

"Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta"

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción

Caracas.



HIDROCAPITAL

CONTRATO N° HC - VCD - SPT - 96 - 0001

**OBRA: "SUPERVISION ACTIVA EN PLANTA DE
TRATAMIENTO LA MARIPOSA"**

INFORME FINAL:

**OBJETIVO: "EVALUACION FISICA Y FUNCIONAL DE
LOS LECHOS FILTRANTES EN PLANTA
LA MARIPOSA".**

"Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta"

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción

Caracas.



HIDROCAPITAL

CONTRATO N° HC - VCD - SPT - 96 - 0001

**OBRA: "SUPERVISION ACTIVA EN PLANTA DE
TRATAMIENTO LA MARIPOSA"**

INFORME FINAL:

**OBJETIVO: "EVALUACION FISICA Y FUNCIONAL DE
LOS LECHOS FILTRANTES EN PLANTA
LA MARIPOSA".**

"Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta"

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción
Caracas.



HIDROCAPITAL

CONTRATO N° HC - VCD - SPT - 96 - 0001

**OBRA: "SUPERVISION ACTIVA EN PLANTA DE
TRATAMIENTO LA MARIPOSA"**

INFORME FINAL:

**OBJETIVO: "EVALUACION FISICA Y FUNCIONAL DE
LOS LECHOS FILTRANTES EN PLANTA
LA MARIPOSA".**

*Recibido:
P. Benito Q.
30.04.97.*

Preparado por: Ing° ALFREDO GORROCHOTEGUI A.

Asistentes:

Arturo Zúñiga

Omar Bandrés

Alejandro Gómez

Taller "GOMEZ-MARCANO"

Laboratorio de Ensayo de Materiales UCAB

Técnico Químico Mayra Rodríguez

INDICE GENERAL

PARTE I: ORGANIZACION, INSTALACIONES Y DIMENSIONES

I.1.	ORGANIZACION DE LA OPERACION.....	4
I.2.	ORGANIZACION DE LA INSTALACION.....	16
I.2.1.	TRAYECTORIA DEL AGUA EN LA PLANTA.....	17
I.2.2.	DOSIFICADORES Y LABORATORIO.....	18
I.3.A.	SALA DE FILTRACION "A".....	21
I.3.A.1.	CARACTERISTICAS GENERALES.....	22
I.3.A.2.	PROBLEMAS DE OPERACION.....	27
I.3.A.3.	CARACTERISTICAS DIMENSIONALES.....	30
I.3.B.	SALA DE FILTRACION "B".....	33
I.3.B.1.	CARACTERISTICAS GENERALES.....	34
I.3.B.2.	PROBLEMAS DE OPERACION.....	44
I.3.B.3.	CARACTERISTICAS DIMENSIONALES.....	47
I.4.	ACCIONES A TOMAR: PLAN I.....	50
I.4.1.	A PLAZO INMEDIATO.....	51
I.4.2.	CON PREVIO ESTUDIO.....	54

PARTE II: EVALUACION DE LA PRODUCCION DE LA PLANTA

II.1.	PROGRAMA DE PRODUCCION ACTUAL.....	57
II.1.1.	VALORES INDICES PREESTABLECIDOS.....	58
II.1.2.	ANALISIS DE REGISTRO.....	60
II.1.3.	RESUMEN DE INDICADORES.....	63
II.1.4.	REFERENCIAS TECNICAS.....	64
II.2.	MEDICION DE VELOCIDADES DE FILTRACION.....	67
II.2.1.	VELOCIDAD OPERACIONAL PROMEDIO.....	72
II.2.2.	VARIACIONES EN VELOCIDADES OPERACIONALES.....	73
II.2.3.	METODO DE MEDICION.....	75

II.3.	EVALUACION DE LAS VELOCIDADES OPERACIONALES Y RATAS DE FILTRACION.....	77
II.3.1.	COMPARACION DE VELOCIDADES Y RATAS DE FILTRACION.....	78
II.3.2.	COMPARACION DE RATAS DE FILTRACION Y RENDIMIENTOS.....	80
II.3.3.	TABULACIONES SEGUN VALORES DE VELOCIDADES OPERACIONALES Y RATAS DE FILTRACION.....	82
II.4.	EVALUACION DE RENDIMIENTOS Y PRODUCCION SEGUN MEDICIONES EFECTUADAS.....	83
II.5.	ACCIONES A TOMAR: PLAN II.....	87

PARTE III: CALIDAD Y COMPOSICION DEL MEDIO FILTRANTE

III.1.	OPERACION DE LAVADO Y MANTENIMIENTO.....	89
III.1.1.	APARIENCIA ACTUAL DEL MEDIO FILTRANTE	90
III.1.2.	PRESENCIA DE BOLAS DE BARRO.....	91
III.1.3.	CARACTERISTICAS DEL LAVADO DE LOS FILTROS.....	98
III.2.	CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA FILTRADA.....	105
III.2.1.	EL CONTROL PERMANENTE.....	106
III.2.2.	EL CONTROL EXTERNO.....	109
III.2.3.	CONDICIONES DE CALIDAD ACTUAL DEL AGUA FILTRADA.....	114
III.3.	COMPOSICION GRANULAR ACTUAL DEL MEDIO FILTRANTE.....	120
III.3.1.	TOMA DE MUESTRAS EN LECHOS ESTRATIFICADOS.....	121
III.3.2.	INTERPRETACION DEL ANALISIS GRANULOMETRICO.....	128
III.3.3.	CONDUCTA HIDRAULICA ACTUAL EN LECHOS FILTRANTE.....	133

III.4. ACCIONES A TOMAR: PLAN III.....	136
III.4.1. A PLAZO INMEDIATO.....	137
III.4.2. CON PREVIO ESTUDIO.....	139
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	143

ANEXOS:

- A.- INFORME TECNICO MC-96-009 DEL "LABORATORIO DE MATERIALES" DE LA U.C.A.B.
- B.- APLICACION DE LA ECUACION DE ROSE EN 24 MUESTRAS GRANULOMETRICAS.
- C.- HOJAS DE CAMPO SOBRE LA TOMA DE MUESTRAS VERTICALES EN 24 LECHOS.

RESUMEN - CONTENIDO EN CUADROS Y BARRAS GUIA ANEXA

INTRODUCCION

El objetivo del presente Estudio nace de la permanente preocupación de las Autoridades de HIDROCAPITAL al visualizar la importancia de restaurar y mantener en condiciones de buena Operatividad a la Plan de Tratamiento de "LA MARIPOSA".

Esta Instalación de vital importancia para el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para CARACAS requiere constantes EVALUACIONES en su Comportamiento Hidráulico y Sanitario, a fin de optimizar su OPERACION FUNCIONAL DIARIA.

Por ello se ha ENFOCADO la presente EVALUACION del SISTEMA de FILTRACION de la Planta, y el mismo lo exponemos a continuación en TRES FASES PRINCIPALES:

PRIMERO: La organización actual, las características y dimensiones de las instalaciones: con ello nos ubicamos en el entorno real del problema analizado.

SEGUNDO: La producción, el funcionamiento hidráulico y los rendimientos en la planta: todo ello como FACTORES dependientes de la Condición Actual de los FILTROS EVALUADOS.

TERCERO: La calidad y la composición actual de los LECHOS FILTRANTES, vistos a través de la CALIDAD de la FILTRACION propiamente dicha, y del ESTUDIO GRANULOMETRICO del medio filtrante existente analizado.

Cada una de estas partes conlleva un resumen de recomendaciones como ACCIONES A TOMAR, las mismas fueron conocidas por

HIDROCAPITAL a través de DOS INFORMES en AVANCE previos a la preparación del presente INFORME FINAL.

A lo largo de este INFORME se presentan TABULACIONES de las distintas determinaciones efectuadas en los FILTROS, así como comparaciones de: Valores registrados actualmente, con los del Diseño primario de los Filtros, y con el Diseño Teórico recomendado por la Bibliografía Técnica consultada.

La CONCLUSION definitiva a la cual nos lleva este Estudio, es el de la RECONSTRUCCION TOTAL de los LECHOS FILTRANTES en "La Mariposa", los cuales dicho sea de paso, tienen un historial de más de 40 AÑOS de funcionamiento, y con pocas modificaciones y mejoras a lo largo del tiempo.

Caracas, 25 de Abril de 1997.

PLANTA DE TRATAMIENTO “LA MARIPOSA”

PARTE I. ORGANIZACION, INSTALACIONES Y DIMENSIONES

I.1.- ORGANIZACION DE LA OPERACION

I.2.- ORGANIZACION DE LA INSTALACION

I.3.- SALAS DE FILTRACION

- **CARACTERISTICAS GENERALES**

- **PROBLEMAS DE OPERACION**

- **CARACTERISTICAS DIMENSIONALES**

I.4.- ACCIONES A TOMAR: PLAN I

“Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta”

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción

Caracas.

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARIPOSA"

I.1. ORGANIZACION DE LA OPERACION

- **FOTOGRAFIAS DE LA PLANTA**

I.1. ORGANIZACION DE LA OPERACION:

La Planta de Tratamiento es operada por una empresa privada de servicios, la cual conduce el control técnico y administrativo del MANEJO Y OPERACION de las instalaciones, con personal propio y personal transferido de anteriores administraciones públicas. Desconocemos el alcance y condiciones de tal acuerdo y contratación.

Hemos decidido por la OBSERVACION DIRECTA, y la comunicación personal con empleados y trabajadores de la Planta, conocer la forma y mandos que existen en la ORGANIZACION ACTUAL PARA OPERAR la Planta de "La Mariposa".

Hemos contactado y recabado información en los siguientes NIVELES de actividades:

(a) OPERADORES EN SALAS DE FILTRACION:

Trabajan en TURNOS DE 12 x 24, y/o de 12 x 48 HORAS; la ROTACION se hace de acuerdo a las necesidades del propio personal: vacaciones, permisos, enfermedad, emergencias, etc. Normalmente en cada TURNO hay DOS (2) operarios. En total la Empresa OPERADORA cuenta con unos OCHO (8) OPERADORES de FILTROS, quienes no tienen diferencias establecidas, entre ellos: ni por antigüedad, ni por niveles de capacitación, ni por niveles salariales. Además hay DOS (2)

AYUDANTES de carácter UTILITY, quienes laboran en horarios normales de LUNES a VIERNES, entre las 8:00 AM y las 4:00 PM.

Todos consideran como su JEFE INMEDIATO al Ingeniero Jefe de la Planta, y en su ausencia al Ingeniero Asistente.

Cada TURNO está obligado a dejar por escrito la información producida en PLANILLAS para: **carrera de filtración, volumen enviado a la ciudad, volúmenes de lavado, cotas notificadas del embalse, etc.**

(b) UNIDAD DE REPARACIONES Y MANTENIMIENTO:

Está constituida por un JEFE de MECANICA de larga experiencia en la PLANTA, más dos **mecánicos y un electricista.**

Su HORARIO es normal de LUNES a VIERNES de 8:00 AM hasta las 4:00 PM.; y atienden durante la SEMANA aquellas reparaciones de mayor prioridad. Su labor se dificulta por escasez de recursos: **ni stock de repuestos, ni equipos apropiados, ni recursos económicos.**

El JEFE de MECANICA reporta directamente al Ingeniero Jefe de la Planta, quien es "Ingeniero Químico".

(c) SERVICIOS DE VIGILANCIA Y SEGURIDAD:

El Servicio de Vigilancia de ENTRADA y SALIDA está contratado por la OPERADORA a una Empresa de Vigilancia Privada: laboran en TURNOS de 12 x 12 HORAS, manteniendo siempre

UN (1) VIGILANTE permanente en el Portón de Entrada. Su SERVICIO es normal e igual al que prestan en cualquier edificación, **sin mayores consideraciones a la vulnerabilidad e importancia de la Planta.**

La SEGURIDAD de índole INDUSTRIAL se lleva a través de todo el personal técnico y obrero, quienes han sido entrenados o informados sobre el KIT protector en el manejo de los cilindros de cloro, y otros químicos en la Planta.

(d) LABORATORIO QUIMICO:

Está conformado por CINCO (5) TECNICOS QUIMICOS, los cuales trabajan de LUNES a VIERNES normalmente, y en turnos de 12 x 12 manteniendo un servicio de atención y guardia todos los días durante las 24 HORAS. **Su labor es fundamental ya que conllevan la responsabilidad del “diseño” de las dosificaciones, los controles y evaluaciones sobre el nivel de calidad de la potabilización; y en consecuencia generan la información para los programas de adquisición de insumos químicos requeridos en esta Planta.**

(e) SECRETARIA Y LIMPIEZA:

La Oficina del Ingeniero Jefe de Planta está encargada de los servicios secretariales-administrativos, y de control de la HIGIENE en las áreas de Pasillos, Salas, Baños y Oficinas. Igualmente coordinan a un grupo de (6) SEIS OBREROS para diversas

labores de carga y descarga, jardinería y limpieza externa, aseo en general, etc.

Toda esta Organización está bajo el mando del INGENIERO JEFE DE PLANTA, quien es RESIDENTE DIURNO, y un INGENIERO ASISTENTE, quien actúa como RESIDENTE NOCTURNO y en DIAS FERIADOS. Ambos Profesionales son Ingenieros Químicos.

En resumen podemos concluir: **NO HAY ORGANIZACION PROPIA AL OBJETIVO DE UNA INDUSTRIA: Transformación de Agua Cruda en Agua Potable para el Consumo Humano, regida por Normas Nacionales e Internacionales muy claras y de obligatorio cumplimiento.**

Si concluimos en un ORGANIGRAMA ACTUAL lo observado, se verá la AUSENCIA TOTAL DE:

"NIVELES DE GERENCIA Y AUTORIDAD PROFESIONALES ADECUADOS"

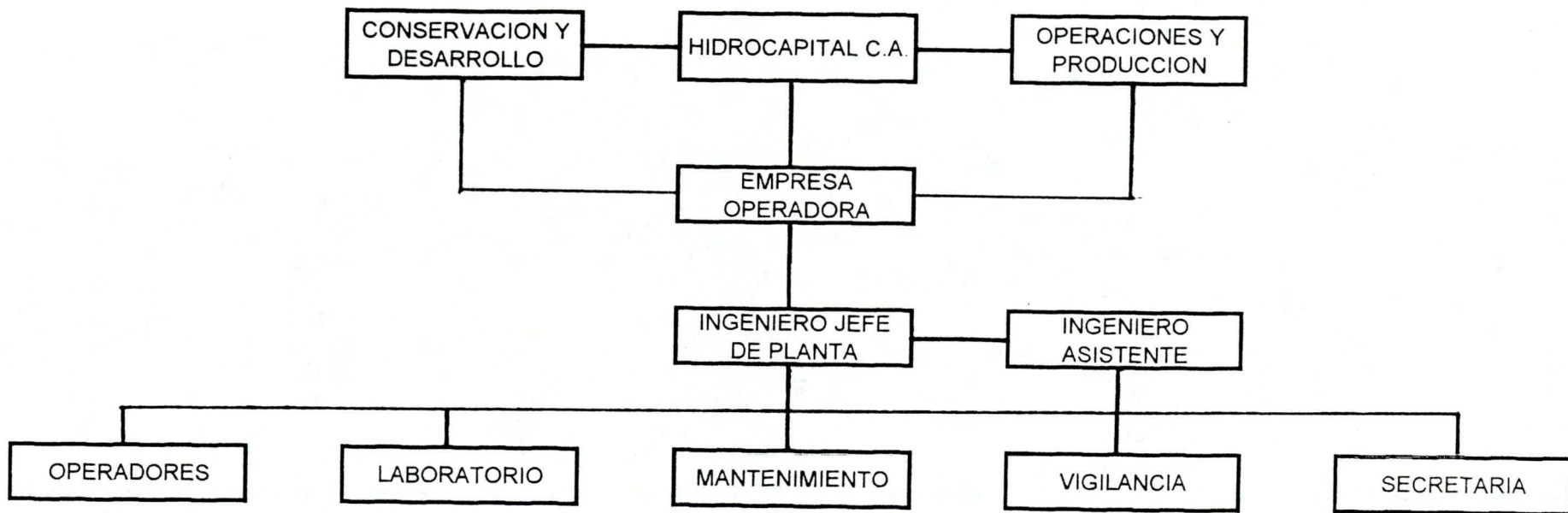
"NIVELES DE SUPERVISION INTERNA CONSTANTE"

"UNIDADES DE EVALUACION Y PROGRAMACION TECNICAS"

"NIVEL ADECUADO DE SUPERVISION -CONTROL EXTERNO sobre PROCESOS y DECISIONES"

A continuación expresamos nuestro criterio de lo existente como Organización de la Operación de la Planta:

ORGANIZACION ACTUAL EN LA PLANTA "LA MARIPOSA". (AÑO 1996)



CUADRO Nº I.1



SALA DE FILTRACION "A" : VISTA GENERAL



CANAL DE TRANSPORTE A FILTROS SALA "B".-



SALA FILTROS "B" : Filtro PAR en modo seco



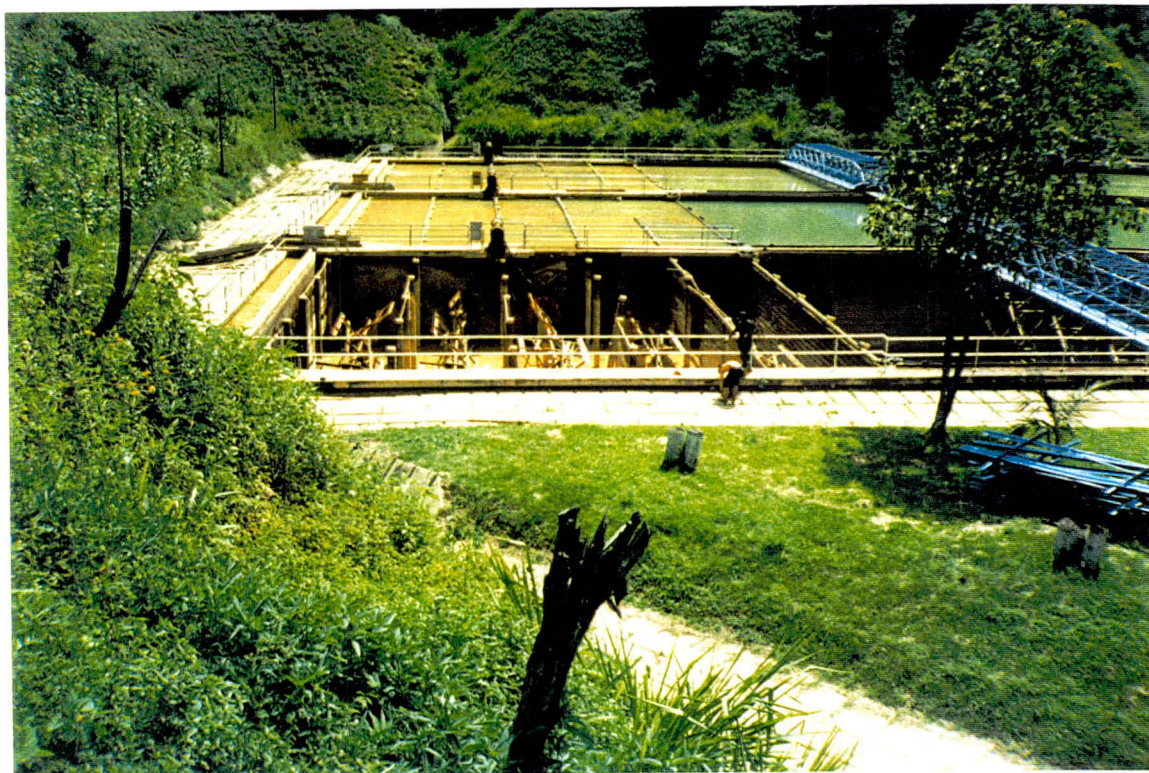
SALA FILTROS "B" : Filtro PAR lavado



SEDIMENTADORES "A" : Barrelados FUERA de SERVICIO



FLOCULADORES "A" : Todos FUERA de SERVICIO



SEDIMENTADORES "B" : VISTA GENERAL del area.



FLOCULADORES "B" : Todos FUERA de SERVICIO



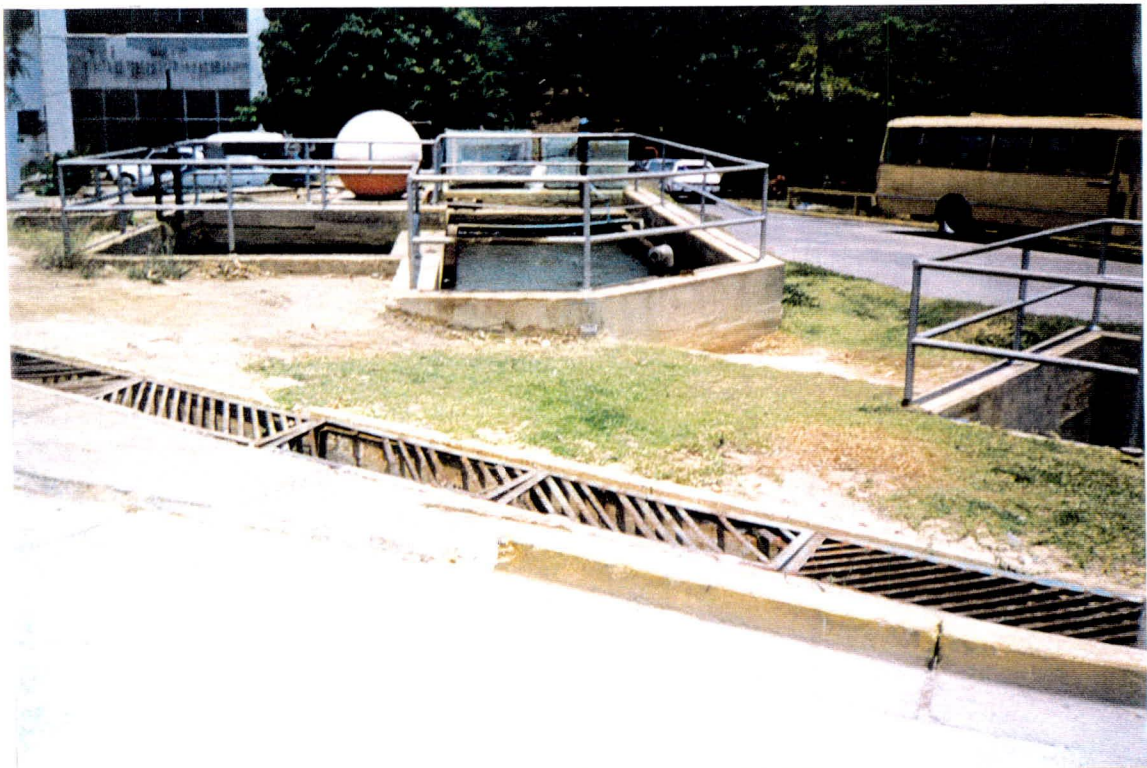
DEPOSITO DE CILINDROS DE CLORO.-



CISTERNAS CON SULFATO DE ALUMINIO LIQUIDO.-



SURTIDORES PARA TOMA DE MUESTRAS EN LABORATORIO.-



TANQUILLA GENERAL DE DISTRIBUCION DEL INFLUENTE.-

“Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta”

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción

Caracas.

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARIPOSA"

I.2. ORGANIZACION DE LA INSTALACION

I.2.1. TRAYECTORIA DEL AGUA EN LA PLANTA

I.2.2. DOSIFICACIONES Y LABORATORIO

I.2. ORGANIZACION DE LA INSTALACION

I.2.1. TRAYECTORIA DEL AGUA EN LA PLANTA:

(Figura N° I.2)

El INFLUENTE proveniente del EMBALSE "La Mariposa" es controlado a su ingreso por DOS (2) ROTOVALVULAS, operadas a control remoto desde la Sala de Operadores.

La apertura de las mismas es manejada "empíricamente" con el uso alternado de ellas: se cierra una y la otra se opera en sección abierta entre un 30% y un 70%, todo ello bajo decisión producto de la experiencia rutinaria acumulada por los Operadores.

Al no existir medición del Caudal de Entrada, la operación se efectúa en función del **Informe Diario de Cotas en el Embalse**, indicativo de las disponibilidades para el día en proceso. Tal DATA es transmitida por RADIO sin el respaldo verificable necesario y por ende sin apoyo de responsabilidad.

Aguas abajo de las ROTOVALVULAS se encuentra la Tanquilla General de Distribución (TGD), punto de aplicación de la PRECLORACION; desde allí el Sistema se divide prácticamente en DOS PLANTAS: la SECCION "A" con su Tanquilla de Mezcla Rápida (TMR "A"), de donde se pasa a los DOS SEDIMENTADORES "A", con sus respectivos Floculadores de Mezcla Lenta; y de allí se transporta el

AGUA CLARIFICADA por un CANAL hasta la SALA de FILTROS "A" (6 unidades de 60 M2 c/u).

La SECCION "B" con su Tanquilla de Mezcla Rápida (TMR "B"), la cual conduce hasta TRES SEDIMENTADORES "B" con sus respectivos Floculadores de Mezcla Lenta; y desde allí se transporta el Líquido clarificado por una LINEA CANAL hasta la SALA de FILTROS "B" (12 unidades de 117,15 M2 c/u).

EI AGUA FILTRADA de la SECCION "A" sale por una tubería de 34", y el AGUA FILTRADA de la SECCION "B" por un diámetro de 48"; ambas líneas de agua filtrada se incorporan al Sistema de Salida hacia la ciudad con un diámetro de 72". Ambas SECCIONES están interconectados a un SISTEMA de RECIRCULACION que retorna a la TGD nuevamente (Ver FIGURA N° 1.2).

No se dispone de un Sistema de Mediciones de Gastos ni de pérdidas de carga a través del CIRCUITO de CIRCULACION de la Planta.

I.2.2. DOSIFICADORES y LABORATORIO:

La Planta cuenta con un Depósito General de Almacenamiento y Control del Gas CLORO, el cual es suministrado en grandes cilindros.

Dicho CLORO es aplicado en solución al ser evaporado, y conducido a los puntos de PRECLORACION y POSTCLORACION.

Igualmente cuenta la Planta con dos sistemas de Dosificación de Sulfato de Aluminio: uno en SECO y otro en LIQUIDO; este último de reciente instalación. Los COAGULANTES se aplican directamente al agua en las Tanquillas de Mezcla Rápida (TRM). Las instalaciones para la aplicación de CAL u otros ablandadores están **fuera de servicio** y no se da tratamiento a la condición de DUREZA presente en el Agua CRUDA o la CLARIFICADA antes de pasar a los FILTROS.

En la Planta de "La Mariposa" funcionan el LABORATORIO GENERAL DE AGUAS que da servicio a toda la Región Capital, y un LABORATORIO ESPECIFICO para el CONTROL DIARIO en las instalaciones de la Planta. Este último es administrado y operado por la EMPRESA OPERADORA. Allí llegan SURTIDORES para la TOMA de MUESTRAS del AGUA CRUDA, del AGUA FILTRADA "A" y "B"; y del AGUA FILTRADA COMBINADA que va a la Ciudad. Estas Instalaciones se consideran Equipadas suficientemente para los CONTROLES NORMALES, pero **es obvio** la falta de modernización y puesta al día de las mismas.

“Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta”

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción

Caracas.

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARÍPOSA"

I.3.A. SALA DE FILTRACION "A"

I.3.A.1.- CARACTERISTICAS GENERALES

I.3.A.2.- PROBLEMAS DE OPERACION

I.3.A.3.- CARACTERISTICAS DIMENSIONALES

I.3.A.1. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SALA DE FILTRACION "A":

En esta SALA se ubican SEIS (6) UNIDADES de FILTRACION de DOS (2) CELDAS iguales cada una:

Se enumeran de NORTE a SUR así:

FILTRO 1 con CELDAS 1.1. y 1.2

FILTRO 2 con CELDAS 2.1. y 2.2

FILTRO 3 con CELDAS 3.1. y 3.2

FILTRO 4 con CELDAS 4.1. y 4.2

FILTRO 5 con CELDAS 5.1. y 5.2

FILTRO 6 con CELDAS 6.1. y 6.2

Toda el Area de la Sala es techada y en consecuencia no hay acción directa del sol, ni del viento, ni de lluvias. El sistema de ventilación es por ventanales a todo lo largo de la Sala: por el largo tiempo de construcción se hayan muy deterioradas.

El sistema de iluminación nocturna está formado por TRES (3) luminarias simples sobre cada FILTRO, y SEIS (6) lámparas de cuatro tubos sobre el pasillo de operaciones, y también se encuentran en gran estado de deterioro, además de resultar muy deficiente para iluminar el espejo de agua en los filtros.

El diseño original de los Filtros está establecido así:

- * FILTRO RAPIDO DE ARENA ESTRATIFICADA y BASE GRANULAR, posteriormente (1965) se modificó a un medio mezclado tipo MICROFLOC: Grava, Granate, Arena Silícea y Antracita.
- * FONDO FALSO TIPO "WHEELER"
- * LAVADO SUPERFICIAL CON JET TIPO "PALMER", formado por DOS (2) brazos giratorios por cada celda, totalizando 24 brazos, y con separación máxima de CINCO CENTIMETROS sobre la RASANTE de arena.
- * ENTRADA CENTRAL PARA CADA FILTRO (SEIS entradas tipo canal).
- * CUATRO (4) CANALETAS DISTRIBUIDORAS EN CADA CELDA (48 en total).
- * RETROLAVADO POR GRAVEDAD, simultáneo para dos celdas o separado para cada celda.
- * GALERIA DE TUBOS y SALA DE BOMBAS COMUN para los SEIS FILTROS.

El "control de operaciones" se lleva desde una MESA de MANDOS, o MESA DE CONTROL, una por cada FILTRO, y en la misma se accionan las válvulas para:

- * ENTRADA (una por Filtro)
- * LAVADO SUPERFICIAL (Independiente por CELDA)
- * LAVADO GENERAL o Retrolavado (Independiente por CELDA)
- * SALIDA DEL AGUA FILTRADA (Independiente por CELDA)
- * DRENAJE (Una por Filtro).

La MESA de CONTROL no está conectada para ningún tipo de MEDICION, es decir no se puede conocer ni EXPANSION, ni PERDIDAS de CARGA, ni PRODUCCION de AGUA FILTRADA.

La "carrera de filtración" ha sido fijada en máximo de VEINTICUATRO (24) HORAS, pero **no hay data** ni criterios para analizar su posible variación.

El RENDIMIENTO de cada FILTRO se ha establecido "a priori" en: DOSCIENTOS CINCUENTA LITROS POR SEGUNDO: 250,0 l.p.s.

El LAVADO GENERAL por gravedad, se hace desde el ESTANQUE OESTE, con salida en COTA: 957,97, y con llegada a cada CELDA en COTA: 948,02; es decir con una "carga aproximada" de **CATORCE METROS (14 m.)** al estar lleno el estanque. El "control de disponibilidad" para el lavado se observa en un medidor conectado al estanque, con escala de **0 a 10 metros**; al haberse descartado unos 3.50 metros de altura de agua, lo cual equivale a unos 190 M3, por cada UNIDAD de DOS CELDAS, se da por concluida la operación del lavado.

El TIEMPO del LAVADO GENERAL es de unos DIEZ (10) MINUTOS, durante el cual se descargan unos 190 METROS CUBICOS por FILTRO, (aproximadamente 300 l.p.s.) de un VOLUMEN total del ESTANQUE de 315 METROS CUBICOS (15 x 5 x 4.2).

La SUPERFICIE de FILTRACION se puede promediar en **30 METROS CUADRADOS** por cada CELDA, es decir **60 METROS CUADRADOS** por FILTRO, y un total de **360 METROS CUADRADOS** por toda la sala "A".

El espesor del **LECHO FILTRANTE** se estableció originalmente en **UN METRO (1,00 mts.)**: Base Granular de 35 cms. de espesor, y Lecho Fino Filtrante de Arena Estratificada de 65 cms. de espesor. En las mediciones se observan las variaciones de volumen del material filtrante, ocurridas para la fecha actual (unidades con hasta un 21% de pérdida del volumen del lecho).

Las **VALVULAS** de cada **FILTRO** son las siguientes:

- (a) **COMPUERTAS** de ENTRADA, se accionan desde las **MESAS**, y su ubicación es en la Sala de Operaciones sobre cada canal de entrada; en total son **SEIS (6)** compuertas de diámetro 50 cms. cada una: 0,20 M2 de área, y están centradas en el ancho del canal que es de **OCHENTA (80)** centímetros.
- (b) **VALVULAS DE SALIDA** (del Gasto Filtrado), se accionan desde las **MESAS**, están ubicadas en la **GALERIA** de **TUBOS**. Hay **UNA** por cada **CELDA**, en total **DOCE (12)**, y permiten regular el **GASTO** de **SALIDA**. Tienen diámetro de 16", y se pueden operar también en directo manualmente en la Galería de Tubos.
- (c) **VALVULAS** del **LAVADO GENERAL**, se accionan desde las **MESAS**, están ubicadas en la Galería de Tubos. Hay una por cada

CELDA: son DOCE (12) en total, con diámetro de 16". Ellas permiten liberar la columna de agua por gravedad proveniente del ESTANQUE OESTE, y se pueden manejar también manualmente desde la Galería de Tubos.

- (d) VALVULAS del LAVADO SUPERFICIAL, se accionan desde las MESAS, hay una por cada CELDA, y son DOCE (12) en total. Se alimentan a presión con un sistema hidroneumático, tienen diámetro de tres pulgadas (3"), e igualmente ubicadas en la Galería de Tubos se pueden accionar manualmente en directo.
- (e) VALVULAS de DRENAJE, se accionan desde las MESAS, y también directamente desde la Galería de Tubos. Hay una por CADA FILTRO, en total son SEIS (6). Tienen diámetro de 18".

La GALERIA de TUBOS es común para los SEIS FILTROS, y en ella se ubican las 42 válvulas que controlan SALIDA, LAVADO y DRENAJE, así como las unidades de Bombeo y el Sistema Hidroneumático. Esta GALERIA está ubicada en nivel inferior (-6 mts.), y en ella se ubican BOCAS DE VISITA para acceder a los FONDOS FALSOS de cada CELDA de Filtración; y BOCAS DE VISITA para acceder al CANAL RECEPTOR. Este último es un elemento de transporte que recibe y conduce a la SALIDA de la PLANTA, o al DRENAJE o al SISTEMA de RECIRCULACION de la PLANTA.

I.3.A.2. PROBLEMAS DE OPERACION EN LA SALA DE FILTRACION "A":

- (a) **No existe una PROGRAMACION para la PUESTA en servicio de las SEIS UNIDADES de FILTRACION en esta SALA.**

Ello se deriva del desconocimiento o desinformación en la Planta de:

1. Gastos de Entrada: Imprevisibles según condiciones del embalse.
2. Demanda Requerida en el Acueducto: variable según nivel de presiones y gastos en la Red.
3. Imprevisión Permanente en la Galería de Tubos y en la Sala de Bombas, así como fallas en el Sistema Eléctrico.
4. **Falta de un "Plan Hidráulico Integral" de la Planta.**
5. Ausencia de Macromediciones y Micromediciones.

- (b) **La operación de FILTRACION es irregular porque es casi imposible manejarse con cargas constantes y carreras de filtración óptimas en cada filtro al no existir mediciones simultáneas; además no hay coordinación con el número de unidades factible de operar entre las SALAS "A" y "B" al mismo tiempo.**

Igualmente es imprevisible la "solicitud" de descargar a la Red algún FILTRO en operación, y ello porque se está considerando a la Planta como una **UNIDAD COMPENSATORIA DE GASTOS y**

PRESIONES, actuando más como un **gigantesco estanque de almacenamiento** que como una **PLANTA de POTABILIZACION**.

- (c) **La operación de LAVADO también es ANORMAL**: no hay control estricto ni de las 24 HORAS de carrera ya establecida, ni de las unidades con prioridad de lavado por razones de "condiciones del lecho filtrante": **NO SE TOMAN EN CUENTA NI TURBIDEZ A LA SALIDA DEL FILTRO, NI PERDIDAS DE CARGA DURANTE LA CARRERA DE FILTRACION, NI AGLOMERACIONES DEL MATERIAL DEL FILTRO, NI LA PRESENCIA DE ELEMENTOS INACEPTABLES SOBRE EL LECHO DEL FILTRO: ANIMALES, RAMAS, FRUTAS, PIEDRAS, PLASTICOS, METALES, etc.**

Muchas veces no le dan importancia al **LAVADO SUPERFICIAL** y simplemente no lo hacen: en esta SALA "A" funcionan los 24 brazos giratorios, aunque ameritan ser renivelados para una operación más uniforme.

Respecto a la **VELOCIDAD DEL LAVADO**, no se da importancia a la gradualidad recomendable a esta operación del lavado; aunque no haya medidores se podría manipular con la **VALVULA** en operación, para obtenerse un **ascenso y expansión más controlados, igualmente un asentamiento más normal del material fino y del material grueso**. Lo que acostumbran es un **LAVADO turbulento y contra "reloj"** por estar siempre requiriéndose filtro, ya que la mayoría de las unidades están constantemente en problemas.

Es importante señalar "el riesgo de contaminación presente entre celdas" de un mismo filtro: por variadas razones hay lavados que se efectúan para UNA CELDA y luego se pone en FILTRACION la UNIDAD: con una celda lavada y la otra no. La intercomunicación entre las canaletas de ambas celdas por el canal central, genera la indeseada mezcla de aguas limpias con las no lavadas.

- (d) Las VALVULAS presentan defectos en sus asientos, y generan fugas permanentes de agua; los controles a distancia se hacen con hilos de nylon, lo cual genera, por deformaciones del nylon, aperturas o cierres desfasados. Se hace necesario colocar las guayas apropiadas para estos controles, así como rectificar los asientos de las VALVULAS. Igualmente las COMPUERTAS de ENTRADA deben ajustarse y alinearse para hacerlas lo más estancas posibles.
- (e) El MANTENIMIENTO es de tipo COMPULSIVO y EMERGENTE: no hay un PLAN de CORRECTIVOS INMEDIATOS ni un PLAN DE CONSERVACION PERMANENTE.

El Personal que labora en estas actividades de Mecánica y Electricidad aducen la falta de un STOCK de repuestos y la ausencia de apoyo económico para su acción.

I.3.A.3. CARACTERISTICAS DIMENSIONALES EN LA SALA DE FILTRACION "A":

Se ha efectuado una revisión detallada en planos, en las instalaciones, y un trabajo de campo de nivelación topográfica, a fin de establecer un CUADRO de VALORES utilizables para cualquier fin de estudio y análisis.

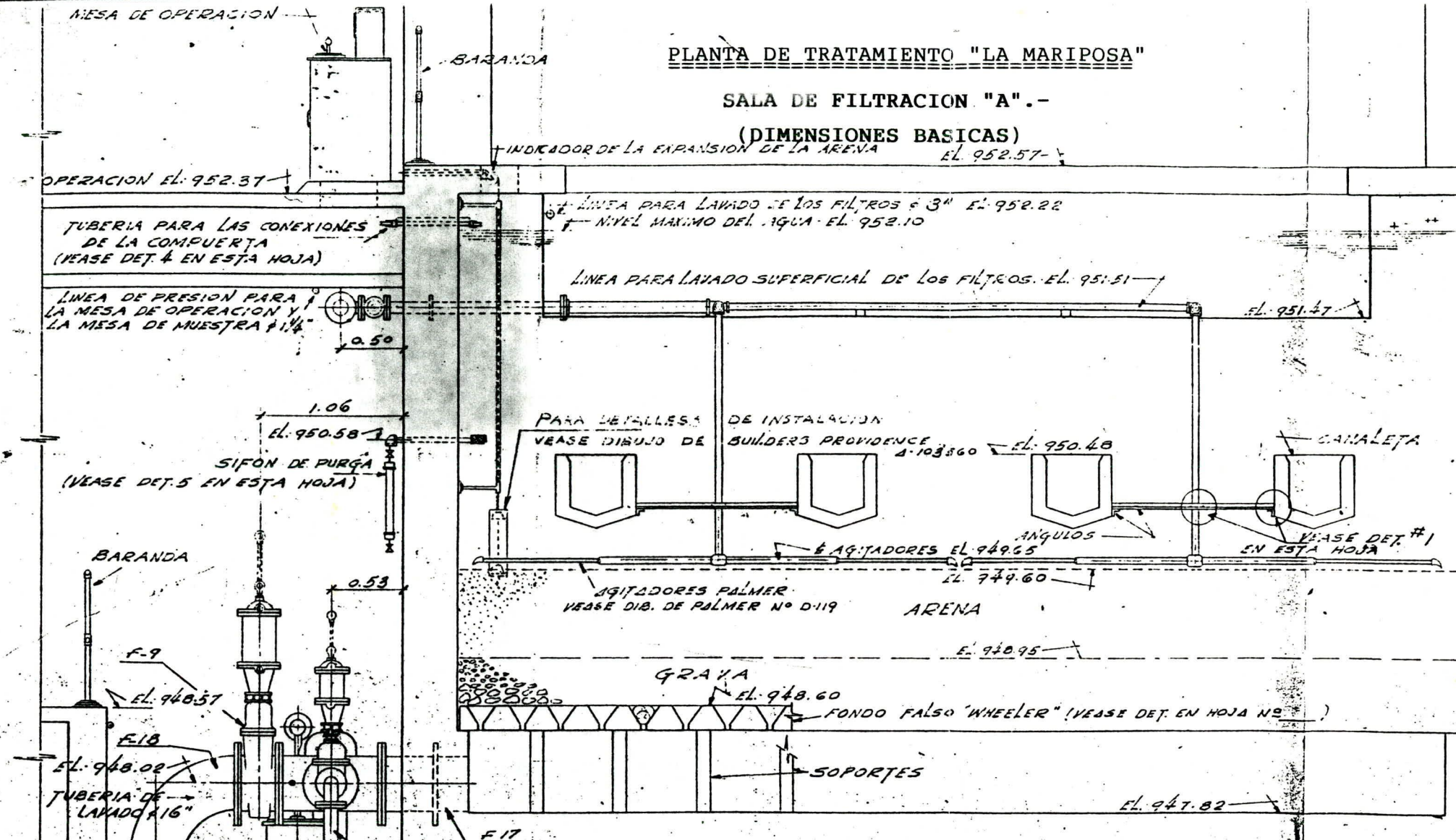
El CUADRO I.3 encierra 156 valores (13 por cada celda) que permiten cuantificar rápidamente cada unidad de filtración, y el conjunto de las mismas.

Se anexan el cuadro de mediciones y material descriptivo.

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARIPOSA"

SALA DE FILTRACION "A".-

(DIMENSIONES BASICAS)



CORTE DE UNA CELDA DE FILTRACION.-

Resumen General de Dimensiones:

- 1) UNIDADES de FILTRACION: SEIS con 2 Celdas c/u y 4 Canaletas c/u
- 2) SUPERFICIE PROMEDIO 30 M2/CELDA
- 3) SUPERFICIE TOTAL DE FILTRACION: 360,23 M2.
- 4) CAPACIDAD TOTAL UTIL DE CAJONES ESTRUCTURALES: 1.358,09 M3.
- 5) VOLUMEN ACTUAL DE MATERIAL FILTRANTE: 309,933 M3.
- 6) ALTURA PROMEDIO ACTUAL DE LECHOS FILTRANTES: 0,860 mts.
- 7) VOLUMEN ESTIMADO ACTUAL DE PERDIDA DE MATERIAL: 50,31 M3.(14%)

Cuadro N° I.3

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARIPOSA"- SALA DE FILTRACION "A"

Resumen de Características Dimensionales.

Fecha: Julio 96

Descripción	Filtros											
	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2
(a) Superficie filtrante (m2)	29.21	29.44	29.22	29.44	29.14	29.21	30.36	30.93	30.44	31.5	30.67	30.67
(b) Volumen actual del material de filtración y base (m3)	29.09	25.20	24.31	24.67	23.98	26.35	29.42	25.12	26.48	24.89	24.29	26.13
(c) Volumen capacidad del cajón estructural (m3)	110.12	110.99	110.16	110.99	109.86	110.12	114.46	116.61	114.76	118.76	115.63	115.63
(d) Espesor actual del lecho filtrante (m)	0.996	0.856	0.832	0.838	0.823	0.902	0.969	0.812	0.87	0.79	0.792	0.852
(e) Espesor del lecho filtrante original (m)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(f) Altura del lecho faltante (m)	0.004	0.144	0.168	0.162	0.177	0.098	0.031	0.188	0.130	0.210	0.208	0.148
(g) Volumen de lecho faltante(m3)	0.12	4.24	4.91	4.77	5.16	2.86	0.94	5.81	3.96	6.62	6.38	4.54
(h) Pérdida estimada del material del lecho (%)	0.40	14.40	16.80	16.20	17.70	9.80	3.10	18.80	13.00	21.00	20.80	14.80
(i) Altura fija desde borde sup. de canaleta hasta fondo del lecho(m)	1.897	1.897	1.889	1.888	1.885	1.884	1.89	1.887	1.892	1.892	1.892	1.892
(j) Altura externa vertical de las canaletas (m)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
(k) Distancia fija desde el borde de la canaleta al Palmer (m)	0.847	0.847	0.839	0.838	0.835	0.834	0.84	0.837	0.842	0.842	0.842	0.842
(l) Medición actual desde el borde de la canaleta al Palmer (m)	(Variaciones en todos los filtros por deformación de los Palmers)											
(m) Nivel Máximo del agua sobre el fondo del lecho (m)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
(n) Profundidad libre interna del cajón estructural (m)	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77

“Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta”

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción

Caracas.

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARIPOSA"

I.3.B. SALA DE FILTRACION "B"

I.3.B.1. CARACTERISTICAS GENERALES

I.3.B.2. PROBLEMAS DE OPERACION

I.3.B.3. CARACTERISTICAS DIMENSIONALES

I.3.B.1. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SALA DE FILTRACION "B":

(a) En esta SALA se ubican DOCE (12) UNIDADES de FILTRACION de CELDA UNICA, y enumeradas así:

1.1. DE NORTE A SUR, LADO OESTE: (Referidos como IMPARES, limitan con la salida de la Planta).

FILTROS N° 07-09-11-13-15 y 17 (SEIS FILTROS)

1.2. DE NORTE A SUR, LADO ESTE: (Referidos como PARES, limitan con el canal y la colina del estanque de lavado)

FILTROS N° 08-10-12-14-16 Y 18 (SEIS FILTROS)

Existen TRES (3) SALAS de OPERACION con sus respectivas GALERIAS de TUBOS y SALA DE BOMBAS, las cuales atienden cada una a CUATRO (4) FILTROS, y que vistas de NORTE a SUR se conforman así:

SALA "a": FILTROS 7,8,9 Y 10

SALA "b": FILTROS 11,12,13 y 14

SALA "c": FILTROS 15,16, 17 y 18

Los FILTROS están al descubierto y reciben directamente la acción del Sol, Vientos y lluvias, todo con ventilación directa natural.

Entre grupos de CUATRO FILTROS (Dos PARES y Dos IMPARES) se ubica un PASILLO-SALA de OPERACION TECHADO, con CUATRO (4) MESAS de CONTROL en cada PASILLO. En total son 12 MESAS de control en los tres pasillos: SEIS para FILTROS PARES y SEIS para FILTROS IMPARES.

El sistema de Iluminación Nocturna está formado por UN REFLECTOR dirigido hacia cada FILTRO desde el borde de techo de los pasillos de operación. Cada pasillo de Operación tiene CUATRO LAMPARAS de techo con CUATRO tubos fluorescentes. El PASILLO o CORREDOR principal de comunicación y enlace, lleva CATORCE LAMPARAS de CUATRO tubos cada una. Se considera **deficiente** la iluminación sobre el espejo de los filtros, y las lámparas de techo están muy deterioradas.

- (b) El "**diseño original**" de los filtros está establecido así:
- * FILTRO RAPIDO DE ARENA ESTRATIFICADA y BASE GRANULAR, posteriormente (1965) se modificó a un MEDIO MEZCLADO de arena y antracita según normas INOS.
 - * FONDO FALSO TIPO "WHEELER"
 - * LAVADO SUPERFICIAL CON BRAZOS GIRATORIOS JET "PALMER", formado por CUATRO (4) brazos por filtro, totalizando 48 JETS, y con separación MAX. de CINCO CENTIMETROS sobre la rasante de arena.
 - * LAVADO GENERAL o RETROLAVADO por GRAVEDAD, independiente para cada Unidad de Filtración.

- * ENTRADA INDEPENDIENTE para cada FILTRO desde el CANAL de transporte desde los SEDIMENTADORES "B".
- * CINCO (5) CANALETAS DISTRIBUIDORAS en cada FILTRO, totalizan 60 canaletas.
- * GALERIA de TUBOS compartida por cada CUATRO FILTROS.

El "control de operaciones" se lleva desde una MESA DE CONTROL, una para cada FILTRO, allí se accionan las VALVULAS para:

- * ENTRADA (Una compuerta para cada Filtro)
- * LAVADO SUPERFICIAL (Independiente cada grupo de 4 brazos giratorios)
- * SALIDA DE AGUA FILTRADA (Válvula reguladora de gastos de salida)
- * LAVADO GENERAL (Retrolavado independiente por cada Filtro)
- * DRENAJE (Una válvula independiente para cada Filtro)

Las MESAS de CONTROL no permiten ningún tipo de MEDICION en sitio, es decir están desconectados e inservibles los mecanismos para conocer: EXPANSION, PERDIDA DE CARGAS y PRODUCCION del FILTRO.

La CARRERA de FILTRACION ha sido fijada en un máximo de VEINTICUATRO (24) HORAS de servicio, pero **no hay data ni criterios** para analizar su posible variación.

El RENDIMIENTO de los FILTROS ha sido establecido "a priori" así: FILTROS IMPARES: 280 l.p.s. y FILTROS PARES: 300 l.p.s.

Se ha establecido un MITO con presuntas diferencias de rendimiento y funcionalidad **entre FILTROS PARES e IMPARES**. Realmente la diferencia se encuentra en la forma de ENTRADA y la distribución de ese GASTO hacia cada unidad de Filtración.

El LAVADO GENERAL por gravedad se hace desde el ESTANQUE ESTE, con SALIDA en COTA: 958,08 y con LLEGADA a cada Filtro en COTA: 949,74 lo cual representa una CARGA aproximada (estática) de DOCE (12) METROS al estar lleno el ESTANQUE. En la Sala "B" no hay indicador alguno sobre la carga de lavado, y el mismo se concluye a voluntad de los operadores: al considerar un tiempo prefijado o agotarse el volumen del estanque. El TIEMPO del LAVADO GENERAL es de uno QUINCE MINUTOS (15'), durante el cual se descargan unos 450 METROS CUBICOS por FILTRO LAVANDOSE, es decir a unos 500 l.p.s. El estanque tiene un VOLUMEN DE 588 m³ (14x14x3). Solo se hace el lavado de un Filtro a la vez, y se espera una hora entre lavados para poder reponer el volumen empleado en la operación.

La SUPERFICIE de FILTRACION es en promedio 117,15 M2 por cada FILTRO, es decir 1.405,80 M2 para toda la SALA "B".

El ESPESOR del LECHO FILTRANTE se establece originalmente en 0,90 metros total: base granular de 30 CENTIMETROS, y lecho fino filtrante de ARENA ESTRATIFICADA 60 CENTIMETROS de ESPESOR. En las nivelaciones efectuadas se observa la variación ocurrida en cada filtro para la fecha actual.

(c) Las VALVULAS de cada FILTRO son las siguientes:

c.1. COMPUERTAS de ENTRADA, se accionan desde las MESAS de CONTROL, y se ubican así:

- * Entrada a los FILTROS PARES contiguos al CANAL PRINCIPAL, permitiendo un ingreso al canal interno de distribución en forma perpendicular a las canaletas. Son compuertas rectangulares de 24" x 24" cada una, en total son SEIS (6) iguales para los FILTROS PARES.

- * Entrada a los FILTROS IMPARES en forma indirecta a través de un canal derivado desde el principal, y ubicado estructuralmente en la losa-piso de la sala de operaciones. Dicho CANAL tiene una sección de **1,30 m. de ancho; 0,88 m. de alto, y una longitud de 11,27 mts.** Dicho canal concluye en forma de T derivando a dos canales menores de

0,80 m. de ancho y 0,88 m. de alto, largo de 1,33 m. con pendiente hacia la compuerta de entrada al respectivo FILTRO. Cada compuerta rectangular de 24" x 24", una para cada FILTRO IMPAR, siendo en total SEIS (6) iguales. Esta entrada permite un ingreso al canal interno de distribución, en sentido paralelo a las canaletas. (Ver Diagramas Anexos)

- c.2. VALVULAS de SALIDA o de FILTRACION, para regular el Gasto de salida del agua filtrada, se accionan igualmente desde cada MESA de CONTROL. Tienen un diámetro de 18" y son DOCE (12) en total, se ubican en la GALERIA de TUBOS, y se pueden accionar también manualmente.
- c.3. VALVULAS de LAVADO GENERAL, se accionan desde las MESAS de CONTROL, tienen diámetro de 24", se ubican en la GALERIA de TUBOS, y se pueden accionar manualmente. En total son DOCE (12) VALVULAS.
- c.4. VALVULAS de LAVADO SUPERFICIAL, se accionan desde cada MESA de CONTROL, ubicadas en la GALERIA de TUBOS, operan con presión hidroneumática. Tienen diámetro de 4" y son DOCE (12) en total.
- c.5. VALVULAS DE DRENAJE, igualmente accionadas a control desde las MESAS, se pueden manipular directamente en la

GALERIA de TUBOS. Tienen un diámetro de 24" y son DOCE (12) en total.

Existen TRES (3) GALERIAS de TUBOS, cada una da servicio a CUATRO FILTROS (2 PARES y 2 IMPARES). Estas GALERIAS son de un ancho de 4,25 mts., y largo de 25,00 mts.; se ubican a unos SEIS (6) metros por debajo del piso de operaciones. Son INCOMODAS y no tienen buena iluminación ni ventilación apropiada.

EL GASTO FILTRADO es descargado por una línea de diámetro 36", la cual va a la salida general de la Planta de diámetro 48", y de allí a la salida a la ciudad con 72" de diámetro.

EL VOLUMEN DRENADO cae a un canal de ancho 1,25 mts. y 2,20 mts. de alto, el cual conduce a una línea de diámetro 42" que transporta esos volúmenes al "sistema de recirculación" de la Planta: ESTANQUE SUBTERRANEO para ALMACENAR y RECIRCULAR al SISTEMA NUEVAMENTE.

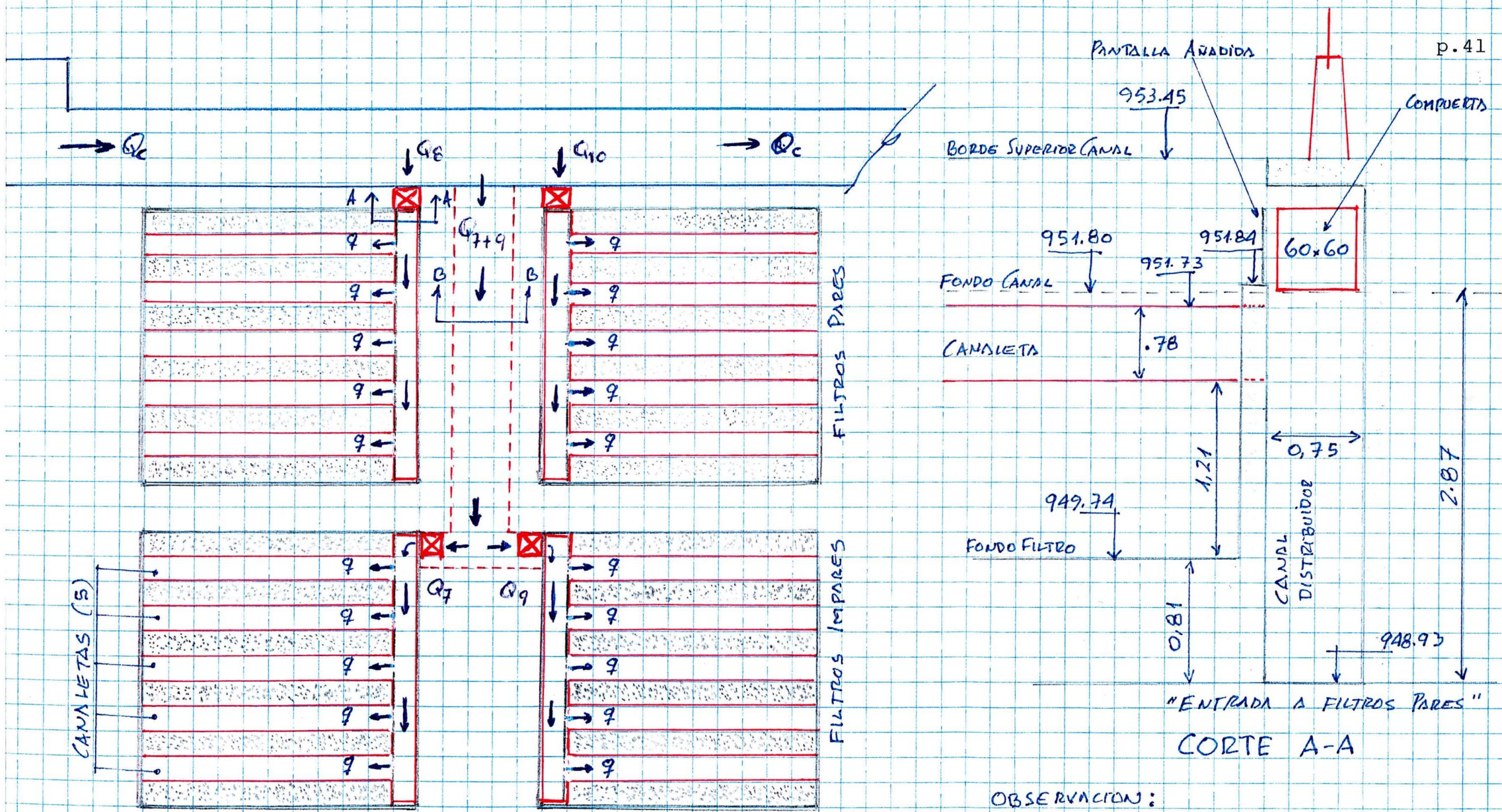
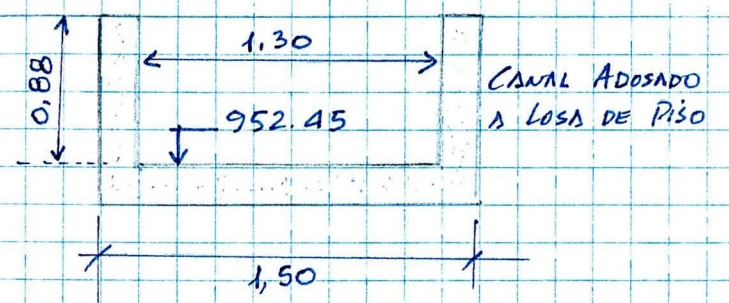


DIAGRAMA DE DISTRIBUCION HIDRAULICA
FILTROS SALA "B"

HOTA # 1

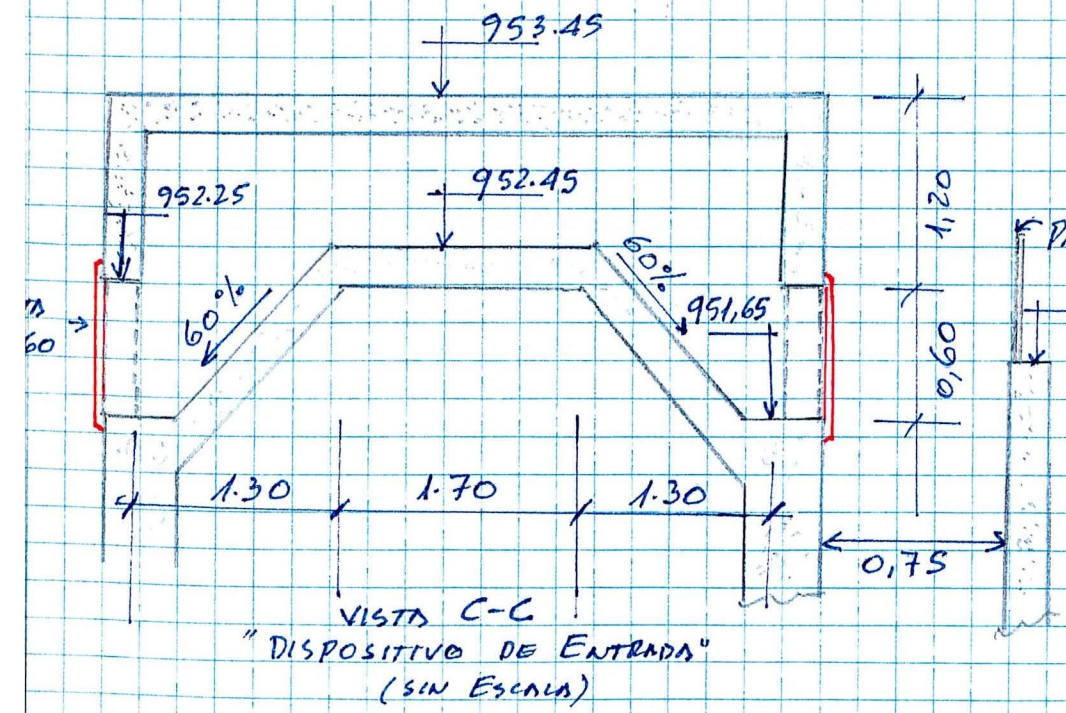
- OBSERVACION:
- (1) El canal distribuidor tiene un largo de 10,67 mts
 - (2) El fondo del canal distribuidor se divide en dos zonas iguales, de pendientes contrarias
 - (3) El ingreso de agua a las CANALLETAS requiere que el canal distribuidor se llene hasta una altura de 2,02 mts, es decir al haber un volumen aprox. de 17m³

BORDE SUPERIOR CANAL = NIVEL PISO 953.45

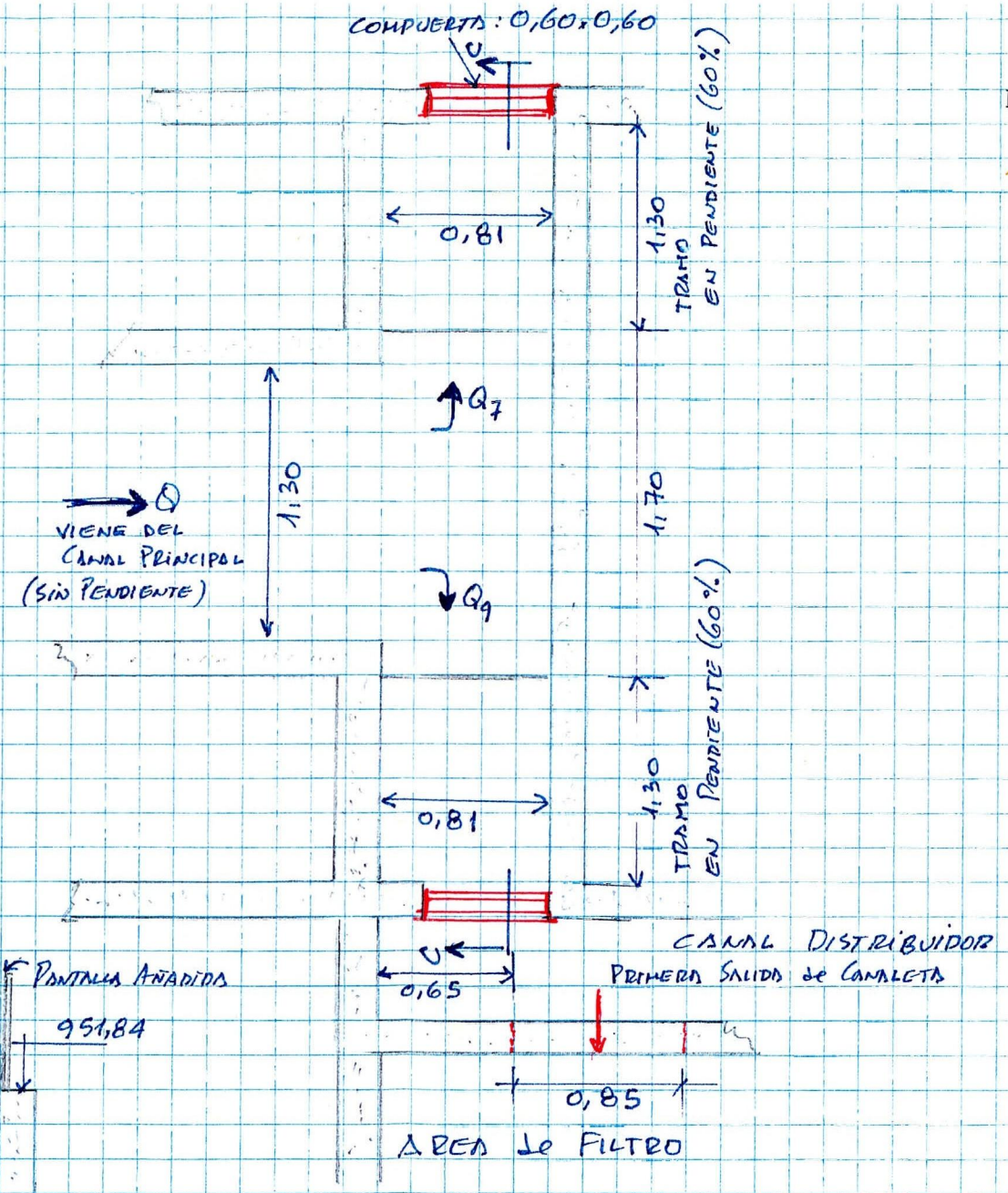


Area Seccion: 1,14 m²
 Longitud Total: 11,27 ML.

CORTE B-B
 "CANAL TRANSPORTADOR
 HASTA ENTRADAS IMPARES"



VISTA C-C
 "DISPOSITIVO DE ENTRADA"
 (SIN ESCALA)



PLANTA DETALLE DISTRIBUIDOR FINAL
 DE ENTRADA A FILTROS IMPARES
 (SIN ESCALA)



FILTROS IMPARES en SALA "B" :
Entrada ANTICIPADA y TURBULENTE del INFLUENTE por la
CANALETA ubicada directamente frente a la COMPUERTA
de ENTRADA del AGUA : LLENADO DESUNIFORME y más LENTO
que el de los FILTROS PARES.



I.3.B.2. PROBLEMAS DE OPERACION EN LA SALA DE FILTRACION "B":

- (a) **No existe una PROGRAMACION** para la puesta en servicio de las DOCE UNIDADES de FILTRACION en la SALA "B". Esto se deriva de diferentes causas, a saber:
1. GASTOS de ENTRADA imprevisibles, según condiciones del embalse y del Acueducto en general.
 2. DEMANDA REQUERIDA en el ACUEDUCTO variable según niveles de presiones en la Red, y diversos problemas de Operación.
 3. IMPREVISIONES en las GALERIAS de TUBOS, SALA de BOMBAS, así como en el SISTEMA de ABASTECIMIENTO ELECTRICO.
 4. FALTA DE UN "PLAN HIDRAULICO INTEGRAL" de la PLANTA.
 5. AUSENCIA de MACROMEDICIONES y MICROMEDICIONES.
- (b) **La operación de FILTRACION es irregular** porque es casi imposible operar con cargas constantes y carreras de filtración adecuadas en cada UNIDAD; y al desconocerse la verdadera Rata de Filtración, también son **inexactos** los valores de PRODUCCION de AGUA FILTRADA estimados. Además no hay coordinación con el número de unidades factibles de operar

simultáneamente con el número de unidades factibles de operar simultáneamente en la propia SALA "B" y/o con la SALA "A". También existe una dependencia directa con los NIVELES en el CANAL PRINCIPAL de transporte desde los SEDIMENTADORES "B": al estar muy bajo el nivel se pierde gran parte del Gasto transportado, por la imposibilidad de "represar" en el canal y ganar ALTURA para operar mejor los FILTROS por tramos: 4, 8 ó 12 unidades.

- (c) **La operación de LAVADO también es anormal:** no hay control de las condiciones y prioridades para lavar un FILTRO, NO SE TOMAN EN CUENTA NI TURBIDEZ A LA SALIDA DEL FILTRO, NI PERDIDAS DE CARGA DURANTE LA CARRERA DE FILTRACION, NI AGLOMERADOS DEL MATERIAL DEL FILTRO, NI LA PRESENCIA DE ELEMENTOS INACEPTABLES SOBRE EL LECHO DEL FILTRO.

Tampoco se le da importancia al LAVADO SUPERFICIAL, en el caso de esta SALA "B" los 48 brazos giratorios tipo PALMER, presentan inconvenientes y prácticamente NO FUNCIONAN, y además están totalmente desnivelados. Otro aspecto importante es la falta de control sobre la velocidad del retrolavado, con el consiguiente daño al material fino y granular del lecho filtrante.

- (d) Las VALVULAS presentan defectos en sus asientos, y generan fugas permanentes de agua; los controles a distancia deben

corregirse colocando las guayas de mando apropiadas y no hilos de nylon. Respecto a las COMPUERTAS de ENTRADA a los FILTROS, presentan desajustes en su alineación y no son estancas por irregularidades en las guías.

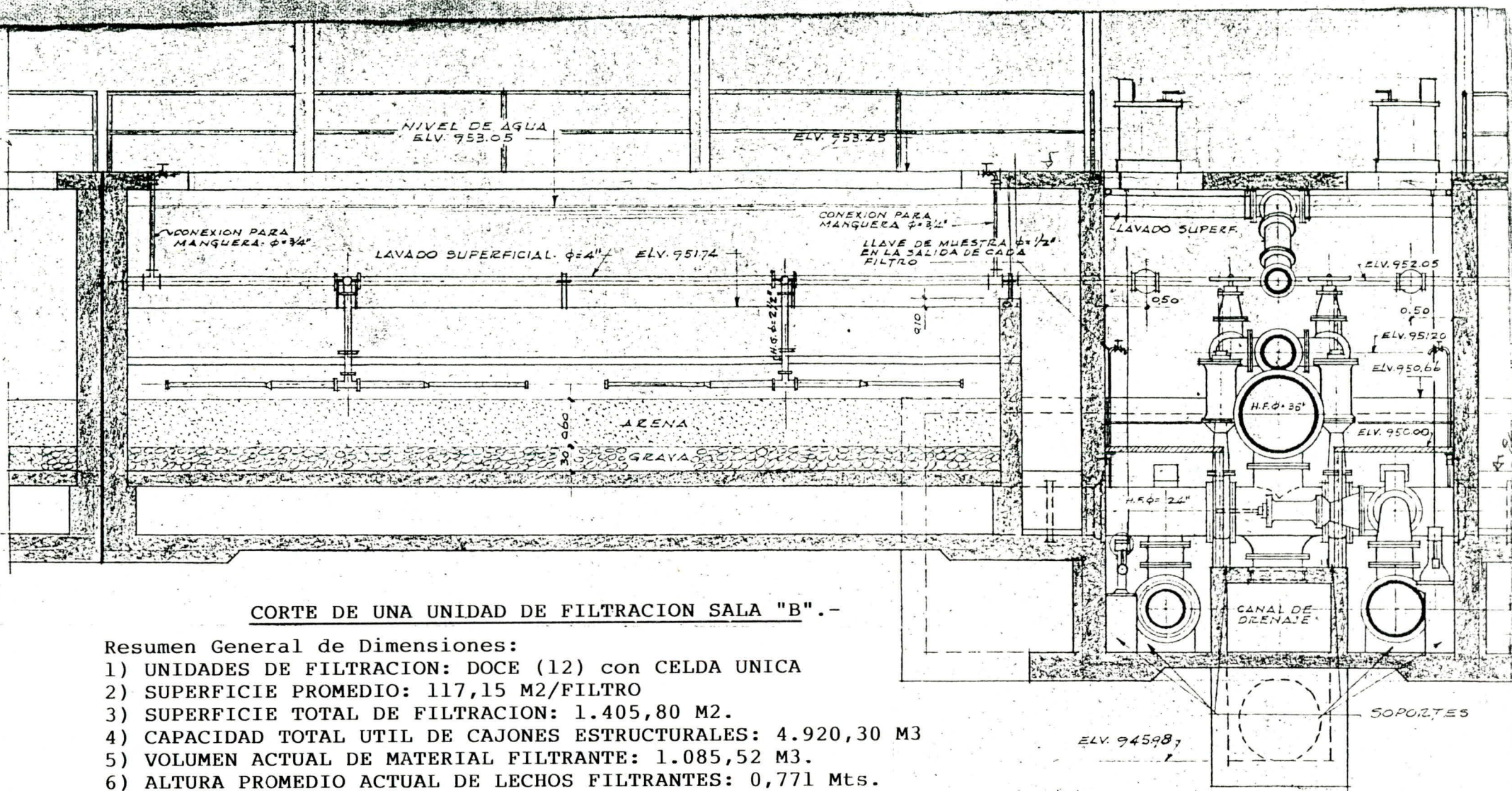
- (e) **EI MANTENIMIENTO es de tipo compulsivo y emergente: no hay un PLAN de CORRECTIVOS INMEDIATOS ni un PLAN de CONSERVACION CONTINUO.**

I.3.B.3. CARACTERISTICAS DIMENSIONALES EN LA SALA DE FILTRACION "B":

Se ha efectuado una revisión detallada en planos, en las instalaciones, y un trabajo de nivelación topográfica, a fin de establecer un CUADRO DE VALORES utilizable para cualquier fin de estudio y análisis.

El CUADRO I.4 encierra 156 valores (13 por cada filtro) que permiten cuantificar rápidamente cada unidad y el conjunto de las mismas en la SALA "B".

Se anexan el material descriptivo y el cuadro de mediciones.



CORTE DE UNA UNIDAD DE FILTRACION SALA "B".-

Resumen General de Dimensiones:

- 1) UNIDADES DE FILTRACION: DOCE (12) con CELDA UNICA
- 2) SUPERFICIE PROMEDIO: 117,15 M2/FILTRO
- 3) SUPERFICIE TOTAL DE FILTRACION: 1.405,80 M2.
- 4) CAPACIDAD TOTAL UTIL DE CAJONES ESTRUCTURALES: 4.920,30 M3
- 5) VOLUMEN ACTUAL DE MATERIAL FILTRANTE: 1.085,52 M3.
- 6) ALTURA PROMEDIO ACTUAL DE LECHOS FILTRANTES: 0,771 Mts.
- 7) VOLUMEN ESTIMADO ACTUAL DE PERDIDA DE MATERIAL: 185,43 M3.
- 8) PORCENTAJE ESTIMADO DE PERDIDA: 15 %

PLANTA DE TRATAMIENTO

"LA MARIPOSA"

SALA DE FILTRACION "B".-

(DIMENSIONES BASICAS)

Cuadro N° I.4

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARIPOSA"- SALA DE FILTRACION "B"

Resumen de Características Dimensionales.

Fecha: Julio 96

Descripción	Filtros											
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
(a) Superficie filtrante (m2)	117.15	117.15	117.15	117.15	117.15	117.15	117.15	117.15	117.15	117.15	117.15	117.15
(b) Volumen actual del material de filtración y base (m3)	74.98	93.49	81.65	98.17	92.43	104.38	88.21	107.31	74.98	94.77	74.51	98.64
(c) Volumen capacidad del cajón estructural (m3)	410.03	410.03	410.03	410.03	410.03	410.03	410.03	410.03	410.03	410.03	410.03	410.03
(d) Espesor actual del lecho filtrante (m)	0.64	0.798	0.697	0.838	0.789	0.891	0.753	0.916	0.64	0.809	0.636	0.842
(e) Espesor del lecho filtrante original (m)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
(f) Altura del lecho faltante (m)	0.26	0.10	0.20	0.06	0.11	0.01	0.15	-0.02	0.26	0.09	0.26	0.06
(g) Volumen de lecho faltante(m3)	30.46	11.95	23.78	7.26	13.00	1.05	17.22	-1.87	30.46	10.66	30.93	6.79
(h) Pérdida estimada del material del lecho (%)	28.89	11.33	22.56	6.89	12.33	1.00	16.33	-1.78	28.89	10.11	29.33	6.44
(i) Altura fija desde borde sup. de canaleta hasta fondo del lecho(m)	1.986	1.993	1.989	1.985	1.989	1.987	1.985	1.98	1.995	1.985	1.999	1.99
(j) Altura externa vertical de las canaletas (m)	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
(k) Distancia fija desde el borde de la canaleta al Palmer (m)	1.036	1.043	1.039	1.035	1.039	1.037	1.035	1.037	1.045	1.035	1.049	1.04
(l) Medición actual desde el borde de la canaleta al Palmer (m)	(Variaciones en todos los filtros por deformación de los Palmers)											
(m) Nivel Máximo del agua sobre el fondo del lecho (m)	3.31	3.31	3.31	3.31	3.31	3.31	3.31	3.31	3.31	3.31	3.31	3.31
(n) Profundidad libre interna del cajón estructural (m)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5

“Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta”

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción
Caracas.

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARIPOSA"

I.4. ACCIONES A TOMAR: PLAN I

I.4.1. A PLAZO INMEDIATO

I.4.2. CON PREVIO ESTUDIO

I.4.1. ACCIONES A TOMAR A PLAZO INMEDIATO:

- 1.1. Exigir a la OPERADORA la implementación de un NIVEL de SUPERVISION y CONTROL sobre los OPERADORES de FILTROS, a fin de modificar el "esquema de rutina ajena a la calidad" del proceso de FILTRACION.
- 1.2. Coordinar con la OPERADORA el dictado de un corto curso sobre "HIDRAULICA DEL PROCESO DE FILTRACION" y "OBJETIVOS SANITARIOS DE LA FILTRACION", a fin de eliminar el "nivel esquemático de operar válvulas", y darles a esos operarios una base técnica mejorada para su labor.
- 1.3. Ordenar un PROGRAMA de PROTECCION del AMBIENTE ANEXO a las Salas de Filtración y un PROGRAMA DE PROTECCION PERMANENTE de los Espejos de Agua y de las Rasantes en los Filtros:
 - 1.3.1. Eliminar toda la vegetación herbácea y de arbustos cercana a canales y a las Salas de Filtros.
 - 1.3.2. Solicitar al MINSAS asesoría para ejecutar un programa de control de roedores y aplicación correcta de herbicidas y plaguicidas en las áreas inmediatamente aledañas a la Planta; y en desagües, drenajes y otros puntos de potencial desarrollo de focos antisanitarios.
 - 1.3.3. Instalar BARRERAS DE MALLAS en varios puntos del CANAL transportador desde los Sedimentadores, a fin de contener y prevenir la llegada a los FILTROS de peces,

roedores, frutas, ramas, piedras, plásticos, metales, etc. que continuamente ingresan a los lechos filtrantes.

1.3.4. Disponer de MALLAS COLECTORAS para remover elementos presentes en los espejos de agua sobre los filtros, así como de RASTRILLOS de MALLA TAMIZADA para remover y desmenuzar la capa superior de los Filtros antes de aplicar el LAVADO SUPERFICIAL y el LAVADO GENERAL.

1.3.5. HACER OBLIGATORIO una **DESINFECCION del FILTRO** cuando el mismo haya estado más de TRES (3) días fuera de servicio.

1.4. Hacer **cumplir con la Instalación contratada** de medidores de flujo en canales y otros puntos de la Planta: aquí está el "talón de Aquiles" del sistema; al conocerse **cuanto volumen estamos procesando** es más fácil organizar el **como operarlo bien**.

1.5. Elaborar de inmediato un "**programa de reparaciones a fondo**", no soluciones superficiales, que conlleven a obtener:

1.5.1. Compuertas alineadas, estancas y que permitan controlar con más aproximación los gastos de entrada a los filtros.

1.5.2. Reparar todas las válvulas de salida, drenaje, lavado, dejándolas en condiciones óptimas.

1.5.3. Reparar - nivelar todos los brazos giratorios PALMER, procurando su horizontalidad y una acción JET eficiente.

- 1.5.4. Sustituir todas aquellas conexiones, mangueras, guayas, tomas, etc., que presenten riesgos, defectos o que no funcionen.
- 1.5.5. Inventariar y completar listado de repuestos, piezas, accesorios y herramientas que deben existir en STOCK en esta PLANTA.
- 1.6. Organizar una **"cuadrilla de emergencia"**, trayendo personal técnico de otras áreas de HIDROCAPITAL o HIDROVEN, para acometer de inmediato el **"programa de reparaciones a fondo"**.
- 1.7. Mejorar sustancialmente el sistema de iluminación nocturna en las SALAS de FILTRACION, las GALERIAS de TUBOS, y **sobre los espejos de agua. INSTALAR LUCES DE EMERGENCIA: NO EXISTEN.**
- 1.8. Establecer un sistema de intercomunicación entre las diversas áreas de la Planta, más eficiente y moderno; incluso dotar de **"busca-personas"** al personal de guardia y al personal ejecutivo de la Planta. Igualmente instalar un **sistema de monitoreo a control remoto** de las áreas más importantes y vulnerables de los canales, filtros, cámaras de mezcla y dosificadores.

1.4.2. ACCIONES A TOMAR PREVIO ESTUDIO:

- 2.1. Analizar una "estructura organizativa" más apropiada para enfrentar la RESPONSABILIDAD y el IMPACTO de los PROCESOS y DECISIONES, involucrados en una instalación de la importancia de la Planta de Tratamiento "La Mariposa", suplidora de AGUA POTABLE a gran parte de la población de Caracas.

- 2.2. Estudiar con OPERACIONES un Plan Coordinado para el "manejo y control de las ROTOVALVULAS en la Planta" que deje a un lado la improvisación y el nivel secundario dado a esta actividad. A través de este proceso informativo se fijan diariamente los NIVELES y VOLUMENES a ser manejados en Planta. Debería procurarse elaborar un Programa que proyecte a futuro la "probable situación" a ser manejada partiendo de la Estadística acumulada durante tanto tiempo en este proceso.

- 2.3. Estudiar con OPERACIONES la necesidad de "dejar de usar los Filtros" como tanques compensadores para la RED. Sugerimos construir un ESTANQUE AUXILIAR con VOLUMEN y ALTURA convenientes, con el fin de almacenar AGUA FILTRADA y utilizarlo en las urgencias que se presenten al sistema de operaciones en la Red.

Tal ESTANQUE podría ubicarse en el "área de estacionamiento" anexa a la SALA "B", y en la cual sólo se está acumulando chatarra, y almacenando material no importante para la Planta.

- 2.4. Estudiar la forma más conveniente de represar en el CANAL principal proveniente de los SEDIMENTADORES "B", cuando sea necesario aumentar el nivel de entrada a los FILTROS. Se podría definir TRES TRAMOS a lo largo de la SALA "B": para CUATRO (4), para OCHO (8), y para DOCE (12) FILTROS. Esto implicaría instalar una compuerta entre la GALERIA de FILTRACION "a" y "b"; y otra compuerta entre las GALERIAS "b" y "c".

- 2.5. Eliminar en las GALERIAS de TUBOS de la SALA "B" las parrillas metálicas del piso falso, por elementos removibles de material plástico, y rediseñando el área de labores para el personal que accede allí. Estudiar la alternativa de instalar un sistema de poleas colgante-deslizante que permitan y faciliten desplazamientos de piezas, válvulas y secciones de gran peso y tamaño en las GALERIAS.

- 2.6. Plantearse un estudio de Re-Ingeniería para el SISTEMA de MICROMEDICIONES en los FILTROS: bien reutilizando las MESAS de CONTROL existentes, o adquiriendo "nuevas soluciones". Este estudio amerita consultas de Tecnología en Instrumentación y Servomecánica muy especializados.

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARIPOSA"

PARTE II. EVALUACION DE LA PRODUCCION DE LA PLANTA

II.1. PROGRAMA DE PRODUCCION ACTUAL

II.2. MEDICION DE VELOCIDADES DE FILTRACION

II.3. EVALUACION DE LAS VELOCIDADES

OPERACIONALES Y RATAS DE FILTRACION

II.4. EVALUACION DE RENDIMIENTOS Y PRODUCCION

SEGUN MEDICIONES EFECTUADAS

II.5. ACCIONES A TOMAR: PLAN II

"Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta"

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción

Caracas.

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARIPOSA"

II.1. PROGRAMA DE PRODUCCION ACTUAL.

II.1.1. VALORES INDICES PREESTABLECIDOS

II.1.2. ANALISIS DE REGISTROS

II.1.3. RESUMEN DE INDICADORES

II.1.4. REFERENCIAS TECNICAS

II.1. PROGRAMA DE PRODUCCION ACTUAL:

Nadie en la PLANTA conoce: "CAPACIDAD INSTALADA de PRODUCCION", ni la "CAPACIDAD REQUERIDA", ni ningún PROGRAMA preestablecido, para diferentes épocas del año a fin de PLANIFICAR TODA LA ACTIVIDAD DE LA PLANTA.

La principal causa de esta situación es la FALTA ABSOLUTA de MEDICIONES en las instalaciones de la Planta "La Mariposa". Sin embargo, tanto la OPERADORA como HIDROCAPITAL llevan un "REGISTRO" que señala valores de AGUA PRODUCIDA (M3) y de CONSUMO DE SUSTANCIAS QUIMICAS (kgs.), basados en los cálculos diarios de PLANILLAS de OPERACION, los cuales se basan a su vez en **VALORES INDICES FIJOS DE RENDIMIENTO DE LOS FILTROS.**

Desconocemos si el "REGISTRO" llevado de Producción se chequea con MEDICIONES de APORTES a la RED tomados en algún punto de SALIDA de la PLANTA.

II.1.1. VALORES INDICES PREESTABLECIDOS:

En la Planta se operan las SALAS de FILTRACION "A" y "B" bajo ciertas premisas y valores a priori, que constituyen la base de todos sus cálculos, los cuales resumimos así:

SALA DE FILTRACION "A" (Seis unidades de filtración):

- * Carrera de filtración de 24 HORAS.
- * Rendimiento por Filtro de 250 l.p.s.
- * VOLUMEN requerido para lavar un Filtro de dos celdas: 190 M³.
- * VOLUMEN del Estanque de Lavado: 315 M³.
- * CALCULO de la Producción enviada a la Ciudad:
Nº de HORAS de SERVICIO x 250 l.p.s. x 3,6= P (M³/día)
- * VOLUMEN de Agua de Lavado utilizado:
Nº de FILTROS LAVADOS x 190 M³
- * SUPERFICIE de FILTRACION por UNIDAD: 60 M².

SALA DE FILTRACION "B" (Doce unidades de filtración)

- * Carrera de filtración de 24 HORAS
- * Rendimientos: FILTRO PAR....300 l.p.s.
FILTRO IMPAR....280 l.p.s.
- * CALCULO de la Producción enviada a la ciudad:
FILTRO PAR: Nº HORAS de SERVICIO x 300 l.p.s.x 3,6= P (M³/día).
FILTRO IMPAR: Nº HORAS de SERVICIOx280 l.p.s. x 3,6= P
(M³/día)
- * VOLUMEN requerido para lavar un Filtro completo: 450 M³
- * VOLUMEN del Estanque de Lavado: 588 M³.
- * VOLUMEN de Agua de Lavado utilizado:
Nº de FILTROS LAVADOS x 450 M³
- * SUPERFICIE DE FILTRACION POR UNIDAD: 117,15 M²

II.1.2. ANALISIS DE REGISTROS DEL LAPSO ENERO - AGOSTO 1996. con Base a las HOJAS DE CONTROL DIARIO de los OPERADORES:

Partiendo de las Hojas de Control señaladas, y obviando el margen de "error humano" de los operadores en lo referente a: fallas aritméticas y medición inexacta de las HORAS, hemos procesado el CUADRO II.1. En dicho cuadro se detalla MES a MES el Número de Unidades de Filtración que fueron puestas en servicio, lo cual nos refleja la **"baja utilización de la capacidad instalada"** en la Planta para filtrar.

Igualmente se evidencia la "mayor actividad" y "mayor productividad" de la SALA "B" respecto a la SALA "A", en una proporción mayor de 3 a 1.

En total el área de Filtración operada en 8 meses y el gasto en Lavado fue así:

SALA "A": 653 filtros x 60 = 37.180 M² de filtros

SALA "B": 1652 filtros x 117,15 = 193.532 M² de filtros

VOLUMEN DE LAVADO SALA "A": 124.070 M³ ___ 3,33 M³/M²

VOLUMEN DE LAVADO SALA "B": 743.400 M³ ___ 3,84 M³/M²

Lapso: Enero a Agosto del 96 (8 meses = 35 semanas = 245 días)

Origen: Hojas de Control de Operaciones Diarias

Mes Contabilizado	Filtros en Operación		Tiempo de Servicio (Horas)		Producción Estimada (m3)		Agua de Lavado (m3)		Rata de Filtración Promedio (lt/hora/m2/sala)		Rendimiento (lps)/filtro	
	Sala "A"	Sala "B"	Sala "A"	Sala "B"	Sala "A"	Sala "B"	Sala "A"	Sala "B"	Sala "A"	Sala "B"	Sala "A"	Sala "B"
Enero 96	159	350	3722	8377	3206996	8705696	30210	157500	90,32	25.35	239.34	288.68
Febrero 96	119	260	2735	6100	2574895	6449213	22610	117000	131.86	34.71	* 261.52	293.68
Marzo 96	55	173	1292	4099	1194660	4433332	10450	77850	280.20	53.37	256.85	*300.43
Abril 96	45	157	1067	3736	947925	3802586	8550	70650	329.04	55.34	246.78	*282.73
Mayo 96	59	162	1385	3815	1168050	4111830	11210	72900	238.24	56.79	234.27	299.39
Junio 96	66	175	1456	4119	1090922	4220854	12540	78750	189.21	49.98	208.13	284.65
Julio 96	70	175	1619	4063	1199232	4339381	13300	78750	176.36	52.10	*205.76	296.67
Agosto 96	80	200	1831	4611	1433059	4736211	15200	90000	163.06	43,84	217.41	285.32
Totales	653	1652	15107	38920	12815739	40799103	124070	743400	(9)	(10)	(11)	(12)
Promedio/mes.	81.63	206.50	1888.38	4865.00	1601967	5099888	15509	92.925				
Promedio/Sem	18.66	47.20	431.63	1112.00	366164	1165689	3545	21240				
Promedio/día	2.67	6.74	61.66	158.86	52309.14	166527	506	3034				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)				

$$(9) = \frac{(5) \times 1000}{(3) \times (1) \times 60M2}$$

$$(11) = \frac{(9) \times (1) \times 60 M2}{3.600 \text{ seg.}}$$

$$(10) = \frac{(6) \times 1000}{(4) \times (2) \times 117,15 M2}$$

$$(12) = \frac{(10) \times (2) \times 117,15 M2}{3.600 \text{ seg.}}$$

Cuadro N° II 2

OPERACION DE LOS FILTROS EN LA PLANTA “LA MARIPOSA”

Resumen de indicadores actuales (Agosto del 96)

Origen: Hojas de Control de Operaciones

Descripción	Sala de Filtración “A”	Sala de Filtración “B”	
1.- Uso de unidades por día de operación	Máximo : 5.13 (85.5%) Medio: 2.70 (45 %) Mínimo: 1.50 (25%)	Máximo: 11.29 (94.08%) Medio : 6.7 (55.83%) Mínimo: 5.23 (43.58%)	
2.- Carrera de Filtración por unidad	Máximo : 23.50 Horas) Medio: 23.13 (Horas) Mínimo: 22.06 (Horas)	Máximo: 23.93 Horas Medio : 23.18 Horas Mínimo: 23.06 Horas	
3.- Rata de Filtración por unidad Filtro “A”: 60 m2 Filtro “B”: 117.15 m2	Máximo : 6,42 GPM/sqft Medio: 5,74 GPM/sqft Mínimo: 5,05 GPM/sqft	Máximo: 3,78 GPM/sqft Medio : 3,66 GPM/sqft Mínimo: 3,56 GPM/sqft	
4.- Rendimiento por unidad: Valor base usado: 250 lps “A” 280 lps Impar “B”, 300 lps Par “B”	Máximo : 261.52 lps/unidad Medio: 233.76 lps/unidad Mínimo: 205.76 lps/unidad	Máximo: 300.43 lps/unidad Medio : 291.44 lps/unidad Mínimo: 282.73 lps/unidad	
5.- Gasto Diario de Salida para la Ciudad	Máximo : 1197.36 lps Medio: 609.57 lps Mínimo: 365.71 lps	Máximo: 3250.33 lps Medio : 1937.32 lps Mínimo: 1467.05 lps	Gasto Total Diario para la Ciudad Máximo: 4469.69 lps Medio: 2546.89 lps Mínimo: 1832.76 lps
6.- Relación agua de lavado a Producción total:	1%	1.82%	
7.- Utilización de Capacidad Existente:	42.80%	54.30%	

Nota: 1 GPM/sqft = 2.443,81 LT/Hora/M2 = 58,65 M3/dia/M2

Esto nos indica que en la SALA "B" se utiliza en apariencia un QUINCE POR CIENTO (15%) más de LAVADO por METRO CUADRADO de Area de Filtración.

Igualmente al desmenuzar algunos valores en el CUADRO II.2:

II.1.3. RESUMEN DE INDICADORES, hemos de observar lo siguiente:

LAVADO:

en la SALA "B" la relación de VOLUMEN DE LAVADO/PRODUCCION es de casi el 2%, es decir el doble que en SALA "A".

PRODUCCION DE AGUA FILTRADA:

La Producción enviada a la Ciudad en lo que va del año 1996 (hasta Agosto) es en promedio: **2.547 l.p.s. per día** contra **3.150 l.p.s. per día del año 1995**.

Este último valor ha sido tomado del Cuadro HIDROCAPITAL anexo.

CARRERA DE FILTRACION:

Varía entre 22 a 24 HORAS en ambas Salas.

RENDIMIENTOS:

Los valores registrados para las Unidades de Filtración van desde 300,43 l.p.s. (Sala "B") hasta 205,76 l.p.s. (Sala "A"), o sea desde 3,78 GPM/sqft hasta 5,05 GPM/sqft como Ratas de Filtración.



PLANTA	SUSTANCIA QUÍMICA	1990	1991	1992	1993	1994	1995
LA MARIPOSA	Sulfato de aluminio (Kg)	3.194.704	2.720.960	2.655.181	2.366.845	2.626.010	2.692.386
	Cloro (Kg)	1.501.500	884.061	947.949	1.039.704	832.546	792.272
	Agua Producida (m3)	88.022.228	112.675.794	117.363.232	121.394.173	92.088.799	99.323.232
	Sulf. Alum/Agua Prod. (g/m3)	36,29	24,15	22,62	19,50	28,52	27,11
	Cloro/Agua Prod. (g/m3)	17,06	7,85	8,08	8,56	9,04	7,98
LA GUAIRITA	Sulfato de Aluminio (Kg)	5.754.522	6.168.528	4.949.549	5.085.410	3.957.800	4.095.680
	Cloro (Kg)	3.484.939	1.780.566	1.577.560	1.039.704	1.479.408	1.719.859
	Agua Producida (m3)	174.800.738	212.383.640	206.114.090	198.482.117	164.497.253	178.728.774
	Sulf. Alum/Agua Prod. (g/m3)	32,92	29,04	24,01	25,62	24,06	22,92
	Cloro/Agua Prod. (g/m3)	19,94	8,38	7,65	5,24	8,99	9,62
CAUJARITO	Sulfato de Aluminio (Kg)	351	59.502	200	702.453	21.970	27.463
	Cloro (Kg)	1.725.074	1.106.528	2.443.426	1.234.452	1.415.283	1.383.679
	Agua Producida (m3)	207.648.280	212.748.592	212.963.996	224.086.843	279.867.561	243.417.094
	Sulf. Alum/Agua Prod. (g/m3)	0,00	0,28	0,00	3,13	0,08	0,11
	Cloro/Agua Prod. (g/m3)	8,31	5,20	11,47	5,51	5,06	5,68
PRE-TRATAMIENTO	Sulfato de Aluminio (Kg)				1.383.589	1.191.622	1.457.962
	Cloro (Kg)				949.300	1.506.456	1.484.319
	Agua Producida (m3)				61.887.378	93.506.291	109.244.899
	Sulf. Alum/Agua Prod. (g/m3)				22,36	12,74	13,35
	Cloro/Agua Prod. (g/m3)				15,34	16,11	13,59

Esto nos obliga a revisar en detalle la situación en cada Grupo de Filtros:

RATAS DE FILTRACION SEGUN REGISTROS ACTUALES

(Basados en Indices de Diseño preestablecidos con anterioridad)

SALA DE FILTRACION "A":

Rata Mínima.....	5,05 GPM/sqft
Rata Máxima.....	6,42 GPM/sqft
Rata Media.....	5,74 GPM/sqft

SALA DE FILTRACION "B":

Rata Mínima.....	3,56 GPM/sqft
Rata Máxima.....	3,78 GPM/sqft
Rata Media.....	3,66 GPM/sqft

II.1.4. REFERENCIAS TECNICAS

- (a) De acuerdo a las recomendaciones para el DISEÑO DE FILTROS RAPIDOS DE ARENA, contenidas en la revisión del MANUAL N° 19 de la ASCE, y revisado en producción conjunta de:
- ASCE, American Society of Civil Engineers
AWWA, American Water Works Association, y
CSSE, Conference of State Sanitary Engineers

La RATA DE FILTRACION RECOMENDABLE ES:

2 GPM/sqft a 3 GPM/sqft

- (b) El "MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLES" de la OMS, producido en 1969 por: José Arboleda, Fernando Vargas y Hernando Correal, recomiendan valores en el siguiente orden:
- LECHOS de ARENA HOMOGENEOS: 2 GPM/sqft
LECHOS de ANTRACITA: 3 GPM/sqft
(Te = 0,76 y Cu = 1,78)
LECHO MULTIPLE "MICROFLOC": 7,1 GPM/sqft
- (c) El Dr. Gustavo Undreiner, Asesor de HIDROCAPITAL, nos refiere lo siguiente:
- LECHO MICROFLOC colocado en Sala "A" (Año 1965):
6 GPM/sqft
LECHO DUAL ARENA-ANTRACITA en Sala "B" (1965):
4,20 GPM/sqft
- (e) **En CONCLUSION:** Actualmente se registran los valores de Producción en base a PARAMETROS de Diseño señalados anteriormente del año 1965. La situación REAL ACTUAL debe ser analizada a partir de MEDICIONES OPERACIONALES actualizadas. (Ver Cuadro N° II.3)

Cuadro N° 113**Comparación de Índices de Filtración Teóricos Calculados con Valores Estimados Actuales en la Planta La Mariposa**

INDICES UTILIZADOS	CALCULOS POR MEDICIONES		REGISTROS ACTUALES EN USO EN PLANTA		ESTIMACION POR DISEÑO ORIGINAL	
	SALA "A"	SALA "B"	SALA "A"	SALA "B"	SALA "A"	SALA "B"
Velocidad Operacional (cm/seg)	0,29	0,18	0,42	0,26	0,48	0,285
Gasto de Filtración (l/seg)	174	211	250	280-300	290	334
Rata de Filtración (m3/hora/m2)	10,44	6,48	15,00	9,22	17,33	10,25
Producción Promedio (m3/días/filtro)	15.034	18.219	21.600	25.923	24.955	28.818
Producción Total (m3/día)	90.204	218.628	129.600	311.076	149.731	345.826
Gasto Diario a Ciudad (l/seg)	1.044	2.530	1.500	3.600	1.733	4.002

Observaciones:

Los Diseños Originales se refieren a los instaurados en el año 1965 en "La Mariposa"

- Sala "A" con un lecho "Microfloc" y Rata de 7.1 GPM/sqft
- Sala "B" con un LECHO DUAL de Arena Antracita, y Rata de 4.2 GPM/sqft

“Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta”

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción

Caracas.

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARIPOSA"

II.2. MEDICION DE VELOCIDADES DE FILTRACION

II.2.1. VELOCIDAD OPERACIONAL PROMEDIO

II.2.2. VARIACIONES EN VELOCIDADES

OPERACIONALES

II.2.3. METODO DE MEDICION

II.2. MEDICION DE VELOCIDADES DE FILTRACION:

La VELOCIDAD OPERACIONAL DE FILTRACION será determinada por la MEDICION del DESPLAZAMIENTO y TIEMPO empleado, de COLUMNAS de AGUA sobre el LECHO FILTRANTE.

(a) Se efectuaron las MEDICIONES en diferentes CONDICIONES:

Al Inicio de la CARRERA de FILTRACION: FILTRO LIMPIO

Al Final de la CARRERA de FILTRACION: FILTRO SUCIO

(b) Se utilizaron DOS (2) NIVELES o ALTURAS de AGUA sobre las RASANTES de los LECHOS FILTRANTE; ello a fin de comparar el efecto de una MAYOR o MENOR CARGA HIDROSTATICA: aplicada a MEDIOS de diferente GRANULOMETRIA.

CARGA MAXIMA así:

SALA "A": De 1,70 mts. a 2,64 mts. de Altura de Agua

SALA "B": De 1,84 mts. a 2,50 mts. de Altura de Agua

CARGA MENOR así:

SALA "A": De 0,90 mts. a 1,10 mts. de Altura de Agua

SALA "B": De 1,10 mts. a 1,40 mts. de Altura de Agua

c) En cada MEDICION se tomó las siguientes previsiones y controles:

- * Compuertas de Entrada Cerradas
- * Salidas de Filtros Abiertas
- * Doble Medición de los Desplazamientos Verticales

Las mediciones efectuadas fueron SIETE (7) por cada FILTRO, y las correspondientes al proceso de FILTRACION se tabulan en Cuadros N° II 4-A y N° II 4-B.

Cuadro II4A

Velocidades Reales de Filtración. Sala de Filtración "A"

FILTRO N° (i) = 12	Espesor Lecho (cm) (Li)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		Velocidad Carga Max. (cm/min) Filtro Limpio (Vi)	Velocidad Carga Max. (cm/min) Filtro Sucio (Vf)	Velocidad Carga Inferior (cm/min) Filtro Limpio	Velocidad Carga Inferior (cm/min) Filtro Sucio	Variación: DV%	
						hs	hi
1a	99,60-17 = 82,60	17,64	13,62	35,40	26,22	23%	26%
1b	85,60-17 = 68,60	20,52	18,42	46,20	35,28	10%	24%
2a	83,20-17 = 66,20	9,36	7,68	21,66	17,94	18%	17%
2b	83,80-17 = 66,80	*6,00	*4,80	*12,60	*10,20	20%	19%
3a	82,30-17 = 65,30	18,54	12,78	49,80	23,16	31%	53%
3b	90,20-17 = 73,20	17,40	12,60	43,62	30,54	28%	30%
4a	96,90-17 = 79,90	*22,20	*19,38	46,20	38,64	13%	16%
4b	81,20-17 = 64,20	17,16	16,20	44,82	*44,16	*6%	*2%
5a	87,00-17 = 70,00	16,74	13,32	*52,86	28,68	20%	46%
5b	79,00-17 = 62,00	15,36	13,02	47,94	22,02	15%	*54%
6a	79,20-17 = 62,20	16,80	15,00	34,68	28,68	11%	17%
6b	85,20-17 = 68,20	21,00	13,14	39,00	24,96	*37%	36%
TOTALES	829,20	Sum $V^2 \cdot Li = K'i = 247.558,06$		Esta condición no es válida para calcular velocidad de diseño.		Los % no son para analogía de caída de energía.	
PROMEDIO	69,10 cm/filtro	Ki: 20.629,84 Vi prom = 17,28		Voperacional prom. < Vreal = 17,28 cm/min = 0,29 cm/seg.			

Observaciones:

Vi = Velocidad Operacional de Filtración (al iniciar la Carrera de Filtración)

Vf = Velocidad Operacional de Filtración (al concluir la Carrera de Filtración)

Espesor promedio estimado Base Granular = 17 cm.

* Variaciones extremas.

$$(5) = \frac{(1) - (2)}{(1)} \times 100$$

$$(6) = \frac{(3) - (4)}{(1)} \times 100$$

Cuadro II4B

Velocidades Reales de Filtración. Sala de Filtración "B"

FILTRO N° (i) = 12	Espesor Lecho (cm) (Li)	Velocidad Carga Max. (cm/min)		Velocidad Carga Inferior (cm/min)		Variación: DV%	
		Filtro Limpio (Vi)	Filtro Sucio (Vf)	Filtro Limpio	Filtro Sucio	hs	hi
7	64,00-12 = 52,00	*15,06	*11,94	*18,54	*16,56	21%	11%
8	79,80-12 = 67,80	12,72	11,10	13,20	11,76	13%	11%
9	69,70-12 = 57,70	12,60	11,64	9,48	8,58	8%	10%
10	83,80-12 = 71,80	9,30	8,82	10,26	9,06	*5%	12%
11	78,90-12 = 66,90	*7,68	*6,42	*9,00	*8,52	16%	5%
12	89,10-12 = 77,10	9,84	8,94	10,68	9,54	9%	10%
13	75,30-12 = 63,30	8,70	4,44	9,72	8,70	*49%	11%
14	91,60-12 = 79,60	10,98	9,42	12,12	9,84	14%	*19%
15	64,00-12 = 52,00	10,32	9,30	10,62	9,66	10%	9%
16	80,90-12 = 68,90	11,16	10,50	10,92	10,20	6%	7%
17	63,60-12 = 51,60	9,48	8,58	10,48	8,70	10%	21%
18	84,20-12 = 72,20	10,50	9,96	11,16	10,98	*5%	*2%
TOTALES	780,90	Sum $V^2 \cdot Li = K'i = 90.649,79$		Esta condición no es válida para calcular velocidad de diseño.		Los % no son para analogía de caída de energía.	
PROMEDIO	65,08 cm/filtro	Ki: 7.554,15 Vi prom = 10,77		Voperacional prom. < Vreal = 10,77 cm/min = 0,18 cm/seg.			

Observaciones:

Vi = Velocidad Operacional de Filtración (al iniciar la Carrera de Filtración)

Vf = Velocidad Operacional de Filtración (al concluir la Carrera de Filtración)

Espesor promedio estimado Base Granular = 12 cm.

* Variaciones extremas.

$$(5) = \frac{(1) - (2)}{(1)} \times 100$$

$$(6) = \frac{(3) - (4)}{(3)} \times 100$$

II.2.1. VELOCIDADES OPERACIONAL PROMEDIO:

Se determinó una VELOCIDAD OPERACIONAL PROMEDIO para cada Grupo de FILTROS: los de la SALA "A" y los de SALA "B".

Se hizo partiendo de idealizar un mismo tipo de Lecho Filtrante para cada SALA de FILTROS, y se partió de la premisa de una **Pérdida de Carga Teórica Inicial de 15 cms, equivalente a un 15% del ESPESOR total promedio de los Filtros en "La Mariposa" (e= 1,00 mts.)**

Estos valores tienen como "UNICA FUNCION": COMPARAR los valores medidos en cada FILTRO en su condición de FILTRO LIMPIO en OPERACION NORMAL (Ver Columna 1 de Cuadros N° II-4).

Los VALORES calculados fueron:

VELOCIDAD OPERACIONAL PROMEDIO SALA "A":

0,29 cm/seg.= 17,28 cm/m.

VELOCIDAD OPERACIONAL PROMEDIO SALA "B":

0,18 cm/seg.= 10,77 cm/m.

II.2.2. VARIACIONES EN VELOCIDADES OPERACIONALES

MEDIDAS: (Ver Columnas 5 y 6 de Cuadros N° II-4)

La determinación de $\Delta V\%$ (Variación porcentual de las Velocidades Operacionales en cada filtro), se hizo con el fin de observar el efecto del LAPSO de FILTRACION (24 Horas de Carrera), y el efecto simultáneo de las Cargas Hidrostáticas. La conclusión obtenida es que en la Sala "A" las disminuciones en Velocidades son mayores que en la Sala "B" en cualquier condición de Altura de Agua y en cualquier punto de la Carrera de Filtración; y ello señala que los FILTROS "A" se obstruyeron más fácilmente que los FILTROS "B"; y esto ratifica lo que nos señala los Análisis Granulométricos de que en la SALA "A", los Lechos presentan una conformación significativamente de "más finos" que los de la SALA "B".

- * A la CARGA MAXIMA obtuvimos, en condición de FILTRO LIMPIO, Velocidades Operacionales en los RANGOS de:

SALA "A": De 6 cms/min a 22 cms/min

SALA "B": De 8 cms/min a 15 cms/min

A la CARGA MENOR obtuvimos, también en condición de FILTRO LIMPIO, los siguientes RANGOS de Velocidades Operacionales:

SALA "A": De 13 cms/min a 44 cms/min

SALA "B": De 9 cms/min a 19 cms/min

Esto también nos evidencia la "múltiple variedad" de la FILTRABILIDAD del AGUA en "La Mariposa": las características del INFLUENTE son inconsistentes y cambiables en cualquier instante del tiempo: ello siempre hará variar las VELOCIDADES de FILTRACION aunque se mantengan cargas constantes y controladas sobre los Lechos Filtrantes.

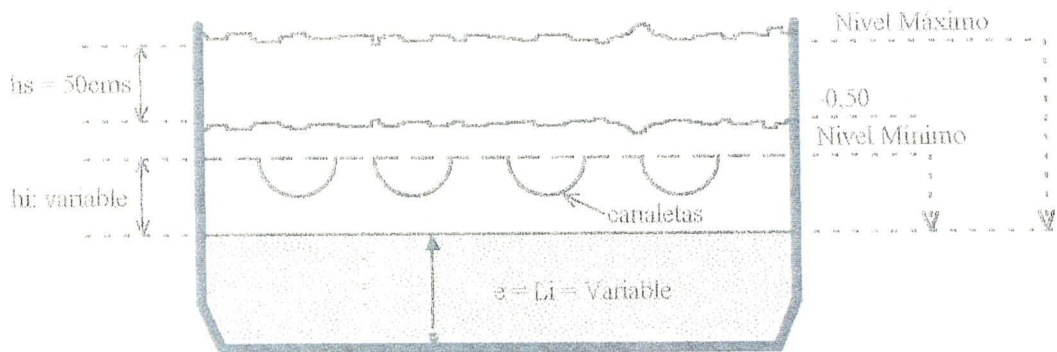
II.2.3. METODO DE MEDICION:

Los AFOROS se realizaron combinando la INFORMACION DIMENSIONAL de COTAS, y la observación de los desplazamientos del Agua, con el uso de UNA REGLETA con ESCALA MILIMETRICA, y una REGLETA de ESCALA FIJA con segmentos de 23 mm., para control adicional. La lectura de la Regleta Milimétrica se hacía con la ayuda de un PAR de BINOCULARES. Igualmente se utilizaban dos cronómetros simultáneamente.

Los valores de "velocidad" se fijaron en CAMPO en CMS. por SEGUNDO; en cambio para la correspondiente Tabulación usamos CMS/MINUTO a fin de "visualizar" mejor las variaciones.



* DOBLE MEDICION DE ALTURAS CON REGLETAS "graduadas"



CROQUIS DE AFOROS DE ALTURAS

"Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta"

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción
Caracas.

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARIPOSA"

II.3. EVALUACION DE LAS VELOCIDADES OPERACIONALES Y RATAS DE FILTRACION

II.3.1. COMPARACION DE VELOCIDADES Y RATAS DE FILTRACION

II.3.2. COMPARACION DE RATAS DE FILTRACION Y RENDIMIENTOS

II.3.3. TABULACIONES SEGUN VALORES DE VELOCIDADES OPERACIONALES Y RATAS DE FILTRACION

II.3. EVALUACION DE LAS VELOCIDADES OPERACIONALES Y DE LAS RATAS DE FILTRACION.

Las VELOCIDADES OPERACIONALES medidas y medibles nos permiten comparar entre: RATAS de FILTRACION OPERATIVAS, y Ratas de Filtración de REFERENCIA y DISEÑOS.

II.3.1. COMPARACION DE VELOCIDADES Y RATAS EN DIFERENTES CASOS:

El CUADRO N° II.5 nos presenta, para ambas SALAS de Filtración, la relación existente entre VELOCIDADES y RATAS en aquellos casos o condiciones atribuibles a la Planta de "La Mariposa"; hemos comparado VALORES de: MEDICIONES, REGISTROS USADOS en PLANTA, VALOR REFERIDO PARA "MICROFLOC", VALOR REFERIDO PARA MEDIO DUAL, y VALOR REFERIDO PARA MEDIO FILTRANTE UNICO de ANTRACITA.

Actualmente los LECHOS FILTRANTES en la SALA "A" y en la SALA "B", NO SON REPRESENTATIVOS de ningún tipo especificado por las Referencias consultadas.

Ni las mediciones ni los Registros llevados actualmente, se pueden considerar valores de RATA de FILTRACION análogos a algún tipo específico de lecho filtrante.

CONDICIONES REFERIDAS	VELOCIDAD OPERACIONAL (CMS/MIN)		RATA DE FILTRACION (GPM/sqft)	
	SALA "A"	SALA "B"	SALA "A"	SALA "B"
* PROMEDIO de las MEDICIONES	17,28	10,77	4,24	2,64
* REGISTROS USADOS ACTUALMENTE	23,38	14,90	5,74	3,66
* VALOR RECOMENDADO MEDIO MICROFLOC	24,45	-----	6,00	-----
* VALOR PARA MEDIO DUAL: Arena-Antracita	-----	17,10	-----	4,20
* VALOR PARA MEDIO UNICO: ANTRACITA	12,23	12,23	3,00	3,00

CUADRO N° II.5

Nota: Las referencias están señaladas en el punto II 1.4 de este informe

II.3.2.- COMPARACION DE RATAS DE FILTRACION Y RENDIMIENTOS:

CONDICION:	RATA DE FILTRACION (GPM/sqft)	RENDIMIENTO: (lps)
(1) MEDICION PROMEDIO	4,24	173,00
(2) REGISTRO USADO	5,74	234,00
(3) LECHO MICROFLOC	6,00	244,00
(4) LECHO UNICO ANTRACITA	3,00	122,00

CUADRO N° II.6: SALA "A"

El Cuadro II.6 nos señala las distintas condiciones posibles para los FILTROS de la SALA "A", a saberse:

- 1) Es el resultado promedio calculado en base a la DATA tomada por nosotros en campo, y refleja unas características puntuales.
- 2) Es el REGISTRO que se lleva en las planillas de los Operadores, que genera la información de PRODUCCION actualmente aceptada, y que parte de una RATA DE FILTRACION a priori de 250 lps./Filtro.
- 3) Es el resultado calculdo en base a las referencias bibliográficas consultadas, e históricamente se corresponde al MEDIO MICROFLOC clocado en estos FILTROS "A" a partir del año 1965, y el cual evidentemente se ha perdido y transformado con el tiempo.
- 4) Es el resultado en base al valor recomendado por la bibliografía para un MEDIO UNICO de ANTRACITA, y consideramos es el más aproximado a la actual conformacion de estos Lechos de SALA "A".

CONDICION:	RATA DE FILTRACION (GPM/sqft)	RENDIMIENTO: (lps)
(1) MEDICION PROMEDIO	2,64	210,00
(2) REGISTRO USADO	3,66	291,00
(3) MEDIO DUAL INOS	4,20	334,00
(4) LECHO UNICO ANTRACITA	3,00	238,00

CUADRO N° II.7: SALA "B"

El Cuadro II.7 nos señala las distintas condiciones posibles para los FILTROS de la SALA "B", a saberse:

- 1) Es el resultado promedio calculado en base a la DATA tomada por nosotros en campo, y refleja unas características puntuales.
- 2) Es el REGISTRO que se lleva en las planillas de los Operadores, que genera la información de PRODUCCION actualmente aceptada, y que parte de una RATA DE FILTRACION a priori del FILTRO PAR: 300 lps. y FILTRO IMPAR: 280 lps.
- 3) Es el resultado calculado en base a las referencia del INOS y a la DATA informada por el Dr. Gustavo Undreiner, para un MEDIO DUAL de Arena - Antracita, utilizado en la SALA "B", desde el año 1965 aproximadamente.
- 4) Es el resultado en base al valor recomendado por la bibliografía para un MEDIO UNICO de ANTRACITA, y consideramos es el más aproximado a la actual conformacion de estos Lechos de SALA "B".

II.3.3.- TABULACIONES PARA CONSULTA CON VELOCIDADES OPERACIONALES Y RATAS DE FILTRACION

Velocidad Operacional (cm/min)	SALA "A"		SALA "B"	
	Rata (GPM/sqft)	Rendimiento (l.p.s)	Rata (GPM/sqft)	Rendimiento (l.p.s)
5	1,23	50	1,23	97,6
10	2,46	100	2,46	195,2
15	3,69	150	3,69	292,8
20	4,92	200	4,92	390,4
25	6,15	250	6,15	488
30	7,38	300	7,38	585,6

CUADRO N° II.8

RATA (GPM/sqft)	SALA "A"		SALA "B"	
	Velocidad Operacional (Cm/min)	Rendimiento (l.p.s)	Velocidad Operacional (cm/min)	Rendimiento (l.p.s)
1	4,073	40,73	4,073	79,52
2	8,15	81,46	8,15	159,05
3	12,22	122,2	12,22	238,57
4	16,29	162,92	16,29	318,10
5	20,37	203,65	20,37	397,63
6	24,44	244,38	24,44	477,15
7	28,51	285,11	28,51	556,68

CUADRO N° II.9

UNIDADES UTILIZADAS:

1GPM/sqft = 2443,81 Lts/H/M2

1 cm/minuto = 0,246 GPM/sqft

SUPERFICIES DE FILTRACION:

SALA "A": 60 MTS2 /Unidad

SALA "B": 117,15 mts2/Unidad

“Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta”

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción

Caracas.

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARIPOSA"

II.4. EVALUACION DE RENDIMIENTOS Y PRODUCCION SEGUN MEDICIONES EFECTUADAS

II.4. EVALUACION DE LOS RENDIMIENTOS Y LA PRODUCCION BASADOS EN MEDICIONES EFECTUADAS

De acuerdo a lo determinado anteriormente (Ver CUADROS II.6 y II.7), podemos extrapolar los probables VALORES de PRODUCCION en la Planta de "La Mariposa", generada por las Unidades de Filtración actualmente operativas.

Seleccionamos como RATAS de FILTRACION y RENDIMIENTOS los valores señalados en dichos Cuadros, en el Punto (1), es decir los resultados por mediciones. De esta forma logramos una comparación acerca de la PRODUCCION REAL con la PRODUCCION REGISTRADA actualmente.

Tales resultados los presentamos en el CUADRO N° II.10, y del mismo podemos concluir lo siguiente:

- * La SALA "A" produce un 26% menos que los VOLUMENES REGISTRADOS en planillas actuales.
- * La SALA "B" produce un 28% menos que los VOLUMENES REGISTRADOS en planillas actuales.

	Rata de Filtración	Rendimiento	Producción Real	Producción Registrada
SALA "A"	4,24 GPM/sqft	173 lps/filtro	14.947 M3/Día/Filtro	20.218 M3/Día/Filtro
SALA "B"	2.64 GPM/sqft	210lps/Filtro	18.144 M3/Día/Filtro	25.142 M3/Día/Filtro

CUADRO N° II.10

Nota: Los Registros actuales de Producción se tomaron a partir
 Del Rendimiento Registrado (Sala "A": 234 lps y Sala "B": 291 lps)
 (Ver Cuadros II.6 y II.7)

"Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta"

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción

Caracas.

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARIPOSA"

II.5. ACCIONES A TOMAR: PLAN II

II.5. ACCIONES A TOMAR: PLAN II

- (a) Se recomienda calibrar los "reguladores de salida" de los Filtros, a fin de procurar cargas mayores y constantes sobre los Lechos. La operación de FILTRACION deberá hacerse "siempre con alturas de agua por encima de las CANALETAS, en una columna de agua no menor a UN METRO por encima del borde de las mismas". Esto garantizaría suficiente carga hidrostática y suficiente confinamiento en el LECHO para mejorar la FILTRACION.

- (b) Establecer un Programa de MEDICIONES CONTINUAS de VELOCIDADES OPERACIONALES en los Filtros en uso. La acumulación de esta DATA permitirá registrar en forma iterativa VALORES REALES de las respectivas RATAS de FILTRACION.

- (c) REAJUSTAR el CALCULO de los REGISTROS ACTUALES, hasta que se produzcan los cambios de LECHOS, a los VALORES siguientes:
FILTROS SALA "A": 175 l.p.s. en lugar de 250 l.p.s.
FILTROS SALA "B": 210 l.p.s. en lugar de 280 y 300 l.p.s.

Esto sería mientras no existan mediciones efectivas y veraces de la producción de cada UNIDAD de FILTRACION.

- (d) Asumir que ACTUALMENTE en la PLANTA disponemos de LECHOS FILTRANTES con MEDIO UNICO de ANTRACITA y Base GRANULAR.

“Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta”

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción

Caracas.

PLANTA DE TRATAMIENTO “LA MARIPOSA”

III. CALIDAD Y COMPOSICIÓN DEL MEDIO FILTRANTE

**III.1. OPERACIÓN DE LAVADO Y MANTENIMIENTO
DE LOS FILTROS**

III.2. CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA FILTRADA

III.3. COMPOSICIÓN GRANULAR ACTUAL

III.4. ACCIONES A TOMAR: PLAN III

"Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta"

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción

Caracas.

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARIPOSA"

III.1. OPERACIÓN DE LAVADO Y MANTENIMIENTO DE LOS FILTROS

III.1.1. APARIENCIA ACTUAL DEL MEDIO
FILTRANTE

III.1.2. PRESENCIA DE BOLAS DE BARRO (MUD
BALLS)

III.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL LAVADO DE LOS
FILTROS

III.1.1. APARIENCIA ACTUAL DEL MEDIO FILTRANTE

La "apariencia" de la superficie filtrante en ambas Salas evidencia el depósito en las rasantes de materia sedimentada y arrastrada hasta los FILTROS: **Lodos y material arcilloso**, lo cual al mezclarse con la ANTRACITA da una sensación de falta de uniformidad, entremezcla de colores negros y terrosos.

Al tener carga los filtros, se observa siempre un medio muy turbio y espumoso, con presencia de materia orgánica arrastrada desde los canales: ramas, hojas, peces y otros animales. Igualmente es fácil observar el "desequilibrio" de las cargas o alturas de agua sobre los filtros: Unos con altura máxima y otros con mínima, reflejando ello **inconstancia en el manejo de la filtración**, y desfases entre ENTRADAS y SALIDAS de los GASTOS.

Al removerse el material filtrante hasta profundidad de 30 a 50 centímetros, se observa solo el predominio de ANTRACITA, a veces aglomerada con barro proveniente del agua de sedimentadores. **NO SE HA OBSERVADO LA PRESENCIA DE CAPAS DE ARENA.**

En conclusión: **VISUALMENTE EL LECHO ESTRATIFICADO NO SE CORRESPONDE CON UN DISEÑO ESPECIFICO, y SU LAVADO Y CONSERVACION no son efectivos dando una APARIENCIA ESTETICA ANTISANITARIA.**

III.1.2. PRESENCIA DE BOLAS DE BARRO (MUD BALLS)

Aunque el "tramo superior" de estos filtros en "La Mariposa" están constituidos por ANTRACITA, la cual es menos propicia que la ARENA para la formación de Mud Balls, se ha observado la presencia de los mismos, y se ha procedido a una medición por el método normal BAYLIS, con los siguientes resultados:

Sala de Filtración "A":

Se detectó la presencia de "Mud Balls" en NUEVE (9) de las DOCE (12) CELDAS, con valores porcentuales desde CERO hasta 2,90% por VOLUMEN (ver Tabla III.1A).

Entendiendo a la SALA DE FILTRACION como una UNIDAD obtuvimos la presencia de 185 cm^3 de "Mud Balls" en un total de 360 M^2 de SUPERFICIE DE FILTRACION, y en un VOLUMEN TOTAL DE MUESTRAS de $32.832,00 \text{ cm}^3$. Ello nos da los siguientes indicadores para comparar:

DISTRIBUCION DE MUD BALLS: $0,51 \text{ cm}^3/\text{M}^2$
% TOTAL POR VOLUMEN: 0,56% de Mud Balls

SALA DE FILTRACION "B":

Se detectó la presencia de "Mud Balls" en los DOCE (12) filtros de la sala, con valores porcentuales de 0,24% a 0,60% por VOLUMEN (ver Tabla III.1B).

Entendiendo a la SALA DE FILTRACION como una UNIDAD obtuvimos la presencia de 200 cm.³ de "Mud Balls" en un total de 1.406,00 M² de SUPERFICIE DE FILTRACION, y en un VOLUMEN TOTAL DE MUESTRAS de 49.248,00 cm³. Ello nos da los siguientes indicadores para comparar:

DISTRIBUCION DE MUD BALLS: 0,14 cm³/M²
% TOTAL POR VOLUMEN: 0,41% de Mud Balls

La presencia de Mud Balls en la capa superior de ANTRACITA es básicamente por la baja calidad del agua sedimentada que llega a los filtros. Es evidente que al no haber remoción eficiente de turbidez y al mantenerse una presencia flocular importante, se generan estas amalgamas de arcilla-antracita con características pastosas muy altas en "plasticidad".

La formación y presencia de estas bolas de barro, es indicativo de que los FILTROS han sido operados por largo tiempo con un lavado inapropiado.

Ello genera que por el largo tiempo, sin lavado eficiente, el material en suspensión acarreado por el agua se amalgame con los granos finos del MEDIO FILTRANTE.

Tal hecho produce una distribución no uniforme del agua del retrolavado haciéndose cada vez mas difícil la limpieza del FILTRO.

Tabla III 1A Evaluación de la presencia de Mud-Balls en Sala de Filtración "A"

FILTRO N° :	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b	TOTALES Y PROMEDIOS
N° de muestras	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
Volumen de muestras (cm3) :	2736	2736	2736	2736	2736	2736	2736	2736	2736	2736	2736	2736	32.832 CM3
Volumen Mud Balls (cm3) :	0	0	5	0	15	10	10	20	20	10	80	15	185 CM3
% Mud Balls :	0	0	0,18	0	0,55	0,37	0,37	0,73	0,73	0,37	2,96	0,55	0,56%
Superficie Filtro (m2) :	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	360M2
Relación Mud Ball /Area (cm3/m2)	0	0	0,17	0	0,5	0,33	0,33	0,66	0,66	0,33	2,66	0,5	0,51 CM3/M2
Lavado Superficial :	SI	SI	SI	SI	N	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	91%
Apreciación Cualitativa :	E	E	MB	E	R	B	B	R	R	B	MM	R	E=3 MB=1 B=3 R=4 MM=1

Observaciones :

- Las muestras se tomaron en puntos aleatorios.
- Las muestras se tomaron en el lapso del 10 al 12 de Septiembre de 1996.
- Se tomó una (1) muestra por cada 7,5 m2 de superficie de filtración.
- El 40% de las unidades (5 celdas) están en condiciones Regular a Muy Mal.
- El lavado Superficial funciona bien en 11 de las 12 celdas.
- Excelente, MB= Muy Bien , B= Bien, R= Regular, MM= Muy Mal.

Tabla III 1B	Evaluación de la presencia de Mud-Balls en Sala de Filtración "B"
--------------	-------------------------------------------------------------------

FILTRO N° :	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	TOT Y PROMS
N° de muestras	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72
Volumen de muestras (cm3) :	4104	4104	4104	4104	4104	4104	4104	4104	4104	4104	4104	4104	49.248 CM3
Volumen Mud Balls (cm3) :	15	20	25	20	15	20	10	10	15	20	10	20	200 CM3
% Mud Balls :	0,37	0,49	0,6	0,49	0,37	0,49	0,24	0,24	0,37	0,49	0,24	0,49	0,41 %
Superficie Filtro (m2) :	117,15	117,15	117,15	117,15	117,15	117,15	117,15	117,15	117,15	117,15	117,15	117,15	1.405,80 M2
Relación Mud Ball /Area (cm3/m2)	0,13	0,17	0,85	0,17	0,13	0,17	0,09	0,09	0,13	0,17	0,09	0,17	0,14 CM3/M2
Lavado Superficial :	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	100% MALO
Apreciación Cualitativa :	B	B	MM	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B= 11 MM=1

Observaciones

Las muestras se tomaron en puntos aleatorios
 Las muestras se tomaron en el lapso del 10 al 12 de Septiembre de 1996.
 Se tomó una (1) muestra por cada 19 m2 de superficie de filtración.
 La mayoría de los filtros están en buena condición.
 El lavado Superficial no funciona en estas unidades.
 E= Excelente, MB = Muy Bien, B = Bien, R= Regular MM= Muy Mal.

Dentro de las LABORES DE MANTENIMIENTO deberían tomarse en cuenta las técnicas recomendadas para la eliminación de estas BOLAS DE BARRO.

Para evaluar la presencia de Mud Balls se utilizó" en forma exacta la metodología descrita en el punto Anexo III.a.

ANEXO III.A
MEDODO "BAYLIS" PARA MEDIR VOLUMEN DE "MUD
BALLS"

(A) EQUIPO:

- 1.- CEDAZO de 2.5 mm.2 (10 espacios/pulgada)
- 2.- TUBO de 3" y longitud de 15 cms. (6") con FONDO TAPADO, Y ASA DE CONTROL-MANIPULEO.
- 3.- CILINDRO GRADUADO de volumen igual o mayor a DOS (2) LITROS.
- 4.- TOBO de almacenamiento.

(B) PROCEDIMIENTO:

- 1.- LAVAR el lecho filtrante en forma usual.
- 2.- DRENAR el nivel de agua hasta unos TREINTA CENTÍMETROS por debajo de la superficie de la arena.
- 3.- COLECTAR MUESTRAS introduciendo verticalmente unos 20 cms. el tubo colector dentro del lecho filtrante: TOMAR ENTRE CUATRO A SEIS muestras en puntos aleatorios de la superficie del filtro en control.
- 4.- TRANSFERIR el material recolectado en el TOBO para almacenar.
- 5.- COLOCAR parte del material en el CEDAZO, drenar con agua el

material fino, y permitir la retención de los "Mud Balls".

- 6.- CONTINUAR el TAMIZADO hasta usar toda la muestra y haber separado todo el material de "Mud Balls".
- 7.- VACIAR los Mud Balls en el CILINDRO CUADRADO y determinar el incremento del NIVEL DEL AGUA, el cual representa EL VOLUMEN DE Mud Balls en cm^3 .
- 8.- El porcentaje de "Mud Balls" en el lecho de arena, *es* : la relación del volumen Mud Balls al volumen total de muestras tomadas.

(C) CONDICION DEL FILTRO:

% de MUD BALLS por Volumen CONDICION del Lecho de Arena

0.0 a 0.10	EXCELENTE
0.101 a 0.20	MUY BIEN
0.201 a 0.50	BIEN
0.501 a 1.00	REGULAR
1.001 a 2.50	MAL
2.501 a 5.00	MUY MAL
MAYOR A 5.00	INSERVIBLE

III.1.3. CARACTERISTICAS DEL LAVADO DE LOS FILTROS

(a) Tal como se determinó en el INFORME I, las Unidades de Filtración de las Salas "A" y "B", tienen una Carrera de Filtración ligeramente mayor a 23,1 horas entre lavados.

Igualmente se determinaron los parámetros de operación siguientes:

	SALA "A"	SALA "B"
Areas de Filtración:	37.18,00 M2	193.532,00 M2
Volumen Unitario de Lavado:	3,33 M3/M2	3,84 M3/M2
Relación Volúmenes LAVADO/PRODUCCION:	1%	1,82%
Volumen Estanque:	315 M3	588 M3
Volumen usual gastado en el Lavado:	200 M3/Filtro	450 M3/Filtro
Carga Hidrostática Inicial:	14 Mts. (14.000 K/M2) (20 psi.)	12 Mts. (12.000 K/M2) (17 psi.)

En este INFORME incluimos las mediciones de velocidades efectuadas: Para este capítulo hemos resumido lo correspondiente a VELOCIDADES DE ASCENSO durante las operaciones de RETROLAVADO de los FILTROS; y las VELOCIDADES DE DESCENSO inmediatamente concluido el LAVADO, reiniciándose la FILTRACION.

Considerando la ERRATICA OPERACION de ABRIR LAS VALVULAS en forma TOTAL e INMEDIATA, los Lechos Filtrantes reciben un IMPACTO INICIAL del orden de 14.000,00 Kg/M2 en la

Sala "A", y de 12.000,00 Kg/M2 en la Sala "B".

Tal situación se evidencia en las **ALTAS VELOCIDADES** de **ASCENSO** a través del **LECHO ESTRATIFICADO** (Tabla III.2); para ambas Salas de Filtración observamos las relaciones siguientes:

Veloc. ASCENSO LECHO/Veloc. DESCENSO: 2/1 hasta 6/1 ("A")
3/1 hasta 5/1 ("B")

Veloc. ASCENSO LIBRE/Veloc.DECENSO: 1/1 hasta 8/1 ("A")
4/1 hasta 7/1 ("B")

Ambas relaciones presentan resultados muy altos, ya que la relación en ambas condiciones debería no sobrepasar la proporción de 2.5/1.

Una consecuencia de este **MAL MANEJO DEL LAVADO** de los **FILTROS** es la producción de fuerte **TURBULENCIA** en el "Lecho en proceso de expansión", y la **PERDIDA de MATERIAL FINOFILTRANTE** originada al rebosarse los bordes de las **CANALETAS** con la mezcla turbia de agua y material del filtro.

De acuerdo a los **AFOROS** efectuados (Tabla III.2) podemos estimar que el **RETROLAVADO** varía en los siguientes rangos de velocidad:

SALA "A": De 550 Lts./M2/Min. a 1038 Lts./M2/Min.

SALA "B": De 323 Lts./M2/Min. a 563 Lts./M2/Min.

Tabla III.2	Aforo de Velocidades durante el proceso de Retrolavado de Filtros en la Planta de tratamiento " La Mariposa ".
-------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Filtro N°	Duración del Lavado	Velocidad de Ascenso en el Lecho Granular (cm/seg)	Velocidad de Ascenso Libre hasta Canaletas (cm/seg)	Velocidad de Descenso (cm/seg)
1a	-	-	1,05	0,437
1b	-	-	1,33	0,588
2a	7'20"	0,924	1,355	0,299
2b	6'40"	1,05	1,346	0,17
3a	-		0,713	0,386
3b	-		0,767	0,509
4a	11'50"	1,73	0,69	0,644
4b	11'50"	1,25	0,85	0,736
5a	9'10"	1,34	0,584	0,478
5b	9'10"	1,215	0,63	0,367
6a	12,32"	0,9320	0,764	0,478
6b	12,32"	0,916	0,542	0,416
7	8,59"	0,77	1,01	0,276
8	10,00"	0,939	0,866	0,196
9	10'50"	0,596	0,923	0,143
10	10'01"	0,755	1,052	0,151
11	18'20	0,631	0,811	0,142
12	10'45"	0,619	0,87	0,159
13	13'03"	0,538	0,913	0,145
14	10'34"	0,623	1,13	0,164
15	7'50"	0,582	1,05	0,161
16	19'00"	0,697	1,05	0,17
17	9'27"	0,684	0,995	0,145
18	10'10"	0,765	0,933	0,185

OBSERVACIONES

- (a) Los tiempos de duración del lavado reflejan la falta de control del proceso , los problemas de manipulación de las válvulas, y las variadas condiciones puntuales de filtros más congestionados que otros
- (b) La velocidad de descenso se mide al concluir el Retrolavado, y corresponde al inicio de la filtración y del proceso de reestratificación del medio.

(b) La EXPANSION del LECHO FILTRANTE durante el RETROLAVADO es una vía de control muy efectiva respecto al PROCESO OPERACIONAL de LAVAR los FILTROS.

En efecto, si la operación fuera con **apertura gradual** del Sistema de Lavado, se controlaría la TURBULENCIA y la PERDIDA de MATERIAL FILTRANTE, al obtenerse una EXPANSION ORDENADA en el FILTRO.

Por **observación en varios filtros** vemos que durante su lavado se generan unas zonas de MAYOR o MENOR DENSIDAD de MATERIAL FINO EXPANDIDO, el cual se mantiene horizontalmente durante **la desordenada expansión**; ello nos lleva a tomar como NIVEL de la EXPANSION aquel que teniendo mayor densidad nos arroja **mayor material** retenido en las BANDEJAS del MEDIDOR de la EXPANSION.

El **medidor de expansión** utilizado está formado por bandejas cuadradas de 25 x 25 cms., separadas entre sí cada CUATRO (4) centímetros, y con sus bordes ligeramente doblados hacia arriba para evitar el escape del material captado.

Esto permitió la entrada del material ubicado en plano horizontal en su NIVEL MAS DENSO. La altura de ubicación de la Bandeja "más llena" del material fino fue tomado como el NIVEL de EXPANSION correspondiente.

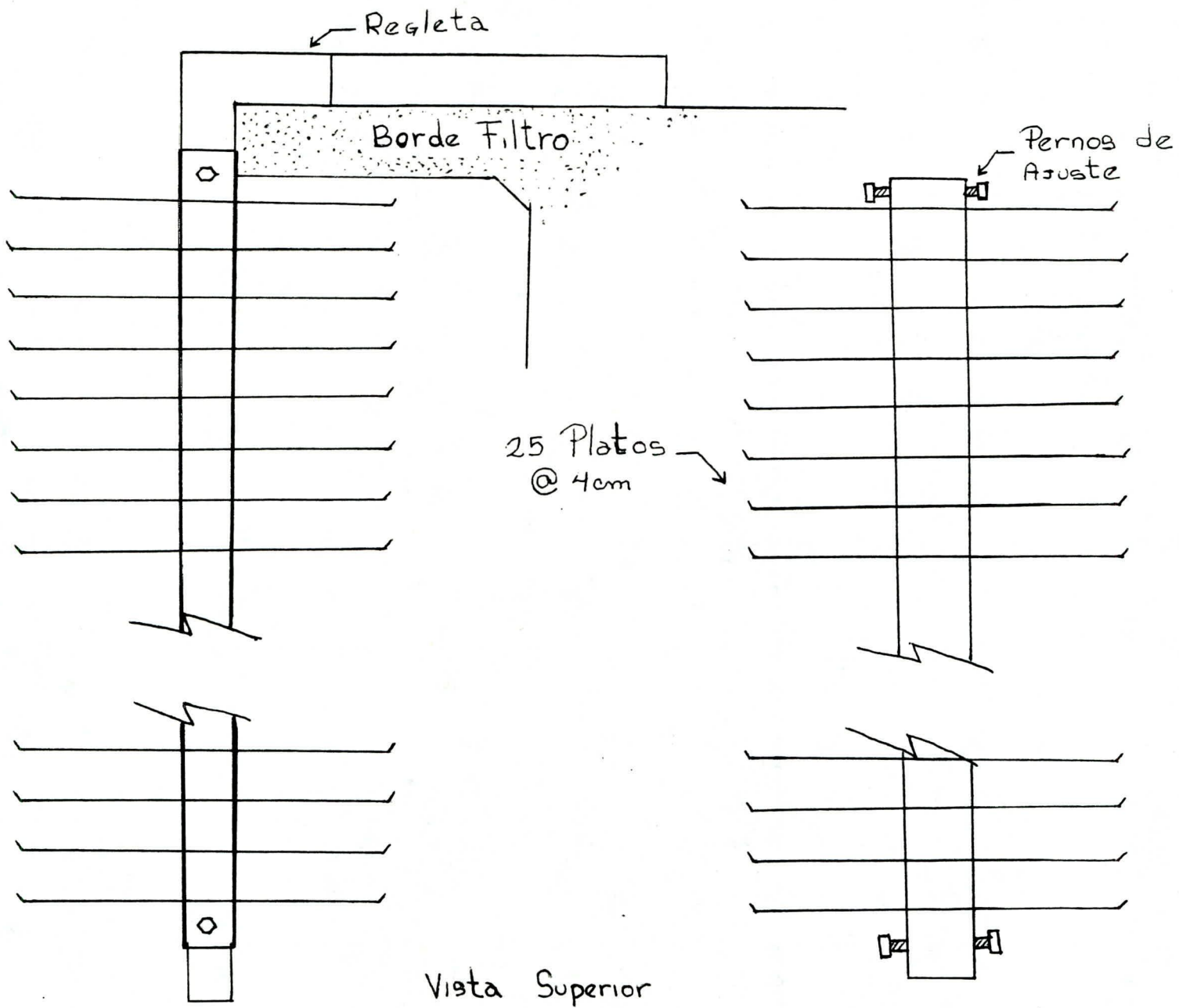
Los valores obtenidos reflejan expansiones en el siguiente Rango: (Tabla III.3):

SALA de FILTRACION "A": 12% al 23%

SALA de FILTRACION "B": 11% al 42%

Realmente son valores bajos: El material mas fino se dispersa por el exceso de turbulencia, y el material que se presenta denso horizontalmente es el material que permanece en el lecho.

(c) CROQUIS DEL MEDIDOR DE EXPANSION:



Vista Lateral

Vista Superior

Vista Frontal

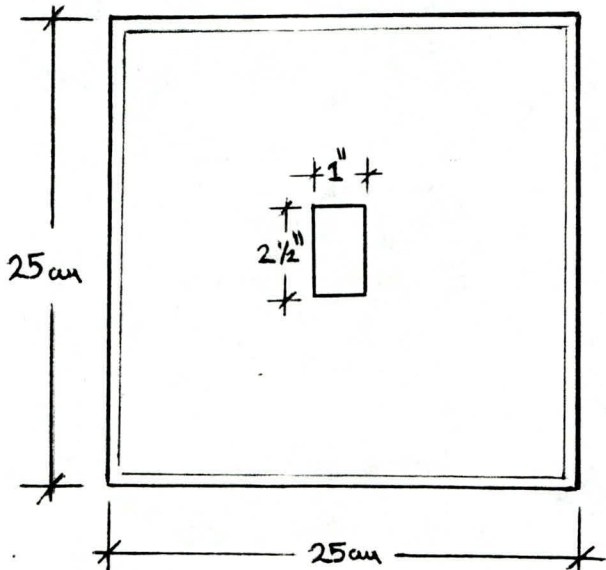


TABLA III.3 Medición de expansión en filtros de salas "A" y "B"

FILTRO Nº	ESPESOR (cms)	EXPANSION (cms)	EXPANSION PORCENTUAL (%)
1a	82,60	12,00	15 %
1b	68,60	16,00	23 %
2a	66,20	8,00	12 %
2b	66,80	8,00	12 %
3a	65,30	12,00	18 %
3b	73,20	12,00	16 %
4a	79,90	12,00	15 %
4b	64,20	12,00	19 %
5a	70,00	16,00	23 %
5b	62,00	12,00	19 %
6a	62,20	12,00	19 %
6b	68,20	8,00	12 %
7	52,00	12,00	23 %
8	67,80	8,00	12 %
9	57,70	8,00	14 %
10	71,80	8,00	11 %
11	66,90	28,00	42 %
12	77,10	24,00	31 %
13	63,30	12,00	19 %
14	79,60	16,00	20 %
15	52,00	12,00	23%
16	68,90	8,00	12 %
17	51,60	12,00	23 %
18	72,20	12,00	17 %

OBSERVACION

* La expansión está referida al espesor de los Lechos Finos, excluyéndose el espesor en gravas.

* La expansión está referida al punto de mayor densidad del material expandido ; la dispersión de material durante el lavado supera los niveles de los bordes de las canaletas .

“Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta”

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción
Caracas.

PLANTA DE TRATAMIENTO “LA MARIPOSA”

III.2. CONTROL DE CALIDAD DE AGUA FILTRADA

III.2.1. EL CONTROL PERMANENTE

III.2.2: EL CONTROL EXTERNO

**III.2.3. CONDICIONES DE CALIDAD ACTUAL DE
AGUA FILTRADA.**

III.2. CONTROL DE CALIDAD DE AGUA FILTRADA.

III.2.1. EL CONTROL PERMANENTE es llevado por el laboratorio de la Empresa Operadora con Toma de Muestras en los surtidores ubicados en el Area de Ensayos, y ellos provienen de:

1. ENTRADA A LA PLANTA: **AGUA CRUDA**
2. SALIDA DE SEDIMENTADORES: **AGUA CLARIFICADA**
3. CONDUCCION A LA CIUDAD: **AGUA FILTRADA FINAL**

Aparte del Control de los Operadores, ya analizado en el INFORME I sobre PRODUCCION Y LAVADO, llevan un Control de las CANTIDADES de SUSTANCIAS QUIMICAS UTILIZADAS en Peso Bruto (Kgs.) y en Peso Unitario (mg/l).

Se tabulan diariamente los resultados obtenidos en los Ensayos de Control de Calidad Rutinarios, expresándose al final de cada lapso mensual los valores: MEDIO, MAXIMO y MINIMO promediados en el MES correspondiente al Informe elaborado.

1. TURBIDEZ
2. COLOR
3. pH
4. ALUMINIO RESIDUAL
5. CONDUCTANCIA
6. HIERRO
7. MANGANESO
8. ALCALINIDAD
9. DUREZA
10. DEMANDA CLORO
11. CLORO RES.
12. CLORUROS
13. COLONIAS/ml.
14. INDICE

Se anexa como referencia una HOJA DE CONTROL MENSUAL registrado por la actual OPERADORA de la PLANTA.

MES DE SEPTIEMBRE DE 1969

RESULTADOS DE LOS ANALISIS

RECIB.	BALDO DIARIO Lts	M.T.H. Kg	SULFATO DE COBRE Kg	TEMPERATURA ° C		TURBIDEZ U.N.T.			COLOH U.Pt-Co		p H			CONDUCTIVIDAD		ALUMINIO Residual (ppm)	HIERRO (ppm)		MANGANESO (ppm)		ALCALINIDAD (ppm CaCO3)			DUREZA (ppm CaCO3)				CLORO DEMANDA RESIDUAL (ppm)			CLORUROS (ppm)		EXAMENES BACTERIOLÓGICOS N° COLONIAS por ml.		INDICE COLIFORME N.M.P. per 100 ml		
				Aire	Agua	Cruda	Sedim.	Final	Cruda	Final	Cruda	Sedim.	Final	Cruda	Final		Cruda	Final	Cruda	Sedim.	Final	Cruda	Sedim.	Final	Cruda	Sedim.	Final	Cruda	Sedim.	Final	Cruda	Sedim.	Final	Cruda	Final	Cruda	Final
				NO CARBONATICA	TOTAL	Cruda	Sedim.	Final	Cruda	Final	Cruda	Final	Cruda	Final	Cruda		Final	Cruda	Final	Cruda	Final	Cruda	Final	Cruda	Final	Cruda	Final	Cruda	Final	Cruda	Final	Cruda	Final	Cruda	Final	Cruda	Final
1596				24	25	48	11.5	4.1	180	12.0	7.8	7.0	7.1	346	360	0.14	1.31	0.11	2.11	0.1	101	107	107	70	37	141	139	6.8	2.0	2.0	13	21					
1600				25	24	37	12.0	4.1	144	10.0	7.9	7.1	7.0	339	342	0.19	1.20	0.10	< 0.1	< 0.1	129	114	105	8	31	137	137	5.5	2.2	2.2	13	22					
1404				25	25	35	11.0	4.0	136	10.0	7.8	7.1	7.0	335	360	0.16	1.13	0.10	< 0.1	< 0.1	130	111	108	8	29	138	137	4.1	2.1	2.1	12	21					
1308				25	25	35.4	14.0	4.5	120	11.0	7.7	7.2	7.0	337	369	0.15	0.94	0.20	0.1	< 0.1	132	110	105	5	30	137	135	4.1	2.0	2.0	13	20	7200	< 1.0	600	< 2.2	
1212				25	25	41	15.0	4.5	146	14.0	7.7	7.1	7.1	333	348	0.14	1.94	0.22	0.21	< 0.1	133	100	108	10	32	143	140	4.2	2.0	2.0	15	24	22000	60	1300	< 2.2	
1116				25	24	40	15.0	5.0	122	12.0	7.8	7.0	7.1	373	388	0.19	1.22	0.20	< 0.1	< 0.1	132	104	111	14	34	145	145	4.4	1.8	1.8	14	16	2400	1	3300	< 2.2	
980				25	25	43	11.0	5.0	124	10.0	7.7	7.1	7.0	357	365	0.20	0.92	0.17	0.1	< 0.1	132	116	112	9	31	141	143	4.5	2.0	2.0	12	21	< 1.0		< 2.2		
694				27	27	32.8	13.0	4.5	102	12.0	7.7	7.1	7.1	347	357	0.15	1.11	0.20	0.92	< 0.1	137	118	114	6	27	143	141	4.0	2.0	2.0	14	22	3500	20	130	< 2.2	
798				25	25	30	13.0	4.3	88	12.0	7.8	7.1	7.1	335	360	0.14	1.20	0.16	0.1	< 0.1	136	116	113	7	31	143	144	4.0	2.1	2.1	15	21					
702				25	25	50	14.0	4.5	182	11.0	7.7	6.9	7.0	335	365	0.14	2.19	0.14	0.69	0.1	133	104	110	18	31	131	141	4.1	1.9	1.9	14	22					
575				23	25	175	17.0	4.8	588	16.0	7.7	6.9	6.8	443	382	0.22	4.84	0.28	0.1	< 0.1	125	95	95	19	40	143	144	5.2	2.1	2.1	17	22	24000	3	6000	< 2.2	
460				27	28	94	10.0	4.7	310	12.0	7.7	7.1	6.9	352	370	0.14	3.25	0.20	0.15	0.1	138	109	107	12	36	148	146	6.0	2.0	2.0	16	23	16000	< 1.0	6000	< 2.2	
384		25		25	25	80	9.0	4.4	175	12.0	7.7	6.9	7.0	350	380	0.16	1.35	0.14	0.1	< 0.1	134	104	108	8	36	145	147	5.2	1.9	1.9	14	22	22000	< 1.0	6000	< 2.2	
288				25	25	41	9.0	4.0	100	11.0	7.7	7.1	7.0	350	366	0.20	1.24	0.12	0.1	< 0.1	132	111	108	13	37	145	145	5.0	2.0	2.0	13	21	< 1.0		< 2.2		
2272				24	25	38	11.0	4.4	110	10.0	7.8	7.0	7.0	350	360	0.23	1.27	0.18	0.1	< 0.1	131	108	107	15	35	145	145	5.7	1.9	1.9	12	20	1800	< 1.0	50	< 2.2	
2176				28	28	38	9.2	3.8	122	10.0	7.8	7.1	7.0	375	380	0.17	3.50	0.10	0.1	< 0.1	132	109	105	12	32	140	140	5.0	2.0	2.0	15	22					
2080				25	25	35	7.2	4.3	103	10.0	7.7	7.1	7.0	345	360	0.17	1.10	0.10	0.10	< 0.1	132	110	107	10	34	142	141	4.0	2.0	2.0	14	21					
1984				28	25	35	6.0	4.2	120	10.0	7.8	7.1	7.1	350	375	0.21	1.74	0.08	0.10	< 0.1	136	106	114	8	31	144	145	5.1	1.9	1.9	14	22	2400	< 1.0	600	< 2.2	
1852		25		27	27	30	12.0	4.3	107	10.0	7.8	7.2	7.2	353	375	0.19	1.90	0.10	0.10	< 0.1	136	114	114	10	31	146	145	5.0	2.0	2.0	15	23	2400	< 1.0	1300	< 2.2	
1853		25		28	28	28	7.3	3.7	108	8.0	7.7	7.1	7.1	359	375	0.19	0.95	0.09	0.92	< 0.1	137	108	108	8	34	143	145	5.1	2.0	2.0	13	18	1800	< 1.0	230	< 2.2	
1748				23	25	120	9.0	4.1	320	11.0	7.8	6.8	6.8	359	388	0.15	3.18	0.09	0.10	< 0.1	139	105	94	8	44	137	139	4.1	2.0	2.0	12	20	< 1.0		< 2.2		
1623				25	25	70	9.0	4.0	168	9.2	7.9	6.9	6.9	358	385	0.14	1.80	0.05	< 0.1	< 0.1	132	98	100	7	40	139	140	5.2	2.0	2.0	14	21	4800	2	6000	< 2.2	
1527				25	25	51	13.0	4.1	138	10.0	7.9	7.1	7.1	340	380	0.13	2.00	0.17	0.12	< 0.1	130	105	104	9	30	139	137	4.2	2.0	2.0	13	25					
1431				27	25	45	9.5	4.3	180	10.0	7.8	7.1	7.1	357	377	0.15	1.20	0.11	0.10	< 0.1	135	103	107	6	35	141	140	4.2	2.0	2.0	15	23					
1371				25	25	34	8.9	4.2	142	9.0	7.8	7.1	7.1	350	357	0.17	0.88	0.17	0.16	< 0.1	134	105	109	11	31	145	142	4.3	2.0	2.0	14	22	4600	1	2300	< 2.2	
1322		25		25	25	27	10.0	4.0	144	10.0	7.1	6.9	7.0	358	371	0.19	1.05	0.01	< 0.1	< 0.1	137	111	108	4	34	141	142	3.9	2.0	2.0	15	22	2400	< 1.0	500	< 2.2	
1282				25	25	34	14.0	4.2	164	10.0	7.8	7.1	7.0	370	300	0.19	0.88	0.14	< 0.1	< 0.1	134	105	108	7	32	141	141	5.0	2.0	2.0	14	23	2400	1	1700	< 2.2	
1135				25	25	80	9.4	4.2	332	12.0	7.8	6.9	6.9	341	365	0.15	3.07	0.08	0.10	< 0.1	131	100	101	8	40	138	141	5.4	2.1	2.1	14	22	< 1.0		< 2.2		
1040				24	25	51	20.0	3.5	221	16.0	7.8	7.0	7.0	350	365	0.16	1.80	0.09	0.12	< 0.1	132	107	105	10	38	142	143	4.3	2.0	2.0	13	22	2000	< 1.0	500	< 2.2	
944				25	25	285	13.0	5.0	705	12.0	7.8	7.2	7.0	360	400	0.20	3.40	0.22	0.97	< 0.1	135	95	95	13	54	149	149	7.0	2.0	2.0	16	23					
38930		100		757	760	1787	348	125.8	8881	334.2	232.5	211.4	210.8	10720	10822	5.15	53.84	4.2	7.75	0.3	388.9	320.8	320.3	292	105.8	4257	4250	145.8	59.8	59.8	419	653	123500	55	35210	< 2.2	
1289.3		25.0		25.2	25.3	58.9	11.5	4.3	186.7	11.1	7.8	7.0	7.0	357.3	384.1	0.2	1.8	0.1	0.3	0.0	139.0	108.8	108.8	9.7	35.2	141.9	142.0	4.9	2.0	2.0	14.0	21.8	7743.8	4.4	2200.8	< 2.2	
2272		25		27	28	285	20	5	705	18	7.9	7.2	7.2	443	400	0.23	4.84	0.3	2.11	0.1	130	118	114	19	54	149	149	7.0	2.2	2.2	17	25	24000	80	5000	< 2.2	
238		25		23	24	28	7.2	3.5	98	8	7.1	6.8	6.8	333	300	0.13	0.85	0.01	< 0.1	< 0.1	128	98	94	4	27	131	135	3.9	1.8	1.8	12	18	1800	< 1.0	50	< 2.2	

III.2.2. EL CONTROL EXTERNO, en nuestra opinión, es casi INEXISTENTE; el Laboratorio Central de Aguas, sólo opera bajo Instrucciones y Servicios externos, ajenos a la Planta de La Mariposa; sus funciones son de Atención General y Prestación de Servicios para Solicitudes **no relacionadas con la “operación continua” de las Plantas de Caracas.** NO EXISTE UN PROGRAMA CONTINUO de CONTROL de CALIDAD, y/o de AUDITORIA TECNICA sobre la CALIDAD de las AGUAS PRODUCIDAS.

Nos tomamos la Libertad de coordinar con el Laboratorio de la Operadora MAREBA, C.A. un **control aleatorio en el tiempo**, para comparar la TURBIDEZ ANALIZADA de las MUESTRAS **“llegadas”** a la Sala de Ensayos, con un grupo de **“muestras simultáneas tomadas a las salidas de los Filtros”** de la SALA **“A”**.

Tales Valores los hemos tabulado en TABLAS III.4 y III.5 anexas; de ellas podemos presentar algunos registros sobre la calidad del Tratamiento, por ejemplo:

TABLA III.4

CONTROL DE MEDICION DE TURBIDEZ EN PLANTA "LA MARIPOSA": VALORES MUESTRAS.-												
(Efectuado por Personal de MAREBA, C.A. a petición nuestra)												
DIA	HORA	AGUA CRUDA	AGUA SEDIM. "A"	AGUA SEDIM. "B"	COMBINADA FILTRADA	SALA FILTROS "A"						OBSERVACION:
						F1	F2	F3	F4	F5	F6	
						SALIDAS FILTROS						
DIA 1	9 am.	7.6	8.1	8.2	2.1	3.9	5.0	5.9	=	=	4.1	
	11am.	8.2	8.6	9.0	2.2	4.6	5.2	5.7	=	=	6.1	
	1 pm.	8.4	9.0	8.6	2.8	6.1	5.8	6.0	=	=	6.1	
	3 pm.	9.0	10.0	9.1	2.3	5.9	5.6	5.3	4.0	2.3	5.6	
DIA 2	10am.	8.6	9.7	8.4	2.6	2.9	1.9	2.0	2.1	2.0	2.0	
	12m.	8.4	9.8	7.7	2.5	3.0	2.0	2.0	2.1	2.1	1.9	
	2 pm.	8.9	9.9	8.0	2.3	5.1	3.4	4.3	4.8	3.8	3.7	
	4 pm.	8.7	9.5	7.6	2.6	5.1	3.9	4.1	4.8	3.5	3.5	
DIA 3	10am.	10.1	5.7	9.8	2.5	3.3	2.9	5.4	2.8	3.1	3.0	
	12m.	10.5	7.3	10.0	2.4	3.6	3.2	3.0	2.9	2.8	2.9	
	2 pm.	9.0	6.5	8.8	2.7	3.6	3.4	3.3	3.4	3.0	3.3	
DIA 4	11am.	10.8	11.1	10.9	2.6	6.2	3.2	4.5	4.4	4.9	=	
	2 pm.	12.0	8.4	8.9	2.1	3.8	=	4.0	4.3	=	=	
DIA 5	9 am.	8.1	6.3	9.9	1.9	2.3	=	2.7	2.9	=	=	
	11am.	8.7	6.7	7.9	1.6	2.8	4.2	3.1	3.7	3.7	4.6	
	8 pm.	9.3	7.3	8.1	2.2	4.0	3.7	2.4	3.5	3.3	3.1	
	2 pm.	7.9	7.8	9.4	1.8	4.3	6.0	5.1	3.5	5.0	4.8	
DIA 6	00pm.	8.7	6.3	8.8	2.3	2.5	4.1	2.7	3.2	4.1	3.4	
	1 pm.	7.6	8.0	9.5	1.6	5.0	3.2	3.6	3.8	2.1	4.9	

TABLA III.5

CONTROL DE MEDICION DE TURBIDEZ EN PLANTA "LA MARIPOSA" : VALORES RESUMIDOS

(Efectuado por Personal de MAREBA,C.A. a petición nuestra)

DIA	VALOR INDICADOR	AGUA CRUDA	AGUA SEDIM. "A"	AGUA SEDIM. "B"	COMBINADA FILTRADA	SALIDA FILTROS SALA "A"
DIA 1	MAXIMO	9.0	10.0	9.1	2.8	6.1
	MINIMO	7.6	8.1	8.2	2.1	2.3
	MEDIO	8.3	8.9	8.7	2.4	5.2
DIA 2	MAXIMO	8.9	9.9	8.4	2.6	5.1
	MINIMO	8.4	9.5	7.6	2.3	1.9
	MEDIO	8.7	9.7	7.9	2.5	3.2
DIA 3	MAXIMO	10.5	7.3	10.0	2.7	3.6
	MINIMO	9.0	5.7	8.8	2.4	2.8
	MEDIO	9.9	6.5	9.5	2.5	3.3
DIA 4	MAXIMO	12.0	11.1	10.9	2.6	6.2
	MINIMO	10.8	8.4	8.9	2.1	3.2
	MEDIO	11.4	9.8	9.9	2.4	4.4
DIA 5	MAXIMO	9.3	7.8	9.9	2.2	6.0
	MINIMO	7.9	6.3	7.9	1.6	2.3
	MEDIO	8.5	7.0	8.8	1.9	3.7
DIA 6	MAXIMO	8.7	8.0	9.5	2.3	5.0
	MINIMO	7.6	6.3	8.8	1.6	2.1
	MEDIO	8.2	7.2	9.2	2.0	3.6
LAPSO TOTAL	MAXIMO	12.0	11.1	10.9	2.8	6.2
	MINIMO	7.6	5.7	7.6	1.6	2.0
	MEDIO	9.0	8.2	8.9	2.3	3.8

RANGO DE TURBIDEZ EN EL PROCESO DE POTABILIZACION:

AGUA CRUDA: De 7.6 hasta 12.0

AGUA CLARIFICADA "A": De 5.7 hasta 11.1

AGUA CLARIFICADA "B": De 7.6 hasta 10.9

COMBINADA: De 1.6 hasta 2.8

* Se evidencia que la SEDIMENTACION "no reduce en forma significativa el INDICE de TURBIDEZ", en más de 19 ocasiones muestreadas de AGUA CRUDA, y analizadas en 38 Ensayos, se **incrementó la TURBIDEZ así:** NUEVE (9) veces para la SALIDA del SEDIMENTADOR "A" y NUEVE (9) veces para la SALIDA del SEDIMENTADOR "B". Ello permite concluir que la FLOCULACION es altamente **deficiente** por la ausencia de la MEZCLA LENTA, y las características de los FLOCULOS no facilitan la SEDIMENTACION, y por el contrario su constante presencia hace más turbia el agua que pasa a los Filtros.

* La TURBIDEZ del AGUA FILTRADA COMBINADA, cuyo rango medio es de 2.3 Unidades demuestra que el funcionamiento de la FILTRACION en la Sala "B" es sustancialmente de mejor calidad que en la Sala "A". El valor medio de TURBIDEZ a la Salida de los FILTROS SALA "A"

nos da un valor de 3.8 Unidades, lo cual indica que debe ser mucho más efectiva la Sala de Filtración "B", para llevar hasta 2.3 el valor de TURBIDEZ COMBINADA.

- * La Calidad del AGUA CRUDA aportada a la Planta de La Mariposa, tiene características variables y en proporciones imprevisibles e incontrolables. Ello indica que el CONTROL PERMANENTE de Laboratorio debe ir a un **nivel de mayor presencia y más precisión: debería automatizarse el muestreo y los análisis básicos, con inmediatez y simultaneidad para comparar TURBIDEZ, COLOR y el pH.**

III.2.3. CONDICIONES DE CALIDAD ACTUAL DEL AGUA FILTRADA.

- a) AL VER y OBSERVAR el Agua aportada a los FILTROS y posteriormente el Agua Filtrada a la Salida de las Unidades, **no podría considerarse el Agua proveniente de "LA MARIPOSA" como un AGUA CONFIABLEMENTE POTABLE.**

En efecto, la presencia constante de TURBIDEZ y de "sólidos disueltos" en una cantidad alta, en el AGUA, que va a la CIUDAD, desdican del Tratamiento de Potabilización en tales Instalaciones.

Para reafirmar nuestra observación visual, procedimos a una **observación directa-concreta de penetración flocular** en los filtros (Charles Cox: WHO); para ello hicimos uso de la comparación de MUESTRAS tomadas a la Entrada y a la Salida de los Filtros, las que se expusieron al **PASO de LUZ** en una CAMARA OSCURA.

Tales observaciones tabuladas en la TABLA III.6, nos dieron como conclusión lo siguiente:

PENETRACION FLOCULAR EN LOS FILTROS :

TABLA III.6

Filtros	Muestra				Muestra 2				Muestra 3			
	Hora	Fecha	Servicio	Resultado	Hora	Fecha	Servicio	Resultado	Hora	Fecha	Servicio	Resultado
1A		30/10/6	06 :30	+		29/10/96	12 :00	+				
1B		30/10/6	06 :30	+		29/10/96	12 :00	+				
2A		08/10/96	24 :00	+		10/10/96	03 :40	+		15/10/96	07 :15	+BAJO
2B		08/10/96	24 :00	+		10/10/96	03 :45	+		15/10/96	07 :15	+
3A		22/10/96	21 :00	+		23/10/96	02 :10	+				
3B		22/10/96	21 :00	+		23/10/96	02 :15	+				
4A		08/10/96	10 :00	+		24/10/96	13 :00	+				
4B		08/10/96	10 :00	+ BAJO		24/10/96	13 :00	+				
5A		30/10/96	13 :15	+		23/10/96	15 :00	+				
5B		30/10/96	13 :15	+		23/10/96	15 :00	+				
6A		22/10/96	24 :00	+BAJO		01/11/96	13 :00	+				
6B						01/11/96	13 :00	+				
7		15/10/96	10 :15	+		23/10/96	14 :00	+		18/10/96	24 :00	+BAJO
8		09/09/96	09 :00	+		22/10/96	10 :00	+		18/10/96	06 :00	+
9		15/10/96	09 :00	+		22/10/96	11 :15	+				
10		09/09/96	22 :00	+BAJO		22/10/96	18 :15	+		18/10/96	10 :00	+ BAJO
11		09/09/96	22 :00	+		09/10/96	10 :15	+		15/10/96	13 :00	+
12		09/09/96	14 :00	+		22/10/96	10 :15	+				
13		15/10/96	15 :00	+		18/10/96	16 :00	+				
14		10/09/96	06 :00	+		18/10/96	06 :00	+		15/10/96	14 :00	+
15		30/10/96	11 :15	+		29/10/96	11 :00	+				
16		09/09/96	06 :15	+		11/10/96	12 :15	+		15/10/96	11 :00	+
17		29/10/96	15 :00	+BAJO		22/10/96	14 :15	+				
18		09/09/96	15 :00	+		11/10/96	10 :50	+		18/10/96	14 :15	+

1. TODAS las 56 MUESTRAS indicaron la presencia de FLOCULOS después de la FILTRACION.
2. Solamente en SIETE (7) de las 56 MUESTRAS se pudo calificar de BAJO la penetración Flocular.

b) Con el fin de VISUALIZAR la acción de la FILTRACION sobre el AGUA TRANSPORTADA desde los SEDIMENTADORES, efectuamos MEDICIONES BASICAS de: TURBIDEZ, COLOR y pH, entre MUESTRAS tomadas considerando: (1) la **ubicación** antes y después de los diferentes filtros, y (2) el **momento inicial y final** de la carrera de filtración.

Se efectuó la TOMA de MUESTRAS en puntos de ENTRADA del CANAL de TRANSPORTE a los FILTROS de las SALAS "A" y "B"; y en las SALIDAS de cada FILTRO analizado. Igualmente se establecieron DOS INSTANTES de muestreo: en el "PRIMERO CUARTO" y en el "ULTIMO CUARTO" del tiempo transcurrido de cada CARRERA de FILTRACION, para cada uno de los Filtros muestreados.

Este trabajo incluyó en resumen 180 determinaciones en 16 de los 24 FILTROS de la PLANTA.

TABLA N° III.7
VARIACIONES DEL AGUA DURANTE LA FILTRACION :

ENSAYO:	Te	Ts	Ce	Cs	PHe	PHs	FILTRO N°
M1	8.0	6.0	20.0	15.0	7.01	6.80	1A
M2	12.0	10.0	25.0	25.0	6.99	6.98	
M1	10.0	5.0	15.0	5.0	7.06	7.21	2B
M2	13.0	7.0	20.0	15.0	7.18	7.15	
M1	15.0	10.0	35.0	25.0	6.86	6.94	3A
M2	15.0	9.0	20.0	15.0	7.23	7.15	
M1	15.0	10.0	35.0	25.0	6.86	6.93	3B
M2	15.0	10.0	20.0	15.0	7.23	7.15	
M1	16.0	20.0	35.0	20.0	7.13	7.13	4A
M2	8.0	10.0	25.0	25.0	7.00	7.13	
M1	16.0	10.0	35.0	45.0	7.13	6.94	4B
M2	8.0	4.0	25.0	15.0	7.00	6.98	
M1							6A
M2	17.0	4.0	35.0	10.0	7.05	6.95	
M1							6B
M2	17.0	10.0	35.0	25.0	7.05	7.15	
M1	20.0	5.0	35.0	30.0	6.90	7.07	7
M2	13.0	15.0	30.0	15.0	6.90	7.02	
M1	15.0	7.0	25.0	15.0	6.94	6.83	9
M2	17.0	10.0	25.0	23.0	6.72	6.93	
M1	16.0	7.0	25.0	10.0	6.82	7.00	10
M2	16.0	5.0	30.0	15.0	6.75	6.83	
M1	15.0	2.0	20.0	5.0	7.07	7.25	13
M2	10.0	13.0	15.0	25.0	7.02	7.16	
M1	15.0	5.0	15.0	25.0	6.77	6.80	14
M2	8.0	8.0	25.0	25.0	6.77	6.72	
M1	17.0	8.0	25.0	10.0	6.94	7.16	15
M2	15.0	15.0	25.0	25.0	6.72	6.86	
M1	10.0	2.0	20.0	10.0	7.10	6.98	16
M2	15.0	13.0	40.0	35.0	7.11	7.00	
M1	15.0	7.0	15.0	35.0	7.08	6.89	17
M2	16.0	5.0	30.0	10.0	6.75	6.87	

M1 = Lapso correspondiente al PRIMER Cuarto de Carrera
M2 = Lapso correspondiente al CUARTO Cuarto de Carrera
Te = TURBIDEZ medida a la Entrada de los Filtros
Ts = TURBIDEZ medida a la salida de los Filtros
Ce = COLOR medido a la Entrada
Cs = COLOR medido a la Salida
PHe= PH a la Entrada
PHs= PH a la Salida

De la Tabulación efectuada (TABLA III.7) observamos la siguiente conducta:

- * Existe realmente MODERADA REMOCION de TURBIDEZ y COLOR en el 99% de las muestras analizadas sin llegar a los niveles requeridos por las Normas.

- * Los valores de TURBIDEZ y COLOR determinados con las MUESTRAS DIRECTAS a la ENTRADAS y SALIDAS de los FILTROS, son mayores que los resultantes de las MUESTRAS TOMADAS en los SURTIDORES del LABORATORIO: Debe haber sedimentación en las tuberías del trayecto correspondiente hasta el Laboratorio.

- * No hay en el CONTROL de PLANTA: determinaciones ni de OLOR ni de SABOR, características muy especialmente controlables con un LECHO FINO de ANTRACITA como las existentes en estas unidades de filtración.

* Se conoce que el pH durante la FILTRACION se ve influenciado por los granos del medio, las cuales cambian el potencial ZETA, dando en consecuencia cambios en la penetración de los floculos, y en la estabilización del medio filtrante. De las mediciones sólo podemos observar que la mayoría de los LECHOS están próximos al punto ISOELECTRICO del pH=7,00. Se requerirían mediciones intra-medio durante las filtraciones para evaluar la conducta de los floculos por cambios electrocinéticos.

* EN CONCLUSION las UNIDADES de FILTROS de “La Mariposa” trabajan en condiciones adversas y muy exigidas, ya que el AGUA CLARIFICADA que proviene de la SEDIMENTACION llega a los FILTROS con altos NIVELES de TURBIDEZ, COLOR y PRESENCIA FLOCULAR alta.

"Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta"

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción

Caracas.

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARIPOSA"

III.3. COMPOSICIÓN GRANULAR ACTUAL DEL MEDIO FILTRANTE

**III.3.1. TOMA DE MUESTRAS EN LECHOS
ESTRATIFICADOS**

**III.3.2. INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS
GRANULOMÉTRICO**

**III.3.3. CONDUCTA HIDRÁULICA ACTUAL EN
LECHOS FILTRANTE**

III.3. COMPOSICION GRANULAR ACTUAL DEL MEDIO FILTRANTE:

III.3.1. TOMA DE MUESTRAS EN LECHOS ESTRATIFICADOS

(a) Los FILTROS RAPIDOS en las Salas de Filtración de "La Mariposa" Están constituidas básicamente por una BASE GRANULAR GRUESA y un LECHO FINO FILTRANTE: el primero hace de soporte separador sobre el FONDO WHEELER; y el segundo actúa como el MEDIO DE FILTRACION. En muestras del material en sitio: CALICATAS Y EXCAVACIONES con remoción de capas, se observó la ausencia a la vista, de ARENAS, y solo se ve la presencia casi TOTAL de ANTRACITA o CARBON PULVERIZADO en el Lecho Fino.

Se decidió procurar muestras totales de la SECCION VERTICAL de los FILTROS, con la menor perturbación posible, y estando en MODO SECO las Unidades de Filtración a ser analizadas.

Se programó la Toma De Muestras Aleatorias en Unidades preseleccionadas, y en Dos Posiciones: Una en la zona Central de la Superficie Filtrante, y la otra en el Area, al azar, de Esquina de cada una de las superficies a ser perforadas para obtener la muestra vertical.

Ello se debió a que se considera NO UNIFORME la Estratificación de estos Filtros, y así se toma en cuenta las variaciones existentes en el cuerpo o masa filtrante.

Las Muestras tomadas se distribuyeron en definitiva así:

SALA "A": 5 CELDAS x 2 MUESTRAS CADA UNA (Centro y Esquina)

SALA "B": 4 FILTROS IMPARES x 2 MUESTRAS c/u
3 FILTROS PARES x 2 MUESTRAS c/u

En total se tomaron VEINTICUATRO (24) MUESTRAS en SECCION VERTICAL de DOCE (12) FILTROS pre-seleccionados, a saber:

FILTROS SALA "A": 1A,2A,3B,4A y 6B

FILTROS PARES SALA "B": 10,14 Y 16

FILTROS IMPARES SALA "B": 7,13,15 y 17

(b) El EQUIPO MUESTREADOR se construyó previo análisis de alternativas existentes para estudios de suelos. De ello se decidió usar un sistema a PERCUSION LIVIANO, con una CARGA DINAMICA ADECUADA, seleccionando un MARTILLO de peso muy bajo: En este caso **60 LIBRAS (28 Kgs.)**.

El sistema funcionó perfectamente permitiendo obtener muestras completas: Desde el MATERIAL GRUESO (Grava y Gravilla), hasta el MATERIAL FINO SUPERIOR (Antracita). La aplicación de la Presión por Golpes dió por resultado la compactación de las muestras en valores del 11% al 50% de su LONGITUD o ESPESOR NORMAL (ver cuadro N° III.8).

Las MUESTRAS se entregaron al **LABORATORIO de ENSAYO de MATERIALES de la Universidad Católica "Andrés Bello"** (UCAB), debidamente selladas en bolsas plásticas y con una identificación secuencial de acuerdo al trabajo de campo realizado.

El muestreador diseñado y construido se basó en el Tipo LINAP utilizado en la **Industria Petrolera**: Permite abrirlo en DOS (2) CONCHAS para visualizar el MATERIAL CAPTADO; se adaptó a una LONGITUD MAYOR a 1,20 metros para así garantizar la **penetración total del Lecho Filtrante**. Se construyó con tubería de acero de carbono extrapesado, con diámetro interno de 2 y 3/8 de pulgadas (6,10 cms.). Para armarlo se dividió en SEIS SECCIONES atornillables entre sí:

CUADR N° III.8	RESUMEN DE LA TOMA DE MUESTRAS DE LECHOS ESTRATIFICADOS
----------------	---------------------------------------------------------

FILTRO N°	POSICION	ESPESOR (cms)	LONGITUD MUESTRA (% de contracción)	VOLUMEN (cm3)
6B	C	85,20	57,0 (33%)	1666,00
6B	E	85,20	52,0 (39%)	1520,00
3B	E	90,20	54,0 (40%)	1578,40
3B	C	90,20	52,0 (42%)	1520,00
4A	C	96,90	56,0 (42.2 %)	1637,00
4A	E	96,90	49,0 (49 %)	1432,00
1A	C	99,60	52,0 (48 %)	1520,00
1A	E	99,60	52,0 (48 %)	1520,00
2A	C	83,20	50,0 (40 %)	1462,00
2A	E	83,20	52,0 (38 %)	1520,00
7	C	64,00	32,0 (50 %)	935,00
7	E	64,00	57,0 (11 %)	1666,00
10	C	83,80	60,0 (28 %)	1754,00
10	E	83,80	57,0 (32 %)	1666,00
13	E	75,30	49,0 (35 %)	1432,00
13	C	75,30	54,0 (28 %)	1578,00
16	C	80,90	57,0 (30 %)	1666,00
16	E	80,90	54,0 (33 %)	1578,00
14	C	91,60	57,0 (38 %)	1666,00
14	E	91,60	52,0 (43 %)	1520,00
17	E	63,60	52,0 (18 %)	1520,00
17	C	63,60	52,0 (18 %)	1520,00
15	C	64,00	52,0 (23 %)	1520,00
15	E	64,00	52,0 (23 %)	1520,00

- 1º) CABEZAL unido a la BARRA SUPERIOR con 10,6 cms. de largo.
- 2º) UNION SUPERIOR con 13,6 cms. de largo
- 3º) SECCION CONCHA SUPERIOR CON 41,5 CMS. DE LARGO
- 4º) UNION INTERMEDIA con 13,3 cms. de largo
- 5º) SECCION CONCHA INFERIOR con 41,0 cms. de largo
- 6º) PUNTA DE PENETRACION con BISEL con 12,2 cms. de largo

LONGITUD TOTAL 132,20 cms.

SECCION INTERNA 29,23 cm².

VOLUMEN MAXIMO PARA MUESTRA 3.554,37 cm.³

El MARTILLO para generar la PRESION DINAMICA de PERCUSION es un modelo especial de 28 kilogramos (60 Libras), y a la ALTURA de CAIDA se estableci" así:

ALTURA MAXIMA DE CAIDA: 1,00 metros

ALTURA MINIMA DE CAIDA: 0,25 metros

La FIJACION del MUESTREADOR en cada SITIO de PERFORACION se logró con una ESTRUCTURA TUBULAR apoyada entre las CANALETAS que limitaban el área a muestrear. Una vez fijada la BARRA a la ESTRUCTURA, se nivelaba y se iniciaba la CAIDA del MARTILLO intermitentemente hasta lograr la penetración prevista para cada caso.

A continuación se gráfica y se observa fotográficamente el SACA MUESTRAS llamado por nosotros AGA-LINAP.

(c)* HOJAS DE CAMPO CON INFORMACION DE MUESTRAS VERTICALES DE LECHOS FILTRANTES TOMADAS POR PERSECUSION.

SALA "A": 10 MUESTRAS

SALA "B": 14 MUESTRAS

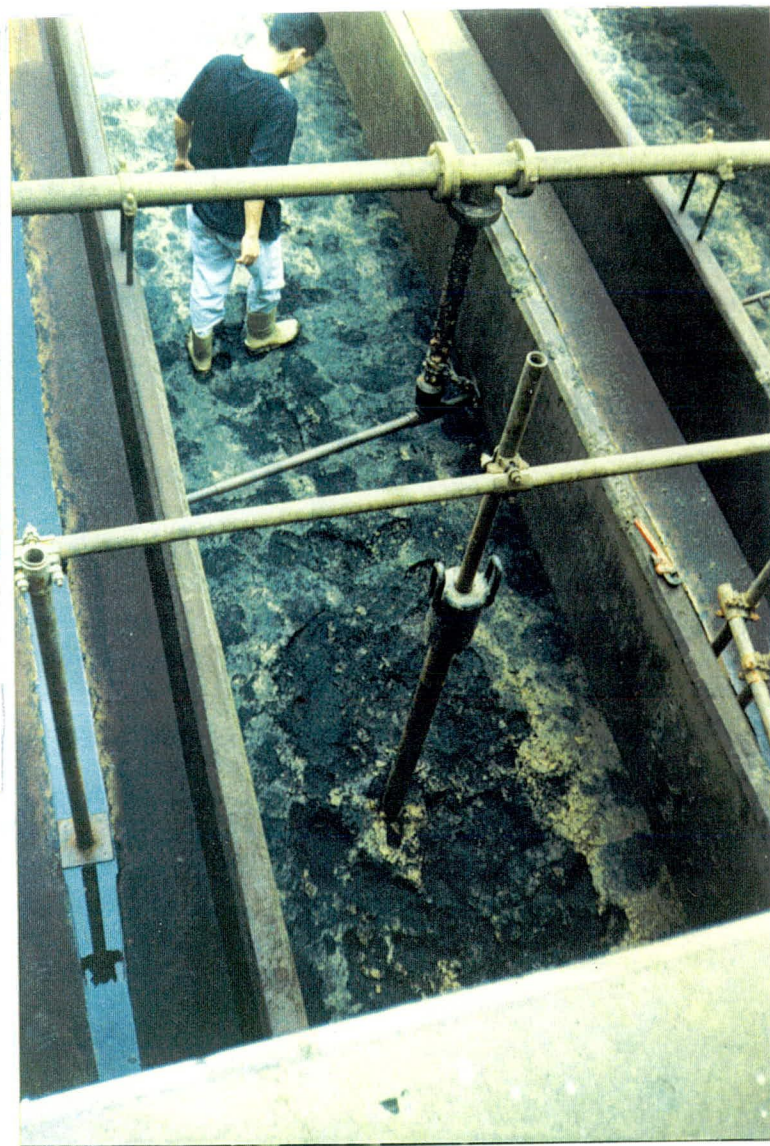
OBSERVACIONES:

1) El material granular grueso ocup" una longitud vertical media de 17 cms. para la SALA "A", y de 12 cms. para la SALA "B".

2) Las muestras presentaron a la VISTA solamente DOS ESTRATOS: GRUESO GRAY y FINO NEGRO.



" DESPIECE DEL EQUIPO MUESTREADOR Y MODO DE COLOCACION " .-



" OPERACION Y CAIDA DEL MARTILLO DE 60 Lbs. "

III.3.2. INTERPRETACION DEL ANALISIS GRANULOMETRICO:

(a) El ENSAYO de GRANULOMETRIA efectuado en la UCAB nos permitió determinar lo siguiente:

- * Separación del MATERIAL FINO FILTRANTE como aquel que fue cernido a partir del TAMIZ #4 y hasta el TAMIZ #200.
- * Separar el MATERIAL GRUESO como aquel que fue cernido a partir del TAMIZ N° 1/4" hasta el N° 3/4 " y/o el N° 1."
- * Determinar la parte proporcional de cada material granular en el respectivo estrato, extrapolando por los pesos retenidos en cada TAMIZ del respectivo material retenido.
- * Determinar a partir de cada CURVA GRANULOMETRICA los Valores de COEFICIENTE de UNIFORMIDAD (Cu) y de TAMAÑO EFECTIVO (Te) correspondiente a cada uno de los "estratos finos".
- * Interpretar con los MODULOS de FINURA el tamaño promedio del material granular fino en cada muestra.

Adicionalmente se determinó el Valor de POROSIDAD para la ANTRACITA de estos filtros, lo cual nos dió:

$$P = 44\% = 0,44 \text{ para la ANTRACITA de Lechos Filtrantes}$$

El Resumen de la Información Granulométrica para las veinticuatro (24) muestras analizadas, se detallan en el Cuadro N° III.9.

(b) La COMPOSICION GRANULOMETRICA de los LECHOS ESTRATIFICADOS se ha extrapolado para el conjunto de muestras de

CUADRO Nº III.9

SALA DE FILTRACION "A"

Resumen de Valores Calculados por muestra

Muestra	Filtro	Espesor (cm)	hf (cm)	Cu	Tamaño Efectivo (mm)
1	1a (E)	82,60	40,94	3,00	0,60
2	1a (C)	82,60	28,39	3,00	0,60
3	2a (C)	66,20	18,49	3,27	0,55
4	2a (E)	66,20	12,65	2,90	0,65
5	3b (E)	73,20	31,73	3,00	0,60
6	3b (C)	73,20	35,26	2,83	0,60
7	4a (C)	79,90	49,70	2,83	0,60
16	4a (E)	79,90	33,47	2,57	0,70
8	6b (C)	68,20	25,52	2,71	0,70
9	6b (E)	68,20	31,10	2,61	0,65

SALA DE FILTRACION "B"

Resumen de Valores Calculados por muestra

Muestra	Filtro	Espesor (cm)	hf (cm)	Cu	Tamaño Efectivo (mm)
10	7 (C)	52,00	12,88	2,57	0,70
11	7 (E)	52,00	14,58	2,57	0,70
12	10 (E)	71,80	17,00	2,92	0,65
13	10 (C)	71,80	11,91	2,57	0,70
14	13 (E)	63,30	9,66	2,71	0,70
15	13 (C)	63,30	11,73	2,77	0,65
17	14 (E)	79,60	17,98	2,62	0,65
18	14 (C)	79,60	12,79	2,75	0,70
19	15 (C)	52,00	10,08	3,07	0,65
20	15 (E)	52,00	7,85	2,57	0,70
21	16 (E)	68,90	12,87	2,86	0,70
22	16 (C)	68,90	14,55	2,43	0,70
23	17 (E)	51,60	11,14	2,77	0,65
24	17 (C)	51,60	7,60	2,57	0,70

la SALA "A" y de la SALA "B" separadamente.

Para cada PESO PESANTE en GRAMOS y en cada TAMIZ, se estableció su **porcentaje de participación** en el PESO TOTAL de la MUESTRA analizada. Ello se hizo para el material Fino y para la Grava; en vista de que el PESO y el VOLUMEN de muestras son directamente proporcionales en el ESTRATO UNICO de ANTRACITA, y en el ESTRATO UNICO de GRAVA, se extrapola que en esa misma proporción se distribuyen en la **longitud vertical de cada estrato**.

De esta manera establecimos la ESTRATIFICACION PROMEDIO que CARACTERIZA a los LECHOS FILTRANTES de la SALA "A" y de la SALA "B", respectivamente, tal como lo señala el Cuadro N° III.10.

De allí pasamos a presentar la ACTUAL ESTRATIFICACION TIPO en cada grupo de FILTROS en cada SALA de FILTRACION, tal como se indica en la Figura III.1.

CUADRO N^o III.10

Sección Filtros Sala "A"

Longitud Promedio de Estrato Fino: 69,10 cm
 Longitud Promedio de Grava: 17 cm

Tamiz	Porcentajes de capas (promedio)	Estratificación Proporcional (cm)
#4 - #8	19,95%	13,78
#8 - #16	43,78%	30,25
#16 - #30	28,16%	19,46
#30 - #50	6,32%	4,36
#50 - #100	0,46%	0,317
#100 - #200	0,39%	0,267
1" - 3/4"	25,24%	4,284
3/4" - 1/2"	26,14%	4,44
1/2" - 3/8"	11,19%	1,90
3/8" - 1/4"	19,43%	3,30
1/4" - #4	12,04%	2,04

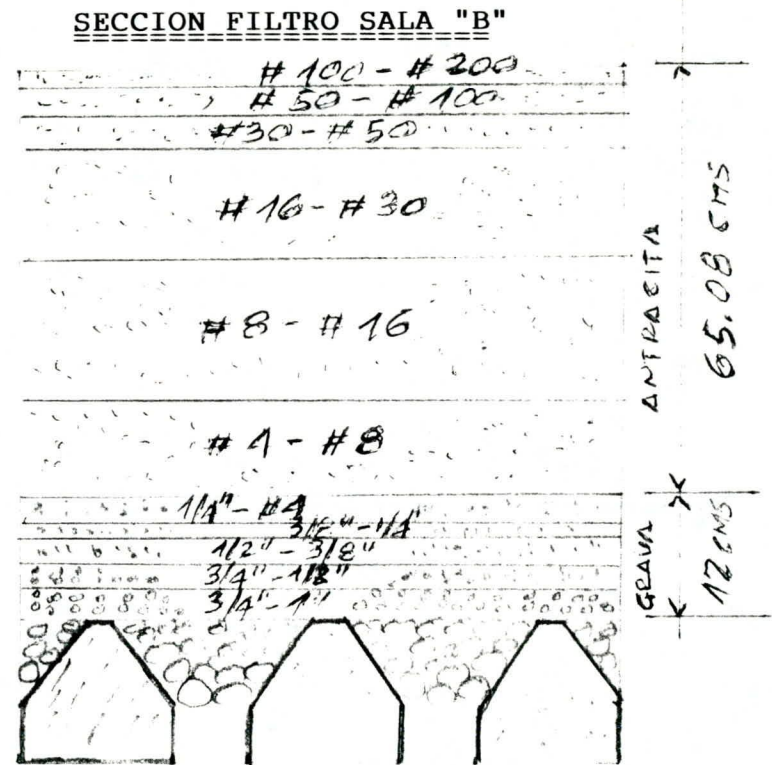
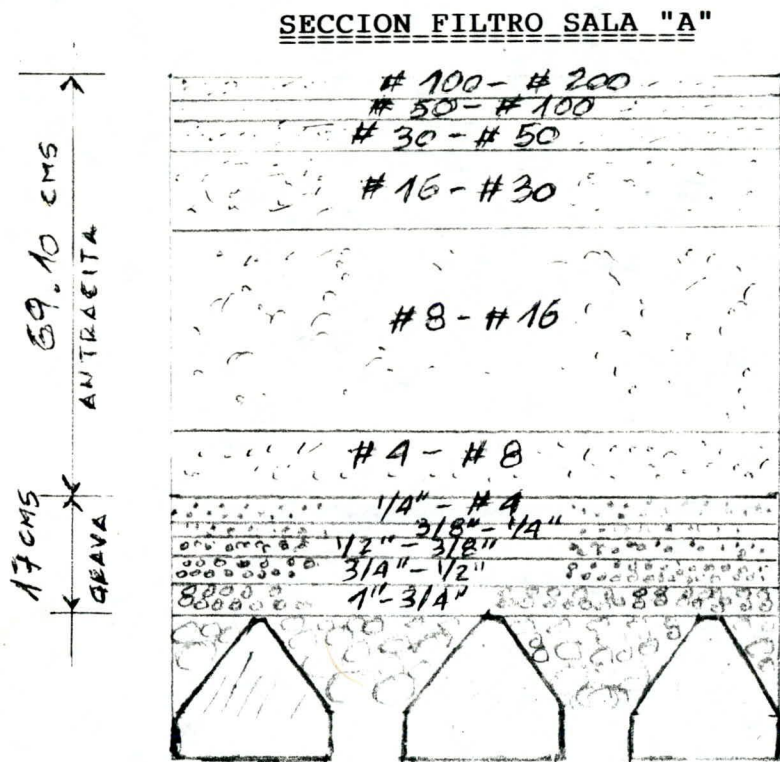
Sección Filtros Sala "B"

Longitud Promedio de Estrato Fino: 65,08 c
 Longitud Promedio de Grava: 12 cm

Tamiz	Porcentajes de capas (promedio)	Estratificación Proporcional (cm)
#4 - #8	22,86%	14,88
#8 - #16	41,41%	26,95
#16 - #30	32,26%	21
#30 - #50	2,078%	1,35
#50 - #100	0,496%	0,33
#100 - #200	0,293%	0,19
1" - 3/4"	25,10%	3,01
3/4" - 1/2"	24,32%	2,92
1/2" - 3/8"	11,60%	1,40
3/8" - 1/4"	24,35%	2,92
1/4" - #4	8,83%	1,06

FIGURA Nº III.1

"PERFIL TIPO DE FILTROS PROMEDIO POR CADA SALA DE FILTRACION EN LA MARIPOSA" .-



III.3.3. CONDUCTA HIDRAULICA ACTUAL EN LECHOS FILTRANTES ANALIZADOS:

(a) El comportamiento de la FILTRACION en las UNIDADES de la Planta conlleva una gran CARGA NEGATIVA por la manera ERRATICA de operar los FILTROS, y ello quizás influya más que la misma composición granulométrica actual de los lechos.

Adicionalmente se ha observado que existe pérdida de MATERIAL GRANULAR GRUESO y FINO; el espesor de la capa de gravas es muy inferior a lo normalmente recomendado, ello aunado a la ineficiente forma de LAVAR los FILTROS, aumenta el escape y pérdida del material fino.

A su vez la ANTRACITA aparenta un gran desgaste por la abrasión, y ello se refleja en su granulometría: Los TAMAÑOS EFECTIVOS son demasiado pequeños: Todos muy inferiores al valor 1,2 a 1,4 milímetros recomendado en los diseños. Los VALORES T_e varían entre 0,55 a 0,70, identificándose la ANTRACITA casi como del tamaño de una ARENA, pero GRUESA, pero con una POROSIDAD muy alta del 44%.

(b) Partiendo de los valores de VELOCIDAD OPERACIONAL (V_s) de FILTRACION determinados anteriormete (ver Capítulo II.2), podemos establecer la PERDIDA de CARGA POTENCIAL INICIAL en los distintos filtros analizados.

Hemos partido de la ECUACION de Rose, la cual nos permite con cada Análisis Granulométrico y con los correspondientes valores de velocidad V_s . obtener cada hf actual.

Dicha ecuación presentada en la Bibliografía Norteamericana, adaptada por el Manual de Diseño producido por la OFICINA SANITARIA PANAMERICANA en el PROGRAMA VEN 6400, del

año 1964-67, nos expresa lo siguiente:

Pérdida de Carga Inicial para una Granulometría conocida:

$$H_f = \frac{1,067 V_s^2 \times L \times \text{SUM. } C d_i / d_i}{\rho^4 \times g \times C_e}$$

Esta formulación la hemos aplicado para cada una de las muestras.

El Cuadro III.11 nos resume las características representativas de los doce (12) filtros muestreados.

Los FILTROS de la SALA "A" reflejan una precaria condición con valores de pérdida de carga inicial todos mayores a los 15 cms., y representando hasta un 62% del ESPESOR L de cada unidad.

Los FILTROS de la SALA "B" reflejan una mejor condición, con valores de pérdida de carga menores a los 15 cms., pero con h_f de hasta un 25% del ESPESOR L de cada unidad.

$$H_f = \frac{1,067 V_s^2 \times L \times \sum \frac{C d_i}{d_i}}{\rho^4 \times g \times C_e}$$

"ECUACION DE ROSE"

CUADRO N° III.11 | Características Actuales de los lechos Filtrantes Analizados.

Filtro N°	Espesor L	Cu	Te	hf(cm)	hf/L*100
1a	82,60	3,00	0,60	28,39	34%
2a	66,20	3,27	0,55	18,49	28%
3b	73,20	2,83	0,60	35,26	48%
4a	79,90	2,83	0,60	49,70	62%
6b	68,20	2,71	0,70	25,52	37%
7	52,00	2,57	0,70	12,88	25%
10	71,80	2,57	0,70	11,91	17%
13	63,30	2,77	0,65	11,73	19%
14	79,60	2,75	0,70	12,79	16%
15	52,00	3,07	0,65	10,08	19%
16	68,90	2,43	0,70	14,55	21%
17	51,60	2,57	0,70	7,60	15%

L= Espesor de estrato fino (cms)

CU= Coeficiente de uniformidad

TE= Tamaño Efectivo

HF= Perdida de carga potencial inicial de cada lecho

HF/L x 100= Porcentaje de HF respecto al espesor de estrato fino

Observaciones :

- a) En los filtros de la Sala "A", las pérdidas de carga son todas mayores a 15cm, y varían entre un 28% al 65% de espesor de material fino
- b) En los Filtros de la Sala "B", las pérdidas de carga son todas menores a 15 cm, y varían entre un 15% al 25% del espesor de material fino.
- c) Las pérdidas de carga potencial inicial no deben ser mayores a un 20% del espesor del lecho fino.

"Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta"

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción
Caracas.

PLANTA DE TRATAMIENTO "LA MARIPOSA"

III.4. ACCIONES A TOMAR: PLAN III

III.4.1. A PLAZO INMEDIATO

III.4.2. CON PREVIO ESTUDIO

III.4. ACCIONES A TOMAR: PLAN III:

III.4.1. A PLAZO INMEDIATO

(a) La OPERACION DE LAVADO debe ser rectificada en todo su proceso; deben darse ORDENES EXPRESAS para inmediatamente lograr que los OPERADORES cumplan lo siguiente:

- * Mantener siempre el espejo de AGUA LIMPIO Y LIBRE de materia inconveniente.
- * Cumplir estrictamente con la CARRERA DE FILTRACION que se determine para cada Unidad de Filtro reconstruida.
- * ACONDICIONAR O SUSTITUIR LAS VALVULAS DE LAVADO, a fin de llegar a un proceso controlable gradual.
- * EVITAR la llegada y pérdida de material filtrante a las CANALETAS en los filtros.
- * Establecer un PROGRAMA DE LIMPIEZA PERIODICA aplicando a los filtros la desinfección correspondiente para eliminar, en dirección del filtrado, las impurezas acumuladas.
- * APLICAR SIEMPRE en cada ocasión, el LAVADO SUPERFICIAL: Deben arreglarse los PALMER aún fuera de servicio.

(b) Establecer un PROGRAMA de CONTROL de CALIDAD periódico y representativo, con TOMA de MUESTRAS a la Entrada y Salida de los filtros, a fin de evaluar contra las MUESTRAS de los SURTIDORES.

(c) Establecer un CONTROL EXTERNO oportuno y aleatorio de la CALIDAD del AGUA PRODUCIDA en "La Mariposa".

III.4.2. CON PREVIO ESTUDIO

La configuración estructural actual de los CAJONES de los FILTROS no permiten muchas variaciones en el Diseño de los mismos, en efecto:

AREAS PREFIJADAS: Son las ya conocidas (INFORME I)

ALTURA de FILTROS: Los lechos más la Base de Gravas no deben ir más allá de UN METRO ó UN METRO DIEZ CENTIMETROS. En esta altura deber disponerse el material filtrante que se decida reponer.

MATERIAL FILTRANTE ACTUAL: Es indiscutible que debe sustituirse lo que existe: La Base de Gravas es muy escasa y debe aumentarse con nuevo material; la Antracita presenta un gran desgaste y pulverización, y siendo muy difícil su separación entre FINOS Y MAS FINOS, se recomienda removerla en un 100%.

CARGAS HIDROSTATICAS: La problemática Hidráulica del gasto de Entrada a los Filtros debe resolverse para efectuar un proceso de Filtración más idóneo.

FONDOS WHEELER: Aparentemente están en buenas condiciones, sin embargo deberán revisarse muy en detalle al removerse el material filtrante actual, unidad por unidad.

En consecuencia recomendamos las acciones siguientes:

(a) SUSTITUIR el MATERIAL FILTRANTE ACTUAL en un proceso coordinado y definido en base a la secuencia y selección sugerida:

1º) SALA "A": SEIS UNIDADES de DOS CELDAS: Se sugiere

reconstruir los LECHOS FILTRANTES con el PERFIL de DISEÑO ORIGINAL CLASICO: Antracita, Arena y Gravas.

2º) SALA "B": SEIS FILTROS PARES: Se sugiere reconstruir estos LECHOS FILTRANTES con un PERFIL de DISEÑO igual al que se coloque en la SALA "A" a fin de tener una standarización en la Planta, en cuanto a material granular y parametros del diseño previo de los filtros.

3º) SALA "B": SEIS FILTROS IMPARES: Idem

(b) Apuntar hacia un CONTROL del TRANSPORTE HIDRAULICO en el CANAL de ALIMENTACION (sugerido en el Informe I), a fin de garantizarse en la mayoría de las oportunidades una FILTRACION con ALTURAS de AGUA: CONVENIENTES y CONSTANTES en las Unidades que estén en Operación.

(c) REDISEÑAR el SISTEMA de TOMA de MUESTRAS a DISTANCIA para sustituir el actual, que consideramos de DUDOSA CONFIANZA.

(d) Se ratifican las recomendaciones planteadas en : I.4 y II.5 .

(e) Se presenta a continuación el INFORME TECNICO MC-96-099 elaborado por el LABORATORIO de MATERIALES de la UCAB. El mismo contiene para cada MUESTRA: La hoja de "ensayo granulométrico" y la correspondiente "curva granulométrica", todo ello nos resume en 48 páginas la composición granular cuantitativa del total muestreado.

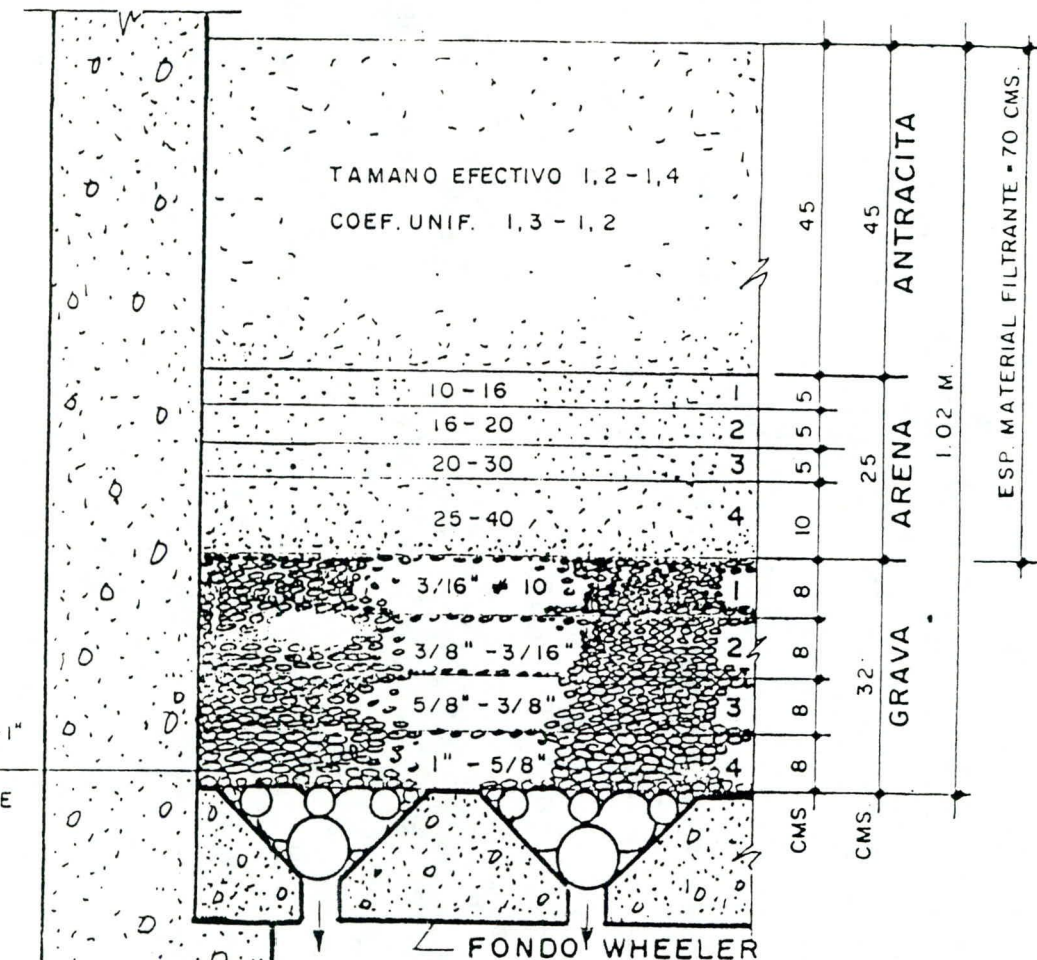
Dicho informe fue concluido y recibido el 18/12/96; posteriormente a nuestra revisión fue rehecho y entregado nuevamente el 06/02/97.

La determinación de la POROSIDAD de la ANTRACITA fue realizado directamente por nosotros en el mismo Laboratorio de la UCAB y con el apoyo de su personal técnico.

(d) Se anexa el corte de medio filtrante clásico recomendado desde 1967 por el INOS, y sugerido en la hoja presentada para la planta de Caujarito.

(e) Cualquier SOLUCIÓN DE MEDIO DIFERENTE, debe estudiarse con las EMPRESAS ESPECIALIZADAS de USA u otro País con avances en este campo de la potabilización del agua.

GRAVA 5 • 1 1/4" - 1"
 PARA NIVELAR
 DEPRESIONES ENTRE
 LAS ESFERAS



COLOCACION DEL MATERIAL
 FILTRANTE EN LOS FILTROS.

CANTIDADES PARA 24 FILTROS:

ANTRACITA		1.800 T.M.
ARENA	1	191 M. ³
"	2	191 "
"	3	191 "
"	4	382 "
GRAVA	1	306 M. ³
"	2	306 "
"	3	306 "
"	4	306 "
"	5	120 "

MATERIAL FILTRANTE
 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
 "CAUJARITO"

"Ingeniero Alfredo Gorrochotegui Acosta"

CIV # 4.205

RIF.: V-01730092-6

Ingeniería y Construcción
Caracas.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- 1) NUEVOS METODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS : Memorias del Simposium realizado en La Asunción,Paraguay. Agosto 1972
- 2) CONCEPTOS MODERNOS EN FILTRACION DE AGUA : Gordon G. Robeck
- 3) TEORIA y PRACTICA DE LA PURIFICACION DEL AGUA: Jorge Arboleda V.
- 4) TRATAMIENTO DE POTABILIZACION DE LAS AGUAS: Gustavo Rivas Mijares.
- 5) MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLES: O.M.S. Año 1969 :
Jorge Arboleda V.,Fernando Vargas y Hernando Correal.
- 6) MECANICA DE SUELOS, M.I.T.: William Lambe y Robert Whitman.
- 7) OPERATION AND CONTROL OF WATER PROCESSES, W.H.O. : Charles R. Cox.
- 8) WATER TREATMENT PLANT DESIGN : ASCE, AWWA , CSSE.
- 9) PROCESOS UNITARIOS EN INGENIERIA SANITARIA : Lynvil Rich.
- 10) STANDARD METHODS for the Examination of Water and Wastewater:
APHA-AWWA-WPCF.
- 11) HIDRAULICA por Samuel Trueba Coronel
- 12) APUNTES DE INGENIERIA SANITARIA de la UCAB: José Asapchi y Marcos Matute
- 13) REVISTA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DE VENEZUELA,Noviembre 1951
- 14) ESPECIFICACIONES PARA MATERIAL FILTRANTE, INOS , 1968:
Dirección General de Proyectos.