe tener en el diseño una presión mínima de 7 m.c.a. (0,686 bar). En este caso no debe superar la máxima presión aceptada por cualquier artefacto, ni exceder 50 m.c.a.

6 Otros requisitos

6.1 Los materiales, componentes, artefactos, equipos y sistemas utilizados en las instalaciones domiciliarias, de los inmuebles, deberán cumplir con las Normas Chilenas Oficiales vigentes al respecto y a falta de ellas, con las especificaciones técnicas que la Autoridad Competente tenga vigente o autorice u otro procedimiento que ésta determine.

En los casos que no existan normas chilenas para un determinado material, la Autoridad Competente puede autorizar, en forma provisoria, materiales que cumplan los requisitos estipulados en normas extranjeras debidamente homologadas por el Instituto Nacional de Normalización.

Asimismo, para ser autorizados por la Autoridad Competente estos materiales, componentes, artefactos, equipos y sistemas deben ser sometidos a ensayos y certificación de conformidad por laboratorios y organismos de certificación acreditados por el Sistema Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de Normalización y con los procedimientos de certificación que determine la Autoridad Competente.

Atendiendo a condicionantes técnicas locales justificadas ante la Autoridad Competente, el prestador puede objetar el uso de determinados materiales.

6.2 Las pasadas de las tuberías de agua potable a los pisos superiores de los edificios de departamentos habitacionales u oficinas, se deben proyectar en espacios comunes accesibles. En un mismo piso, las tuberías que sirven a cada departamento u oficina no pueden atravesar por otros departamentos.

6.3 En todo edificio y de acuerdo con su nivel de riesgo de incendio, se debe considerar un sistema de redes para la provisión de agua: red húmeda y red seca. Estas redes se deben proyectar de acuerdo con las disposiciones establecidas en la ley, su reglamento (ver Anexo E) y la Autoridad Competente.

NCh2485

6.3.1 En los edificios de siete o más pisos se debe instalar una red seca para agua independiente de la red de distribución de agua para el consumo. Debe ser una tubería matriz para utilización exclusiva del Cuerpo de Bomberos, de acero galvanizado ASTM A-53 con unión roscada y debe tener un diámetro mínimo de 100 mm. No obstante, su capacidad se debe verificar para un caudal total de 24 L/s, con una presión de 50 m.c.a en la boca de salida más desfavorable. Sin embargo en edificios menores de siete pisos, si el proyectista lo estima conveniente, puede proyectar red seca.

6.3.2 En los inmuebles destinados a la reunión de personas tales como hospitales, comercio, escuelas, industrias, edificios públicos, deportivos y otros, y en los edificios de tres o más pisos, para utilización contra fuegos incipientes se debe considerar un arranque de agua de 25 mm como mínimo por piso, conectado al sistema de distribución de agua del edificio.

6.3.3 Para prevención de incendios, cada vivienda unifamiliar, debe contar a lo menos con una llave de salida de 13 mm con hilo exterior a la salida u otro dispositivo de conexión a manguera, exceptuando edificios que cuenten con red húmeda.

7 Aprobación del proyecto

7.1 Todo proyecto debe contar con la aprobación de la Autoridad Competente.

7.2 Cuando se introduzcan modificaciones a proyectos o instalaciones existentes, se debe cumplir con todas las disposiciones de esta norma.

7.3 El plano de construcción o definitivo debe ser entregado al prestador o a la Autoridad Competente, al momento de solicitar la autorización de la conexión física, o en último caso, cuando se solicite la recepción de la instalación domiciliar de agua potable.

NCh2485

Anexo A
(Normativo)

Caudal mínimo instalado en artefactos sanitarios

Tipo de artefacto	Gasto (L/min)	
	Agua fría	Agua caliente
Inodoro corriente	10	
Inodoro con válvula automática	Especificaciones del fabricante	
Baño lluvia	10	10
Tina	15	15
Lavatorio	8	8
Bidet	6	6
Urinario corriente	6	
Urinario con válvula automática	Especificaciones del fabricante	
Lavaplatos	12	12
Lavadero	15	15
Lavacopas	12	12
Bebedero	5	
Salivera dentista	5	
Llave de riego, 13 mm	20	
Llave de riego, 19 mm	50	
Urinario con cañería perforada por metro	10	
Ducha con cañería perforada por metro	40	
Máquina de lavar vajillas	15	15
Máquina de lavar ropa	15	15




Anexo B
(Informativo)**Coefficientes referenciales de pérdida de carga singular "K" a utilizar en
procedimiento según método cinético**

Tipo de accesorio	Coefficiente, K
Ampliación gradual	0,30
Codo de 90°	0,90
Codo de 45°	0,40
Curva de 90°	0,40
Curva de 45°	0,20
Curva de 22° 30'	0,10
Entrada normal en tubo	0,50
Entrada de borda	1,00
Válvula de ángulo, abierto	5,00
Válvula compuerta, abierto	0,20
Válvula tipo globo, abierto	10,00
T, paso directo	0,60
T, salida lateral	1,30
T, salida bilateral	1,80
Válvula de pie	1,75
Válvula de retención	2,50
Válvula de bola de paso total	0,20
Válvula de bola de paso estándar	0,20

NCh2485

Anexo C
(Informativo)






Longitudes equivalentes a pérdidas singulares
(expresadas en metros de tuberías)

Diámetro D		Codo 90° Radio largo	Codo 90° Radio corto	Codo 45°
				
mm	pulg.			
13	1/2	0,20	0,36	0,18
19	3/4	0,29	0,55	0,26
25	1	0,40	0,73	0,37
32	1 1/4	0,55	1,06	0,52
38	1 1/4	0,67	1,28	0,61
50	2	0,95	1,74	0,85
63	2 1/2	1,16	2,16	1,04
75	3	1,52	2,83	1,37
100	4	2,10	3,96	1,89
125	5	2,77	5,21	2,50
150	6	3,44	6,46	3,11

(continúa)

Longitudes equivalentes a pérdidas singulares
(expresadas en metros de tuberías)

(continuación)






Diámetro D		Tee paso directo	Tee salida lateral	Tee salida bilateral	Entrada normal	Entrada de borda
						
mm	pulg.					
13	1/2	0,20	0,55	0,76	0,26	0,40
19	3/4	0,29	0,76	1,09	0,37	0,58
25	1	0,40	1,07	1,52	0,52	0,80
32	1 1/4	0,55	1,52	2,16	0,73	1,13
38	1 1/4	0,67	1,83	2,62	0,88	1,37
50	2	0,95	2,50	3,57	1,18	1,89
63	2 1/2	1,16	3,11	4,45	1,49	2,35
75	3	1,52	4,08	5,82	1,95	3,05
100	4	2,10	5,70	8,11	2,71	4,30
125	5	2,77	7,50	10,70	3,60	5,64
150	6	3,44	9,33	13,26	4,45	7,01

(continúa)

NCh2485

Longitudes equivalentes a pérdidas singulares
(expresadas en metros de tuberías)

(conclusión)

Diámetro D			Válvula compuerta abierta	Válvula tipo globo abierto	Válvula ángulo abierto	Válvula de retención	Válvula de plé
	mm	pulg.		 *			
13	1/2		0,06	3,44	1,31	0,73	7,53
19	3/4		0,09	4,91	1,86	1,04	10,76
25	1		0,12	6,77	2,56	1,43	14,84
32	1 1/4		0,17	9,60	3,63	2,04	21,00
38	1 1/4		0,20	11,70	4,42	2,47	25,57
50	2		0,28	15,94	6,04	3,38	34,74
63	2 1/2		0,34	19,81	7,50	4,21	43,28
75	3		0,46	25,91	9,81	5,49	56,69
100	4		0,64	36,27	12,72	7,68	79,25
125	5		0,82	47,55	18,11	10,12	104,50
150	6		1,04	59,13	22,43	12,53	129,50

* Estos valores de válvulas tipo globo se aplican también a llaves de jardín y válvulas o llaves de salida.

Anexo D
(Informativo)

Cuadro de diámetros y presiones, según método de longitudes equivalentes

Tramo	Longitud, m	D, mm	Caudal, L/min	Velocidad, m/s	Pérdida de carga		Cota, m	Presión, m
	Equivalente		Instalado		J Unitaria (m/m)	En el tramo M Acumulada, m	Piezo-métrica Terreno o artefactos	

Cuadro de diámetros y presiones, según método cinético

Tramo	Longitud, m	D, mm	Caudal, L/min	Velocidad, m/s	Pérdida de carga				Cota, m	Presión, m
					Tubería		Accesorios			
	Real		Instalado		J Unitaria (m/m)	Tramo, m	sKV ² /2g m	Total tramo, m	Piezo-métrica Acumulada, m	Terreno o artefacto

NCh2485

Anexo E
(Informativo)

Bibliografía

Especificación Técnica de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS 009-00-87.

Especificación Técnica sobre Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado y Normas Técnicas para su Realización. (RIDAA).