



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**PROPUESTA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES PARA LAS
INSTALACIONES DEL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO “TCIFVA” Y DISEÑO DE
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA BRIGADA MILITAR DE
FUERZAS ESPECIALES KAIBIL MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS IZABAL**

Manuel Augusto Méndez Aceituno

Asesorado por los Inga. Mayra Rebeca García Soria e

Ing. Rafael Ernesto Morales Ochoa

Guatemala, septiembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES PARA LAS
INSTALACIONES DEL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO "TCIFVA" Y DISEÑO DE
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA BRIGADA MILITAR DE
FUERZAS ESPECIALES KAIBIL MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS IZABAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MANUEL AUGUSTO MÉNDEZ ACEITUNO
ASESORADO POR LOS INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA E
ING. RAFAEL ERNESTO MORALES OCHOA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES PARA LAS
INSTALACIONES DEL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO "TCIFVA" Y DISEÑO DE
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA BRIGADA MILITAR DE
FUERZAS ESPECIALES KAIBIL MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS IZABAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 12 de marzo de 2011.


Manuel Augusto Méndez Aceituno



Guatemala, 20 de febrero de 2012
Ref.EPS.DOC.382.02.12

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Manuel Augusto Méndez Aceituno** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **199819312**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LAS INSTALACIONES DEL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO "TCIFVA", Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KAIBIL", MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS,"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Mayra García de Sierra
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MRGdS/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
2 de marzo de 2012

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LAS INSTALACIONES DEL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA", Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KAIBIL", MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Manuel Augusto Méndez Aceituno, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑADA A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



Guatemala, 23 de marzo de 2012
Ref.EPS.D.340.03.12

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente


Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LAS INSTALACIONES DEL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO "TCIFVA", Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KAIBIL", MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS,"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Manuel Augusto Méndez Aceituno**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra García de Sierra.

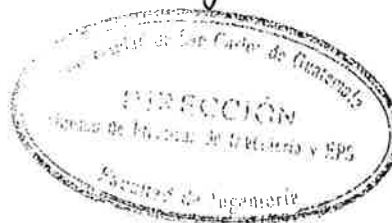
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora - Supervisora de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación del estudiante Manuel Augusto Méndez Aceituno, titulado **PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LAS INSTALACIONES DEL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA", Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KAIBIL", MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, septiembre 2012

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES PARA LAS INSTALACIONES DEL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO "TCIFVA" Y DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES KAIBIL MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS IZABAL**, presentado por el estudiante universitario **Manuel Augusto Méndez Aceituno**, autoriza la impresión del mismo.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, septiembre de 2012

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Manuel Augusto Méndez Sandoval y Gladys del Carmen Aceituno de Méndez. Por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida.

Mis hermanos

Lucrecia, Nelson y Alejandra Méndez por su comprensión, ayuda, consejos y ejemplos en los días de sol y en los de lluvia han sido un gran apoyo para mí.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por hacerme parte de su creación, por darme la voluntad, inteligencia y perseverancia para alcanzar este logro.
Mayor asimilado Ing. Civil MSC. Ingeniería Sanitaria Rafael Ernesto Morales Ochoa	Por la asesoría, consejos y amistad brindados a lo largo de mi proceso de graduación.
Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala	Por el apoyo y recursos brindados en todo el proceso de mi formación profesional.
Héisel Arreola	Por su apoyo e incentivos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Descripción del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala	1
1.1.1. Generalidades	1
1.1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.1.2. Ubicación y localización.....	4
1.1.1.3. Clima.....	6
1.1.1.4. Tipos de suelo.....	7
1.1.1.5. Topografía	7
1.1.1.6. Hidrografía	8
1.1.1.7. Aspectos climáticos	8
1.1.1.8. Población	8
1.1.1.9. Vías de acceso	9
1.1.1.10. Servicios	9
1.1.1.11. Condiciones sanitarias.....	9
1.1.2. Principales necesidades del CIE	10
1.1.2.1. Descripción de las necesidades.....	10
1.1.2.2. Priorización de las necesidades.....	10

1.2.	Descripción de las Fuerzas Especiales Kaibil	10
1.2.1.	Generalidades	11
1.2.1.1.	Reseña histórica.....	11
1.2.1.2.	Ubicación y localización	15
1.2.1.3.	Clima	16
1.2.1.4.	Tipos de suelo	16
1.2.1.5.	Topografía	16
1.2.1.6.	Hidrografía.....	17
1.2.1.7.	Aspectos climáticos	18
1.2.1.8.	Instalaciones.....	18
1.2.1.9.	Población.....	18
1.2.1.10.	Vías de acceso	19
1.2.1.11.	Servicios	19
1.2.1.12.	Condiciones sanitarias	19
1.2.2.	Principales necesidades de las Fuerzas Especiales Kaibil	20
1.2.2.1.	Descripción de las necesidades	20
1.2.2.2.	Priorización de las necesidades	20
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	21
2.1.	Propuesta de tratamiento de aguas residuales para las instalaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército TCIFVA, municipio de Guatemala	21
2.1.1.	Descripción del proyecto	21
2.1.2.	Sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	22
2.1.2.1.	Tratamiento primario	32
2.1.2.2.	Tratamiento secundario	35
2.1.2.3.	Tratamiento terciario.....	37
2.1.3.	Levantamiento topográfico	45

2.1.3.1.	Planimetría.....	45
2.1.3.2.	Altimetría.....	45
2.1.4.	Localización del cuerpo receptor	46
2.1.5.	Caracterización de las aguas residuales	46
2.1.6.	Caudales de descarga	47
2.1.7.	Período de diseño.....	51
2.1.8.	Cálculo de población	51
2.1.9.	Requerimientos de diseño	51
2.1.9.1.	Caudal de diseño	52
2.1.9.2.	Parámetros de tratamiento	52
2.1.9.3.	Tipos de tratamiento para aguas residuales	53
2.1.10.	Conceptos básicos del tratamiento de aguas residuales	55
2.1.10.1.	Sedimentación	55
2.1.10.2.	Propiedades geológicas de la roca volcánica.....	58
2.1.10.3.	Propiedades de la roca volcánica como medio filtrante.....	60
2.1.10.4.	Filtros torre.....	64
2.1.11.	Selección del tipo de tratamiento de aguas residuales	66
2.1.11.1.	Diseño y tipo de tubería.....	71
2.1.11.2.	Diseño de elementos del sistema de filtrado	71
2.1.12.	Elementos que componen el tratamiento	88
2.1.12.1.	Caja unificadora de caudales.....	88
2.1.12.2.	Sedimentadores.....	89
2.1.12.3.	Filtro torre	89

2.1.12.4.	Patio de secado de lodos	89
2.1.12.5.	Laguna de estabilización	90
2.1.12.6.	Presupuesto	90
2.1.12.7.	Programa de operación y mantenimiento	91
2.2.	Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la brigada militar de fuerzas especiales Kaibil, municipio de Puerto Barrios, Izabal	92
2.2.1.	Descripción del proyecto actual.....	93
2.2.2.	Localización de la fuente de abastecimiento	93
2.2.3.	Aforo de la fuente	93
2.2.4.	Calidad del agua	94
2.2.4.1.	Análisis físico-químico sanitario.....	94
2.2.4.2.	Análisis bacteriológico	97
2.2.4.3.	Levantamiento topográfico	97
2.2.5.	Criterios de diseño	98
2.2.5.1.	Período de diseño	99
2.2.5.2.	Tasa de crecimiento poblacional	99
2.2.5.3.	Estimación de la población de diseño	100
2.2.5.4.	Dotación	100
2.2.6.	Determinación de caudales	103
2.2.6.1.	Caudal medio diario.....	103
2.2.6.2.	Caudal máximo diario.....	104
2.2.6.3.	Caudal máximo horario	104
2.2.7.	Componentes del sistema	106
2.2.7.1.	Captación	106
2.2.7.2.	Línea de conducción	106

2.2.7.3.	Determinación de la potencia de la bomba.....	110
2.2.7.4.	Especificaciones del equipo de bombeo.....	112
2.2.7.5.	Verificación del golpe de ariete	112
2.2.7.6.	Tanque de almacenamiento	114
2.2.7.7.	Red de distribución	130
2.2.8.	Obras hidráulicas.....	135
2.2.8.1.	Sistema de desinfección	136
2.2.8.2.	Planos y detalles.....	138
2.2.9.	Cuantificación de materiales y mano de obra	139
2.2.10.	Presupuesto.....	139
2.2.11.	Operación y mantenimiento	142
2.3.	Evaluación de impacto ambiental	143
2.4.	Evaluación socioeconómica.....	147
2.4.1.	Valor Presente Neto (VPN)	147
2.4.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	149
CONCLUSIONES		153
RECOMENDACIONES		155
BIBLIOGRAFÍA.....		157
ANEXOS.....		161

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organización de las unidades que conforman el batallón de ingenieros	3
2.	Departamento de Guatemala.....	5
3.	Localización del departamento de Guatemala.....	5
4.	Localización del Cuerpo de Ingenieros del Ejército, zona 13 ciudad de Guatemala	6
5.	Departamento de Izabal.....	13
6.	Localización del departamento de Izabal.....	14
7.	Localización de la brigada militar de Fuerzas Especiales Kaibil en Puerto Barrios Izabal	14
8.	Diagrama de etapas de un tratamiento.....	39
9.	Degradación aeróbica de la materia orgánica	40
10.	Etapas de la degradación anaeróbica.....	43
11.	Tipos de reactores anaeróbicos.....	44
12.	Variación de caudal respecto al tiempo, tubo 1	48
13.	Gráfica de variación de caudal.....	48
14.	Variación de caudal respecto al tiempo, tubo 2	49
15.	Variación de sumatoria caudal versus tiempo	49
16.	Gráfica de la composición porcentual del origen de las aguas residuales producidas	50
17.	Diagrama del tratamiento de aguas residuales.....	69
18.	Diagrama de corte momento de la viga perimetral superior	72
19.	Sección de viga propuesta.....	74

20.	Diagrama de áreas tributarias en losa superior.....	75
21.	Diagrama de corte momento de losa superior en ambos sentidos ...	77
22.	Diagrama de fuerzas ejercidas en la pared lateral del Sedimentador	78
23.	Tanque cilíndrico para filtro torre	79
24.	Fuerzas ejercidas sobre la pared del cilindro	80
25.	Diagrama de corte momento de disco de cimentación	82
26.	Armado de disco de cimentación de filtro torre	83
27.	Cargas axiales aplicadas a torre	117
28.	Reacciones en la base de la torre	118
29.	Diagrama de cuerpo libre en nodo K.....	119
30.	Diagrama de cuerpo libre en nodo L	120
31.	Diagrama de cuerpo libre en nodo M	121
32.	Diagrama de cuerpo libre en nodo I	122
33.	Diagrama de cuerpo libre en nodo J.....	123
34.	Armado de cimentación.....	127
35.	Armado de pedestales de cimentación.....	129
36.	Distribución de caudal en nodo de derivación 11	134
37.	Presupuesto del sistema de tratamiento	140
38.	Presupuesto de sistema de abastecimiento de agua	141

TABLAS

I.	Clasificación de especies comunes del género <i>estreptococos</i> ...	28
II.	Rendimientos medios de depuración en función del tipo de tratamiento aplicado a las aguas residuales	38
III.	Caudales respecto del tiempo para los tres puntos de descarga	47
IV.	Dotación de agua para artefactos sanitarios.....	50

V.	Peso del filtro torre por componente	80
VI.	Fosa grande	84
VII.	Diseño de líneas de flujo para el sistema de tratamiento de aguas residuales	87
VIII.	Norma COGUANOR NGO-29001	95
IX.	Límites en la cantidad de compuestos	96
X.	Dotación doméstica para proyectos de instalaciones y movilizaciones militares. (Tabla en sistema inglés de ingeniería)	101
XI.	Dotación doméstica para proyectos de instalaciones y movilizaciones militares. (Tabla en sistema internacional de medidas)	101
XII.	Dotaciones para edificios de oficinas y centros militar administrativos (Consumo por artefacto sanitario, tabla en sistema internacional de medidas).....	102
XIII.	Parámetros de diseño	105
XIV.	Tabla de costo mensual de amortización de al tubería	109
XV.	Costo mensual de bombeo, de acuerdo con el diámetro de tubería que se utiliza	109
XVI.	Costo total del bombeo más el costo total de la tubería.....	110
XVII.	Características de los elementos utilizados	124
XVIII.	Resumen de esfuerzos en miembros y tipos de esfuerzo.....	125
XIX.	Consumo de agua por edificio con base a dotación por artefacto y cantidad de usuarios	133
XX.	Períodos de inspección y reemplazo para componentes del sistema de abastecimiento de agua potable	142
XXI.	Evaluación de impacto ambiental de la planta de tratamiento	144
XXII.	Evaluación de impacto ambiental de distribución de agua potable	146

XXIII.	Costos de construcción y operación de planta de tratamiento.....	148
XXIV.	Costos de construcción y operación de sistema de abastecimiento.....	150

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Ag	Área gruesa de columna
As	Área de acero
AS_{min}	Área de acero mínima
AS_{máx}	Área de acero máxima
Az	Área de zapata
b	Base del elemento
CM	Carga muerta
W	Carga distribuida
CV	Carga viva
Q	Caudal
Qc	Caudal de conducción.
Qi	Caudal instantáneo

C	Constante de rugosidad de Hassen & Willians para tubería
fy	Esfuerzo de fluencia del acero
FCU	Factor de carga última
FDM	Factor de día máximo
FHM	Factor de hora máximo
HG	Hierro Galvanizado
Kg-m	Kilogramo metro
l/h/d	Litros habitante día
l/s	Litros por segundo
L	Longitud
m.c.a.	Metro columna de agua
m/s	Metro por segundo
MF	Momento fijo
Mn	Momento de piso

Ms	Momento de sujeción
d	Peralte efectivo
Hf	Pértida de carga en las tuberías
f'c	Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días
uc	Unidad de consumo
Vs	Valor soporte de suelo

GLOSARIO

ACI	Instituto Americano del concreto.
Aforo	Es la acción de medir un caudal en una fuente determinada.
Altimetría	Parte de la topografía en que se analizan las diferencias de altura del terreno respecto de un punto de altura conocida.
Banco de marca	Es el punto de altura conocida desde el cual se hace referencia a las diferentes alturas del terreno que se está analizando.
Cota de terreno	Evaluación de un punto topográfico respecto a una altura determinada, representado en un plano topográfico.
Caudal	Es la relación de flujo que fluye, una unidad de volumen por unidad de tiempo.
Dotación	Volumen de agua que se asigna en el diseño, a una unidad de consumo durante un día.
Electrodo	Material de aportación revestido de material

	extintor ampliamente utilizado en soldadura.
Estación	Cada uno de los puntos en donde se posiciona el teodolito o estación total para radiar los diferentes puntos de interés durante la realización de un levantamiento topográfico.
Esfuerzo	Distorsión mecánica que experimenta un elemento cuando se le aplica una carga.
Formaleta	Armazón provisional que hace las veces de molde para un elemento estructural de concreto reforzado.
Hembra	Listón de hierro plano ampliamente utilizado en la herrería y construcción de estructuras metálicas.
Mortero	Mezcla plástica obtenida con un aglomerante, arena y agua, que sirve para unir los bloques o ladrillos que integran la mampostería y para revestirlas con los acabados de albañilería.
Momento	Esfuerzo combinado resultado de aplicar una fuerza sobre un elemento fijo con una separación X de un centro de gravedad.
Perdida de carga	Es la caída de presión ocasionada por el paso de un fluido a través de una tubería fluyendo a sección llena.

Pendiente	Relación entre altura y longitud de una superficie.
Planimetría	Parte de la topografía que estudia las distancias y los ángulos horizontales respecto de uno o varios puntos fijos llamados estaciones.
Rigidez	Resistencia de un material a la deformación.
Saneamiento	Conjunto de acciones que se realizan en una comunidad para mejorar la salud de las personas a través de la correcta disposición de desechos.
Soldadura	Unión termomecánica que se realiza en los elementos estructurales de acero puede ser eléctrica o de gases.
Vector animado	Cada una de las plagas de insectos que pueden proliferar en lugares con poco saneamiento.

RESUMEN

Al hablar de un proyecto de ingeniería se está refiriendo a un conjunto de obras de infraestructura, las cuales, benefician a las personas y por ello, es necesario trabajar con todos los factores de seguridad y normas de diseño para el correcto cálculo, así como, aspectos arquitectónicos para la buena relación y funcionalidad, llegando a una obra de infraestructura óptima.

En este trabajo de graduación se propone un sistema de tratamiento de aguas residuales, con el fin de disminuir la contaminación provocada por las aguas residuales vertidas al río Guadroncito en las instalaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala.

En el proyecto sistema de distribución de agua potable se propone la fabricación de un tanque elevado para el almacenamiento del agua potable, se requiere también el mantenimiento del pozo de abastecimiento y la instalación de un sistema de cloración del agua destinada a la distribución en las instalaciones.

La realización de estos proyectos se hará por medio del personal del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala. La planificación se desarrollará por medio del programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), de la Facultad de Ingeniería.

OBJETIVOS

General

Desarrollar proyectos que cumplan con los requisitos de la escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y del programa de EPS.

Específicos

1. Desarrollar la investigación monográfica, para identificar las características geográficas, sociales, de servicio público y de las dos dependencias militares en donde se realizarán los proyectos mencionados.
2. Realizar el diseño del sistema de distribución de agua potable para la brigada militar de Fuerzas Especiales Kaibil en Puerto Barrios, municipio de Izabal.
3. Proponer un sistema de tratamiento de aguas residuales para las instalaciones del comando especial Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala.
4. Establecer las cantidades de trabajo, costo y tiempo de ejecución, así como, los planos constructivos, para la correcta ejecución de los proyectos anteriormente mencionados.

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), es facilitar la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la formación académica, preferiblemente aplicados en el campo, contribuyendo así, al desarrollo del país. El Cuerpo de Ingenieros del Ejército TCIFVA es un comando especial dedicado a la atención de las necesidades de infraestructura de las diferentes dependencias de la defensa nacional y en los últimos años se ha tomado gran conciencia por la conservación ambiental por lo que uno de los aspectos de interés para esta institución, es el cumplimiento de la legislación ambiental vigente por parte de las diferentes dependencias militares.

El presente trabajo de graduación contiene el desarrollo de los proyectos: Propuesta de tratamiento de aguas residuales para las instalaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército TCIFVA y diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la brigada militar de Fuerzas Especiales Kaibil, municipio de Puerto Barrios.

El primer capítulo contiene la fase de investigación donde se incluye una breve reseña histórica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército y de las Fuerzas Especiales del Ejército de Guatemala.

En la segunda parte se presenta la fase de servicio técnico profesional, desarrollando tanto el diseño del sistema de distribución de agua potable como de la propuesta de tratamiento de aguas residuales.

En la parte final se adjuntan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y apéndice, planos constructivos, presupuestos, cronograma de ejecución e inversión como complemento de la fase de servicio técnico profesional.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala, es una unidad de combate y servicios especializados en construcciones militares tanto horizontales como verticales, que ha prestado un valioso servicio a la población durante los desastres naturales y estados de calamidad.

1.1.1. Generalidades

Como comando militar está conformado por oficiales superiores, oficiales subalternos y tropa regular, que mantienen un estado de apresto ante cualquier contingencia, regularmente se corren ejercicios de entrenamiento y simulacros de rescate, reducción de desastres y lanzamiento de puentes bailey.

1.1.1.1. Reseña histórica

A consecuencia del triunfo de la Revolución de 1871, la modernización del Ejército despertó la inquietud en el alto mando de esa época para organizar un Cuerpo de Ingenieros; fue así como en los anales Patrios aparece el Primer Cuerpo de Ingenieros, que se trató de organizar sin resultados positivos el 9 de agosto de 1871, bajo la dirección del capitán Rafael G. Lobos a quien se le confirió el título de Oficial de Ingenieros.

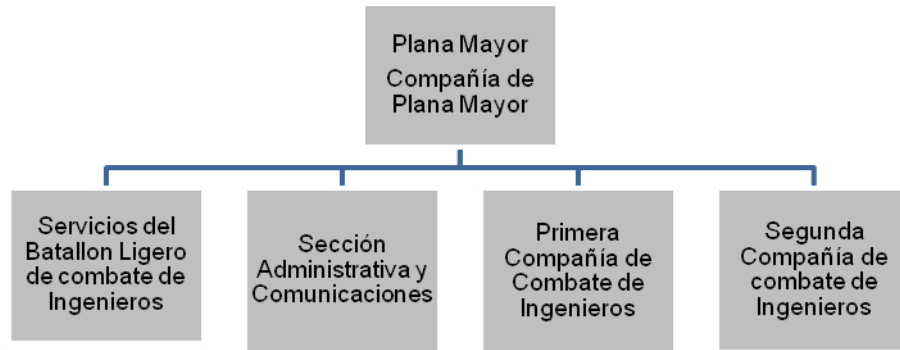
Posteriormente, con fecha 23 de diciembre de 1890, se intentó nuevamente la creación de un Cuerpo de Ingenieros, habiéndose nombrado en esta oportunidad como director del mismo al general Cayetano Sánchez, en esa misma época, la compañía de clase anexa a la Academia Militar quedó organizada como Compañía de Zapadores para completar el personal del Cuerpo de Ingenieros.

El 13 de marzo de 1891 se organizó en la Guardia de Honor, el Batallón de Zapadores al cual se agregó con fecha 22 de marzo de 1892, la Compañía de Zapadores que hasta entonces había sido parte del Cuerpo de Ingenieros.

El Batallón de Zapadores tuvo su Cuartel en Ciudad Vieja, de este departamento y fue disuelto por Orden General del 8 de octubre de 1898. Con anterioridad, con fecha 3 de noviembre de 1897, había sido creado el Cuerpo de Ingenieros y Telegrafistas Militares, formando inicialmente con aquellos elementos egresados de la Academia de Ingenieros de la Escuela Politécnica (organizada en 1895 por el teniente coronel Julian Romillo y Pereda, de origen español) y que hubiesen obtenido el grado de Ingeniero Topógrafo.

De conformidad con la Orden General del Ejército de fecha 1 de agosto de 1945 y como consecuencia de la Revolución del 20 de Octubre de 1944; el Mando organizó, a partir del 1 de julio de 1945, el Batallón de Ingenieros, el cual estaba organizado con las siguientes unidades:

Figura 1. **Organización de las unidades que conforman el *Batallón de Ingenieros del Ejército***



Fuente: Ministerio de la Defensa Nacional. http://www.mindef.mil.gt/organizacion/fuerzas%20tierra/comandos/cuerpo_ingenieros/historia.html. Consulta: agosto de 2011.

Según disposición del Alto Mando del Ejército, contenida en Orden General del Ejército No. 1617 de fecha 30 de noviembre de 1954, a partir del 1 de julio de 1949 la denominación Batallón de Ingenieros del Ejército queda sustituido por Departamento de Ingenieros del Ejército. Al publicarse el Decreto Legislativo No. 1387, ley Constitutiva del Ejército, el 9 de septiembre de 1960, automáticamente se suprimió la denominación de Departamento de Ingenieros del Ejército y fue sustituida por el Servicio de Ingenieros del Ejército.

¹Ministerio de la Defensa Nacional. http://www.mindef.mil.gt/organizacion/fuerzas%20tierra/comandos/cuerpo_ingenieros/historia.html. Consulta: agosto de 2011.

Ante la imperiosa necesidad de incrementar las unidades de ingenieros para apoyar los esfuerzos del Gobierno en ejecución de obras de importancia nacional, el Mando del Ejército creó, con fecha 14 de diciembre de 1962 de conformidad con la Orden General del Ejército No. 2952, el Batallón de Ingenieros, adscrito a la Zona Militar General Luís García De León, con sede en Poptún, Petén. A partir de esta fecha dicho batallón, funcionó paralelamente al Servicio de Ingenieros del Ejército, con sede en la ciudad capital.

El 1 de enero de 1969, fueron incrementados los efectivos del Batallón de Ingenieros, al crearse la Segunda Compañía de Construcciones, la Compañía de Apoyo y la Compañía de Seguridad, cuyo personal fue agregado al Cuerpo de Ingenieros en formación. Por el sinnúmero de obras a ejecutar, el 1 de enero de 1975, por disposición del Alto Mando contenida en Orden General de Ejército No. 58-74 de fecha 20 de diciembre de 1974, fue creado el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala (Orden General No. 1-75).²

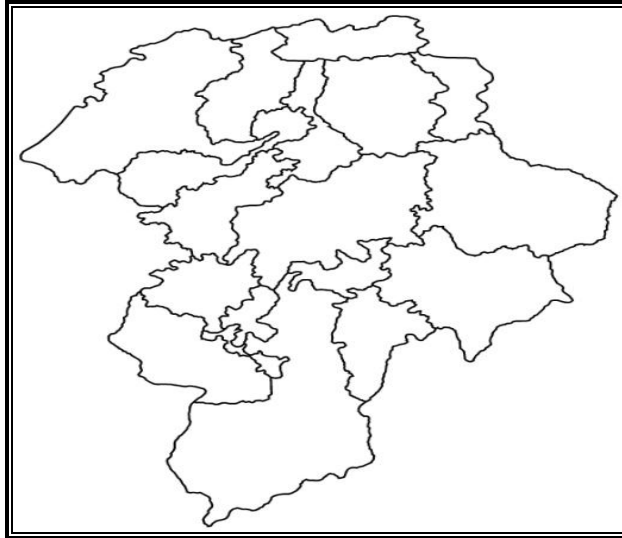
1.1.1.2. Ubicación y localización

El municipio de Guatemala se encuentra ubicado en la parte central del departamento de Guatemala se localiza en la latitud 14° 37'33" n y longitud 90°31'53" o, sus límites territoriales son: al norte limita con los municipios de Chinautla y San Juan Sacatepéquez, al sur con los municipios de: Petapa, Santa Catarina Pinula, al oriente: con los municipios de Palencia y San José del Golfo y al occidente con Mixco.³

²Ministerio de la Defensa Nacional.
http://www.mindf.mil.gt/organizacion/fuerzas%20tierra/comandos/cuerpo_ingenieros/historia.html. Consulta: agosto de 2011.

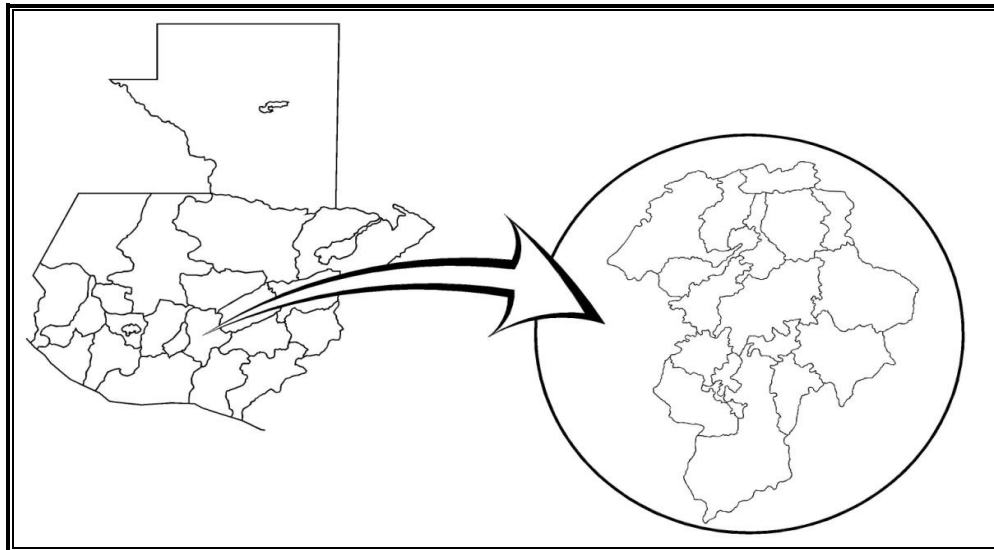
³ Fuente: Instituto Geográfico Nacional. Mapa geográfico 1:50 000 Hoja Guatemala 2059 I.1p.

Figura 2. **Departamento de Guatemala**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional Mapa turístico 1:1 000 000. 1998. 1 p.

Figura 3. **Localización del departamento de Guatemala**



Fuente: elaboración propia con programa gráfico autocad.

Figura 4. **Localización del Cuerpo de Ingenieros del Ejercito, zona 13 Ciudad de Guatemala**



Fuente: fotografía satelital de Google Earth zona 13 ciudad de Guatemala.
http://www.google.com/intl/es/earth/index.html#utm_campaign=es&utm_medium=ha&utm_source=es-ha-sk-eargen&utm_term=google%20earth. Consulta: agosto de 2011.

1.1.1.3. Clima

“El clima es templado; mientras la estación seca se establece por los meses de febrero a junio, la estación lluviosa se establece normalmente de julio a septiembre. El ciclo de lluvias es abundante”.⁴

⁴http://www.google.com/intl/es/earth/index.html#utm_campaign=es&utm_medium=ha&utm_source=es-ha-sk-eargen&utm_term=google%20earth. Consulta: agosto de 2011.

“La estación pluviométrica más cercana es la que se encuentra ubicada en el Instituto Nacional de Sismología y Vulcanología (INSIVUMEH) también ubicado en zona 13 de la ciudad de Guatemala”.⁵

1.1.1.4. Tipos de suelo

El tipo de suelo es ampliamente variado, dependiendo de la zona de influencia geológica que se estudie, los suelos en la región norte son fragmentario rocosos, con gradación de sílice por la actividad volcánica, la región oriente, es altamente arcillosa y muy inestable por la topografía bastante quebrada, el tipo de suelo de la región sur es arenosa debido a la actividad del volcán de Pacaya principalmente. Y el suelo de la región occidente es bastante fértil con alto contenido de materia orgánica principalmente suelo limoarcilloso.

1.1.1.5. Topografía

“El municipio de Guatemala se encuentra rodeado de montañas de la región central, dando como resultado una topografía muy diversa, desde regiones altas cercanas a las zonas 15 y 8 y regiones bajas cercanas al río Villa Lobos en zonas 11, 12 y 13”.⁶

⁵ Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrografía INSIVUMEH Boletín de Hidrografía. Agosto 2011. p.4.

⁶ Mapas geológicos CESEM. p1.

1.1.1.6. Hidrografía

“El departamento de Guatemala es recorrido por dos ríos principales el río las Vacas al nororiente y el río Villa Lobos al suroccidente, ambos completamente contaminados, estos ríos son utilizados como cuerpos receptores de las aguas residuales producidas por la Ciudad de Guatemala”.⁷

1.1.1.7. Aspectos climáticos

“El clima es templado, la temperatura normal oscila en el rango de 26 a 14 grados Celsius durante la época lluviosa y durante la época cálida se tiene una variación normal de 30 a 22 grados Celsius, debido a que el municipio se encuentra ubicado a una altura de 1 550 metros sobre el nivel del mar, por lo que se tiene una temperatura relativamente más baja que el resto del territorio en áreas menos elevadas y una humedad relativa que varía de 88% a 75% en época cálida y en época fría de 76% a 65%”.⁸

1.1.1.8. Población

“El municipio de Guatemala es por mucho uno de los de mayor densidad poblacional del país por ser el centro económico, administrativo e industrial más importante y por encontrarse asentada la Ciudad Capital de Guatemala, cuenta con una población para el 2010 de 3 103 865”.⁹

⁷ Mapas hidrográficos. MAGA. p.1

⁸ Boletín informativo sobre hidrología 2011 INSIVUMEH p.4.

⁹ INE Datos de censo poblacional 2010 p.4.

1.1.1.9. Vías de acceso

Los accesos al municipio de Guatemala son bastante extensos, siendo los más utilizados la CA1 occidente que comunica los departamentos del occidente del país, al sur la CA9 sur. Que comunica la costa sur y es una importante ruta comercial que comunica la ciudad con el Puerto Quetzal.

“La CA1 nororiente que comunica los departamentos del nororiente del país con la ciudad y es utilizada como ruta principal para el transporte pesado a los puertos de Santo Tomás de Castilla y Puerto Barrios”.¹⁰

1.1.1.10. Servicios

El municipio de Guatemala es uno de los que mayor cobertura de servicios básicos presta a la población, siendo estos: agua potable, drenajes sanitarios, servicios de salud pública y la mayor cantidad de hospitales nacionales y privados se encuentran ubicados dentro de la Ciudad de Guatemala.

1.1.1.11. Condiciones sanitarias

El municipio de Guatemala cuenta con una extensa red de drenajes sanitarios que descargan en ríos tributarios de la cuenca del lago de Amatitlán y del río Las Vacas, en la mayoría de colonias y barrios existe un sistema de recolección de basura.

¹⁰ COVIAL. Mapa de la red vial de Guatemala .

1.1.2. Principales necesidades del CIE

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército fue creado como un comando militar especial que brinda apoyo de combate y servicios de construcción a las diferentes dependencias del Ministerio de la Defensa.

1.1.2.1. Descripción de las necesidades

Las necesidades del Cuerpo de Ingenieros del Ejército (CIE) en lo que a infraestructura se refiere, son principalmente la construcción de instalaciones para el almacenamiento de materiales para la construcción, así como, repuestos para maquinaria de construcción, además, del tratamiento de sus aguas residuales.

1.1.2.2. Priorización de las necesidades

De las necesidades antes descritas se le da mayor importancia al tratamiento de sus aguas residuales, porque al no contar con un sistema de tratamiento adecuado se está incumpliendo con la legislación ambiental vigente y se está contaminando un río tributario intermitente de la cuenca del río Villa Lobos y el del lago de Amatitlán.

1.2. Descripción de las Fuerzas Especiales Kaibil

Las Fuerzas Especiales Kaibil son una fuerza de élite, tipo comando especialmente, entrenados en supervivencia, técnicas de infiltración y rescate, creada para el combate de la insurgencia durante el conflicto armado, posteriormente a la firma de los Acuerdos de Paz se cambiaron sus funciones y se les encomendó combatir al narcotráfico.

1.2.1. Generalidades

Los dos centros de entrenamiento para las Fuerzas Especiales Kaibil están ubicados en Poptún Petén y en Puerto Barrios Izabal, el entrenamiento consta de 8 semanas durante las cuales los aspirantes a Kaibil son sometidos a un riguroso entrenamiento militar del más alto nivel.

1.2.1.1. Reseña histórica

El Centro de Adiestramiento y Operaciones Especiales de Guatemala fue fundado el 5 de diciembre de 1974 por iniciativa del entonces mayor de Infantería Pablo Nuila Hub, quien propuso al Ministerio de la Defensa Nacional la creación de un entrenamiento tipo comandos para ser impartido al ejército debido a las amenazas de la época dentro del contexto de la guerra fría.

El 5 de marzo de 1975, por órdenes del Ministerio de la Defensa de Guatemala, la escuela de comandos cambió su nombre por el de Escuela Kaibil, nombre asignado en honor a Kaibil Balam, un rey del imperio maya, que nunca fue capturado por los soldados conquistadores españoles bajo el mando de Pedro de Alvarado. Los primeros instructores del entrenamiento Kaibil tenían el curso de Rangers. Con el paso del tiempo el curso tomó sus propios matices del entrenamiento militar guatemalteco.

El 12 de enero de 1989, se trasladó de la Escuela de Adiestramiento y Operaciones Especiales Kaibil, de las fincas El Infierno y La Pólvora en el municipio de Melchor de Mencos, Petén, a las antiguas instalaciones de la Zona Militar Núm. 23, con sede en Poptún, Petén en el norte de Guatemala.

En diciembre de 1996, poco después de haberse firmado los Acuerdos de Paz, el presidente de Guatemala Álvaro Arzú Irigoyen expresó que tenía la intención de preservar a los kaibiles en tiempos de paz, pero con la nueva misión de combatir otra guerra, en contra de los narcóticos y el crimen organizado. Como parte de los Acuerdos de Paz, el ejército guatemalteco fue disminuido a 15 000 elementos.

El coronel Héctor Rosales, miembro de la Asociación de Veteranos Militares de Guatemala, declaró que con la desmovilización de las Fuerzas Armadas de Guatemala, muchos oficiales se encontraron desempleados de manera abrupta. Ante la ausencia de un plan de reinserción en la vida económica, la gran mayoría pasó a conformar parte de servicios privados de seguridad.

Desde abril de 2008 la Brigada de Fuerzas Especiales Kaibil está ubicada en Puerto Barrios Izabal sobre el litoral este, de la bahía de Amatique.

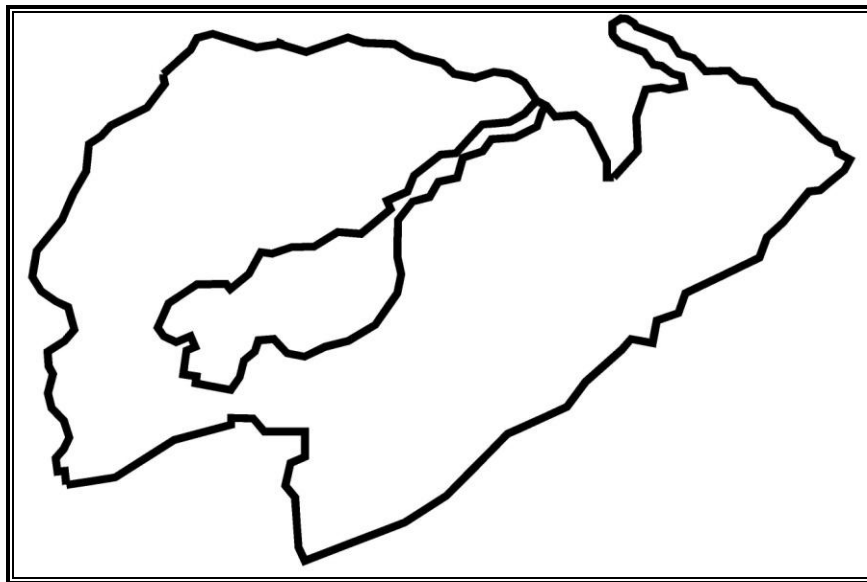
La nueva ubicación tiene importantes ventajas estratégicas para cumplir misiones en cualquier parte de la república.

El terreno provee una vegetación agreste, envidiable para cualquier comandante que desea formar Fuerzas Especiales y llevarlas a un alto nivel de entrenamiento y destrezas en selva; arbustos dentro de la maleza, conocidos en los modismos guatemaltecos como: jimba, caña brava, la uña de gato, la cola de iguana, el escobo y la palma negra. Las condiciones permiten a los kaibiles efectuar pruebas de supervivencia y entrenamiento de combate al narcotráfico en zonas aisladas, custodiados por fauna de diversas especies incluyendo serpientes barba amarilla y zumbadoras que habitan en el litoral de la bahía de Amatique.

“El entrenamiento militar y acondicionamiento físico se desarrolla a un metro sobre el nivel del mar y en un clima que permite mantener el rendimiento al más alto nivel.

De allí el resultado en el evento Fuerzas Comando 2008 realizado en junio, donde las Fuerzas Especiales Guatemaltecas obtuvieron el primer lugar en dureza y eficiencia física. El evento se realizó en San Antonio Texas, Estados Unidos de América y participaron un total de dieciocho países.¹¹

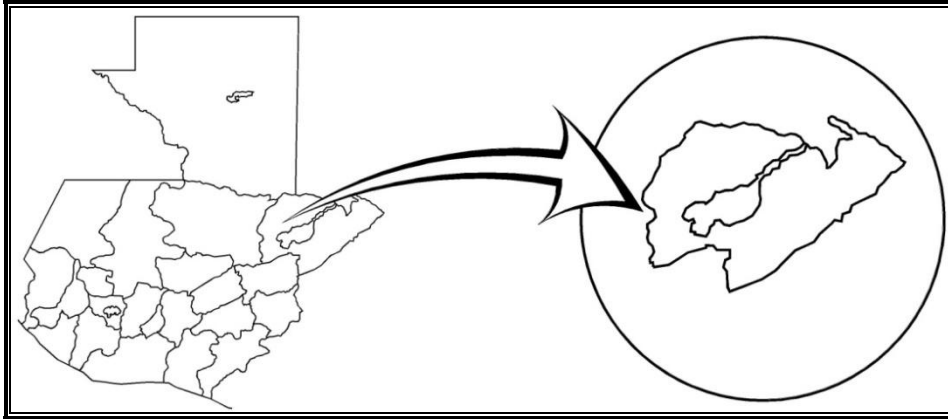
Figura 5. **Departamento de Izabal**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional. Mapa turístico 1:1 000 000. 1998.

¹¹ Ministerio de la Defensa Nacional: Perspectiva militar, Historia de las fuerzas especiales. [julio 2008]. <http://perspectivamilitar.blogspot.com/2008/07/fuerzas-especiales-de-guatemala.html>. Consulta: agosto de 2011.

Figura 6. **Localización del departamento de Izabal**



Fuente: elaboración propia con programa gráfico autocad.

Figura 7. **Localización de la Brigada Militar de Fuerzas Especiales
Kaibil en la ciudad de Puerto Barrios**



Fuente:http://www.google.com/intl/es/earth/index.html#utm_campaign=es&utm_medium=ha&utm_source=es-ha-sk-eargen&utm_term=google%20earth. Consulta: agosto de 2011.

1.2.1.2. Ubicación y localización

El municipio de Puerto Barrios está ubicado en el departamento de Izabal, es una importante ciudad portuaria de Guatemala y cabecera departamental situada en la Bahía de Amatique, en el mar Caribe, ubicada a 297 kilómetros de la capital. Tiene una gran actividad comercial en el puerto Santo Tomás de Castilla y Puerto Barrios, donde atracan barcos comerciales y cruceros.

De este punto se puede comenzar el recorrido fluvial por el río Dulce, en una extensión de 42 kilómetros colinda al norte con la Bahía de Amatique, al este con el Golfo de Honduras y la República de Honduras; al sur con la República de Honduras y al oeste con Morales, Los Amates y Livingston.

Dentro de sus aldeas se encuentra Santo Tomás de Castilla, que posee el puerto del mismo nombre, uno de los puertos más importantes de Guatemala el cual maneja aproximadamente el 65% de todas las importaciones y exportaciones. Entre ríos, que sirve de enlace entre la República de Honduras y Guatemala a través de una carretera interamericana que llega hasta Puerto Cortés, Honduras.

Con categoría de Ciudad, Puerto Barrios, tiene un BM (monumento de elevación) del IGN en el Parque central, a ¹²0,67 msnm; latitud N 15° 44`06", longitud E 88° 36`17" Puerto Barrios.¹³

¹² IGN Mapa turístico 1: 1 000 000. 1998 p.1.

¹³ Municipalidad de Puerto Barrios: Monografía del municipio de Puerto Barrios. p. 22.

1.2.1.3. Clima

“El clima es predominantemente cálido y húmedo, con una temperatura que varía de 28° a 34° con una humedad relativa de entre el 88% y 95% y un ciclo de lluvias abundantes, es una zona altamente expuesta a las depresiones tropicales y el efecto de tormentas y ciclones durante la temporada de huracanes sobre el Atlántico, siendo esta región una de las más afectadas durante el paso del huracán Mitch, en 1998, el huracán Stan en 2005 y la tormenta tropical Agatha en 2010”.¹⁴

1.2.1.4. Tipo de suelo

El tipo de suelo en su mayoría es de tipo calcáreo con estratos limos arcilloso y alta gradación de sedimentos orgánicos por efecto de las crecidas del río dulce y las mareas altas del Atlántico.

1.2.1.5. Topografía

“La topografía del municipio de Puerto Barrios es predominantemente plana, el municipio se encuentra a una altura de 0,67 metros sobre el nivel del mar, teniendo pocas elevaciones no superando los 100 metros sobre el nivel del mar”.¹⁵

¹⁴ INSIVUMEH: Boletín informativo resumen de tormentas tropicales 2000 – 2009. p. 34.

¹⁵ IGN Mapa turístico 1: 1 000 000. 1998 p.1.

1.2.1.6. Hidrografía

El municipio de Puerto Barrios cuenta con varios ríos tributarios que descargan a la vertiente del Atlántico o al Río Dulce y lago de Izabal siendo los más importantes:

- Río Machacas
- Río Piteros
- Río Pichilingo
- Río Motagua
- Río San Francisco
- Río Escondido
- Río Tenedor
- Laguna Santa Izabel
- Canal de los ingleses

1.2.1.7. Aspectos climáticos

El municipio de Puerto Barrios cuenta con una topografía accidentada y abarca una porción de la sierra de las Minas, su temperatura cálida y su alta humedad relativa lo hacen hábitat idóneo para una gran biodiversidad, de fauna y flora en sus diferentes ecosistemas, por ser una zona costera está expuesta durante la temporada de huracanes a la influencia de tormentas tropicales, ciclones, depresiones tropicales y huracanes, por lo que tiene gran precipitación durante la temporada de lluvia, los caudales de los ríos crecen y son comunes las inundaciones durante esa época del año.

1.2.1.8. Instalaciones

La brigada militar de Fuerzas Especiales Kaibil en Puerto Barrios municipio de Izabal, cuenta con todas las instalaciones necesarias para un centro de adiestramiento militar, esto incluye: energía eléctrica, drenajes, sistema de tratamiento de aguas residuales, agua potable, telecomunicaciones vía radio, canalización telefónica y pista de aterrizaje.

1.2.1.9. Población

La población de Puerto Barrios es de aproximadamente 327 365 habitantes, predominantemente de las etnias Garífuna, Quekchi y Ladina.

1.2.1.10. Vías de acceso

El municipio de Puerto Barrios tiene acceso por la CA 9 nororiente, a 306 kilómetros de la Ciudad de Guatemala, la cual es una de las más importantes rutas comerciales por la que transita el 100% de las importaciones y exportaciones marítimas hacia Puerto Barrios y Santo Tomas de Castilla.

Puerto Barrios es uno de los puertos más importantes hacia el litoral Atlántico. El aeropuerto está ubicado dentro de las instalaciones de la zona militar No.6.

1.2.1.11. Servicios

El municipio de Puerto Barrios cuenta con la mayoría de servicios básicos en su centro urbano, como: electrificación, agua potable, drenajes y servicio de recolección de basura. Aunque la cobertura no es del 100% de la población.

1.2.1.12. Condiciones sanitarias

El municipio de Puerto Barrios cuenta con una extensa red de drenajes sanitarios y pluviales que cubre la mayoría de su zona urbana en la ciudad.

1.2.2. Principales necesidades de las Fuerzas Especiales Kaibil

La brigada militar de Fuerzas Especiales Kaibil de Puerto Barrios Izabal, originalmente era la Zona Militar No. 23, se encuentra ubicada a orillas del lago de Izabal en la Bahía de Amatique, sus condiciones climáticas hacen un lugar bastante húmedo y agresivo para la mayoría de materiales de construcción, por lo que la vida útil de los materiales con que están construidas sus instalaciones tienen una duración menor a la sería normal para lugares donde las condiciones no sean tan agresivas.

1.2.2.1. Descripción de las necesidades

La brigada militar de las Fuerzas Especiales Kaibil de Puerto Barrios presenta diferentes necesidades de mejoramiento de su infraestructura, como la remodelación y el remozado de algunos de sus edificios, balastado de varias de sus calles y el mantenimiento de algunas instalaciones.

1.2.2.2. Priorización de las necesidades

Una de las necesidades principales de este comando militar es el diseño de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable, debido a que está ubicada en un lugar con clima cálido, las necesidades de rehidratación y disposición de agua son primordiales por lo que se determina que es de suma importancia la disposición de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Propuesta de tratamiento de aguas residuales para las instalaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército TCIFVA, municipio de Guatemala

Las instalaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala, se construyeron en 1975, en dicha época no existía una legislación que normará las descargas de aguas residuales a los ríos y lagos. En los últimos años se ha tomado gran interés en la conservación de las cuentas hidrológicas de ríos y lagos por lo que se hace necesario el tratar las aguas residuales de este comando militar.

2.1.1. Descripción del proyecto

“El presente proyecto consiste en la elaboración de una propuesta para el tratamiento de las aguas residuales del Cuerpo de Ingenieros del Ejército, las cuales son descargadas sin ningún tipo de tratamiento a la quebrada intermitente Guadroncito que es un pequeño río tributario del río Guadrón, río tributario de la cuenca del lago de Amatitlán”.¹⁶

¹⁶ Instituto Geográfico Nacional GN. Mapa cartográfico escala 1:5000 hoja 2159 IV. p.1.

2.1.2. Sistemas de tratamiento de aguas residuales

Se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas residuales, aguas negras o aguas cloacales.

Son residuales pues, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen.

Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas o aguas residuales en el sentido que las primeras sólo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno; para cuantificar el grado de contaminación y establecer el sistema de tratamiento más adecuado, se utilizan varios parámetros.

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)

“Se define como DBO de un líquido a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaerobias facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y *plancton*, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en miligramos /litro.

Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o afluentes”.¹⁷

¹⁷ NALCO. Manual del Agua tomo I. p. 45.

Cuanto mayor cantidad de materia orgánica que contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla).

El proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 grados Celsius; esto se indica como DBO₅.

Según las reglamentaciones, se fijan valores de DBO máximo que pueden tener las aguas residuales, para verterlas a los ríos y otros cursos de agua. De acuerdo con estos valores se establece, si es posible arrojarlas directamente o si deben recibir un tratamiento previo.

Biodegradación (= Descomposición orgánica)

Es el resultado de los procesos de digestión, asimilación y metabolización de un compuesto orgánico llevado a cabo por bacterias, hongos, protozoos y otros organismos. En principio, todo compuesto sintetizado biológicamente puede ser descompuesto biológicamente. Sin embargo, muchos compuestos biológicos (lignina, celulosa, etcétera) son difícilmente degradados por los microorganismos debido a sus características químicas. La biodegradación es un proceso natural, ventajoso no sólo por permitir la eliminación de compuestos nocivos impidiendo su concentración, sino que además, es indispensable para el reciclaje de los elementos en la biósfera, permitiendo la restitución de elementos esenciales en la formación.

Y crecimiento de los organismos (carbohidratos, lípidos, proteínas). La descomposición puede llevarse a cabo en presencia de oxígeno (aeróbica) o en su ausencia (anaeróbica).

La primera es más completa y libera energía, dióxido de carbono y agua, es la de mayor rendimiento energético. Los procesos anaeróbicos son oxidaciones incompletas y liberan menor energía.

El origen de la materia orgánica que se encuentra en una masa de agua puede ser autóctono o alóctono.

El primero consiste en cadáveres de organismos, mudas, excreciones, productos de la senescencia y muerte de plantas acuáticas, secreciones de algas y plantas acuáticas.

En las aguas dulces, frecuentemente la materia orgánica proviene de fuentes alóctonas o litorales, transportadas hasta el cuerpo de agua por acción del viento o por la escorrentía y consiste fundamentalmente en hojas, ramas, frutos, polen y materia orgánica disuelta de muy diversos orígenes (fertilizantes, aguas residuales, etcétera).

Por el contrario, son volcados al medio compuesto que no pueden ser degradados por los organismos, ya que estos no poseen la bacteria enzimática capaz de hacerlo, son los compuestos no biodegradables (metales pesados, plaguicidas, compuestos del petróleo). Estos compuestos se acumulan en los tejidos de reserva de los organismos, aumentando su concentración a medida que se avanza en la red trófica hacia eslabones superiores. Distintos tóxicos actuando simultáneamente pueden atenuar (efecto antagónico) o contrariamente acentuar su efecto (efecto sinérgico) sobre los organismos afectados.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda Química de Oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (miligramos/litro).

“Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos y yoduros) que también se reflejan en la medida”.¹⁸

Es un método aplicable en aguas continentales (ríos, lagos o acuíferos), aguas negras, aguas pluviales o agua de cualquier otra procedencia que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica. Este ensayo es muy útil para la apreciación del funcionamiento de las estaciones depuradoras. No es aplicable, sin embargo, a las aguas potables, ya que al tener un contenido tan bajo de materia oxidable la precisión del método no sería adecuada. En este caso se utiliza el método de oxidabilidad con permanganato potásico.

La DQO varía en función de las características de las materias presentes, de sus proporciones respectivas, de sus posibilidades de oxidación y de otras variables. Es por esto que la reproductividad de los resultados y su interpretación no pueden ser satisfechas más que en condiciones de metodología de ensayo bien definida y estrictamente respetada.

¹⁸ Fuente: NALCO. Manual del Agua su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. Tomo I. p. 25.

Coliformes fecales

Son parásitos patógenos presentes en el agua contaminada. La sección 12 del Manual de Bergey, contiene seis géneros de cocos gran positivos, anaeróbicos, negativos a la catalasa. El género estreptococo es un miembro importante de este grupo.

Los estreptococos forman pares o cadenas cuando están en medio líquido, no forman endosporas y usualmente no son móviles. Todos son quimioheterotrofos, que fermentan los azúcares con el ácido láctico, sin formación de gas, como producto final, pocas especies son anaeróbicas, la mayoría son facultativas.

Parásito

El género es amplio y diverso, es difícil clasificar satisfactoriamente estas bacterias. Las 29 especies del género estreptococo están subdivididas en cinco grupos mayores: piogénicos (que producen pus) hemolíticos, orales, *Enterococos*, *Streptococos* de ácido láctico y *Streptococos* anaeróbicos.

Se entienden por *Streptococos* fecales, aquellos que están generalmente presentes en las heces de origen humano y animal. Todos ellos poseen el antígeno del grupo D de *Lancefield*. Taxonómicamente, pertenecen a los géneros *Enterococos* y *Streptococos*.

El género *Enterococos* comprende ahora todos los estreptococos que comparten determinadas propiedades bioquímicas y toleran las condiciones de desarrollo desfavorables. Incluyen las especies *E. avium*, *E. casseliflavus*, *E. cecorum*, *E. durans*, *E. faecalis*, *E. faecium*, *E. gallinarum*, *E. hirae*, *E. malodoratus*, *E. mundii* y *E. solitarius*, que son en su mayor parte, de origen fecal y en muchas circunstancias prácticas, pueden considerarse generalmente indicadores específicos de la contaminación fecal de origen humano.

No obstante, también pueden hallarse en las heces de animales y en algunas especies y subespecies, como *E. casseliflavus*, *E. faecalis* var. *Liquefacens*, *E. malodoratus* y *E. solitarius*, se encuentran principalmente en materia vegetal.

Del género *Streptococos*, sólo *S. vovis* y *S. equinus*, poseen el antígeno del grupo D y se consideran *Streptococos* fecales. Proviene principalmente de las heces de origen animal. Los *Streptococos* fecales rara vez se multiplican en agua contaminada y son más persistentes que *E. coli* y las bacterias coliformes, por tanto, en los exámenes de calidad del agua, sirven sobre todo como indicadores suplementarios de la eficacia del tratamiento.

Además, los estreptococos son muy resistentes al secado y pueden ser útiles para realizar controles sistemáticos después de la colocación de nuevas tuberías maestras o la reparación de los sistemas de distribución, así como, para detectar la contaminación de aguas subterráneas o superficiales por escorrentía superficial.

Propiedades de algunas especies comunes del género estreptococos.

Nuevo sistema de clasificación.

Tabla I. **Clasificación de especies comunes del género *estreptococos***

Propiedades característica	<i>Estreptococos</i>	<i>Enterococos</i>	<i>Lactococos</i>
Crecimiento a 45° C	Variable	+	-
Crecimiento a 10°	-	Usualmente +	+
Crecimiento a 6.5% NaCl	-	+	Variable
Crecimiento a ph 9,6	-	+	-
<i>Hemolisis</i>	Usualmente	Usualmente-	Usualmente-
Grupo serológico (<i>lancefield</i>)	Piogénico u oral	Usualmente D 38-41	Usualmente N 34-38
%mol G + C (rango normal)	Variable (A-O) 35-46	<i>E. fecalis</i> <i>E. faecium</i>	<i>L. afinolactus</i> <i>L. plantarum</i>
Especies representativas	<i>Estreptococo piogénicos</i> <i>S. pyogenes</i> <i>S. equi</i> <i>S. disgalactiae</i> <i>Estreptococo orales</i> <i>S. gordonii</i> <i>S. salvarius</i> <i>S. sanguis</i> <i>S. oralis</i> <i>S. pneumoniae</i> <i>S. mitis</i> <i>S. mutans</i> <i>Otros estreptococos</i> <i>S. bocis</i> <i>S. saccharolyticus</i> <i>S. termofilus</i> <i>S. susisi</i>	<i>E. avium</i> <i>E. durans</i> <i>E. gallinarum</i>	

Fuente: elaboración propia.

Pasos de tratamiento

En el tratamiento de aguas residuales se pueden distinguir hasta cuatro etapas que comprenden procesos químicos, físicos y biológicos:

- Tratamiento preliminar, destinado a la eliminación de residuos fácilmente separables y en algunos casos un proceso de preaireación.
- Tratamiento primario que comprende procesos de sedimentación y tamizado.
- Tratamiento secundario que comprende procesos biológicos aerobios, anaerobios y físico-químicos (floculación) para reducir la mayor parte de la DBO.
- Tratamiento terciario o avanzado que está dirigido a la reducción final de la DBO., metales pesados, contaminantes químicos específicos y la eliminación de patógenos y parásitos.

Sistemas de tratamiento biológico

Los objetivos del tratamiento biológico son tres: reducir el contenido en materia orgánica de las aguas, reducir su contenido en nutrientes y eliminar los patógenos y parásitos.

Estos objetivos se logran por medio de procesos aeróbicos y anaeróbicos, en los cuales la materia orgánica es metabolizada por diferentes cepas bacterianas.

Estanques de lodos activos

El tratamiento se proporciona mediante difusión de aire por medios mecánicos en el interior de tanques. Durante el tratamiento los microorganismos forman flóculos, que posteriormente se dejan sedimentar en un tanque, denominado tanque de clarificación.

El sistema básico comprende, pues, un tanque de aireación y un tanque de clarificación por los que se hace pasar los lodos varias veces.

Los dos objetivos principales del sistema de lodos activados son la oxidación de la materia biodegradable en el tanque de aireación y la floculación que permite la separación de la biomasa nueva del efluente tratado. Este sistema permite una remoción de hasta un 90% de la carga orgánica, pero tiene algunas desventajas: en primer lugar requiere de instalaciones costosas y la instalación de equipos electromecánicos que consumen un alto costo energético. Por otra parte produce un mayor volumen de lodos que requieren de un tratamiento posterior por medio de reactores anaeróbicos y su disposición en rellenos sanitarios bien instalados.

Tratamiento anaerobio

Consiste en una serie de procesos microbiológicos, dentro de un recipiente hermético, dirigidos a la digestión de la materia orgánica con producción de metano.

Es un proceso en el que pueden intervenir diferentes tipos de microorganismos pero que está dirigido principalmente por bacterias. Presenta una serie de ventajas frente a la digestión aerobia: generalmente requiere de instalaciones menos costosas, no hay necesidad de suministrar oxígeno por lo que el proceso es más barato y el requerimiento energético es menor. Por otra parte se produce una menor cantidad de lodo (el 20% en comparación con un sistema de lodos activos) y además este último se puede disponer como abono y mejorador de suelos. Además, es posible producir un gas útil.

“Para el tratamiento anaerobio a gran escala se utilizan rectores de flujo ascendente o RAFA (Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente) con un pulimento aerobio en base de filtros percoladores y humedales”.¹⁹

Humedales artificiales

Este sistema consiste en la reproducción controlada, de las condiciones existentes en los sistemas lagunares someros o de aguas lenticas los cuales, en la naturaleza, efectúan la purificación del agua. Esta purificación involucra una mezcla de procesos bacterianos aerobios-anaerobios que suceden en el entorno de las raíces de las plantas hidrófilas, las cuales a la vez que aportan oxígeno consumen los elementos aportados por el metabolismo bacterial y lo transforman en follaje.

Este sistema es el más amigable desde el punto de vista ambiental ya que no requiere instalaciones complejas, tiene un costo de mantenimiento muy bajo y se integra al paisaje natural propiciando incluso refugio a la vida silvestre. Quizás se podría mencionar como única desventaja la mayor cantidad de superficie necesaria.

¹⁹ NALCO. Manual del Agua su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. Tomo I. p. 277.

2.1.2.1. Tratamiento primario

Consiste en la remoción de sólidos y residuos fácilmente separables y es un procedimiento más bien físico y se puede iniciar forzando el paso de las aguas a tratar por un sistema de rejillas metálicas d diferentes, entre hierros que van atrapando sólidos flotantes y en suspensión de gran tamaño.

Desbaste

Consiste en la eliminación de los sólidos de tamaño grande y mediano (trozos de madera, trapos, raíces, envases plásticos, etcétera), así como, de finos, que de otro modo podrían deteriorar u obstruir el paso de la corriente de agua. El procedimiento más usual consiste en hacer pasar las aguas a través de rejas, que de acuerdo con la separación entre los barrotes pueden clasificarse en:

- Desbaste de gruesos: el paso libre entre los barrotes es de 50 a 100 milímetros.
- Desbaste de finos: el paso libre entre los barrotes es de 10 a 25 milímetros.

Tamizado

Tiene por objeto la reducción del contenido de sólidos en suspensión de las aguas residuales, mediante su filtración a través de un soporte delgado dotado de ranuras de paso.

Para el pretratamiento de las aguas residuales urbanas se recurre al empleo de tamices con luces de paso comprendidas entre 0,2 y 6 milímetros.

Existen dos tipos de tamices:

- Estáticos: constan de un enrejado constituido por barras horizontales, orientados de tal forma que la parte plana se encara al flujo. La inclinación del enrejado disminuye progresivamente de arriba abajo, entre 65 grados Celsius y 45 grados Celsius, aproximadamente.

El agua a tratar se introduce por la parte superior del tamiz y los sólidos mayores que la luz de paso quedan retenidos por el enrejado, rodando hasta un contenedor inferior.

Rotativos: están constituidos por un enrejado cilíndrico de eje horizontal, que gira lentamente accionado por un motorreductor. La alimentación del tamiz se efectúa por su parte exterior y los sólidos de tamaño superior a la luz de paso, quedan retenidos en la parte externa del cilindro, eliminándose por la acción de una cuchilla y por el propio giro de la unidad.

Desarenado su objetivo es la extracción de la mayor cantidad posible de las arenas presentes en las aguas residuales. Dentro de la denominación arenas se incluyen las arenas propiamente dichas, gravas y partículas más o menos grandes de origen mineral u orgánico. Con esta operación se pretende proteger los equipos mecánicos contra la abrasión y el desgaste y evitar la acumulación de estas materias pesadas.

Normalmente, se dimensionan los desarenadores para la eliminación de partículas de tamaño superior a los 0,2 milímetros.

- Desengrasado: en esta etapa se eliminan las grasas y demás materias flotantes de menor densidad que el agua. Normalmente, las operaciones de desarenado y desengrasado se llevan a cabo de forma conjunta en unidades de tratamiento conocidas como desarenadores - desengrasadores aireadores.

Los tratamientos primarios más habituales son:

Decantación primaria: su objetivo es la eliminación de la mayor parte de los sólidos sedimentables, bajo la acción exclusiva de la gravedad.

La retirada de estos sólidos es muy importante, ya que en caso contrario originarían fuertes demandas de oxígeno en el resto de las etapas de tratamiento de la estación.

- Tratamientos fisicoquímicos: en este tipo de tratamiento se consigue, mediante la adición de reactivos químicos, incrementar la reducción de los sólidos en suspensión, al eliminar, además sólidos coloidales. Se incrementa el tamaño y densidad de los mismos mediante procesos de coagulación-floculación.

Estos tratamientos se aplican fundamentalmente:

- Cuando las aguas residuales presentan vertidos industriales que pueden afectar negativamente al tratamiento biológico.
- Para evitar sobrecargas en el posterior tratamiento biológico.

- Cuando se dan fuertes variaciones estacionales de caudal.
- Para la reducción del contenido en fósforo Con estos tratamientos se pretende la reducción de la contaminación orgánica y la coagulación y eliminación de sólidos coloidales no decantables.

2.1.2.2. Tratamiento secundario

Los procesos biológicos se realizan con la ayuda de microorganismos (fundamentalmente bacterias), que en condiciones aerobias actúan sobre la materia orgánica presente en las aguas residuales. El aporte de oxígeno para el mantenimiento de las reacciones biológicas (oxidación, síntesis y respiración endógena), generalmente se realiza introduciendo aire en los recipientes donde se llevan a cabo estas reacciones. Estos recipientes se conocen con el nombre de Reactores Biológicos o Cubas de Aireación.

“Los dos métodos más habituales para el aporte de oxígeno a los Reactores Biológicos hacen usos de aireadores mecánicos o de difusores”.²⁰

Las nuevas bacterias que van apareciendo en los reactores tienden a unirse (floculación), formando agregados de mayor densidad que el líquido circundante y en cuya superficie se va absorbiendo la materia en forma coloidal.

²⁰KEMMER, Frank N. Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización. p. 78.

Para la separación de estos agregados, conocidos como lodos o fangos, el contenido de los reactores biológicos (*licor de mezcla*) se conduce a una etapa posterior de decantación (Decantación o Clarificación Secundaria), donde se consigue la separación de los lodos de los efluentes depurados por la acción de la gravedad.

De los lodos decantados una fracción se purga como lodos en exceso, mientras que otra porción se recircula al reactor biológico para mantener en él una concentración determinada de microorganismos.

El proceso anteriormente descrito, se conoce como Lodos Activos; fue desarrollado en 1914 en Inglaterra por Arden y Lockett y hoy en día esta tecnología en sus distintas modalidades (Convencional, Contacto-Estabilización, Aireación Prolongada, etcétera), es la más ampliamente aplicada a nivel mundial para el tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Para la eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo), se recurre cada vez más al empleo de procesos biológicos. No obstante, en el caso del fósforo, los procesos de precipitación química, empleando sales de hierro y de aluminio, continúan siendo los de mayor aplicación.

En la eliminación biológica de nitrógeno se opera de forma secuencial bajo condiciones óxicas y anóxicas, que dan como resultado final su liberación a la atmósfera, en forma de nitrógeno gaseoso.

Para la eliminación biológica del fósforo, se combinan reactores operando bajo condiciones anaerobias, óxicas y anóxicas, quedando el fósforo almacenado en los microorganismos, que posteriormente se extraen como lodos en exceso. Combinando los procesos anteriores también es posible la eliminación conjunta de ambos nutrientes.

2.1.2.3. Tratamiento terciario

Debido a la propia naturaleza de las aguas residuales urbanas o la contaminación de estas con aguas saladas durante la recolección y transporte a las estaciones de tratamiento, la salinidad de estas aumenta considerablemente lo que hace inviable su reutilización directa para riego. En estos casos se hace necesaria la utilización de procesos de desalinización de aguas en los procesos terciarios.

Debido al carácter salobre de estas aguas, cuya salinidad suele ser inferior a los 5 gramos/litro, se utilizan las tecnologías de desalación por ósmosis inversa o electrodiálisis reversible.

Previo a este paso es práctica habitual la utilización de técnicas de filtración como la ultrafiltración (UF) o la microfiltración (MF).

Con relación a la desinfección de los efluentes depurados; el cloro ha sido y continúa siendo, el desinfectante típico en el campo de las aguas residuales. Al incrementarse el número de requisitos para lograr bajas o indetectables cantidades de cloro residual en los efluentes tratados, se hace precisa la implantación de procesos posteriores de decloración o bien, la sustitución de los sistemas de cloración por sistemas de desinfección alternativos, tales como la radiación UV, el empleo de ozono o el uso de membranas.

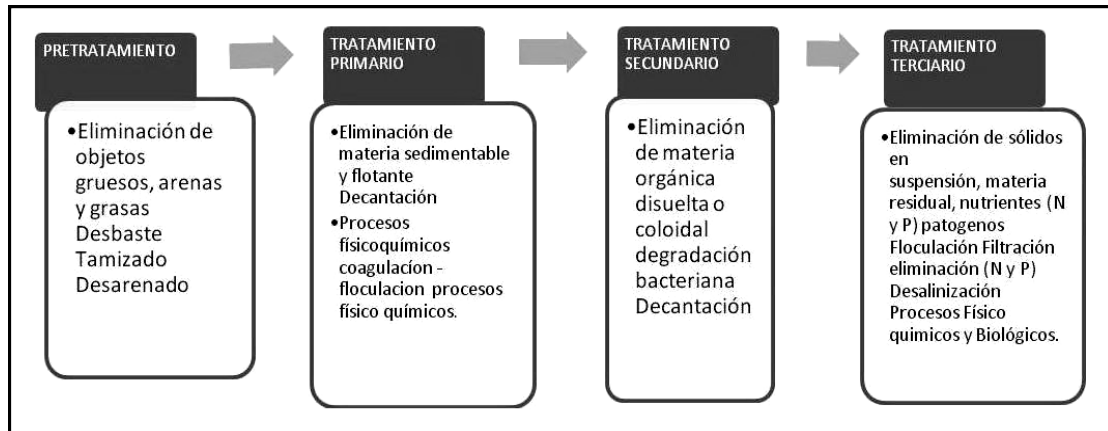
En la tabla se muestran los rendimientos medios de depuración que se alcanzan en función del tipo de tratamiento aplicado a las aguas residuales urbanas.

Tabla II. **Rendimientos medios de depuración en función del tipo de tratamiento aplicado a las aguas residuales**

Etapa de depuración	Sólidos en suspensión	D.B.O. ₅	<i>E. coli</i>
Pretratamiento	5-15	5-10	10-25
Tratamientos Primarios	40-70	25-40	25-70
Tratamientos Secundarios	80-90	80-95	90-98
Tratamientos Terciarios	90-95	95-98	98

Fuente: elaboracion propia.

Figura 8. Diagrama de etapas de un tratamiento



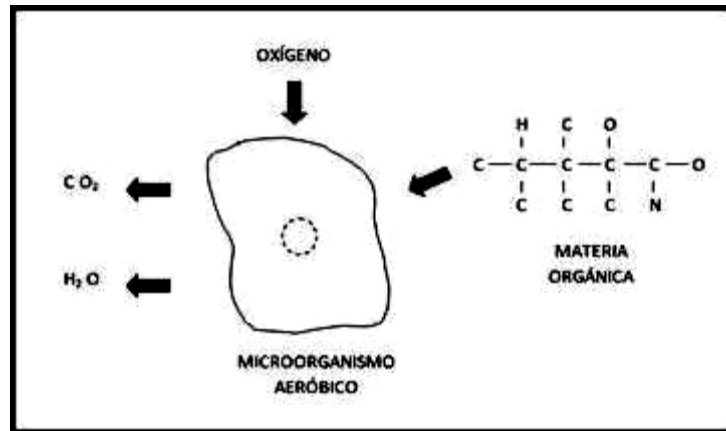
Fuente: elaboración propia.

Tratamiento aeróbico

Sistemas aeróbicos

Están basados en aquellos microorganismos que pueden desdoblar a la materia orgánica tal y como se muestra en la figura 9.

Figura 9. **Degradación aeróbica de la materia orgánica**



Fuente: elaboración propia.

Proceso de tratamiento aeróbico

Estos microorganismos al entrar en contacto con la materia orgánica presente en las aguas residuales utilizan la misma como una fuente alimenticia, obteniendo del proceso metabólico involucrado, como salidas.

Los efluentes de agua tratada y el CO₂ el mayor problema con este tipo de sistemas es el suministro del oxígeno necesario para el crecimiento de esta población de microorganismos, por lo que se emplean métodos naturales o artificiales para el mismo. Se tiene que tener presente que a mayor población bacteriana, estas tendrán mayores requerimientos energéticos, por lo que el proceso de tratamiento de la materia orgánica será mucho más eficiente.

El objetivo en sí es la búsqueda de las condiciones ideales que favorezcan el crecimiento de estos microorganismos, por lo que las principales diferencias entre los diferentes sistemas de tratamiento aeróbicos es la forma en que se va a suministrar el oxígeno y, el medio de soporte físico para la población de microorganismos. Una consideración adicional a tener en cuenta es la cantidad de lodos que se generan en estos procesos aeróbicos y que necesitan ser estabilizados y dispuestos adecuadamente.

Proceso de tratamiento anaeróbico

La degradación anaerobia de la materia orgánica requiere la intervención de diversos grupos de bacterias facultativas y anaerobias estrictas, las cuales utilizan en forma secuencial los productos metabólicos generados por cada grupo. La digestión anaerobia de la materia orgánica involucra tres grandes grupos tróficos y cuatro pasos de transformación:

- Hidrólisis
Grupo I: bacterias hidrolíticas

- Acidogénesis
Grupo I: bacterias fermentativas

- Acetogénesis
Grupo II: bacterias acetogénicas

- Metanogénesis
Grupo III: bacterias metanogénicas²¹

²¹ McCALLION, John. Manual de Disposición de Aguas Residuales. p. 127.

El proceso se inicia con la hidrólisis de polisacáridos, proteínas y lípidos por la acción de enzimas extracelulares producidas por las bacterias del Grupo I los productos de esta reacción son moléculas de bajo peso molecular como los azúcares, los aminoácidos, los ácidos grasos y los alcoholes, los cuales son transportados a través de la membrana celular; posteriormente, son fermentados a ácidos grasos con bajo número de carbonos como los ácidos: acético, fórmico, propiónico y butírico, así como compuestos reducidos como el etanol, además de H₂ y CO₂.

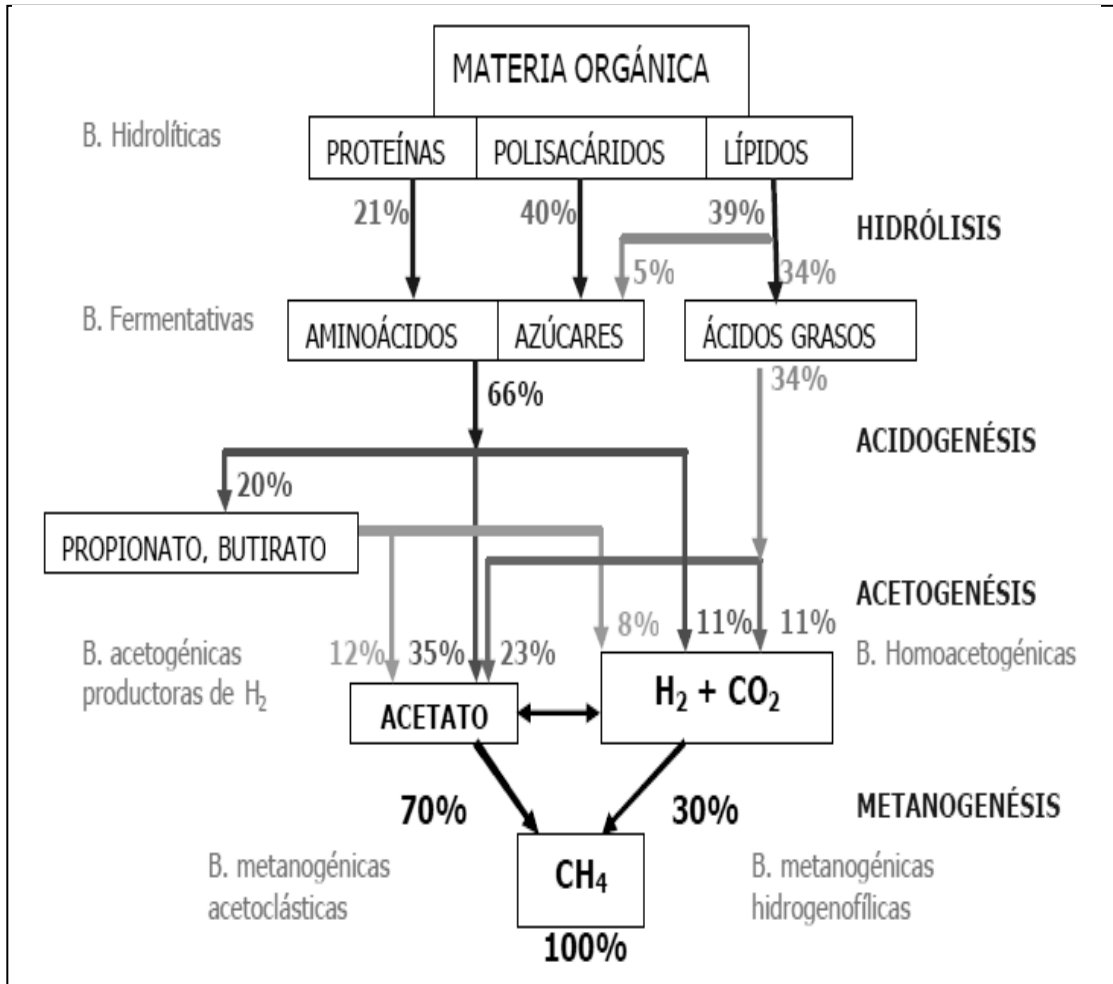
Los productos de fermentación son convertidos a acetato, hidrógeno y dióxido de carbono por la acción de las bacterias del Grupo II, las cuales son conocidas como bacterias acetogénicas productoras de hidrógeno.

Finalmente las bacterias del Grupo III o metanogénicas convierten el acetato a metano y CO₂ o reducen el CO₂ a metano, estas transformaciones involucran dos grupos metanogénicos que son los encargados de llevar a cabo las transformaciones mencionadas anteriormente: acetotróficas e hidrogenotróficas.

“En menor proporción, compuestos como el metanol, las metilaminas y el ácido fórmico pueden también ser usados como sustratos del grupo metanogénico”.²²

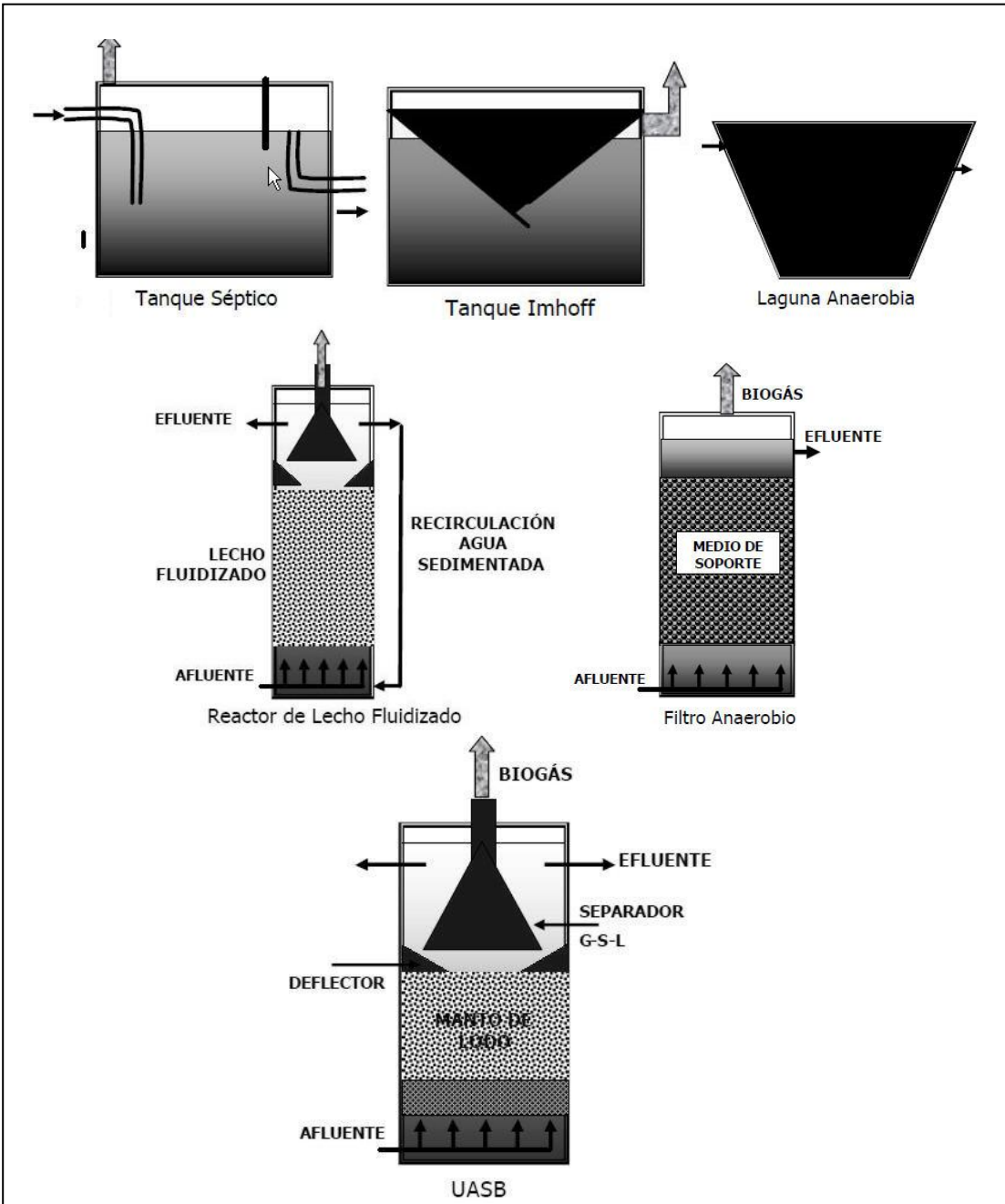
²²KEMMER, Frank N. Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización. p. 22.

Figura 10. **Etapas de la degradación anaeróbica**



Fuente: KEMMER, Frank N. Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización. p. 24.

Figura 11. Tipos de reactores anaeróbicos



Fuente: GARCÍA MARTÍN, Isabel. Guía sobre tratamiento de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de población y mejora de la calidad de los efluentes. p. 76.

2.1.3. Levantamiento topográfico

Lo constituyen la planimetría y altimetría las cuales son la parte más importante de la información recabada en el campo. Los equipos modernos denominados: estación total, permiten obtener datos de altimetría y planimetría bastante precisos, los cuales se exportan a una aplicación CAD. A partir de la cual generan planos en planta y perfil en escalas apropiadas.

2.1.3.1. Planimetría

Son todos los trabajos efectuados en el campo para tomar los datos geométricos necesarios basados en un norte para su orientación y así proyectar una figura en un plano horizontal. Para el levantamiento planimétrico se utilizó una estación total marca TOPCON serie 3 000 y sus respectivos prismas.

2.1.3.2. Altimetría

La altimetría sirve para obtener los datos de nivelación al determinar la sección vertical del terreno. Son los trabajos necesarios para representar sobre el plano vertical la tercera dimensión sobre el terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno o construcción, para ello, la estación total mide el tiempo que tarda en enviar y recibir una señal infrarroja en la dirección del prisma y por un sistema de teledetección láser determina las distancias horizontal y vertical de los puntos observados con una gran precisión pudiendo detallar relieves con exactitud milimétrica.

2.1.4. Localización del cuerpo receptor

“Las aguas residuales son descargadas normalmente a una pequeña quebrada intermitente tributaria al afluente del río Guadrócito que a su vez es un río tributario del río Villa Lobos y descarga a la cuenca del lago de Amatitlán. Se encuentra ubicado en la zona 12 de la ciudad capital en el departamento de Guatemala, con coordenadas geográficas 14° 34' 53,38" n y 90° 31' 56,98" o y coordenadas Universal Transverse Mercator norte 13 125 metros, este 65 300 metros y una elevación aproximada de 1 450 metros sobre el nivel del mar”.²³.

2.1.5. Caracterización de las aguas residuales

Las aguas residuales provenientes del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala son de origen doméstico, provenientes únicamente de: servicios sanitarios, duchas, lavamanos, orinales, lavandería y cocina, por lo que los contaminantes que agregan son únicamente de tipo orgánico. Dicha caracterización se obtuvo a través de un examen físico-químico de aguas residuales realizado por el centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería, en el mismo se determinaron parámetros como: DQO, D.B.O./5, sólidos en suspensión, sólidos disueltos, fosfatos, nitratos, potencial de hidrógeno, sólidos sedimentables. (Ver sección de anexos).

²³Instituto Geográfico Nacional IGN. Hoja cartográfica 1:50000. Guatemala 2959 I. 1 p.

2.1.6. Caudales de descarga

El caudal fue determinado por el método volumétrico, utilizando un recipiente tipo cubeta con capacidad de 5 galones americanos o 18,92 litros realizando mediciones en función del tiempo, cuyo promedio es 0,75 litros por segundo se hicieron medidas a diferentes horas dando como resultado la siguiente tabla de caudales.

Tabla III. **Caudales respecto del tiempo para los tres puntos de descarga**

Hora 8:20

FECHA	04/11/2010			
Hora	8:20	Tubo 1	Canal	Tubo 2
L1		59	4,04	64,8
L2		54	5	90
L3		52	5	151,8
L4		42	5	498
L5		51	5,68	681
Promedio		51,6	4,944	297,12

Hora 13:00

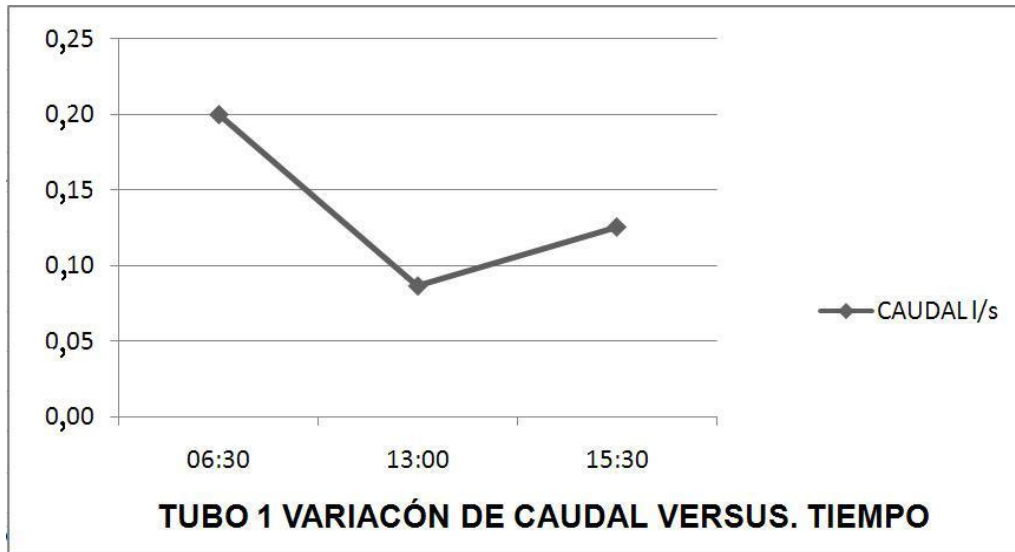
Hora	13:00	Tubo 1	Canal	Tubo 2
L1		120	3,51	165
L2		138	4	178
L3		214,8	3,81	166
L4		367,2	3,8	182
L5		255	3,99	206
Promedio		219	3,822	179,4

Hora 15:30

Hora	15:30	Tubo 1	Canal	Tubo 2
L1		63	4,07	86
L2		78,6	4,28	98
L3		129	4,35	126
L4		242,4	4,36	148
L5		241,8	4,25	226
Promedio		150,96	4,262	136,8

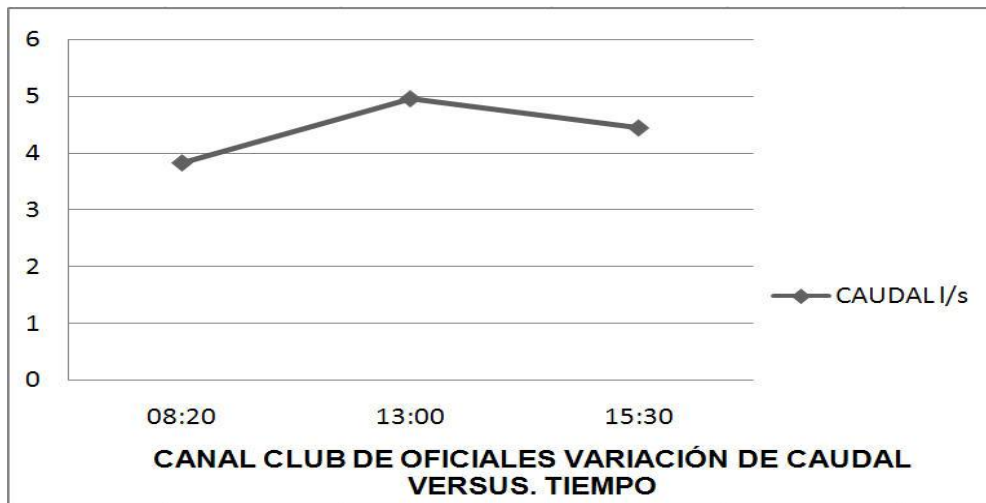
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Variación de caudal respecto al tiempo, tubo 1**



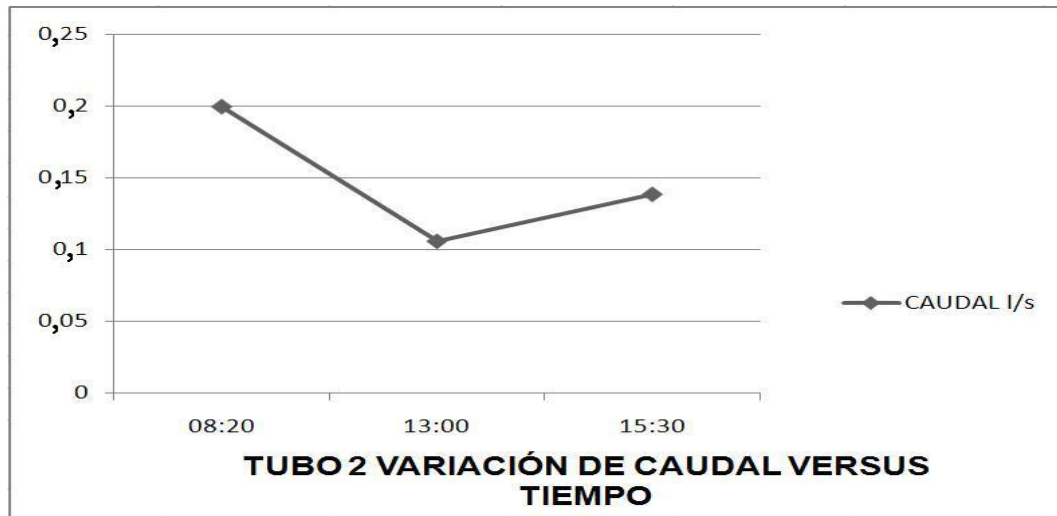
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Gráfica de variación de caudal**



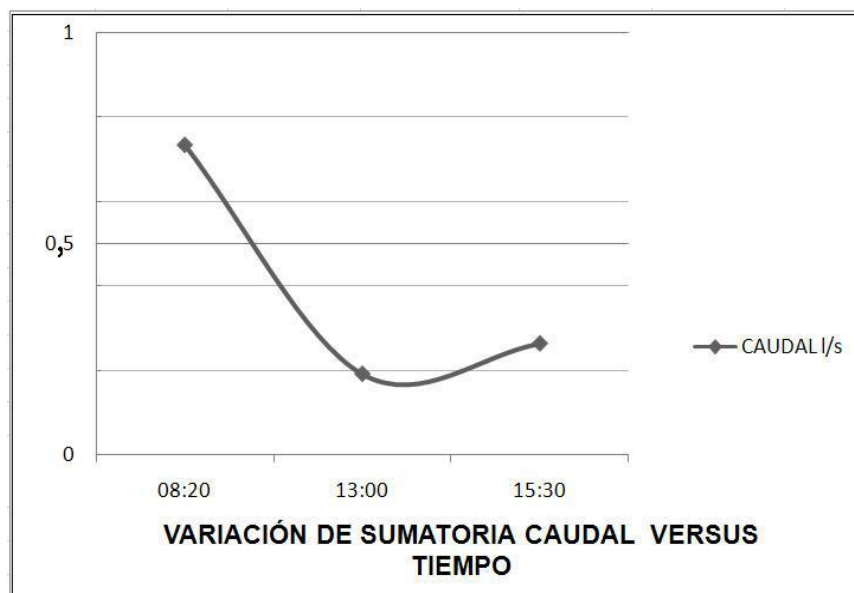
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Variación del caudal respecto al tiempo, tubo 2**



Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Variación de sumatoria caudal versus tiempo**



Fuente: elaboración propia.

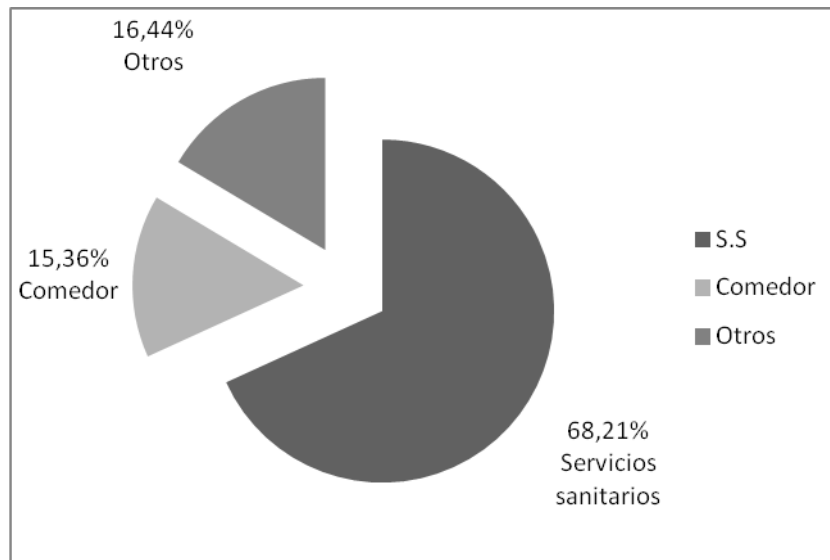
La composición de los contaminantes en las aguas residuales se representa en la siguiente tabla.

Tabla IV. **Dotación de agua para artefactos sanitarios**

Sanitarios		Dot		Uso diario
Serv, San	22	14		8
Lavamanos	20	15		8
Duchas	20	155		12
Mingitorios	10	12		8
total	43 024	l/día		

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Gráfica de la composición porcentual del origen de las aguas residuales producidas**



Fuente: elaboración propia.

2.1.7. Período de diseño

El período de diseño para un sistema de tratamiento depende de muchos aspectos como la vida útil de los materiales, el crecimiento de la población que en este caso no varía respecto del tiempo pues corresponde a instalaciones militares con una población normal fija. Por lo que se fijo en 20 años el período durante el cual se espera que dé un servicio apropiado.

2.1.8. Cálculo de población

La población del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala es de aproximadamente 850 efectivos entre tropa, compañía de apoyo, primer, segundo y tercer batallón de zapadores, batallón de ingenieros constructores y oficiales superiores y oficiales subalternos. Proyectando hasta un máximo de 1 500 personas, dado que el personal presente no aumentará por lo que se puede estimar la población como fija respecto del tiempo.

2.1.9. Requerimientos de diseño

El diseño de un sistema de tratamiento se realiza tomando en cuenta diferentes aspectos, de acuerdo con los diferentes objetivos que se tengan por cumplir, para el tratamiento de aguas residuales que se propone se busca la clarificación de las aguas descargadas, reducción de la DBO y eliminación de patógenos presentes en el agua.

2.1.9.1. Caudal de diseño

Es el caudal mínimo necesario para que se mantengan con vida las macrocolonias de bacterias en el filtro torre, estas bacterias necesitan condiciones de humedad y temperatura apropiadas para su proliferación y que también puedan estar en contacto con el agua contaminada que es de donde obtienen su alimento.

2.1.9.2. Parámetros de tratamiento

Son todos aquellos factores cuantitativos que permiten medir el funcionamiento y efectividad del sistema de tratamiento, dentro de los más usados se encuentra:

- DBO₅ o demanda bioquímica de oxígeno.
- Potencial de hidrógeno (PH): es un término usado universalmente para expresar la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución. Es un modo de expresar la concentración del ion-hidrógeno o más precisamente, la actividad del ion-hidrógeno.
- Color: resulta de la presencia de sales metálicas, materia orgánica y otros materiales suspendidos. El color se puede expresar como aparente o real. El color aparente incluye los materiales disueltos y la materia suspendida, filtrando o centrifugando la materia en suspensión se puede determinar el color real.

- Hierro y manganeso existe en suelos y minerales principalmente como óxido férrico insoluble. El manganeso existente en el suelo principalmente como bióxido de manganeso.
- Tanto el hierro como el manganeso interfieren con las operaciones de lavandería, imparte manchas objetables a la tubería y causa dificultades en los sistemas de distribución debido al crecimiento de bacterias ferrosas. El hierro también imparte un sabor que es detectable en concentraciones muy bajas.

2.1.9.3. Tipos de tratamiento para aguas residuales

Son todos los procedimientos que se realizan a las aguas residuales para evitar o disminuir los efectos negativos de la descarga de aguas residuales a los ríos y lagos. Los tratamientos pueden ser: físicos, químicos y biológicos, normalmente se incluyen los tres tipos de tratamientos en las descargas de poblaciones grandes.

- Tratamiento físico

Está encaminado a eliminar en su mayoría los sólidos presentes en el agua a través de filtrado forzando el paso del agua por en medio de rejillas metálicas que atrapan sólidos flotantes de gran tamaño que normalmente son arrastrados por el agua, para retirar del agua la materia coloidal y los sólidos en suspensión se utilizan coaguladores o floculadores, que son sustancias químicas que aglomeran la materia coloidal en partículas más grandes y pesadas hasta el punto de hacerlas precipitar por su propio peso, uno de los más utilizados por su eficiencia y relativo bajo costo es el sulfato de aluminio.

- Tratamiento biológico

Está encaminado a eliminar las bacterias patógenas y restituir la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. El crecimiento de bacterias en el agua está limitado por la cantidad de alimento disponible (materia orgánica) entre más materia orgánica esté presente en el agua, como es el caso de las aguas residuales, el crecimiento de las bacterias será descontrolado y para su crecimiento consumirán todo el oxígeno disponible haciendo que el agua ya no sea capaz de sustentar la vida por su bajo contenido de oxígeno disuelto.

Los tratamientos biológicos ya sea anaeróbicos(en ausencia de oxígeno) y aeróbicos (en presencia de oxígeno), están dirigidos a lograr que las bacterias retiren del agua a ser descargada la mayor cantidad de materia orgánica que sea posible con el fin de que cuando llegue al cuerpo receptor tengan materia orgánica disponible mínima para que las bacterias no crezcan de manera descontrolada y el agua sea capaz de sustentar la vida, esto se puede lograr a través de filtros percoladores, lodos activados, lagunas aeróbicas, lagunas anaeróbicas y lagunas facultativas.

- Tratamiento químico

Está encaminado a retirar del agua metales pesados nitritos, nitratos, fosfatos y sustancias químicas tóxicas que aunque normalmente se encuentran muy disueltas, pueden llegar a reconcentrarse a cuando entran en una cadena trófica. Uno de los más utilizados por su relativo bajo costo y facilidad de aplicación es la alcalinización, el cual consiste en agregar al agua sulfato de calcio (cal hidráulica) en proporción a la cantidad de metales pesados y químicos disueltos en el agua.

Al agregarles este compuesto se busca hacerlos reaccionar con el sulfato de calcio para que aunque todavía estén presentes en el agua estén inertes, desafortunadamente este es uno de los pasos más caros de un proceso de tratamiento de aguas residuales ya que dependiendo del tipo de sustancias químicas presentes en el agua serán necesarios diferentes compuestos químicos que reaccionen para retirar u oxidar los contaminantes.

2.1.10. Conceptos básicos del tratamiento de aguas residuales

Un tratamiento de aguas residuales está encaminado a la reducción de parámetros de contaminación de modo que al devolver el agua a una cuenca hidrográfica sea segura para los ecosistemas presentes, otra de las opciones para las aguas residuales ya tratadas es la reutilización en riego de cultivos, por lo que es importante la eliminación de microorganismos patógenos si el agua será utilizada en riego de cultivos para consumo humano.

2.1.10.1. Sedimentación

La sedimentación es el proceso por el cual el material sólido, transportado por una corriente de agua, se deposita en el fondo de un río, canal artificial o dispositivo construido especialmente para tal fin.

Toda corriente de agua, caracterizada por su caudal, tirante de agua, velocidad y forma de la sección tiene una capacidad de transportar material sólido en suspensión. El cambio de alguna de estas características de la corriente puede hacer que el material transportado se sedimente; o el material existente en el fondo o márgenes del cauce sea erosionado.

El sedimento es un material sólido, acumulado sobre la superficie terrestre (litosfera) derivado de las acciones de fenómenos y procesos que actúan en la atmósfera, en la hidrósfera y en la biósfera (vientos, variaciones de temperatura, precipitaciones meteorológicas, circulación de aguas superficiales o subterráneas, desplazamiento de masas de agua en ambiente marino o lacustre, acciones de agentes químicos y acciones de organismos vivos).

Puesto que la mayor parte de los procesos de sedimentación se producen bajo la acción de la gravedad, las áreas elevadas de la litosfera terrestre tienden a ser sujetas prevalentemente a fenómenos erosivos, mientras que las zonas deprimidas están sujetas prevalentemente a la sedimentación. Las depresiones de la litosfera en la que se acumulan sedimentos, son llamadas cuencas sedimentarias.

El proceso de sedimentación puede ser benéfico, cuando se piensa en el tratamiento del agua o perjudicial, cuando se piensa en la reducción del volumen útil de los embalses o en la reducción de la capacidad de un canal de riego o drenaje.

La sedimentación es un proceso que forma parte de la potabilización del agua y de la depuración de aguas residuales.

- Potabilización del agua: en la potabilización del agua, el proceso de sedimentación está gobernado por la ley de Stokes, que indica que: las partículas sedimentan más fácilmente cuando mayor es su diámetro, su peso específico comparado con el del líquido y cuando menor es la viscosidad del mismo.

Por ello, cuando se quiere favorecer la sedimentación se trata de aumentar el diámetro de las partículas, haciendo que se agreguen unas a otras, proceso denominado coagulación y floculación.

- Tratamiento de las aguas residuales: en el tratamiento de las aguas residuales, este proceso se realiza para retirar la materia sólida fina, orgánica o no orgánica, de las aguas residuales, aquí el agua pasa por un dispositivo de sedimentación donde se depositan los materiales para su posterior eliminación, el proceso de sedimentación puede reducir de un 20% a un 40% la DBO_5 y de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión.
- Dispositivos sedimentadores

Los dispositivos construidos para que se produzca la sedimentación en ellos son:

- Desarenador: diseñado para que se sedimenten y retengan sólo partículas mayores de un cierto diámetro nominal y en general de alto peso específico (arena).
- Sedimentadores o decantadores, normalmente utilizados en plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales o servidas.
- Presas filtrantes: destinadas a retener los materiales sólidos en las partes altas de las cuencas hidrográficas.

2.1.10.2. Propiedades geológicas de la roca volcánica

Como es sabido, la piedra volcánica es un material originado por una emulsión gaseosa de cristales, desechos, pumitas y lapillo en estado semifundido que se deposita y se cementa en una pasta de fondo de elementos de cenizas de vidrio volcánico.

Dependiendo de cuál haya sido su formación, la piedra conserva en su interior una gran cantidad de huecos y burbujas de aire, en una proporción del 40% al 50% de su volumen, que determinan las características físicas y mecánicas que hacen que este material sea especialmente valorado y apreciado en el sector de la construcción.

- Datos técnicos

Las pruebas de laboratorio llevadas a cabo, han presentado los siguientes datos de carga media de rotura por compresión lateral libre:

- 47 kg /cm en estado seco
- 38 kg /cm en estado embebido
- 39 kg /cm tras ciclos de hielo / deshielo
- Datos técnicos de la piedra volcánica

Según la naturaleza de la roca piroclástica y de sus propiedades físicas y mecánicas, los bloques de piedra volcánica se convierten en un material de construcción por excelencia, tanto por su bajo peso volumétrico de sólo 1,6 tonada/metro cúbico como por su ligereza y su cómodo transporte, traslado y colocación.

Las características mecánicas convierten a este producto en un material especialmente adecuado para la construcción de muros de carga. Sobre todo para la edificación de viviendas en zonas con actividad sísmica.

Su resistencia al aplastamiento de 50 kilogramos/metro cuadrado permite construir edificios de 4 a 5 pisos de altura, autorizados también en áreas de baja actividad sísmica (5- 6), sin forzar, las medidas de las secciones de muros.

Por el contrario en las zonas con una actividad media (5 - 9) es posible construir entre 3 y 4 plantas más un semisótano.

La piedra volcánica por las características vítreas y esponjosas del material que la compone y por la presencia de los huecos, posee propiedades que lo convierten en un aislante térmico, acústico y resistente al fuego claramente superior y que no se obtiene con otros materiales naturales de construcción.

Su conductividad térmica, por su estructura alveolar natural, es inferior a 0,40 Watts / metro cuadrado por grado Celcius y su calor específico es similar al de la lana, por lo que la transmisión térmica de los muros es baja. Dichas propiedades permiten un ahorro considerable en la instalación del sistema de calefacción y refrigeración de los edificios, reduciendo los niveles de contaminación ambiental en los núcleos de población de paredes dobles en los muros exteriores de las viviendas para hacer frente a los efectos de determinadas condiciones climáticas.

2.1.10.3. Propiedades de la roca volcánica como medio filtrante

Las rocas volcánicas pueden clasificarse según los siguientes criterios: composición química. Color, contenido de sílice y composición mineralógica. Se dividen en dos grupos, rocas microlíticas y rocas vítreas. Las rocas microlíticas: son rocas de tiempo de consolidación relativamente lento. Entre estas se tienen las siguientes: riolita, traquitas, andesitas dacitas, basalto. fonolita, nefelinitas, limburgitas y kimberlitas.

Rocas vítreas son rocas de un tiempo de consolidación muy rápido; entre las rocas vítreas se encuentran las siguientes: retinita, obsidianas y taquilas.

Textura y composición mineralógica, términos derivados de una palabra que significa entretrejer o trenzar, es una característica física de todas las rocas.

El término se aplica al aspecto general de las mismas. Al referirse a la textura de las rocas volcánicas. Habla específicamente del tamaño, forma y arreglo o entrelace y sus granos minerales. Entre las texturas de las rocas se encuentran las siguientes. Textura grano grueso (fanerítica), textura de grano fino (anafanítica), textura vítrea y textura porifirítica.

La provincia volcánica cubre la parte suroccidental y oriental de Guatemala, extendiéndose hacia las otras repúblicas centroamericanas. Esta zona se caracteriza por sus altas montañas, por su cadena de altos conos y domos, varios de ellos todavía activos, como por ejemplo, los volcanes Santiaguito, Fuego y Pacaya, que se encuentran alineados entre el plano costero del pacífico y un cinturón de rocas volcánicas.

La edad de las rocas se puede dividir en tres fases:

Rocas volcánicas sin dividir, rocas volcánicas, cenizas volcánicas y pómez.

Rocas volcánicas sin dividir: estas rocas (tobas, lavas, lahares y otras), pertenecen al cinturón volcánico y se formaron durante el período terciario. Se pueden encontrar en los departamentos de San Marcos, Totonicapán, Quetzaltenango, Sololá, Quiché, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, Chiquimula y una franja al sur de Huehuetenango.

Rocas volcánicas: esta clase de rocas (lavas, lahares y tobas), son propias del cinturón volcánico ya que su formación se debió a la aparición de la cadena volcánica que se localiza en Guatemala, de este a oeste, aflorando en el norte de los departamentos de Retalhuleu, Mazatenango y Escuintla, así como, en el sur y el oeste de San Marcos y en el sur de los departamentos de: Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala y Jutiapa, pudiéndose observar también al oeste de Santa Rosa, estas se formaron al principio del período Cuaternario.

Ceniza volcánica y pómez. Se encuentra diseminados principalmente, en el cinturón volcánico, estando en las cabeceras departamentales de San Marcos, Quetzaltenango, Sololá, Quiché, Huehuetenango y Guatemala, asentadas sobre esta clase de rellenos pomáceos, existiendo además en el norte de Sacatepéquez, en el centro de El progreso al sur de Izabal, son rocas muy recientes del período Cuaternario.

- Porosidad

Se define la porosidad como la razón del volumen de sus huecos y el volumen total de la roca.

- Permeabilidad

La propiedad de una formación acuífera en lo referente a su función transmisora o de conducto, se denomina permeabilidad. La permeabilidad se define como la capacidad de un medio poroso para transmitir agua.

El movimiento del agua de un punto a otro del material tiene lugar cuando se establece una diferencia de presión o carga entre dos puntos.

Henri Darcy fue el ingeniero francés que investigó el flujo del agua a través de lechos filtrantes de arena y publicó sus hallazgos en 1856. Sus experimentos demostraron que el flujo de agua a través de una columna de agua saturada de arena, es proporcional a la diferencia de las cargas hidrostáticas en los extremos de la columna e inversamente proporcional a la longitud de la misma. Esto es lo que se conoce como la ley de Darcy.

Aún hoy en día continúa en uso, como el principio que gobierna el flujo de aguas subterráneas. Su expresión matemática es la siguiente:

$$V = K(h_1 - h_2) / l$$

En la cual V es la velocidad del flujo, h_1 y h_2 es la diferencia de carga hidráulica, l es la distancia a lo largo de la trayectoria del flujo entre los puntos en donde se mide $h_1 - h_2$, y K es una constante que depende de las características del material poroso a través del cual tiene lugar el flujo de agua.

Por definición la diferencia de carga hidráulica $h_1 - h_2$ dividida por la distancia l , a lo largo de la trayectoria del flujo es el gradiente hidráulico I , de tal modo que:

$$V = KI$$

Generalmente, la cantidad de flujo o caudal es de mayor interés por lo que la ley de Darcy se puede escribir en forma más conveniente mediante la expresión $Q = V A = A K I$, donde Q es el volumen de agua por unidad de tiempo, A es el área de la sección transversal a través de la cual se desplaza el agua, K se denomina el coeficiente de permeabilidad del material poroso, el coeficiente de permeabilidad está dado por:

$$K = Q / AI$$

La permeabilidad es de 1 Darcy, cuando 1 centímetro cúbico de fluido, de viscosidad 1 centipoise, pasa en 1 segundo a través de una muestra de roca de sección 1 centímetro cuadrado y de 1 centímetro de longitud bajo una presión diferencial de 1 atmósfera. El Darcy en la práctica es una unidad demasiado grande. Utilizándose corrientemente el miliDarcy. Normalmente, se distinguen y se miden dos tipos de permeabilidad, horizontal y vertical.

2.1.10.4. Filtros torre

La palabra filtro no está correctamente empleada, porque no se efectúa ninguna acción coladora o filtrante. Este tipo de filtro es un dispositivo para poner en contacto las aguas negras sedimentadas con cultivos biológicos. Un nombre correcto que se ha sugerido es lecho de oxidación biológica.

Básicamente, es una pila de rocas sobre la cual la corriente residual, resbala y va descendiendo lentamente. La corriente de agua residual puede ser introducida en la parte superior del filtro por medio de distribuidores rotativos que son accionados por motores eléctricos o por impulso hidráulico (es el más usado por costos). Se forma una masa biológica gelatinosa sobre la superficie de los filtros y esta masa digiere la materia orgánica en el agua que pasa sobre la superficie.

Dentro de los microorganismos que habitan en un filtro torre pueden mencionarse: bacterias aeróbicas facultativas y anaeróbicas (géneros pseudomonas, alcalígenas, micrococos y enterobacterias). Hongos, donde hay oxígeno disuelto, son menos abundantes pues compiten con las bacterias por su alimento.

Algas: necesitan luz y por eso crecen limitadamente en la parte superior del filtro. Protozoos: existentes en capas superiores y también dentro del filtro, bajo condiciones aeróbicas.

Animales mayores como gusanos, caracoles, larvas de insectos que se alimentan de los microorganismos que viven en las superficies aeróbicas cuando la concentración de materia orgánica es alta.

Esta debe reducirse antes del filtro torre, mediante reciclado de una porción del efluente del biofiltro o del efluente de la planta. Para aumentar la vida útil del lecho filtrante de los filtros torre, estos deben ser precedidos de tanques de sedimentación primaria equipados con colectores de natas.

Un tratamiento primario antes de estos filtros, permite aprovechar al máximo su capacidad, haciendo fácilmente sedimentable a los sólidos sedimentables, coloidales y disueltos. Ya que el material adherido o retenido se desprende eventualmente y es secundaria, para eliminar definitivamente los sólidos de las aguas negras.

El tiempo de retención del líquido en el filtro es una función del área superficial microbiana y de la tasa de carga hidráulica. Con una alta tasa de carga hidráulica el tiempo de retención del líquido llega a ser tan corto que los microorganismos no tienen tiempo para estabilizar la materia orgánica removida y pronto reducen su remoción.

La capa microbiana es muy sensible a la temperatura, incrementándose la tasa del metabolismo con aumento de la misma y disminuye la tasa metabólica con el decrecimiento de la temperatura. La eficiencia de los filtros torre bajará en períodos fríos. Es importante reconocer que la actividad microbiana es función de la temperatura del líquido y no de la del aire, que circula en el lecho filtrante.

- Clasificación de los filtros percoladores

Según su carga hidráulica u orgánica, los filtros percoladores son de alta carga o de baja carga. Un filtro de baja carga es un dispositivo relativamente sencillo y de funcionamiento seguro, produce una calidad estable de efluente. Predominan en él bacterias nitrificantes. La pérdida de carga a través del filtro puede ser de 1,5 a 3 metros columna agua lo que puede ser impedimento si el terreno es plano y no permite circulación por gravedad.

Entre los inconvenientes, están los olores, sobre todo si el agua residual es de descarga reciente o séptica o si el clima es cálido. También puede haber proliferación de moscas.

En filtros de carga alta, la recirculación del efluente final o efluente del filtro permite la aplicación de mayores cargas orgánicas. Esta recirculación da como resultado el retorno de organismos viables. La recirculación evita la obstrucción del filtro y reduce problemas derivados de olor y moscas.

2.1.11. Selección del tipo de tratamiento de aguas residuales

Un sistema de tratamiento de aguas residuales se selecciona con base en la caracterización de las mismas, después de conocer los valores de los parámetros de control antes mencionados a través de operaciones como desbaste, floculación, recirculación de lodos, lechos biológicos o cualquier otro tipo de tratamiento que sea necesario para alcanzar el grado de purificación que se desee obtener.

- Descripción del sistema de tratamiento

Como se describió anteriormente, ya que en su mayoría los contaminantes provenientes de las aguas residuales del Cuerpo de Ingenieros es contaminación con materia orgánica el tratamiento es únicamente biológico, con el fin de reducir la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).

El agua natural proveniente de un nacimiento, un río o una laguna, existen bacterias como parte de la microbiota normal presente en un ecosistema corriente, el crecimiento de las colonias de estas bacterias está limitado por la disponibilidad de alimento (materia orgánica), estas bacterias degradan y metabolizan la materia orgánica para lo cual consumen el oxígeno disponible en el agua.

Si la disponibilidad de alimento para las bacterias es anormalmente grande, provocará un incremento descontrolado de las colonias de bacterias, consumiendo en su totalidad el oxígeno disponible disuelto en el agua haciendo que esta ya no sea capaz de sustentar la vida del ecosistema actual, por lo que las plantas y peces presentes en el afluente mueren.

Para evitar, este proceso conocido como Eutrofización el tratamiento recomendado para aguas residuales es reducción de la DBO, DQO, sólidos y la disminución de nutrientes. Esta técnica se ha utilizado en el lago de Amatitlán, para evitar que se siga alterando en forma dramática la existencia de bacterias y permitir mantener la cantidad del oxígeno disuelto en sus aguas para que las mismas mantengan las condiciones ideales de vida.

- Sedimentación: la sedimentación es el proceso a través del cual se facilita la precipitación de sólidos, realizando una remoción del 30% de los parámetros característicos de las aguas residuales, contribuyendo a la eliminación de un porcentaje alto de sólidos.
- Filtración: la filtración es el proceso biológico en el cual la fuerza de gravedad contribuye al paso de un fluido a través de un material con poros, formando una biocapa, que permite el crecimiento de bacterias en las mismas permitiendo también que los sólidos al filtrar sean atrapados, por la formación de puentes naturales de filtración poro.

Se utilizan dos acciones simultáneamente, una es la filtración a través de roca volcánica cuyo microporo atrapa estas partículas de sólidos, por otro lado, también ocurre la metabolización de la materia orgánica presente en el agua, por medio de las bacterias que, encuentran en el microporo y superficie de la roca volcánica un medio ideal para su proliferación por lo que a la salida final del filtro torre, se logra una remoción de un 40% de la DBO.

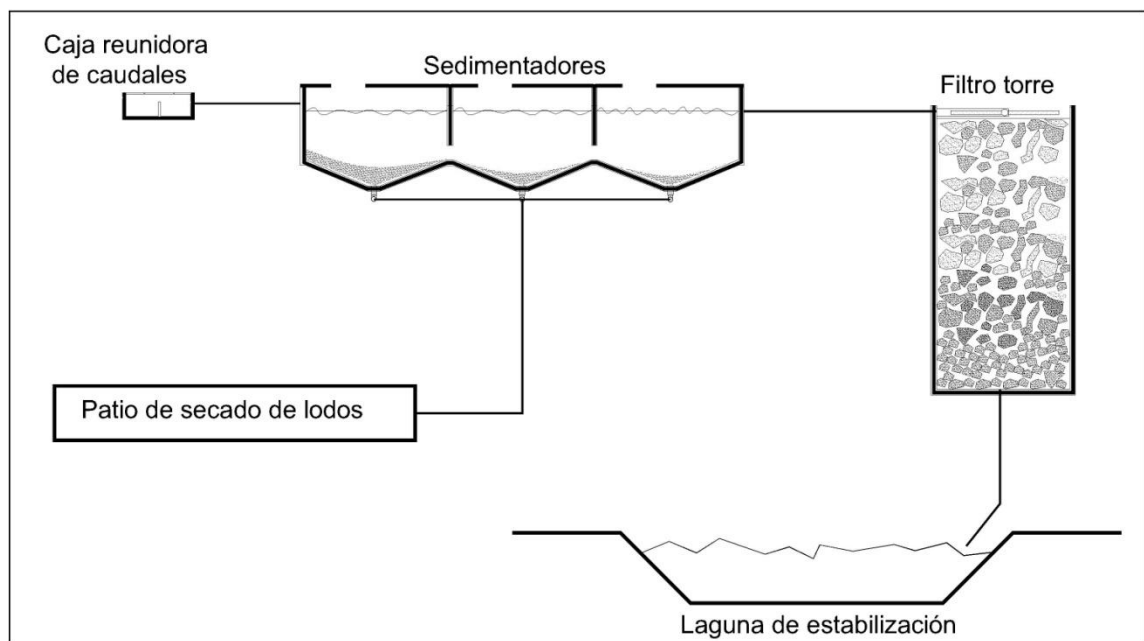
Las condiciones para el funcionamiento de este filtro son muy sencillas, sólo se requiere que el agua de entrada fluya suavemente y sea esparcida lentamente para que no arrastre las macrocolonias de bacterias quienes harán la remoción de la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).

- Estabilización: son reactores en forma de laguna que permite, la oxidación de la materia orgánica, el decaimiento de parásitos y coliformes fecales, en valores menores de 1 000 NMP/100 mililitros, lo que admite una eficiencia de las lagunas del 80%, permite que el agua residual ya tratada pueda utilizarse para diversos usos, como la acuicultura, agricultura y otros de beneficio social.

Pasos del sistema de tratamiento

El sistema de tratamiento consta de cinco pasos consecutivos, cuyo objetivo es disminuir la carga de materia orgánica en el agua antes de ser descargada al cuerpo receptor.

Figura 17. **Diagrama del tratamiento de aguas residuales**



Fuente: elaboración propia.

- Unificación de caudales: dado que las aguas residuales del Cuerpo de Ingenieros se realiza a través de dos tubos de 6 pulgadas de concreto identificados como tubo 1 y tubo 2 en los cuadros de medida de caudales, para encausar el agua residual hacia el sistema de tratamiento se necesita unificar ambos tubos. para ello, se utiliza una caja unificadora de caudales, de 1,5 metros x 2,5 metros x 0,75 metros en la cual se hace una separación inicial de aceite y grasas.
- Sedimentación: se precipitan los sólidos en un tándem de tres tanques simultáneos de 3 metros x 4 metros por 1,75 metros cada uno separados por cortinas con un sumidero en el fondo para forzar el paso de los lodos a un patio de secado a través de una tubería de 8 pulgadas.
- Filtrado: el filtrado se realiza en un cilindro de 4 metros de diámetro por 8 metros de profundidad, relleno de roca volcánica la cual anidará en sus microporos y en su superficie, macrocolonias de bacterias que removerán la materia orgánica disminuyendo así la DBO Se entiende por maduración al tiempo necesario para que crezcan las macrocolonias de bacterias que removerán la materia orgánica, el filtro torre contará con un canal para recolectar el agua ya filtrada que saldrá por tubos de 2 pulgadas perforada y se dirigirán conducidas a la siguiente etapa.
- Secado de lodos: esta etapa del proceso de tratamiento consiste en conducir a través de una tubería de 8 pulgadas de diámetro los sólidos en forma de lodos, el cual llegará a un patio de secado en donde se dejarán secar al sol y se deben remover cuando la profundidad de los lodos alcancen $\frac{3}{4}$ de la profundidad total del patio que será de 0,75 metros.

- Estabilización: el agua que sale del filtro torre es conducida por una tubería de 6 pulgadas hasta una laguna de estabilización en donde se permite que colonias bacterianas terminen de metabolizar la materia orgánica que aún esté presente en el agua residual y, pueda ser descargada al cuerpo receptor con una DBO mínima, logrando así el decaimiento de parásitos (Nematodos, Trichris, Tenia y otros).

2.1.11.1. Diseño y tipo de tubería

En este caso, dado que el caudal es relativamente pequeño y será una conducción a sección parcial, se puede utilizar tubería de PVC para drenaje, un diámetro apropiado sería el de 4 pulgadas, sin embargo, dado que la conducción incluye sólidos en suspensión es más apropiado utilizar un diámetro grande para evitar problemas de obstrucción, por lo que se recomienda utilizar tubería de 8 pulgadas, para la conducción de los sólidos sedimentados y 6 pulgadas para la conducción de aguas residuales ya sin sólidos.

2.1.11.2. Diseño de elementos del sistema de filtrado

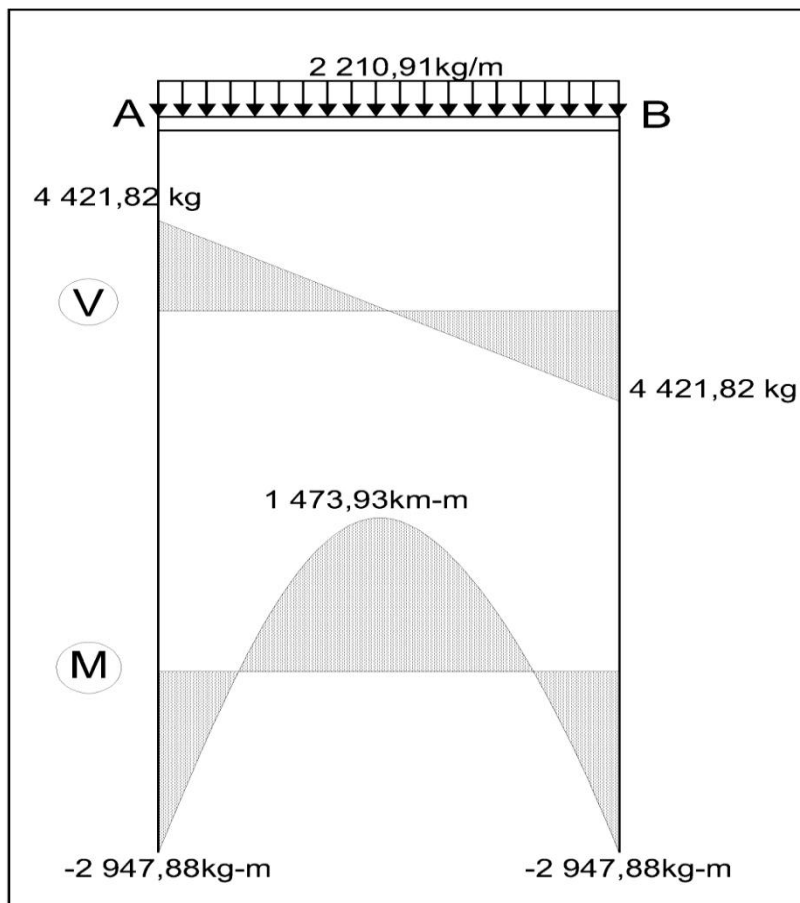
El diseño de cada uno de los elementos de filtrado se enfoca desde dos aspectos, el primero corresponde al diseño estructural como elemento monolítico de concreto reforzado, el siguiente aspecto está enfocado en su diseño sanitario.

- Diseño estructural de tanque sedimentador

El diseño estructural del tanque sedimentador está basado en el cálculo de cargas por aéreas tributarias y el diseño de elementos de concreto reforzado.

Viga perimetral superior

Figura 18. **Diagrama de corte momento de la viga perimetral superior**



Fuente: elaboración propia.

Dado que el sedimentador se construirá sobre un área rellena, en la cual no se construirán ningún otro tipo de edificaciones, se propone aplicar una carga viva equivalente a la considerada para una losa de techo sin acceso superior, con un valor de 100 kilogramos/metro y una sobrecarga de 30 kilogramos/metro equivalente a la posible cobertura de una capa de tierra negra de 20 centímetros y una cubierta vegetal de grama como parte de una posible área verde realizandose la integración de cargas de la siguiente manera:

Carga viva + sobre carga= 130 kg/m

Carga muerta = 1 421,37 kg/m

1,4 (1 421,37) + 1,7 (130)=2 210,91 kg/m

Carga última= 2 210,91 kg

Los valores de esfuerzo cortante máximo y mínimo se pueden leer directamente del diagrama de corte y momento de la viga mostrado en la figura 15.

$V_{max} = 4\,421,82 \text{ kg}$

$V_{min} = -4\,421,82 \text{ kg}$

$M_{max} = 1\,473,93 \text{ kg-m}$

$M_{min} = -2\,947,88 \text{ kg-m}$

Con los valores de momento y el predimensionamiento de la viga perimetral se procede a calcular el área de acero a través de la siguiente ecuación:

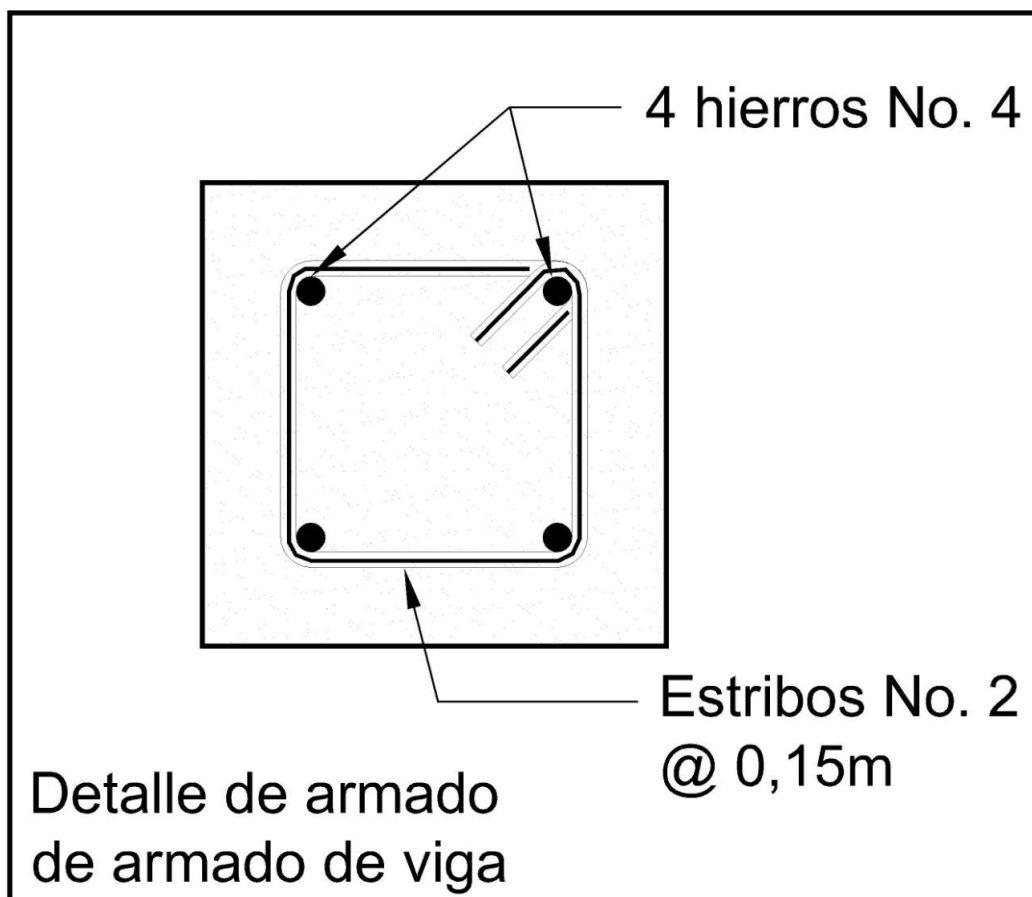
$$A_s = (b*d) - \sqrt{(b*d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'c} \left(\frac{0.85 * f'c}{f_y} \right)}$$

$$A_s = 4,42 \text{ cm}^2$$

Viga simplemente apoyada

Refuerzo propuesto: 4 hierros No. 4 (1/2") y estribos No. 2(1/4") @ 0,15 cm

Figura 19. **Sección de viga propuesta**

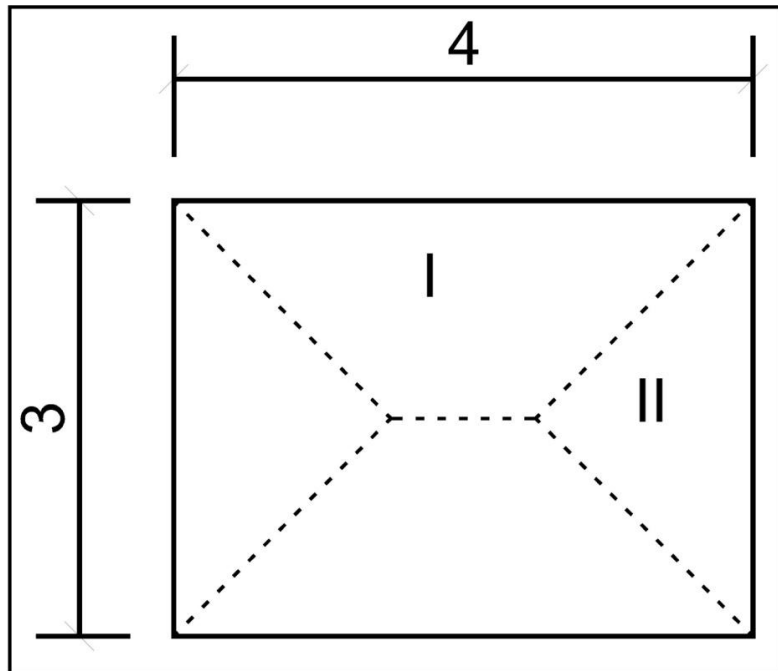


Fuente: elaboración propia.

Tanque sedimentador

Losa superior: áreas tributarias

Figura 20. Diagrama de áreas tributarias en losa superior



Fuente: elaboración propia.

$$I = \frac{1}{2}(3)(1,5) = 2,25 \text{ m}^2$$

$$II = \frac{(4+1)(2)}{2} = 3,75 \text{ m}^2$$

$$W_I = 819,22 \text{ kg}$$

$$W_{II} = 1\ 365,37 \text{ kg}$$

Espesor de losa

$$t = P/180 = 0,07 \rightarrow 7 \text{ cm}$$

Espesor propuesto de 15 cm

Carga muerta

El concreto estructural tiene un peso volumétrico de $2\,430 \text{ kg/m}^3$

$$12 * 0,15 = 1,8 \text{ m}^3$$

$$1,8 \text{ m}^3 (2\,430 \text{ kg/m}^3) = 4\,374 \text{ kg}$$

$$4\,374/12 = 364,5 \text{ kg/m}^2$$

Carga última

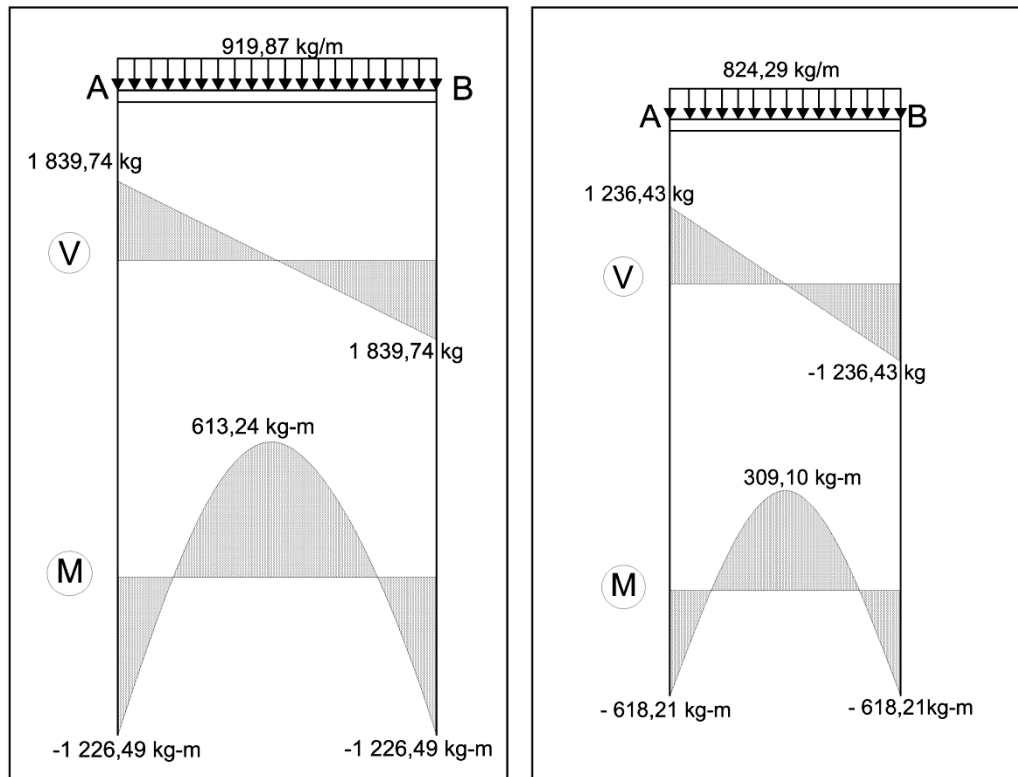
$$C_u = 1,4(321,34) + 1,7(260) \text{ I}$$

$$C_u = 1,4(273,07) + 1,7(260) \text{ II}$$

$$919,87 \text{ kg/m I}$$

$$824,29 \text{ kg/m II}$$

Figura 21. **Diagrama de corte momento de losa superior en ambos sentidos**



Fuente: elaboración propia.

Refuerzo: I

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2 819 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_u = 1 839,74 \text{ kg-m}$$

$$d = 12,5 \text{ cm}$$

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

$$A_s = (b*d) - \sqrt{(b*d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'_c} \left(\frac{0.85 * f'_c}{f_y} \right)}$$

$$A_s = 11,36 \text{ cm}^2 \quad 11,36 / 1,27 = 8,94 \text{ varillas}$$

Refuerzo propuesto: No.4 @0,10 m de separación en ambos sentidos
 $1,27 (10) = 12,7 \text{ cm}^2 > 11,36 \text{ cm}^2$

Refuerzo: I

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = 12,5 \text{ cm}$$

$$A_s = 10,12 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 2\,819 \text{ kg/cm}^2$$

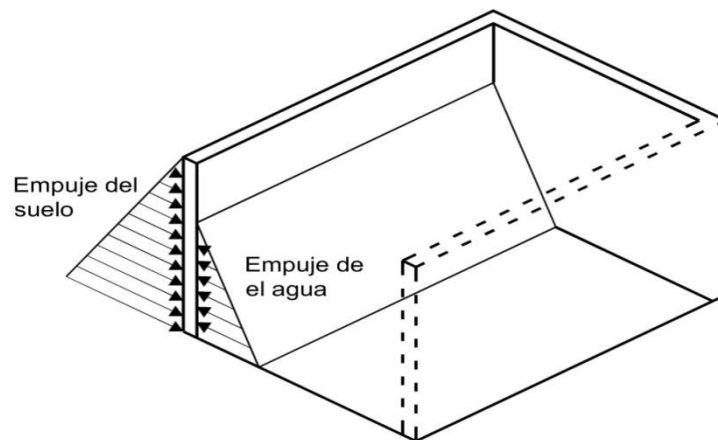
$$b = 100 \text{ cm}$$

$$12,7 \text{ cm}^2 > 10,12 \text{ cm}^2$$

$$M_u = 1\,839,74 \text{ kg-m}$$

en ambos sentidos el refuerzo propuesto es suficiente.

Figura 22. **Diagrama de fuerzas ejercidas en la pared lateral del sedimentador**



Fuente: elaboración propia.

$$M_{MAX} = 2\,921,10 \text{ kg}$$

$$F_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{min} = -6\,272,23 \text{ kg}$$

$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_u = 6\,272,23 \text{ kg-m}$$

$$D = 12,5 \text{ cm}$$

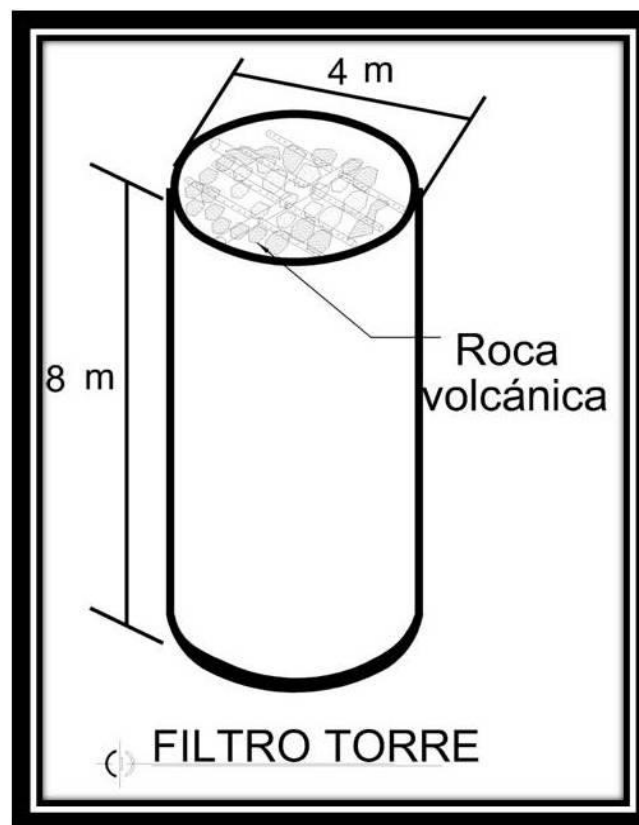
$$B = 100 \text{ cm}$$

$$A_s = 10,6 \text{ cm}^2$$

Refuerzo propuesto: hierro No. 4 @ 0,1 m en ambos sentidos

$12,7 \text{ cm}^2 > 10,6 \text{ cm}^2$ el refuerzo propuesto supera el área de acero requerida

Figura 23. **Tanque cilíndrico para filtro torre**



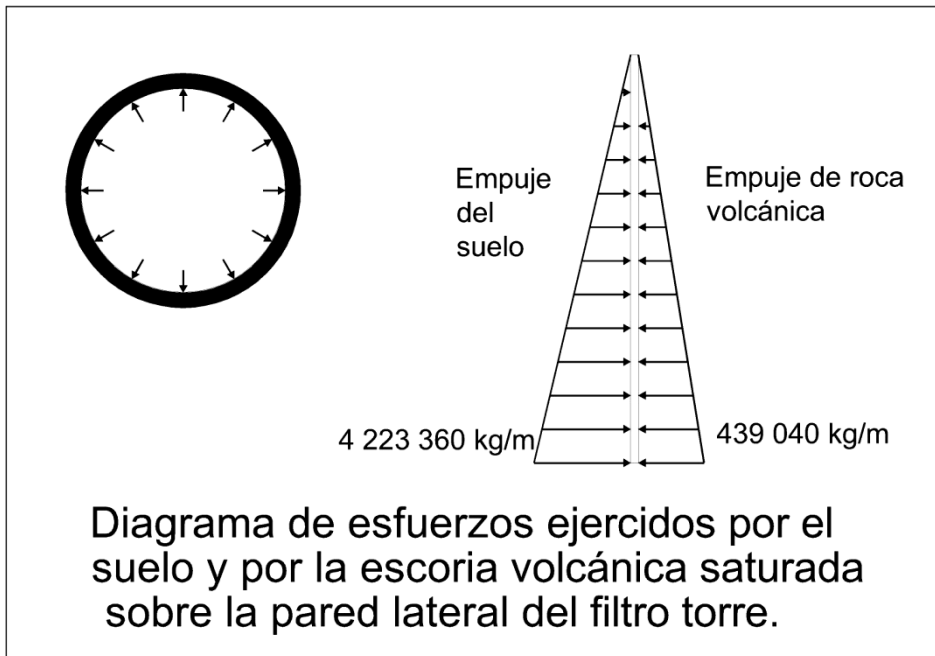
Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Peso del filtro torre por componente**

Elemento	Volumen (m ³)	Peso específico (kg/m ³)	Peso (kg)
Cilindro	15,07	2 430	36 643,53
Disco de cimentación	10,40	2 430	25 295,49
Relleno de escoria volcánica	100,53	1 012,43	101 780,00
Total			16 3719,02

Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Fuerzas ejercidas sobre la pared del cilindro**



Fuente: elaboración propia.

Roca volcánica saturada:

$$P = \rho(g)(h)$$

$$P = 1\,350(9,8)(8) = 105\,840 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga aplicada: } C_s = \frac{1}{2}(10\,5840 \text{ kg/m}^2)(8\text{m}) = 423\,360 \text{ kg/m}$$

Suelo:

$$P = \rho(g)(h)$$

$$P = 1\,400(9,8)(8) = 109\,760 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga aplicada: } C_s = \frac{1}{2}(109\,760 \text{ kg/m}^2)(8\text{m}) = 439\,040 \text{ kg/m}$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 \quad t = 15 \text{ cm}$$

$$f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2 \quad b = 100 \text{ cm}$$

$$A_s = 6,7 \text{ cm}^2 \quad r = 7,5 \text{ cm}$$

Refuerzo propuesto hierro No. 3 @ 0,10 m

En ambos sentidos

$$A_s = \text{con refuerzo propuesto} = 7,10 \text{ cm}^2$$

Disco de cimentación

$$\text{Área} = 17,34 \text{ m}^2$$

$$P = 169\,379,02 \text{ kg} / 17,34 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{cimentación}} = 9\,032,57 \text{ kg} / \text{m}^2$$

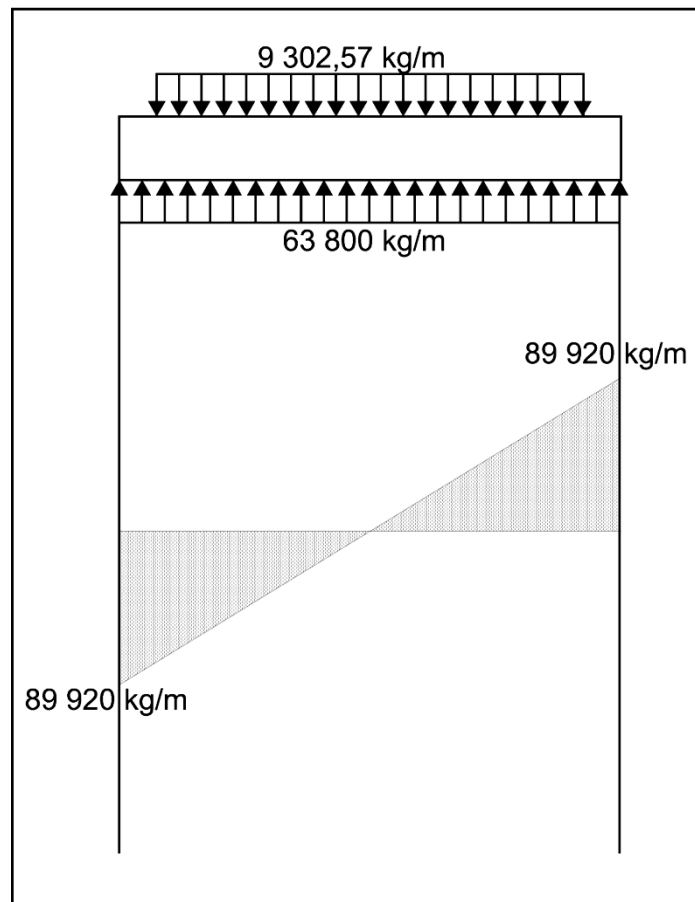
V_s = valor soporte de suelo según ensayo de suelo practicado por el especialista del suelos del Cuerpo de Ingenieros del Ejército. (Puede ser consultado en la sección de anexos).

$$V_s = 63\,800 \text{ kg/m}^2 > 9\,768,10 \text{ kg} / \text{m}^2$$

El suelo si resiste la presión de cimentación

Chequeo por corte simple

Figura 25. **Diagrama de corte momento de disco de cimentación**



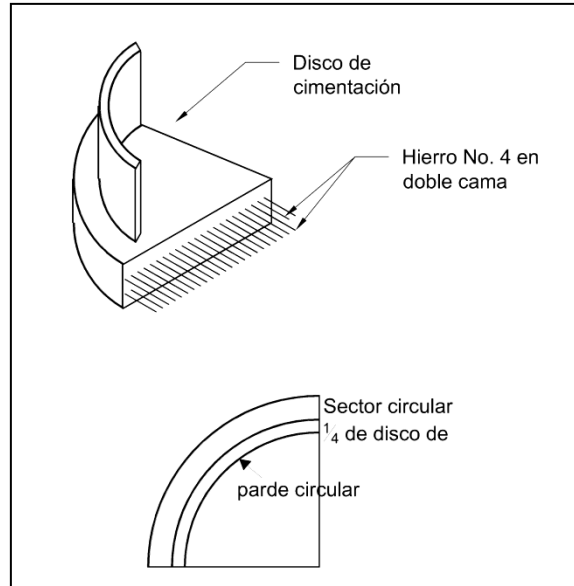
Fuente: elaboración propia.

$$V_a = V_{\max} (\text{de viga}) = 89\,920,75 \text{ kg}$$

$$V_r = 0,85 (0,53)(210)^{1/2}(470)(32,52) = 99\,782,14 \text{ kg}$$

$$V_r = 99\,782,14 \text{ kg} > 89\,920,75 \text{ kg} \text{ si resiste el corte simple}$$

Figura 26. Armado de disco de cimentación de filtro torre



Fuente: elaboración propia.

Corte punzonante

$$\text{Área} = 17,34 \text{ m}^2 / 4 = 4,33 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro} = 14,76 \text{ m} / 4 = 3,69 \text{ m}$$

$$15 \text{ cm} + 32,52 \text{ cm} = 47,52 \text{ cm}$$

$$V_a = (4,33 \text{ m}^2) - (0,17 \text{ m}^2) * 9 \text{ 302,57 kg/m}^2$$

$$V_a = 38 \text{ 698,61 kg}$$

$$V_r = 0,85 * 1,06 \sqrt{210} * 57,5 * 72,5$$

$$V_r = 54 \text{ 430,24 kg}$$

$$54 \text{ 430,24 kg} > 38 \text{ 698,61 kg}$$

Si resiste el corte punzonante

Chequeo por momento

$$M_u = q_u \cdot a/2 \rightarrow 9\,302,57 \cdot 17,34/2 = 80\,653,34$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 \quad D = 57,5 \text{ cm}$$

$$f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2 \quad B = 100 \text{ cm}$$

$$A_s = 54,45 \text{ cm}^2 \quad \text{en dos camas } 54,45 \text{ cm}^2 / 2 = 27,22 \text{ cm}^2$$

$$S = 27,22/1,98 = 13,75 \text{ cm}$$

Refuerzo propuesto:

No. 5 @ 0,10 m en ambos sentidos.

Cálculo de tanque sedimentador para instalaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala.

Tabla VI. **Fosa grande**

1	Población a servir	1 250 personas
2	Producción de agua servida	150 litros/hab día
3	Altura útil del espejo de agua	1,5 metros
4	Lodo digerido por persona C/2 años	60 litros/persona
5	Período de retención	12 horas

Fuente: elaboración propia.

Cálculo del sistema séptico

Volumen de lodo producido = $V_1 = ((\text{período de retención}) * (\text{caudal}))/24 \text{ horas}$

$$V_1 = \frac{12 * 1\,250 * 1,38}{24} = 862,5 \text{ l}$$

Volumen de lodos digeridos = $V_2 = \text{lodos por persona} \text{ C}/2 \text{ años} * \text{población a servir}$
 $V_2 = 60 * 1\,250 = 7\,500 \text{ litros.}$

Volumen total = $V_1 + V_2 = 75\,862,5 \text{ litros o } 75,86 \text{ m}^3$

$$A = \sqrt{\frac{\text{volumen total de lodos}}{\text{tirante de agua de la fosa}}} \quad V = L * A * H \quad L = 2 * A$$

$$A = \left(\frac{V}{2} * H\right)^{\frac{1}{12}}$$

$$A = \sqrt{\frac{75,86 \text{ m}^3}{0,95 \text{ m}}}$$

$$A = 8,93 \text{ m}$$

Cálculo de filtro torre para instalaciones del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala.

Área superficial

$$A = \frac{\pi}{4} (3,70)^2 = 10,75 \text{ m}^2$$

Carga hidráulica

$$CH = \frac{119,23 \frac{lt}{m^2}}{10,75 m^2} = 11,09 \frac{m^3 ml}{m^2 \text{ día } l}$$

$$C_{Org.} = \frac{119,23(63,4)}{84,40} = 89,56 \frac{m^3 ml}{m^2 \text{ día } l}$$

Velocidad superficial V_s

$$V_s = \frac{Q}{A} = \frac{2,17}{12,56} = 0,17 \text{ m/s}$$

Cálculo para laguna de estabilización

Carga orgánica de entrada: 10,14 mg/l

Carga orgánica procesada $CS_m = (1,937E-6) \cdot (R_s)$

Donde

CS_m = carga orgánica a procesar

R_s = radiación solar en el mes de mínima radiación solar

R_s = según datos del INSIVUMEH

$$CS_m = (1,937E-6) \cdot (1,42E+8) = 275,05$$

$$A = \frac{10 \cdot L \cdot Q_{med}}{275,05}$$

$$A = \frac{100 \cdot 10,14 \cdot 183,58}{275,05} = 676,8 m^2$$

Profundidad 1,5 m

- Diseño de líneas de flujo: las líneas de flujo conducen los lodos y las aguas crudas y tratadas de un elemento de tratamiento a otro, dado que el flujo es a través de tuberías de PVC corrugada para drenaje sanitario y pluvial de conformidad con la Norma ASTM F949, forzado por gravedad las cotas de entrada y salida de tubería se detallan en la siguiente tabla.

Tabla VII. **Diseño de líneas de flujo para el sistema de tratamiento de aguas residuales**

De elemento	A elemento	Diámetro de tubería	Pendiente	Cota de entrada	Cota de salida
Caja reunidora de caudales	Sedimentador	6 "	1,25%	995,15	995,05
Sedimentador	Filtro torre	6"	22,54%	995,05	992,00
Filtro torre	Laguna de estabilización	6"	14,28%	992,00	984,00
Sedimentador	Patio de lodos	8"	26,7%	992,30	982,00

Fuente: elaboración propia.

La descarga de aguas tratadas se realizará a nivel del suelo, en el río Guadroncito, en donde estará la descarga de la laguna de estabilización.

- Especificaciones del proceso de tratamiento

Como se mencionó anteriormente, el proceso es completamente biológico por lo que no se emplea ningún tipo de compuesto químico. En el primer paso del proceso se emplea el sedimentador en donde se estima que habrá una remoción del 40% de la materia orgánica.

En el segundo paso del proceso se emplea un filtro torre de escoria volcánica con lo que se espera una remoción de otro 40% de la materia orgánica.

Y con el empleo de la laguna de estabilización se espera remover el 20% de la materia orgánica y la remoción de los microorganismos infecciosos.

2.1.12. Elementos que componen el tratamiento

Los elementos que componen el tratamiento están diseñados en función de reducir la DBO, reducir la carga orgánica y eliminar los patógenos presentes, la geometría y flujo de cada uno de los elementos está diseñado, de acuerdo con las condiciones de topografía presentes de modo que no sea necesario el bombeo en ningún paso del tratamiento, al descargar las aguas residuales ya tratadas se espera una remoción de carga orgánica del 95% al 99% lo cual la hace apta para riego de cultivos.

2.1.12.1. Caja unificadora de caudales

Dado que las aguas residuales producidas se descargan a través de dos tubos de concreto, se redirigirán dichas aguas a una caja de concreto con refuerzo de acero en varilla No. 2 con dimensiones de 1,5 metros x 2 metros x 0,75 metros con una cortina en medio la cual realiza una separación inicial de sólidos.

2.1.12.2. Sedimentadores

Consiste en un tanque séptico construido en concreto estructural con un refuerzo reticular en acero No. 4 a una separación de 0,10 metros en ambos sentidos con dimensiones de 12 metros x 3 metros x 2,35 metros, separado en tres cámaras de 4 metros de longitud con una losa inferior de sumidero cada una, con una profundidad de 0,6 metros para dirigir los lodos sedimentados a través de una tubería de 6 pulgadas hacia el patio de secado de lodos.

2.1.12.3. Filtro torre

El agua ya clarificada, por efecto de la sedimentación, se dirige a través de una tubería a un filtro torre de forma cilíndrica construido en concreto estructural y relleno de escoria volcánica de textura porosa, la cual servirá de medio de fijación para la adherencia de las macrocolonias de bacterias que realizarán el proceso de remoción de la materia orgánica, para la colocación del agua negra a ser tratada se utilizará un dispersor fijo construido con tubo PVC, de 4 pulgadas y pequeños ramales de tubo PVC de 2 pulgadas” con orificios de 1/16 pulgadas de diámetro para asegurar una carga hidráulica baja y evitar el desprendimiento del cultivo de bacterias adheridas a la escoria volcánica, el dispersor fijo tiene dimensiones de 4 metros de diámetro por una altura de 8 metros.

2.1.12.4. Patio de secado de lodos

Consiste en un área cerrada horizontalmente en todos los sentidos y abierta a la atmósfera en donde se depositarán los lodos precipitados del sedimentador, los cuales se dejan secar por evaporación y se retiran cada 6 meses manualmente.

Está construido con mampostería de bloques de piedra pómez y columnas de concreto con unas dimensiones de 5 metros por 10 metros y una profundidad de 1,5 metros.

2.1.12.5. Laguna de estabilización

La laguna de estabilización es un área abierta al ambiente diseñada para retener el agua procedente del filtro torre y aislarla del cuerpo receptor durante el tiempo de retención en el cual las bacterias digerirán toda la materia orgánica aún presente en el agua, para que al ser descargadas al cuerpo receptor (río intermitente Guadroncito) no representen ningún riesgo ecológico al entorno. Consiste en un vaciado con dimensiones de 30 metros por 40 metros con un talud interno de relación de 1:3,5 y 3 metros de espesor de corona, dejando unas dimensiones efectivas de 34 metros x 24 metros y una profundidad de 1 metros, cajas de entrada y salida para procurar que la velocidad de entrada y salida de flujo de la laguna no sea muy alta.

2.1.12.6. Presupuesto

El presupuesto de la construcción del sistema de tratamiento para las aguas residuales del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala se elaboró con base en las cotizaciones de precios actuales de materiales de construcción, se cuantificó por renglones las cantidades de trabajo y se integró el costo unitario de cada renglón de construcción.

Para el cálculo de la mano de obra, dado que será ejecutada por el personal del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala, se calcularon los salarios del personal por día trabajado, ya que por ser miembros de las fuerzas de tierra del Ejército de Guatemala sus prestaciones laborales y seguro social están cubiertos por el Ministerio de la Defensa Nacional, por lo que no constituyen costos indirectos de ninguno de los dos proyectos.

Los parámetros a tomar en la integración de precios unitarios fueron los siguientes: costo directo; material y mano de obra calificada y no calificada (datos proporcionados por la oficina de personal G-1) y se consideró un 5% por renglón para imprevistos. Se tomó en cuenta un 12% de IVA, llegando así al precio unitario de cada renglón.

2.1.12.7. Programa de operación y mantenimiento

El programa de operación y mantenimiento tiene como objetivo garantizar el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento, así como, detectar fallas que puedan presentarse durante su operación normal, el mantenimiento preventivo está íntimamente relacionado con la durabilidad y tiempo de vida útil de los materiales de manera que se recomienda cambiar los materiales cuando alcancen el 90% a 95% de su tiempo de vida útil.

Se eligió este sistema de tratamiento para las aguas residuales porque el costo de operación y mantenimiento es mínimo, la simplicidad de sus componentes y la ausencia de partes móviles lo hacen un sistema muy confiable, fácil de mantener y barato de operar.

Mantenimiento preventivo

Consiste en inspeccionar cada dos meses la ausencia de fugas en las tuberías de conducción o las posibles fugas que pudieran presentarse en los elementos de concreto, además, verificar la estanqueidad de las válvulas y llaves de paso.

Operación

La operación no requiere de control electrónico o humano, dado que es un sistema de operación de flujo continuo, se recomienda revisar cada tres meses la cantidad de lodos depositados en el patio de secado y la profundidad de sedimentos en la laguna de estabilización. Durante la primera etapa de operación se requerirá la maduración del filtro torre, el cual consiste en el crecimiento de las macrocolonias de bacterias que harán la digestión de la materia orgánica.

2.2. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la brigada militar de fuerzas especiales Kaibil, municipio de Puerto Barrios, Izabal

El diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la Brigada militar de fuerzas especiales Kaibil, municipio de Puerto Barrio, Izabal fue designada como centro de entrenamiento de las fuerzas especiales en 2008. Esta nueva designación hace necesario el diseño de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable.

2.2.1. Descripción del proyecto actual

El diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la brigada militar de Fuerzas Especiales Kaibil, Puerto Barrios, Izabal, surge a raíz de la necesidad de crear un nuevo sistema de abastecimiento del vital líquido. El clima húmedo y cálido del municipio de Puerto Barrios, así como, su influencia marina ha deteriorado notablemente los componentes del sistema, se ha detectado fugas en diferentes puntos de la red de distribución y la presencia de coliformes fecales y *entoamebas histolíticas* por lo que se hace necesario incluir un sistema de hipocloración.

El proyecto consiste en diseñar el sistema de abastecimiento para la Brigada Militar de Fuerzas Especiales Kaibil cuenta con 2 832 metros lineales.

2.2.2. Localización de fuentes de abastecimiento

Por ser una zona costera, el nivel friático está bastante alto, en la Brigada Militar de Fuerzas Especiales Kaibil se perforó un pozo mecánico de 1 000 pies de profundidad, el cual se perforó dentro de las instalaciones de la brigada militar y tiene una producción de 80 galones por minuto, se impulsa con una bomba eléctrica sumergida.

2.2.3. Aforo de la fuente

El aforo consiste en medir la cantidad de agua que produce la fuente, en este caso, el pozo en el período más seco del año y que pueda abastecer a la brigada en su demanda normal. Dentro de los métodos utilizados para aforar están:

- Bombear agua del pozo con una bomba durante un período de 12 a 48 horas extrayendo un caudal constante y después se mide el nivel a que descendió el agua durante toda la operación.

Para este caso se realizó un aforo a este pozo utilizando una bomba eléctrica sumergible de 12 etapas, dando como resultado un aforo de 9,46 litros sobre segundo.

2.2.4. Calidad del agua

La calidad del agua determina si es apta para el consumo humano o si se requiere algún tipo de tratamiento de desinfección o filtrado antes de hacerla llegar a los usuarios finales, la calidad del agua se determina a través de exámenes de laboratorio.

2.2.4.1. Análisis físico-químico sanitario

- Análisis físico: es el que se efectúa para determinar las características físicas del agua y que puedan ser percibidas por los sentidos, causando la aceptación o rechazo por parte del consumidor. Estas son el aspecto, el color, la turbiedad, el olor, el sabor, la temperatura y la conductividad eléctrica.

Tabla VIII. **Norma COGUANOR NGO-29001**

Características	LMA	LMP
Color	5,0 u	50,0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Ph(3)	7,0 – 8,5	6,5 – 9,2
Residuos totales	500,00 mg/L	15 000,0 mg/L
Temperatura	18,0° - 30,0°	No mayor de 34,0° C
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0 Uth o utj	25,0 Uth o Utj(2)

Fuente: COGUANOR. Normas para exámenes bacteriológico y físico – químico sanitario.
Norma 29001. p. 75.

- Unidad de color en la escala platino-cobalto
- Unidad de turbiedad, sea en unidades Jackson (u.t.j.)
- Potencial de hidrógeno en unidades PH 24 712 176

- Análisis químico

Este análisis determina la cantidad de compuestos químicos presentes en el agua. Cuando el agua será utilizada para el consumo humano, debe incluir en su análisis un estudio de dureza y de potencial de hidrógeno (PH), el cual es un parámetro que expresa la intensidad de las condiciones ácidas o alcalinas de una solución; así como, hierro, magnesio, amoníaco, fluoruros, nitratos, sulfatos y sólidos totales en suspensión.

Tabla IX. Límites en la cantidad de compuestos

SUSTANCIAS	LMA (Límite máximo aceptable)	LMP (Límite máximo permisible)
Detergentes aniónicos	0,02 mg/L	1,00 mg/L
Aluminio (Al)	0,050 mg/L	0,100 mg/L
Bario (Ba)	-----	1,000 mg/L
Boro (B)	-----	1,000 mg/L
Calcio (Ca)	75,0000 mg/L	200,00 mg/L
Cinc (zn)	5,00000 mg/L	15,000 mg/L
Cloruros (Cl)	200,00 mg/L	600,00 mg/L
Cobre (Cu)	0,050 mg/L	1,500 mg/L
Dureza total (CaCO ₃)	100,000 mg/L	500,00 mg/L
Fluoruros (F)	-----	1,700 mg/L
Hierro total (Fe)	0,100 mg/L	1,000 mg/L
Magnesio (MG)	50 000 mg/l	150 000 mg/l
Manganeso (Mn)	0,050 mg/l	0,500 mg/l
Níquel (Ni)	0,010 mg/l	0,020 mg/l
Sustancias fenólicas	0,001 mg/l	0,0020 mg/l
Sulfatos (SO ₄)	200,00 mg/l	400,00 mg/l

Fuente: COGUANOR. Normas para exámenes bacteriológico y físico – químico sanitario.

Norma 29001. 75 p.

2.2.4.2. Análisis bacteriológico

Es fundamental, para determinar las condiciones bacteriológicas del agua, desde el punto de vista sanitario. Los microorganismos patógenos de origen entérico y parásito-intestinal son los que pueden transmitir enfermedades; por lo tanto, el agua debe estar libre de estos microorganismos.

2.2.4.3. Levantamiento topográfico

Es el procedimiento que se realiza con el fin de tener medidas en el plano horizontal y vertical del terreno donde se realizará la obra, originalmente este procedimiento se realizaba con el equipo denominado teodolito, el cual tenía una precisión bastante aceptable.

Actualmente, existen equipos de mayor precisión y mayor exactitud denominados: estación total con el cual el proceso de recolección de datos en campo se hace más rápido y es más exacto, ya que los datos se almacenan en la memoria interna del equipo, luego ya procesados se descargan directamente a la computadora, por lo que el procedimiento de gabinete está menos expuesto a errores humanos. Los archivos ANSII generados por la estación total se incluyen en el apéndice.

- **Planimetría:** son los trabajos efectuados en el campo para tomar los datos geométricos necesarios basados en un Norte para su orientación y así proyectar una figura en un plano horizontal.

Para el levantamiento planimétrico se utilizó el equipo denominado estación total por su mayor exactitud, se procedió a descargar los datos obtenidos en campo, se procesaron con el software Land Civil 2009 con el cual se generaron curvas de nivel altimétricas y perfiles verticales de las diferentes líneas de conducción y distribución.

- Altimetría: la altimetría sirve para obtener datos de nivelación al determinar la sección vertical del terreno. Son los trabajos necesarios para representar sobre el plano vertical la tercera dimensión sobre el terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno o construcción.

Los datos se obtienen de manera simultánea con los datos de planimetría utilizando el distansiómetro láser si la medición es directa y en un punto cercano a la estación total o los prismas si la medición es a gran distancia o no hay línea vista a ese punto sobre el terreno. Para este levantamiento topográfico se utilizó una estación total marca TOPCOM T 3000 TSC. Prismas, bastones y plomada de centro.

2.2.5. Criterios de diseño

Un sistema de abastecimiento de agua potable puede ser enfocado desde diferentes aspectos tales como, la economía, la funcionalidad, los usuarios y la vida útil de los materiales. Todos ellos son importantes, por lo que es necesario establecer un equilibrio entre cada uno de estos aspectos para obtener el máximo beneficio de este sistema.

2.2.5.1. Período de diseño

Es el tiempo durante el cual la obra prestará un servicio satisfactorio a la brigada militar. El período de diseño se cuenta a partir del inicio del funcionamiento de la obra. Depende de la población a servir, es decir, que se estima con base al incremento de la población, tomando en cuenta la vida útil de los materiales y las instalaciones y del equipo de bombeo. Dado que en este caso la población es fija y no hay posibilidad de que se incremente el consumo a lo largo del tiempo, el tiempo que esta obra prestará servicio adecuado está limitado únicamente por la vida útil de los materiales.

2.2.5.2. Tasa de crecimiento poblacional

Normalmente, se estima el crecimiento poblacional de una comunidad o una aldea a lo largo del tiempo, para lo cual existen diferentes métodos como el método geométrico, sin embargo, en este caso este sistema de abastecimiento de agua potable es para una brigada de entrenamiento de fuerzas especiales, que tiene una cantidad de personal fijo y otra cantidad de personal intermitente (personal en entrenamiento), una de las características de esta población es que no cambia respecto del tiempo si no que es fija.

Es la misma ahora y será la misma dentro de 5, 10, 15 o 20 años, por lo tanto, no es necesario utilizar el método geométrico para calcular la población futura, en su lugar se hará una proyección del 25% más y se procederá a hacer el cálculo del caudal de diseño medio.

2.2.5.3. Estimación de la población de diseño

Para la estimación de la población de diseño se utiliza como dato de población fija la cantidad máxima de personal para la que fue diseñado este comando militar especial y se proyecta un 25% más, por lo que la población de diseño será de 850 personas en condiciones normales, más el 25% adicional dará un total de: 1 062 habitantes.

2.2.5.4. Dotación

Se refiere a la cantidad de agua que se le asigna a cada habitante de una población en un día. Se representa con la letra D y se expresa en litros por habitante por día (litros/habitante/día).

La dotación para un edificio de oficinas y centro administrativo depende en mucho del tipo de actividades que se realizan en las instalaciones, el clima del lugar y de las costumbres de sus ocupantes.

Los estudios de demanda, llevados a cabo para instalaciones militares y centros de entrenamiento de fuerzas de tierra del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América, pueden servir de base para fijar la dotación de una brigada militar de fuerzas especiales en Guatemala, como también criterios establecidos en las consideraciones generales para el abastecimiento de agua para construcciones y movilizaciones.

Tabla X. **Dotación doméstica para proyectos de instalaciones y movilizaciones militares. (Tabla en sistema inglés de ingeniería)**

UNIDAD DE CONSUMO	G/hab/día¹
Artillería/divisiones mecanizadas	150
Campamentos / fuertes	150 ²
Unidades hospitalarias	600/cama
Hospedajes	70
Depósitos industriales	500 G/empleados
Plantas y proyectos similares	150 G/hab/día para personal residente

Fuente: Department of the ARMY. Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América Water supply, waterstorage. p. 67.

Tabla XI. **Dotación doméstica para proyectos de instalaciones y movilizaciones militares. (Tabla en sistema internacional de medidas)**

UNIDAD DE CONSUMO	lt/hab/día¹
Artillería/divisiones mecanizadas	568
Campamentos / fuertes	568 ²
Unidades hospitalarias	2271/cama
Hospedajes	265
Depósitos industriales	1892 lt/empleado
Plantas y proyectos similares	568 lt/hab/día para personal residente.

Fuente: Department of the ARMY. Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América Water supply, waterstorage. p. 67.

Nota: 1 la dotación proporcionada por esta tabla incluye la dotación de agua usada en lavandería, personal residente, lavado de vehículos y riego de áreas verdes, la dotación de personal no residente puede ser considerada como 1/3 de la dotación del personal residente.

2 poblaciones menores a 300 elementos 50 Galón/habitante/día (189 l/hab/día) para campamentos base y 25 G/hab/día (95 G/hab/día) para campamentos provisionales.

Tabla XII. **Dotaciones para edificios de oficinas y centros militar administrativos (Consumo por artefacto sanitario, tabla en sistema internacional de medidas)**

Artefacto sanitario	Dotación
Ducha	27,6 l/hab
Sanitario	35,67 l/hab
Lavamanos	6,02 l/hab
Lavaplatos	27,88 l/hab
Aseo y vivienda	0,29 l/hab
Consumo propio	6 l/hab
Lavado de ropa	45,89 l/hab

Fuente: elaboración propia.

Población efectiva= no residentes/3 + población residente

En función de lo anterior se establece que la dotación para la brigada militar de Fuerzas Especiales Kaibil será de 80 l/hab/día, para población efectiva en edificios administrativos y oficinas y 125 l/hab/día para cuadras de soldados y pabellones de oficiales, distribuida de acuerdo con la cantidad de artefactos de consumo en los diferentes edificios administrativos y de servicios.

2.2.6. Determinación de caudales

La determinación de caudales es parámetro importante para el diseño de los sistemas de abastecimiento de agua ya que en función de ellos se determinan volúmenes de almacenamiento, diámetros de conducción, tiempos de bombeo y potencia de bomba.

2.2.6.1. Caudal medio diario

Es conocido también como caudal medio y es la cantidad de agua que consume una población en un día, este caudal se puede obtener del promedio de consumos diarios durante un año, pero cuando se cuenta con registros de dotación asignada en un día, se calcula de la siguiente manera:

$$Q_m = \frac{\text{(población efectiva)} * \text{(dotación)}}{86\,400 \text{ segundos}}$$

$$\text{Población efectiva} = 1/3(150) + 1\,000 = 1\,050 \text{ habitantes}$$

$$Q_m = \frac{(1\,050 \text{ hab}) * (125 \text{ l/hab/día})}{86\,400 \text{ segundos}}$$

$$Q_m = 1,56 \text{ l/s}$$

2.2.6.2. Caudal máximo diario

El caudal máximo o consumo máximo diario es conocido también como caudal de conducción, ya que es el que se utiliza para diseñar la línea de conducción y es el consumo máximo de agua que puede haber en 24 horas, observado durante un año, el cual no incluye gastos causados por incendios. Cuando no se cuenta con información de consumo diario, este se puede calcular multiplicando el factor de día máximo (FDM) por el caudal diario.

$$Q_c = Q_m * FDM$$

Para instalaciones militares el FDM está definido como un valor fijo de 2,5 de acuerdo con el Manual de diseño e ingeniería para construcción de sistemas de abastecimiento de agua del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América.

Por lo que para el presente diseño se utilizó este factor.

$$Q_c = 1,51 \text{ l/s} * 2,5 = 3,79 \text{ l/s}$$

2.2.6.3. Caudal máximo horario

Conocido también como caudal de distribución, debido a que es el que se utiliza para diseñar la línea de distribución y es el consumo máximo en una hora del día, el cual se obtiene de la observación del consumo equivalente a un año.

Si no se tiene registros, se puede obtener multiplicando el caudal diario por el factor de hora máxima (FHM).

$$Q_d = Q_m * FHM$$

El FHM puede variar de 2,5 a 3,7 para instalaciones militares. Para el proyecto en la brigada militar Kaibil se utilizó un factor de hora máximo de 2,5.

$$Q_d = 1,51 \text{ litros/segundo} * 2,5 = 3,79 \text{ litros/segundo.}$$

Tabla XIII. **Parámetros de diseño**

Número de edificios	30 edificios
Número de cuadras	3 cuadras
Población actual	850 habitantes
Período de diseño	25 años
Dotación	125 l/hab/día
Aforo	50 l/s
Caudal medio diario	1,52 l/s
Caudal de conducción	3,79 l/s
Factor de día máximo	2,5
Tanque de almacenamiento	100 m ³
Tipo de sistema	Bombeo
Tipo de proyecto	Instalación militar
Cálculo de tubería	Ecuación de Hazen & Williams
Tipo de tubería	PVC junta rápida
Norma ASTM para la tubería	D 2241, D3139, F477,
Norma ASTM para los accesorios	D2466

Fuente: elaboración propia.

2.2.7. Componentes del sistema

El sistema de abastecimiento de agua está compuesto por varios elementos entre los cuales destacan, la captación, la línea de conducción, el tanque de almacenamiento y la red de distribución.

2.2.7.1. Captación

Es el pozo mecánico propiamente dicho, el conjunto de funcionamiento de bomba sumergible, sistema de recirculación de caudal, llaves de paso y manómetros de presión e instalación eléctrica. El fin básico, es asegurar bajo cualquier condición y época del año la cantidad de agua necesaria para el suministro de la brigada.

2.2.7.2. Línea de conducción

Es un conjunto de tuberías con diámetro de 4 pulgadas, forzadas a presión por bombeo, que parten del brocal del pozo hasta el tanque de almacenamiento y de este hacia los diferentes puntos de consumo. La tubería de 4 pulgadas está destinada al tramo desde el pozo hasta el tanque de almacenamiento, mientras que la tubería de distribución está compuesta por tramos de diferentes diámetros dependiendo del caudal que se maneje a través de ellos.

El diseño de una línea de conducción deberá tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- La capacidad debe ser suficiente para transportar el caudal máximo diario de diseño.

- La selección de la clase y diámetro de la tubería a emplear, debe ajustarse a la máxima economía.
- La línea de conducción debe dotarse de los accesorios y obras de arte necesarias para su correcto funcionamiento, conforme a las presiones de trabajo especificadas para la tubería, para su protección y mantenimiento.

Cálculo de línea de impulsión

Tiempo de bombeo

$$QDM = fhm * Qmd$$

$$Qd \text{ máximo} = 2,7(1,56) = 4,21 \text{ l/s}$$

Longitud = 339 m

Altura de descarga 36,85m

Altura de nivel dinámico: 280 m

Altura de nivel estático: 304,8 m

Tasa de interés 15% mensual

Anualidad $R = 0,15/12 = 0,0125$ la amortización para la tubería está dada por la ecuación:

$$A = \frac{.R \times (R+1)^t}{(R+1)^t - 1}$$

Donde

R = la tasa de retorno anual

T = el tiempo en meses que transcurre

N = 10 años * 12 meses = 120 meses

$$A = \frac{,00125 \times (0,00125 + 1)^{120}}{(0,00125 + 1)^{120} - 1} = 0,01613$$

Comercialmente la tubería se vende en tramos de 20 pies o 6 metros por lo que la cantidad de tubos se calcula a continuación.

$$\frac{339 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 56 \text{ tubos} \approx 58 \text{ tubos}$$

El diámetro para la tubería se puede calcular con la ecuación

$$\phi_1 = \frac{\sqrt{1,974 * Q}}{(0,6 - 2)} = (\phi_1 - \phi_2)$$

Donde

Q = caudal

(0,6 - 2) es el rango de velocidades óptima en m/s a la que fluye el agua a través de la tubería

$(\phi_1 - \phi_2)$ Es el rango de diámetros de tubería a utilizar

$$\phi_1 = \frac{\sqrt{1,974 * 10}}{0,6} = 5,73$$

$$\phi_2 = \frac{\sqrt{1,974 * 10}}{2} = 3,14$$

Diámetros a utilizar: 6, 5, 4, 3,

Tabla XIV. **Tabla de costo mensual de amortización de la tubería**

Φ	No.	P.U. Q	A	C.M.T. Q
6	58	1151,90	0,1613	10 776,48
5	58	817,19	0,1613	7 645,13
4	58	531,84	0,1613	4 975,57
3	58	485,75	0,1613	4 544,38

Fuente: elaboración propia.

Potencia de bombeo

$$PW = \frac{Q * Hf}{76 * e}$$

Donde

PW = es potencia de bombeo

Q = caudal

Hf = pérdidas por fricción

e = eficiencia que para bombas se estima en un 60%

Tabla XV. **Costo mensual de bombeo, de acuerdo con el diámetro de tubería que se utiliza**

Φ	Hf	Potencia (HP)	Potencia (kW)	No. Horas.	Pu.	Costo de bombeo
6	0,8	0,17	0,13	300	1,8	70,2
5	1,94	0,42	0,31	300	1,8	167,4
4	5,71	1,25	0,93	300	1,8	502,2
3	23,44	5,14	3,83	300	1,8	2068,2

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Costo total del bombeo más el costo total de la tubería**

Φ	C.M.T Q	C.M.B. Q.	C. total Q.
6	10 776,48	70,2	10 846,68
5	7 645,13	167,4	7 812,53
✓ 4	4 975,57	502,2	5 477,77
3	4 544,38	2 068,2	6 612,58

Fuente: elaboración propia.

Dado que el diámetro de 4 pulgadas es el que permite la mejor relación entre costo de bombeo y costo mensual de la tubería la línea de impulsión se diseñará en su totalidad con ese mismo diámetro.

2.2.7.3. **Determinación de la potencia de la bomba**

Es la fuerza necesaria para elevar el flujo estimado como caudal de bombeo desde el nivel dinámico de la bomba, hasta el tanque de almacenamiento, para lo cual se deben calcular pérdidas por fricción en la tubería del pozo, la altura desde la boca del pozo a la descarga, las pérdidas de carga en la línea de impulsión y la carga de velocidad.

Cálculo de potencia de la bomba

La carga dinámica total es la suma de las diferentes alturas que tiene que superar el fluido hasta llegar a la descarga:

- Altura de nivel dinámico a la boca del pozo (280,41 m)
- Pérdidas de carga en línea de succión (4,77 m)
- Altura de la boca del pozo a la descarga (44,85 m)

- Pérdida de carga en línea de impulsión (5,77 m)
- Carga de velocidad (0,31 m)
- Pérdidas menores (0,577 m)

Carga dinámica total:

$$CDT.=\sum_f^a = 336,68mca$$

La potencia de la bomba está dada por la ecuación:

$$PW = \frac{Q(CDT)}{76*0,6} = \frac{Q(336,68)}{76*0,6} = 74,56 \text{ HP} \approx 100 \text{ HP}$$

$$100 \text{ HP} = 59,12 \text{ kw} = 60 \text{ kW}$$

Caudal de bombeo

Es el que corre a través de la línea de impulsión, desde la captación hasta el tanque de almacenamiento; para su cálculo se utiliza como parámetro el caudal de día máximo, el producto de este caudal por 24 horas y se divide dentro del tiempo de bombeo.

$$Q_b = (Q_{dMx} * 24) / t_b \quad \text{tomando un } t_b = 10 \text{ horas}$$

$$Q_b = (4,32 \text{ l/s} * 24) / 10 = 10,36 \text{ l/s}$$

2.2.7.4. Especificaciones del equipo de bombeo

- El equipo de bombeo debe ser accionado por corriente eléctrica.
- Con una potencia mínima de 60 kilovatio.
- Con un diámetro de salida de 4 pulgadas.
- Bomba de tipo sumergible.
- La bomba debe superar los 400 metros columna de agua, con un caudal de al menos 15 litros sobre segundo.
- La bomba estará protegida contra intemperie y abrasivos.

2.2.7.5. Verificación de golpe de ariete

Se llama así al fenómeno que ocurre cuando un fluido es impulsado a través de una tubería a una altura determinada y el fluido se interrumpe súbitamente ya sea por el cierre brusco de una válvula o la interrupción del bombeo, el retorno del fluido dentro de la tubería de impulsión provoca una sobrepresión que depende de la velocidad de propagación de la onda de sobrepresión (celeridad) y la altura desde la que el fluido retorna.

La verificación del golpe de ariete se realiza con el fin de comprobar que la tubería soportará la sobrepresión originada por este fenómeno, para lo cual se considera el módulo de elasticidad volumétrica del agua, el módulo de elasticidad de la tubería a utilizarse, el diámetro interno de la tubería y el espesor de la pared de la misma.

Verificación del golpe de ariete

α = celeridad (velocidad de propagación de la onda de sobrepresión).

$$\alpha = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{K}{E} * \frac{di}{t}}}$$

Donde

K = módulo volumétrico del agua (PVC = 2,07E4)

E = módulo de elasticidad del material de la tubería (3E4)

di = diámetro interno de la tubería

t = espesor de pared de la tubería

$$\alpha = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{2,07E4}{3E4} * \frac{105,51}{4,39}}} = 338,63$$

Para determinar la velocidad de flujo de la tubería se utiliza la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,010}{\frac{\pi D^2}{4}} = 1,23 \text{ m/s}$$

La sobrepresión es el incremento en la presión que se genera en la tubería cuando ocurre un golpe de ariete y está descrita por la ecuación:

$$\Delta P = \frac{\alpha * V}{G} = \frac{338,63 * 1,23}{9,81} = 42,32 \text{ mca}$$

Donde

α = celeridad

V= velocidad de flujo en la tubería

G = aceleración de la gravedad

P= $\Delta P + H$ bombeo = $36,85 + 42,52 = 79,17$ mca

79,17 mca < 112,49 mca (160 psi)

Dado que la sobrepresión es menor que la presión de trabajo de la tubería si se puede usar la tubería de PVC clase 160 psi.

2.2.7.6. Tanque de almacenamiento

En todo sistema, debe diseñarse un tanque como mínimo, con las siguientes características:

- Compensar las demandas máximas horarias esperadas en la red de distribución.
- Almacenar agua en horas de poco consumo como reservas.
- Regular presiones en la red de distribución.
- Que el agua almacenada se renueve cada 24 horas.

El volumen de capacidad para este tanque se calcula así:

$$V = \frac{QMD * 86\ 400}{1\ 000} * F_s \text{ el Factor de seguridad (Fs) varía de 0,25 a 0,38}$$

Sin embargo, por condiciones especiales se utilizará un factor de seguridad de 0,65.

$$V = \frac{1,56 * 86\ 400}{1\ 000} * 0,65 = 87 \text{ m}^3 \approx 100 \text{ m}^3$$

Para elevar la carga de presión se utilizará un tanque metálico elevado a una altura de 15 metros. Con capacidad de 100 metros cúbicos.

Este tanque tendrá unas dimensiones de 4 metros de diámetro por 8 metros de altura.

La presión interna en un tanque que contiene un fluido en este caso agua el cual está abierto a la atmósfera está dada por la ecuación.

$$P = \rho g H$$

Donde

P = presión

ρ = densidad de el fluido en este caso agua

g = aceleración de la gravedad

La presión interna es igual a 78 400 kg/m²

Los esfuerzos vertical y horizontal para tanques de pared delgada sometidos a presión están dados por las ecuaciones:

$$\sigma_h = \frac{PD}{2t}$$

$$\sigma_v = \frac{PD}{4t}$$

Donde

P = presión

σ_h = esfuerzo horizontal

σ_v = esfuerzo vertical

t = espesor de pared

Tomando como esfuerzo permisible para diseño de elementos de acero una resistencia de 3 000 kilogramo / centímetro cuadrado y utilizando un factor de seguridad de 0,85 se tiene que el esfuerzo permisible con el que se diseña la pared de este tanque es de 2 600 kilogramo / centímetro cuadrado.

Lo que al sustituirlo en las ecuaciones anteriores y resolver para t se tiene:

En el sentido horizontal un espesor de 0,00301 metro = 3,01 milímetro

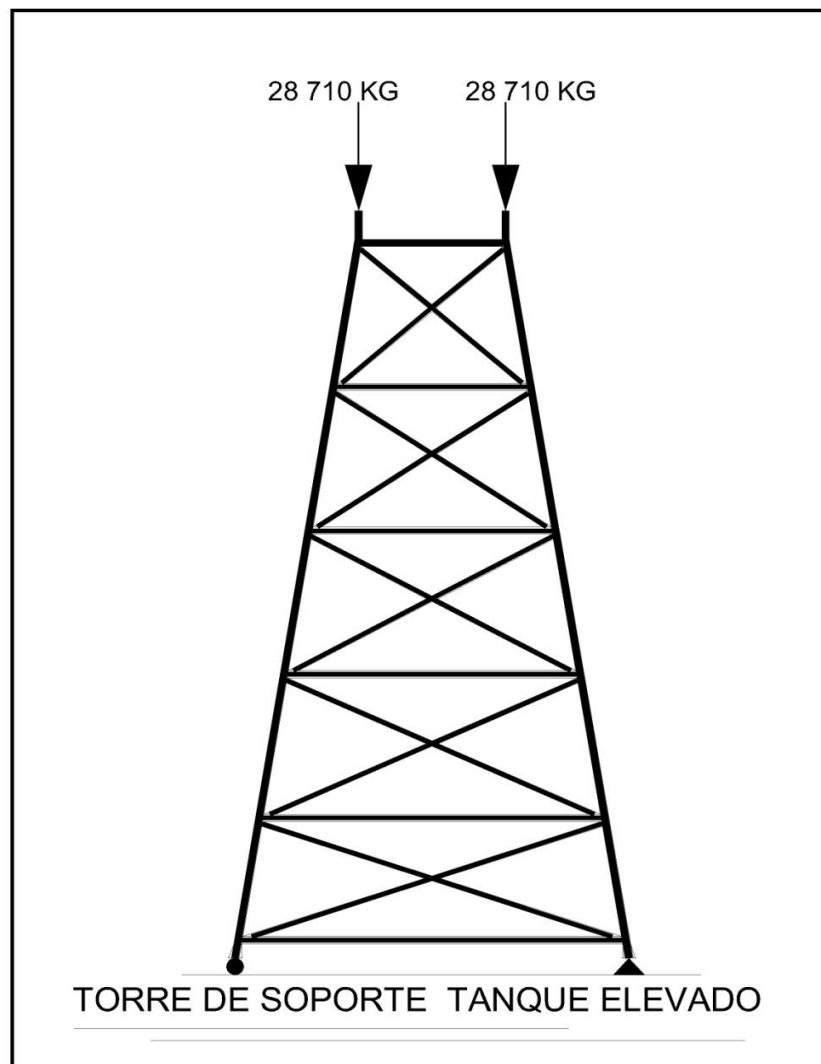
en el sentido vertical un espesor de 0,00603 metro = 6,03 milímetro

Lámina rolada de acero de ¼ de pulgada de espesor = 6,35 milímetros soportará el esfuerzo en los sentidos verticales y horizontal superior.

Para el cono inferior se recomienda un espesor de 3/8 de pulgada = 9,52 milímetro considerando que es la parte que soporta la unión entre el tanque y la torre de elevación.

Cálculo de fuerza axial en miembros de torre

Figura 27. **Cargas axiales aplicadas a torre**

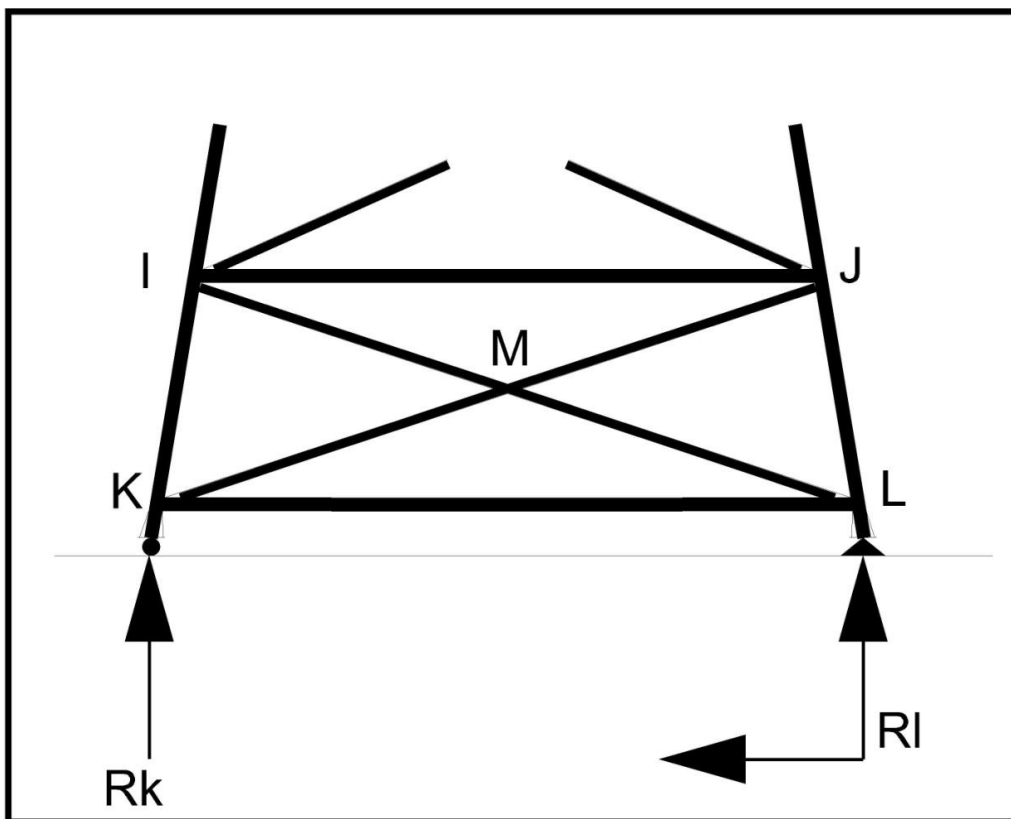


Fuente: elaboración propia.

Para el análisis de fuerza axial en los miembros de la torre, se calcularon las reacciones en la cimentación y las componentes en que se distribuyen en los diferentes miembros con base en las condiciones de equilibrio estático, el análisis se realizó por el método de los nodos.

Calculándose sólo para el primer marco las fuerzas axiales.

Figura 28. Reacciones en la base de la torre



Fuente: elaboración propia.

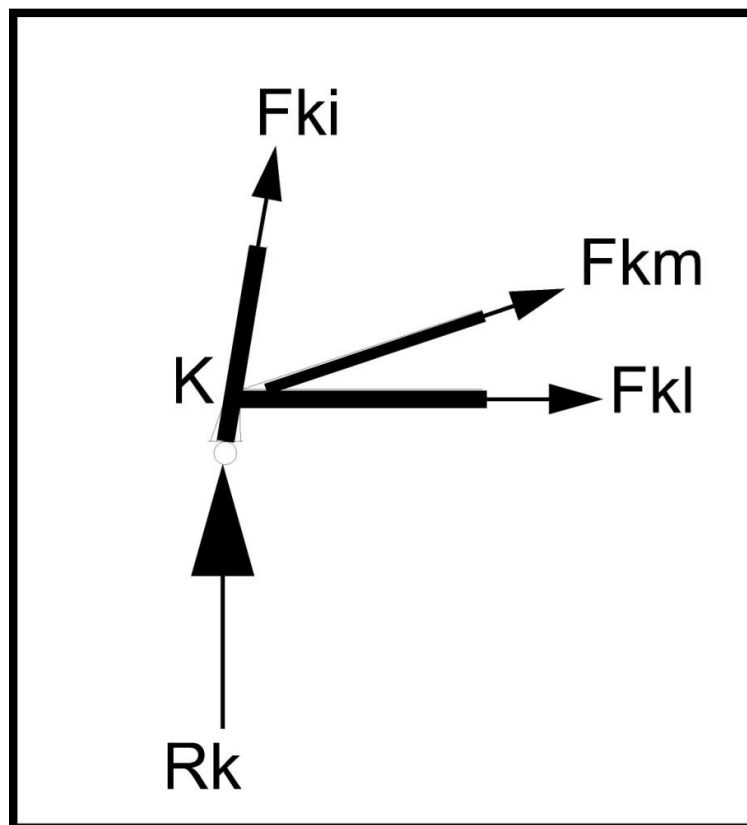
$$\sum M/L = 28\,710 * 2,565 + 28\,710 * 7,95 - R_k * 7,95 = 0$$

$$R_k = 37\,973,03 \text{ kg}$$

$$R_L = 19\,446,97 \text{ kg}$$

Nodo K

Figura 29. Diagrama de cuerpo libre en nodo K



Fuente: elaboración propia.

$$\sum F_y = 37\,973,03 * \frac{7,40}{7,65} (F_{km}) - \left(\frac{2,55}{2,60}\right) (F_{kj})$$

$$\sum F_x = \frac{7,40}{7,65} (F_{km}) + \left(\frac{0,545}{2,60}\right) (F_{ki})$$

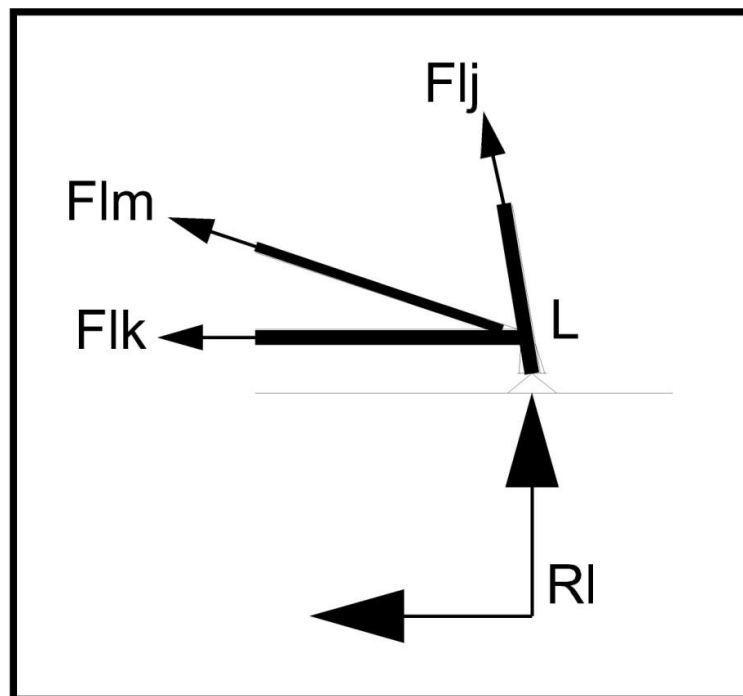
Al resolver el sistema de ecuaciones simultáneas se tiene:

$$F_{km} = 75\,43,32 \text{ kg}$$

$$F_{ki} = 36\,207,95 \text{ kg}$$

Nodo L

Figura 30. Diagrama de cuerpo libre en nodo L



Fuente: elaboración propia.

$$\sum F_y = 19\,446.97 * \frac{2.55}{2.60} (F_{lj}) - \left(\frac{2.55}{7.65}\right) (F_{lm})$$

$$\sum F_x = \left(\frac{0.545}{2.60}\right) F_{lj} - \frac{7.40}{7.65} (F_{lm}) - (F_{lk})$$

$$\sum M/L = 0.545 \left(\frac{2.55}{2.60}\right) F_{lj} - 3.975 \left(\frac{2.55}{7.65}\right) F_{lm}$$

Al resolver el sistema de ecuaciones simultáneas se tiene:

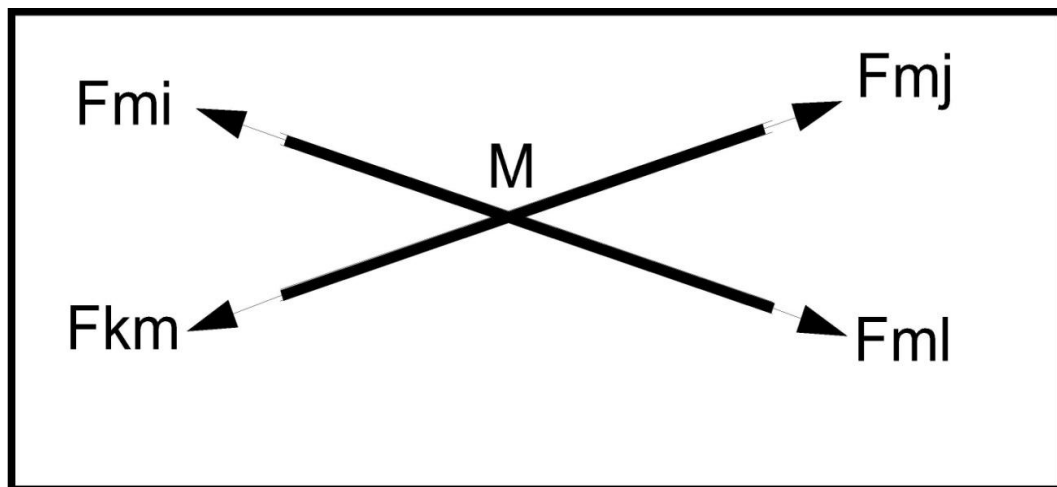
$$F_{lj} = -22\,992.54 \text{ kg}$$

$$F_{lm} = 9\,266.427 \text{ kg}$$

$$F_{lk} = 4\,144.01 \text{ kg}$$

Nodo M

Figura 31. Diagrama de cuerpo libre en nodo M



Fuente: elaboración propia.

$$\sum F_y = \left(\frac{2,55}{7,65}\right) 7\,543,32 + \left(\frac{2,55}{7,65}\right) 92\,266,427 - \left(\frac{2,55}{7,31}\right) (F_{mi}) - \left(\frac{2,55}{7,31}\right) F_{mj}$$

$$\sum F_x = \left(\frac{7,40}{7,65}\right) 7\,543,32 + \left(\frac{7,40}{7,65}\right) 92\,266,427 - \left(\frac{6,86}{7,31}\right) (F_{mi}) - \left(\frac{6,86}{7,31}\right) F_{mj}$$

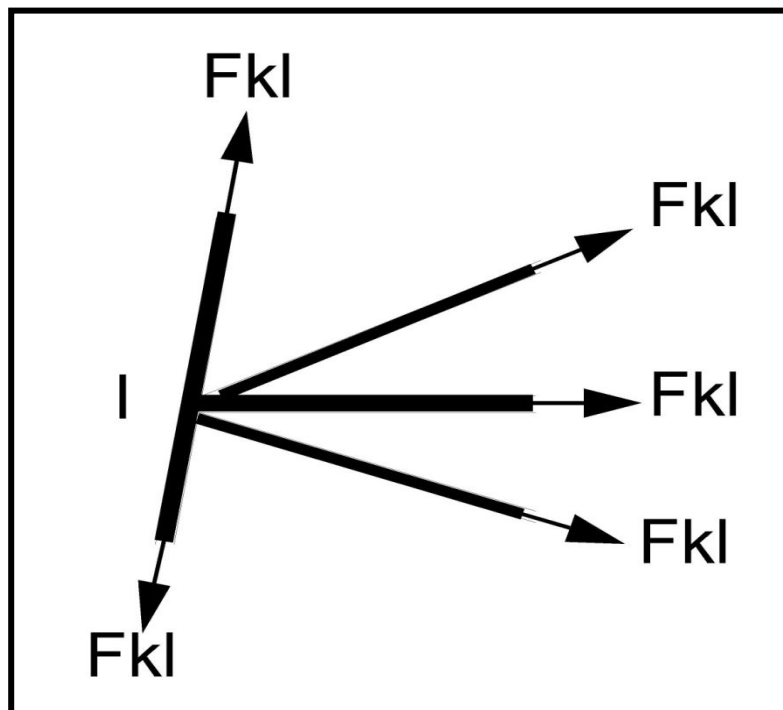
Al resolver el sistema de ecuaciones simultáneas se tiene:

$$F_{mi} = 8\,636,12 \text{ kg}$$

$$F_{mj} = 8\,639,12 \text{ kg}$$

Nodo I

Figura 32. Diagrama de cuerpo libre en nodo I



Fuente: elaboración propia.

$$\sum F_y = \frac{2,55}{2,60} (36\ 207,95) - \left(\frac{2,55}{7,65}\right) (8\ 635,12) - \left(\frac{2,85}{6,51}\right) F_{ih} - \left(\frac{2,85}{2,89}\right) F_{ij}$$

$$\sum F_x = \left(\frac{0,545}{2,60}\right) 36\ 207,95 + \frac{7,40}{7,65} (8\ 636,12) - \left(\frac{5,86}{6,51}\right) F_{ih} - \frac{0,5}{2,89} F_{ig} - F_{ij}$$

$$\sum M/L = -0,545 \left(\frac{2,55}{2,60}\right) 36\ 207,95 + 7,40 \left(\frac{2,55}{7,65}\right) 8\ 636,12 - 0,5 \left(\frac{2,85}{2,89}\right) F_{ig} - 5,86 \left(\frac{2,85}{6,51}\right) F_{ih}$$

Al resolver el sistema de ecuaciones simultáneas se tiene:

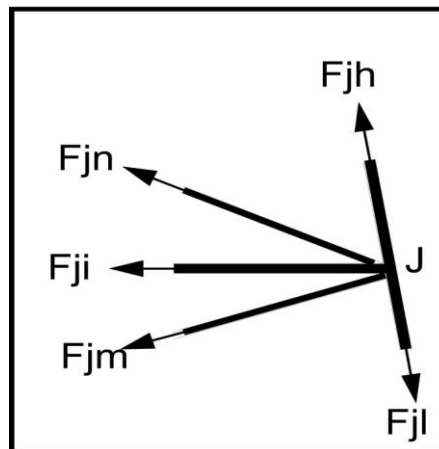
$$F_{ih} = 9\ 119,78\ \text{kg}$$

$$F_{ig} = 34\ 862,33\ \text{kg}$$

$$F_{ij} = -5\ 024,46\ \text{kg}$$

Nodo J

Figura 33. Diagrama de cuerpo libre en nodo J



Fuente: elaboración propia.

$$\sum F_y = \frac{2,55}{2,60} (22\ 992,54) - \left(\frac{2,55}{7,31}\right) (86\ 39,12) - \left(\frac{2,85}{6,51}\right) F_{jn} - \left(\frac{2,85}{2,89}\right) F_{jh}$$

$$\sum F_x = \frac{0,545}{2,60} (22\ 992,54) - \left(\frac{6,86}{7,31}\right) (8\ 635,12) - \left(\frac{5,86}{6,51}\right) F_{jn} - \left(\frac{0,5}{2,89}\right) F_{jh} + 5\ 024,46$$

Al resolver el sistema de ecuaciones simultáneas se tiene:

$$F_{jn} = -16\ 629,02 \text{ kg}$$

$$F_{jh} = 33\ 286,18 \text{ kg}$$

Tabla XVII. **Características de los elementos utilizados**

Perfil	L	H	C
Área (mm ²)	1 249,99	1 730	1 540
Área (cm ²)	12,49	17,3	15,4
Esfuerzo último (kg/cm ²)	32 474	44 980	40 040

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Resumen de esfuerzos en miembros y tipos de esfuerzos**

Perfil	Elemento	Fuerza (kg)	Area (cm ²)	σ ultimo (kg)	Tipo de esfuerzo
C	KL	4 144,01	15,40	40 040	Tensión
H	KI	-36 207,95	17,30	44 980	Compresión
L	KM	7 543,32	12,49	32 474	Compresión
L	IM	8 636,12	12,49	32 474	Tensión
C	IJ	-5 024,46	15,40	40 040	Compresión
C	LK	4 144,01	15,40	40 040	Tensión
L	LM	-9 266,427	12,49	32 474	Compresión
H	LJ	-22 992,54	17,30	44 980	Compresión
L	MJ	8 639,12	12,49	32 474	Tensión

Fuente: elaboración propia.

Cimentación de tanque

Diseño de zapatas según valor soporte del suelo

Momento en Y = $M_{uy}=19\ 733,33$ kg-m

Carga última $P_u = 28\ 710$ kg

Resistencia del concreto $f'_c=210$ kg/cm²

Resistencia del acero $f_y= 2\ 810$ kg/cm²

Valor soporte de suelo

$V_s= 2\ 400$ kg/m² según ensayo de suelo elaborado por el especialista en suelos del cuerpo de Ingenieros del Ejército, (puede ser consultado en la sección de anexos).

Peso específico del suelo

$$\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_s = 1400 \text{ kg/m}^3$$

Factor de carga última

$$F_{Cu} = 1,52$$

$$\text{Carga de trabajo } P' = P_u / F_{Cu} = 28710 / 1,52 = 18888,15 \text{ kg}$$

$$M'y = M_y / F_{Cu} = 19733,33 / 1,52 = 12982,45 \text{ kg-m}$$

Predimensionamiento

$$A_z = (1,5 \cdot P') / \gamma_s$$

$$A_z = 1,19 \text{ m}^2$$

Se proponen las siguientes dimensiones

$$1,20 \text{ m} \times 1,20 \text{ m} = 1,44 \text{ m}^2$$

Chequeo de presión en suelo (q):

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M'y}{S_x} \pm \frac{M'x}{S_x}$$

Donde

$$S = (1/6)bh^2$$

$$S_x = 0 \quad S_y = (1/6)(1,25)^2(1,2) = 0,28$$

$$P = P' + P_{\text{columna}} + P_{\text{suelo}} + P_{\text{cimiento}}$$

$$P = 18\,888,15 + 223,2 + 1\,890 + 1\,428,48$$

$$P = 22\,429,83 \text{ kg}$$

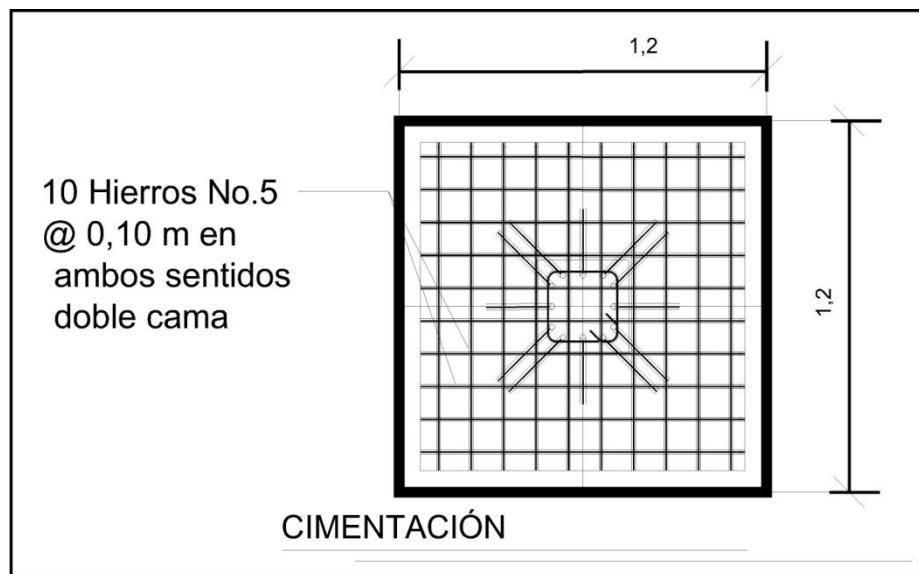
$$q = 22\,429,83/1,44 + 1\,298,45/0,28 = 20\,213,53$$

$q_{\text{MAX}} = 20\,213,59 \text{ kg/m}^2 < 2\,400 \text{ kg/m}^2$ el concreto si resiste el esfuerzo a compresión

$q_{\text{MIN}} = 10\,938,94 \text{ kg/m}^2 > 0$ No existe tensión en el suelo

Presión última

Figura 34. **Armado de cimentación**



Fuente: elaboración propia.

$$q_u = q_{MAX} (F_{cu}) = 20\ 213,59 * 1,52 = 30\ 724,65$$

Chequeo por corte simple

D = espesor – recubrimiento – (diámetro de varilla /2)

$$D = 40 - 7 - (1,27/2) = 32,36$$

$$X = ((120 - 30) / 2) - 32,36 = 12,64$$

$$V_a = \text{corte actuante} = A * q_u$$

$$V_a = (1,20 * 0,1264) * 30\ 724,65 = 4\ 660,31 \text{ kg}$$

V_r = corte que resiste el concreto

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * (120) * (32,36)$$

$$V_r = 25\ 350,94$$

$$25\ 350 < 4\ 660,31 \rightarrow V_r > V_a$$

Si chequea el corte simple

Corte punzonante

$$30 + D = 30 + 32,36 = 62,36 \text{ cm}$$

$$V_a = \text{corte actuante} = (A_1 - A_2) * q_u$$

$$V_a = (1,2)^2 - (0,6236)^2 * 30\ 724,65 = 30\ 727,47$$

$$V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{(f'c)} * b * d$$

$$V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{(210)} * 4 * 62,36 * 32,36 = 105\ 392,34$$

$$105\ 392,34 \text{ kg} > 30\ 727,47 \text{ kg}$$

Si resiste el corte punzonante

Chequeo por momento

$$M_u = q_u * \frac{l^2}{2}$$

$$30\,724,65 * \frac{(0,45)^2}{2} = 3\,110,87 \text{ kg} - \text{m}$$

$$A_s = 42,20 \text{ cm}^2 \quad A_s/2 = \text{cada cama} \rightarrow 23,76 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{min}} = (14,1/2\,810) * (100)(32,36) = 16,23 \text{ cm}^2$$

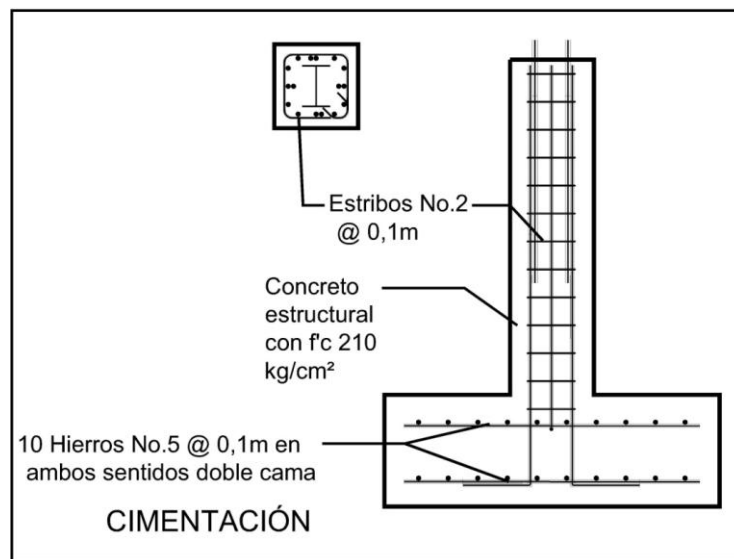
Usar requerida

S = espaciamiento entre varillas

$$S = 1,98/23,76 = 0,08$$

Dos camas con hierro No.5 @ 0,08 m en ambos sentidos.

Figura 35. **Armado de pedestal de cimentación**



Fuente: elaboración propia.

2.2.7.7. Red de distribución

Es un sistema de tuberías utilizado para hacer llegar el agua proveniente de distribución al consumidor. Desde el punto de vista hidráulico existen dos tipos de redes de distribución:

- Red abierta: es la que se construye en ramales. Se recomienda su uso, en aquellos casos en que la población es muy dispersa.

Las fórmulas que se utilizan son:

$$\begin{aligned}Q_{viv} &= Q_{MH} / \#edificaciones \\ &= Q \text{ distribución} / \#edificaciones \\ &= K \sqrt{(n - 1)}\end{aligned}$$

Donde

Q_{edi} = caudal por edificación

Q_{MH} = caudal máximo horario

Q_{dist} = caudal de distribución

N = es el número de edificación

K = es la constante que va en función de la cantidad de edificaciones que se encuentran en el tramo en diseño: $K= 0,25$ si $n>100$ y $K = 0,15$ si $n\leq 100$.

Para el diseño se utiliza el caudal mayor entre Q_{edi} y Q_{inst} .

- Red cerrada: las tuberías forman circuitos y están intercomunicadas, desde el punto de vista técnico funciona mejor que la anterior. Este método elimina los extremos muertos y permite la circulación del agua.

Utiliza el método de Hardy – Cross, el cual se refiere a aproximaciones sucesivas, por el cual se aplican sistemáticas correcciones a los flujos originales asumidos hasta que la red esté balanceada, si estas pérdidas no son iguales, se continua con las iteraciones. La fórmula a utilizar para el método de Hardy – Cross se deduce de las siguientes:

$$Q'_1=(Q_1 + D) \qquad Q'_2 =(Q_2 + D)$$

Y como se mencionó anteriormente las pérdidas en cada nodo deben ser iguales:

$$Hf_1 = Hf_2$$

$$\frac{1\,743,811LQ_1'^{1,85}}{D^{4,87}C^{1,85}} = \frac{1\,743,811LQ_2'^{1,85}}{D^{4,85}C^{1,85}}$$

Desarrollando la igualdad anterior, se determina la fórmula que permite el cálculo de la corrección. (D)

$$D = - \frac{Hf}{1,85 \left(\frac{Hf}{Q}\right)}$$

Se tendrá como aceptado, cuando la corrección (D) sea igual al 1% de diferencia entre el caudal de una iteración y otra, para cada uno de los circuitos que componen la red.

En el caso de la red de distribución de agua potable se tiene un sistema de ramales abiertos por lo que la asignación de caudal está dada con base en la demanda en los diferentes puntos de consumo y está referido a los nodos de derivación.

Cada nodo de derivación debe cumplir con la condición de continuidad, por lo que, el caudal que entra debe ser igual al caudal que sale del nodo, la demanda de caudal está dada en función del tipo de artefactos a abastecer y el número de personas a servir, basado en la tabla de dotaciones por artefacto la cual está en función de las personas a ser atendidas, es decir, existen 5 duchas y serán utilizadas por 25 personas se toma el caudal de una ducha que es 27,6 litros habitante día y se multiplica por los 25 usuarios siendo equivalente a que los 25 usuarios utilicen la misma ducha o 5 cada ducha, de igual manera para cada artefacto.

En la tabla siguiente se presenta el cálculo utilizado para el edificio de la comandancia en el cual se asigna al número de usuarios por el caudal de cada artefacto, el caudal en litros sobre segundo final está calculado definido como la sumatoria del consumo de cada caudal de artefacto dividido en 86 400 segundos de un día dando como resultado el caudal para ese tramo de tubería.

Para el edificio de la comandancia se calcula el caudal de esta forma quedando de la manera siguiente:

Tabla XIX. **Consumo de agua por edificio con base a dotación por artefacto y cantidad de usuarios**

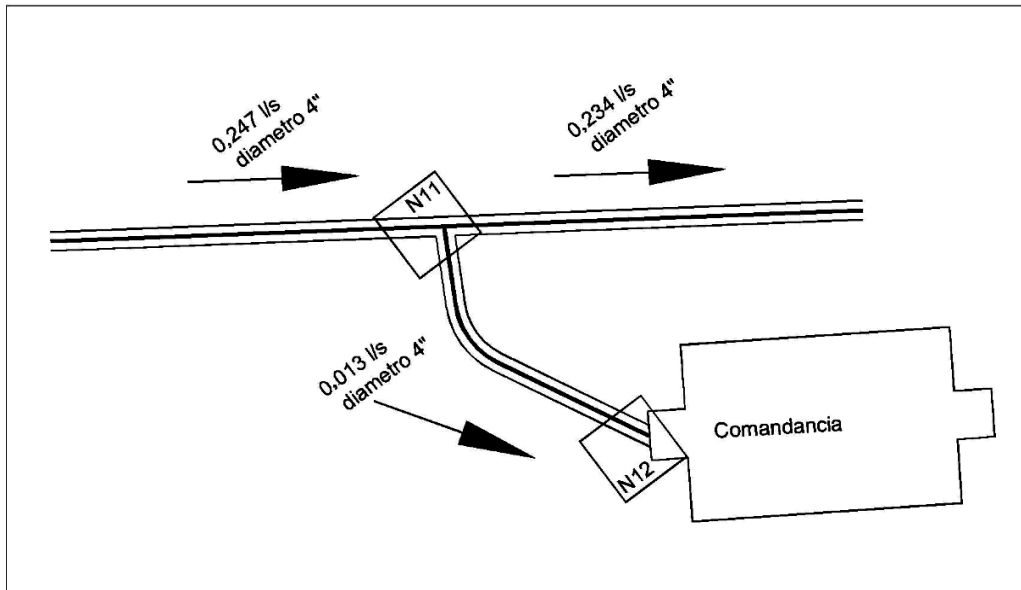
Edificio	Comandancia
Población	15
Duchas	414
Sanitarios	535,05
Lavamanos	90,3
Orinal	0
Chorros	90,3
Mingitorio	535,05
Consumo Por edificio	1 129,65
Q en litros/segundo	0,013

Fuente: elaboración propia.

Teniendo como resultado que el caudal asignado es de 0,013 litros/segundo para este edificio esa es la demanda requerida para el tubo 12 entre los nodos 11 y 12.

Por lo que la distribución de caudales se presenta a continuación:

Figura 36. **Nodo de derivación 11**



Fuente: elaboración propia.

$$Q_e = 0,247 \text{ l/s}$$

$$sQ_s = 0,234 \text{ l/s} + 0,013 \text{ l/s} = ,247 \text{ l/s}$$

$$Q_e = Q_s \text{ si cumple condición de continuidad}$$

El cálculo hidráulico de la distribución de caudales y las presiones en cada nodo está contenido en la sección de apéndices.

2.2.8. Obras hidráulicas

Las obras hidráulicas son accesorios muy importantes en una línea de conducción y distribución de agua potable, ya que por medio de estas se puede interrumpir el paso de fluido o se libera el aire que se queda atrapado en los puntos altos de la tubería, también en los puntos bajos los sólidos que lleva el fluido se sedimentan creando taponamiento en las tuberías.

Válvulas

Válvulas de limpieza: son válvulas que permiten extraer sedimentos, que se pudieran depositar en las partes bajas de la tubería. Estos sedimentos pueden representar un factor de importancia en el funcionamiento eficiente del sistema, ya que estos obstruyen con el correr del tiempo de forma permanente, por lo que la apertura de estas válvulas debe ser periódica.

Válvula de compuerta: salvo indicación de otro tipo en los planos o en diseños especiales. Las válvulas de compuerta de hasta 4 pulgadas deben ser de bronce, vástago ascendente, disco de cuña sencillo o doble y para una presión de 250 libras sobre pulgada cuadrada.

Excepto que se indique otra presión en los planos. Las válvulas de compuerta para tubería mayor a 4 pulgadas serán de cuerpo de hierro fundido y montura de bronce.

2.2.8.1. Sistema de desinfección

La desinfección del agua es el método que permite la destrucción de los vectores patógenos gastrointestinales, a través de la aplicación directa de medios físicos y químicos.

La cloración es el método más común para la desinfección del agua en sistemas de abastecimiento público. El cloro y sus compuestos son activos desinfectantes para la destrucción de la microbiota que se encuentra en el agua y en especial las de origen entolítico. Ya que la cloración es de fácil aplicación de bajo costo. De efecto inocuo para las personas en las dosis utilizadas en la desinfección del agua, de fácil mantenimiento en la red de distribución y por su efectiva acción, hacen que este sea el sistema de mayor uso en los sistemas de abastecimiento de agua potable tanto rural como urbano.

El cloro es utilizado como gas o compuesto clorado. El compuesto clorado de mayor uso es el hipoclorito de calcio. La aplicación de cloro se hace mediante equipos especiales. Dentro de los equipos más utilizados en el medio está el hipoclorador, propuesto para este proyecto.

Hipoclorador hidráulico

Este método de cloración es el más utilizado por diferentes entidades que controlan y proveen abastecimiento de agua para consumo humano. Por su fácil manejo y gran efectividad, se recomienda a las pequeñas y medianas instalaciones habitacionales. Requiere de una persona para realizar el procedimiento inicial, automáticamente agrega cloro al tanque de distribución.

El hipoclorador funciona por gravedad, basado en el principio de carga hidráulica constante. Se compone de un flotador plástico, que soporta un elemento de toma para la captación de la solución; y de un dispositivo de control de la solución que va unido a una manguera flexible, que es por donde se suministra la solución al agua que ingresa de las tuberías de la línea de conducción al tanque de distribución.

Esta tubería o manguera será de 2½ pulgada y estará colocada exactamente sobre la tubería de ingreso de agua para que ingrese conjuntamente la solución clorada, de tal manera que la mezcla sea lo más homogénea posible (agua y cloro).

El sistema de captación de la solución va colocado en el interior de un recipiente resistente al cloro, cuyo objetivo es almacenar la solución.

Se usará un solo hipoclorador que dosifique una solución de hipoclorito de calcio al 65%, diluido en agua en pequeñas dosis, directamente al caudal de entrada del tanque de almacenamiento.

Dosis de cloro necesaria

La solución para aplicar en la entrada del tanque, el flujo de cloro (F_c) en g/h se calcula con la siguiente ecuación:

$$F_c = Q \times D_c \times 0,06$$

Donde

Fc = flujo de cloro en gramos/hora

Q = caudal de agua conducida en litros/minuto

Dc = demanda de cloro en miligramos sobre litro (mínimo 2 gramos por cada metro cúbico o 2 miligramos por cada litro).

Para cumplir con la demanda de cloro que se debe cubrir en un mes de trabajo ininterrumpido se necesitarán $420\ 768 * 24 * 30 = 3\ 029,53$ gramos de solución de cloro que serán suministrados por una bomba dosificadora de cloro autoregulada, que se instalará en la salida del pozo.

2.2.8.2. Planos y detalles

Los planos constructivos para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la Brigada Militar de Fuerzas Especiales Kaibil en Puerto Barrios departamento de Izabal, se presentan en el apéndice y están conformados por:

- Plano de conjunto.
- Planta – perfil de la instalación de la tubería.
- Planta de ubicación de cajas.
- Planta de isobaras.
- Planos estructurales, detalles de tanque de agua y detalles de la instalación de las unidades de consumo.

2.2.9. Cuantificación de materiales y mano de obra

Para la cotización de diferentes elementos como el equipo de bombeo, el acero estructural del tanque de agua y los materiales para la instalación de la tubería, adicionalmente se requerirán algunos servicios contratados como el mantenimiento al pozo y el estudio de cámara sumergida.

La cuantificación de la mano de obra se estimó, con la duración de cada tarea y se asignó a cada labor el salario diario del personal, dado que al igual que en la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales, este sistema de abastecimiento de agua será ejecutado por personal del Cuerpo de Ingenieros del Ejército; por lo cual no se consideraron como costo indirecto las prestaciones laborales del personal empleado, ya que es cubierto por el Ministerio de la Defensa.

Se estimó un 5% de cada renglón por concepto de imprevistos y un 12% de iva.

2.2.10. Presupuesto

El presupuesto presentado a continuación contiene la integración de costos de mano de obra, materiales y servicios contratados.

Figura 37. Presupuesto del sistema de tratamiento

ESTUDIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE Brigada militar de fuerzas especiales KAIBIL Puerto Barrios departamento de Izabal					
No.	Renglón	Unidad de Medida	Cantidad	Q/unidad	Subtotal Q
1	PRELIMINARES				1 624,60
1,1	LIMPIEZA Y CHAPEO	M ²	2 495	0,65	1 624,60
2	MOVIMIENTO DE TIERRA				14 732,04
2,1	EXCAVACIÓN	M ³	271,18	18,24	4 948,87
2,2	RELLENO	M ³	94,91	47,37	4 496,58
2,3	NIVELACIÓN	M ³	250	21,14	5 286,58
3	SEDIMENTADOR				119 086,71
3,1	PAREDES LATERALES	M ²	72	534,56	38 488,80
3,2	LOSA DE SUMIDERO	M ²	36	564,96	20 338,71
3,3	CORTINAS	M ²	24	689,68	16 552,39
3,4	VIGA PERIMETRAL Y DE CORONA	ML	37,8	214,97	8 126,07
3,5	LOSA SUPERIOR	M ²	40,59	876,58	35 580,74
4	FILTRO TORRE				211 253,87
4,1	CIMIENTO DE FILTRO PERCOLADOR	M ²	6,93	1 790,59	12 408,82
4,2	PARED CILINDRICA DE FILTRO PERCOLADOR	M ²	100,53	1 410,96	141 844,13
4,3	LLENADO DE FILTRO PERCOLADOR CON ROCA VOLCANICA	M ³	100,53	567,00	57 000,91
5	PATIO DE SECADO DE LODOS				16 705,63
5,1	ZAPATAS DE 0,45 x 0,45 x 0,20	UNIDAD	16	268,03	4 288,59
5,2	COLUMNAS 0,15 x 0,15 x 0,20	UNIDAD	16	349,34	5 589,48
5,3	LEVANTADO DE BLOCK DE 0,15 x 0,40 x 0,20	M ²	60	89,55	5 373,01
5,4	REPELLADO DE SUPERFICIE DE PATIO DE SECADO	M ²	45	32,32	1 454,54
6	LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN				45 516,93
6,1	TRATAMIENTO DE SUPERFICIE CON SUELO CEMENTO	M ²	800	48,83	39 071,47
6,2	CAJA DE ENTRADA Y SALIDA	UNIDAD	2	3 222,73	6 445,46
7	TUBERÍA				22 335,60
7,1	INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE 8 IN PARA LODOS	ML	40	268,87	10 754,87
7,2	INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE 6 IN PARA AGUA	ML	104,71	110,59	11 580,73
8	COMPUERTAS				2 556,69
8,1	COMPUERTAS EN SEDIMENTADOR	UNIDAD	4	364,35	1 457,3
8,2	REJAS DE CAJAS	UNIDAD	2	549,62	1 099,25
9	CAJA REUNIDORA DE CAUDAL				2 867,70
9,1	CAJA REUNIDORA DE CAUDAL	UNIDAD	1	2 867,7	2 867,70
TOTAL DE SISTEMA DE TRATAMIENTO					436 679,80
Son: Cuatrocientos treinta y seis mil seis cientos setenta y nueve con ochenta y un centavos					

Fuente: elaboración propia.

Figura 38. Presupuesto para el sistema de abastecimiento de agua

ESTUDIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE					
Brigada militar de fuerzas especiales KAIBIL Puerto Barrios					
departamento de Izabal					
No.	Reglón	Unidad de Medida	Cantidad	Q/unidad	Subtotal Q
1	PRELIMINARES				4 406,33
1,1	LIMPIEZA Y CHAPEO	ML	4 913,52	0,89	4 406,33
2	MOVIMIENTO DE TIERRA				8 346,27
2,1	EXCAVACIÓN DE LÍNEA DE IMPULSIÓN	ML	327	1,86	609,25
2,2	EXCAVACIÓN DE LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL	ML	506,95	1,57	797,58
2,3	EXCAVACIÓN DE RAMAL ESTE	ML	649,47	2,01	1 305,73
2,4	EXCAVACIÓN DE RAMAL OESTE	ML	2 937,56	0,79	2 339,73
2,5	EXCAVACIÓN DE LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA	ML	494,54	1,93	959,07
2,6	EXCAVACIÓN PARA CIMENTACIÓN DE TANQUE	M3	10,45	223,43	2 334,89
3	COLOCACIÓN DE TUBERÍA				326 535,72
3,1	COLOCACIÓN DE LÍNEA DE IMPULSIÓN	ML	327,00	204,33	66 818,55
3,2	COLOCACIÓN DE LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL	ML	506,95	106,74	54 112,51
3,3		ML	649,47	30,99	20 133,37
3,4	COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE RAMAL OESTE	ML	2937,56	53,15	156 133,54
3,5	COLOCACIÓN DE LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA	ML	492,54	39,11	19 265,26
3,6	COLOCACIÓN DE CAJAS DE VALVULAS	UNIDAD	29,00	186,78	5 416,84
3,7	CONECCIÓN DE VALVULAS DE LIMPIEZA Y COMPUERTA	UNIDAD	29,00	160,53	4 655,63
4	TANQUE ELEVADO PARA AGUA				283 822,34
4,1	ZAPATAS DE 1,20 X 1,2 X 0,6	UNIDAD	4	3 872,42	15 489,70
4,2	COLUMNAS 0,3 X 0,30 X 1,50	UNIDAD	4	4 535,09	18 140,36
4,3	CONSTRUCCIÓN DE TORRE PARA TANQUE	UNIDAD	1	115 117,52	115 117,52
4,4	COLOCACIÓN DE TANQUE ELEVADO	UNIDAD	1	98 109,32	98 109,3225
4,5	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE LLENADO Y DE VACIADO	ML	38,5	315,13	12 132,73
4,6	COLOCACIÓN DE ESCALERA DE ACCESO	UNIDAD	1	10 842,59	10 842,59
4,7	PROTECCIÓN DE ESTRUCTURA Y TANQUE	M2	455,1	30,74	13 990,09
5	SISTEMA DE BOMBEO				227 833,54
5,1	ESTUDIO DE CÁMARA SUMERGIDA	UNIDAD	1	87 259,53	87 259,53
5,2	LIMPIEZA DE POZO Y SOBREBOMBEO	UNIDAD	1	352,80	352,80
5,3	INSTALACIÓN DE BOMBA SUMERGIBLE	UNIDAD	1	84 751,01	84 751,01
5,4	CONECCIÓN DE BOMBA A LÍNEA DE IMPULSIÓN	UNIDAD	1	50 429,87	50 429,87
5,5	INSTALACIÓN DE CLORINADOR	UNIDAD	1	5 040,31	5 040,31
6	PRUEBAS				3 859,37
6,1	PRUEBA DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN	UNIDAD	1	344,56	344,56
6,2	VERIFICACIÓN DE FUGAS EN TANQUE	UNIDAD	1	344,56	344,56
6,3	VERIFICACIÓN DE FUGAS EN RED	UNIDAD	1	940,80	940,8
6,4	MEDICIÓN DE PRESIÓN EN NODOS	UNIDAD	1	470,40	470,40
6,5	RELLENADO DE ZANJAS DE TUBERÍA	ML	4 913,52	0,35	1 759,04
7	CONEXIONES				57 577,44
7,1	CONECCIÓN DE UNIDADES DE CONSUMO	UNIDAD	774	74,39	57 577,44
TOTAL					854 803,58

Son: Ochocientos cincuenta y cuatro mil quinientos treinta y ocho con noventa y ocho centavos

Fuente: elaboración propia.

2.2.11. Operación y mantenimiento

Para sugerir un programa de mantenimiento preventivo para el sistema de abastecimiento de agua potable, para la brigada militar de fuerzas especiales Kaibil se toma en cuenta la vida útil de los materiales empleados de la siguiente manera:

Tabla XX. **Períodos de inspección y reemplazo para componentes del sistema de abastecimiento de agua potable**

Elemento	Vida útil en Años	Período de inspección	Período de reemplazo
Tubería	20	Cada 2 años	Al final del proyecto
Válvulas	10	Cada 1,5 años	Cada 8 años
Equipo de Bombeo	5	Cada 6 meses	Cada 4,5 años
Controles eléctricos	2	Cada 3 meses	Cada dos años o cuando fallen

Fuente: elaboración propia.

El mantenimiento preventivo es un aspecto importante de cualquier instalación de servicios básicos, en muchos casos cuando se realiza una reducción de costos financieros es una de las primeras partidas que se eliminan. En el caso del equipo de bombeo que se requiere de 72 a 96 horas para su reemplazo y el costo de la operación es elevado por el equipo que se requiere trasladar hasta el lugar, el costo del mantenimiento preventivo supera en rentabilidad al costo del reemplazo y eleva el valor de rescate del equipo cuando se reemplaza por obsolescencia.

Para la operación se requiere de un encargado que observe el nivel de hipoclorito de calcio, del dosificador el cual se agota cada dos semanas y media aproximadamente, dependiendo de la presentación de hipoclorito de calcio que se adquiera normalmente.

2.3. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental es un proceso de análisis que pronostica los futuros impactos negativos y positivos de acciones humanas, permitiendo seleccionar las alternativas que maximicen los beneficios y minimicen los impactos no deseados.

Tiene como propósito detectar todas las consecuencias significativas, benéficas y adversas de una acción propuesta, para que quienes tomen decisiones, cuenten con elementos científico-técnicos que les apoyen para determinar la mejor opción.

Como principio un equilibrio entre el desarrollo de la actividad humana y el ambiente, sin pretender llegar a ser una figura negativa, ni un freno al desarrollo, sino un instrumento operativo para impedir sobre explotación del medio natural y un freno al desarrollismo negativo.

El ambiente en su conjunto, está compuesto por los siguientes sistemas y elementos ambientales:

- Sistema atmosférico (aire)
- Sistema hídrico (agua)
- Sistema lítico (rocas y minerales)
- Sistema edáfico (animales y plantas)

- Elementos audiovisuales
- Sociedad y cultura

El plan de manejo ambiental contiene medidas de mitigación a considerar en el análisis de alternativas; estas se desarrollan en la etapa de planificación.

Ejecución y operación del proyecto

A continuación se presentan las medidas para la etapa de operación.

Tabla XXI. **Evaluación de impacto ambiental de la planta de tratamiento**

No.	Alteraciones	Medida de mitigación
	Sistema atmosférico.	
1	Presencia de partículas de en suspensión y polvo, en áreas aledañas al barranco.	Riego constante, para humedecer el área. Dotación de equipo de seguridad a los trabajadores.
2	Emanación de gases de escape de la maquinaria utilizada.	Afinación de motores de maquinaria a utilizar.
	Sistema hídrico.	
1	Incremento de caudal en río Guadróncito, debido a la descarga de aguas tratadas a esa cuenca.	Controlar las pendientes de descarga para disminuir la energía de arrastre del agua de descarga.
	Sistema lítico y edáfico:	
1	En la zona en donde se construirá la planta de tratamiento es un relleno el impacto será mínimo.	Manejo ordenado de los volúmenes colocados para relleno ejecutando una compactación adecuada.

Continuación de tabla XXI.

Evaluación de impacto ambiental		
1	Sistema biótico.	
	Proliferación de vectores animados en la laguna de estabilización.	Procurar la proliferación de batracios que controlen el crecimiento de colonias de vectores animados.
2	Pérdida de cubierta vegetal en las áreas de relleno.	Reforestación de áreas no rellenadas aledañas a la planta.
	Sistemas audiovisuales.	
1	La construcción se realizará dentro de las instalaciones del CIE por lo que no provocará ningún impacto.	No amerita ninguna.
	Sociedad y cultura.	
1	Ninguna.	No amerita ninguna.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Evaluación de impacto ambiental de distribución de agua potable**

No.	Alteraciones sistema atmosférico	Medidas de mitigación
1	Presencia de partículas en suspensión y polvo, en áreas aledañas a la línea de distribución.	Riego constante, para humedecer el área. Dotación de equipo de seguridad a los trabajadores.
2	Emanación de gases de escape de la maquinaria utilizada.	Afinación de motores de maquinaria a utilizar.
	Sistema hídrico.	
1	Disminución del acuífero, debido a la extracción de agua para distribución.	Monitorear el descenso de nivel y el porcentaje permitido para la utilización de los mantos freáticos. Procurar la infiltración a través de áreas de superficie permeable.
	Sistema lítico y edáfico.	
1	Movimiento de tierra, corte y relleno sin movilización fuera del área de actividad.	Manejo ordenado de los volúmenes colocados para relleno ejecutando una compactación adecuada.
	Sistema biótico.	
1	Pérdida de cubierta vegetal en las áreas de colocación de la tubería.	Reforestación de áreas aledañas a la colocación de la tubería.
	Sistemas audio visuales.	
1	La construcción se realizará dentro de las instalaciones de la brigada militar de fuerzas especiales Kaibil en, Puerto Barrios, por lo que no provocará ningún impacto.	No amerita ninguna.
	Sociedad y cultura.	
1	Ninguna.	No amerita ninguna.

Fuente: elaboración propia.

2.4. Evaluación socioeconómica

Analizar la rentabilidad de un proyecto es un proceso fundamental para conocer la factibilidad del mismo, hay que tomar en cuenta que no todos los proyectos deben ser rentables, cuando un proyecto es de beneficio comunitario, o entra en la categoría de inversión social no se busca un beneficio económico o un margen de utilidad, si no un mejorar las condiciones o calidad de vida de las personas, en el caso de los proyectos militares muchas veces el beneficio no es social tampoco, muchos proyectos se conciben para lograr tales objetivos que no necesariamente serán beneficio social o económico.

2.4.1. Valor Presente Neto (VPN)

El Valor Presente Neto, indica el valor real del dinero a través del tiempo; consiste en trasladar a una sola cantidad en el tiempo equivalente a los valores futuros y series de anualidad del flujo de efectivo de un proyecto.

La inversión inicial para la ejecución del proyecto planta de tratamiento de aguas residuales, será de Q394 147,76. El costo de operación y mantenimiento mensual es sumamente bajo requiriendo únicamente la limpieza del patio de lodos cada 6 meses, por lo que para eso se estiman 8 horas/hombre cada 6 meses, lo cual tiene un costo de Q73,33 que es el sueldo diario del trabajador que hará la limpieza de lodos cada 6 meses, lo cual daría un costo mensual de Q12,22 el mantenimiento se restringe únicamente a la limpieza del patio de lodos, por lo que el costo de mantenimiento y operación es mínimo ya que no tiene partes móviles ni utiliza energía eléctrica, no consume agua limpia, ni requiere reactivos. Con los datos anteriores se determinará la factibilidad del proyecto para los 20 años de vida útil del sistema.

Tabla XXIII. **Costos de construcción y operación de planta de tratamiento**

Descripción	Operación	Resultado Q
Costo inicial		436 679,81
Costo de limpieza de Lodos	(12,22/mes) (12meses)	146,64

Fuente: elaboración propia.

Para el análisis del proyecto se utiliza una tasa de interés del 6%. Debido a que el proyecto es de carácter no lucrativo, la tasa debe ser lo más baja posible.

Se utilizará el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos; entonces se tiene:

$$VPN = -Ci - (Cm) \frac{1}{(1+0,06)^t}$$

$$VPN = -436\ 679,81 - (1\ 46,64) \frac{1}{(1+0,06)^{20}}$$

$$VPN = Q - 436\ 684,54$$

Como se puede observar, el Valor Presente Neto de este proyecto es negativo, es decir, que no produce utilidad económica alguna; cumpliendo su objetivo puesto que es de carácter militar y su finalidad es permitir que el comando militar especial Cuerpo de Ingenieros del Ejército, cumpla con la legislación ambiental vigente y se reduzca la contaminación en el río intermitente Guadroncito.

2.4.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa en la cual, el Valor Presente Neto se hace igual a cero; también es el punto en donde un proyecto no tiene ni pérdidas ni ganancias.

La cantidad necesaria para la construcción del proyecto es de Q436 679,81 el cálculo de la Tasa Interna de Retorno se puede realizar a través de la siguiente expresión:

$$\frac{(-12-i)}{(-6)} = \frac{-436\ 679,81}{-436\ 684,54}$$

Se determina el valor de i

Después de resolver la ecuación se tiene que la tasa de interés $i = -49\%$, la tasa de retorno es negativa y como ya se mencionó antes, el proyecto es de carácter militar, busca mejorar las instalaciones del comando militar especial Cuerpo de Ingenieros del Ejército y tiene como principal objetivo permitir que dicho comando militar especial cumpla con las regulaciones ambientales vigentes y no una utilidad económica para el sistema de distribución de agua potable en la Brigada Militar de Fuerzas Especiales Kaibil en Puerto Barrios Izabal.

Valor Presente Neto

Indica el valor real del dinero a través del tiempo; consiste en trasladar a una sola cantidad equivalente en el tiempo. Los valores futuros y series de anualidad del flujo de efectivo de un proyecto.

La inversión inicial para la ejecución del proyecto sistema de abastecimiento de agua potable, será de Q854 538,98.

El costo anual de operación de la bomba sumergida se restringe a la energía eléctrica costando: Q6 026,42, adicionalmente la adición de hipoclorito al agua tiene un costo anual de Q12 043,62 con los datos anteriores se determinará la factibilidad del proyecto para los 20 años de vida útil del sistema.

Tabla XXIV. **Costos de construcción y operación de sistema de abastecimiento**

Descripción	Operación Q	Resultado Q
Costo inicial		85 4538,98
Costo de bombeo e hipocloración	(502,20/mes) (12meses) + (1 003,63/mes) (12 meses)	18 070,04

Fuente: elaboración propia.

Para el análisis del proyecto se utiliza una tasa de interés del 6%. Debido a que el proyecto es de carácter no lucrativo, la tasa debe ser lo más baja posible.

Se utilizará el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos; entonces se tiene:

$$VPN = -849\,498,67 - (18\,070,04) \frac{1}{(1+0,06)^{20}}$$

$$VPN = Q - 854\,560,22$$

Como se puede observar, el Valor Presente Neto de este proyecto es negativo, es decir, que no produce utilidad económica alguna; cumpliendo su objetivo puesto que es de carácter militar y su finalidad es mejorar las condiciones de entrenamiento de la Brigada Militar de Fuerzas Especiales Kaibil en Puerto Barrios Izabal.

Tasa Interna de Retorno

La Tasa Interna de Retorno se define como la tasa en la cual, el VPN se hace igual a cero; también es el punto en donde un proyecto no tiene ni pérdidas ni ganancias.

La cantidad necesaria para la construcción del proyecto es de Q849 519,91.

El cálculo de la TIR se puede realizar a través de la siguiente expresión:

$$\frac{(-12-i)}{(-6)} = \frac{-854\,538,98}{-854\,560,22}$$

Se determina el valor de i

Después de resolver la ecuación se tiene que la tasa de interés $i = -49\%$, la tasa de retorno es negativa y como ya se mencionó antes, el proyecto es de carácter militar, pretende mejorar las instalaciones de la Brigada Militar de las Fuerzas Especiales Kaibil, no una utilidad económica.

CONCLUSIONES

1. Las dos planificaciones presentadas a la comandancia del Cuerpo del Ejército, cumplen con los requisitos planteados por dicha iniciativa, para lo cual se tomó en cuenta la economía, funcionalidad y las necesidades de ambas dependencias militares; en ambas soluciones propuestas como el tratamiento de aguas residuales y el sistema de distribución de agua potable, fueron aceptadas como propuestas factibles.
2. De acuerdo con el mantenimiento de la bomba, línea de impulsión y red de distribución, el sistema brindará un servicio adecuado. En la propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales se diseñó especialmente para que el mantenimiento que requiera sea mínimo.
3. El tanque de almacenamiento de agua se diseñó para utilizar acero estructural regido por la Norma ASTM - A36, ya que es el adecuado en el diseño de estructuras metálicas en Guatemala.
4. Al proponer el sistema de tratamiento de aguas residuales se hizo un tratamiento biológico, ya que al caracterizar las aguas residuales con el examen de laboratorio practicado se determinó que la contaminación existente es de tipo orgánica únicamente.

5. Se capacitó al personal de operaciones en la implementación del software Land Descktop 9, para el procesamiento de información topográfica. Dependerá de la comandancia del Cuerpo de Ingenieros del Ejército la adquisición de la respectiva licencia de dicho software y su implementación definitiva a sus procesos de diseño y planificación.

RECOMENDACIONES

1. En la fase de ejecución de los proyectos es indispensable que el supervisor se asegure que se construya, de acuerdo con los planos y especificaciones de cada proyecto; garantizando así, el buen funcionamiento y durabilidad de los mismos.
2. En ambos proyectos se debe prestar especial cuidado a los niveles de colocación de la tubería para obtener la presión estática y dinámica que se calcularon, así como, las velocidades de flujo en la propuesta de sistema de tratamiento de aguas residuales.
3. El beneficiario, tanto de la propuesta de sistema de tratamiento de aguas residuales y el sistema de distribución de agua potable será el Ejército de Guatemala, por lo que el mantenimiento preventivo, correctivo, así como, la observación de los plazos de mantenimiento y reemplazo de elementos dañados quedará a cargo del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala.
4. Considerando la fluctuación del dólar y su incidencia en los precios de materiales e insumo, el presupuesto de cada proyecto no se debe tomar como definitivo, únicamente como referencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agrilife Extensión Texas A&M Systems. *Sistemas individuales para el tratamiento de aguas residuales*. Estados Unidos: Agrilife communications and marketing Texas A&M, 2001. 41 p.
2. AGUILAR CARRERA, Felix Alan Douglas. *Evaluación experimental de un lecho filtrante de flujo horizontal con piedra volcánica*. Trabajo de graduación de Maestría en Ingeniería Sanitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1995. 125 p.
3. AYACAEDI DONALDO, Luis. *Análisis hidráulico de las tuberías de distribución de agua en los filtros percoladores de torre*. Trabajo de graduación de Maestría en Ingeniería Sanitaria, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1995. 75 p.
4. BERR FERDINAND, P.; JOHNSTON RUSSELL. *Mecánica vectorial para ingenieros, estática*. Colombia: McGraw-Hill, 2007. 621 p.
5. CALLOPAZA CHÁVEZ, Giancarlo. *Filtros percoladores*. Chile: Universidad Privada del Norte, 2009. 246 p.
6. CRITES. *Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños descentralizados*. Colombia: McGraw-Hill, 2000. 487 p.

7. Department of the ARMY. *Sanitary and industrial wastewater pumping*. Washington, DC: ARMY, 1984. 41 p.
8. _____. *Water supply, wáterstorage*. Washington, DC: ARMY, 1984. 67 p.
9. GTZ Cooperación Técnica República Federal de Alemania. *Manual de disposición de aguas residuales*. Alemania: GTZ, 1984. 236 p.
10. LÓPEZ GARCÍA, Magda Lorena. *Evaluación de los filtros percoladores de la planta de tratamiento de aguas residuales de la universidad de San Carlos de Guatemala, a través de la eficiencia en la remoción de estreptococos fecales*. Trabajo de graduación de Ing. Sanitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001. 76 p.
11. MARTIN GARCÍA, Isabel, et al. *Guía sobre tratamientos de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de población mejora de la calidad de los efluentes*. España: CENTA, 2006. 276 p.
12. METCALF, Eddy. *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización*. Tomo I. Colombia: McGraw-Hill, 2000. 698 p.
13. NONNAST, Robert. *El proyectista de estructuras metálicas*. Madrid: Paraninfo, 1993. 2 vol.

14. Ministerio de la Defensa Nacional, MINDEF. *Comandos especiales cuerpo de Ingenieros del Ejército de Guatemala*. [en línea] <http://www.mindef.mil.gt/ftierra/cespeciales/ingenieros/index.html>. [Consulta: 15 de noviembre de 2011].

ANEXOS

1. Propuesta de sistema de tratamiento de aguas residuales
 - Análisis físico-químico de aguas residuales
 - Ensayos de laboratorio de suelos
 - Archivo ANSI generados por estación total
 - Planos de planta de tratamiento

2. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable
 - Análisis físico químico del agua
 - Análisis bacteriológico
 - Cálculo hidráulico de la red de distribución
 - Ensayo de laboratorio de suelo
 - Planos



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 19625

**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN DOMÉSTICO
Y/O DESECHOS INDUSTRIALES**

Orden de trabajo No.: 28 403

Informe No. 2 041

INTERESADO:	<u>MANUEL AUGUSTO MÉNDEZ ACEITUNO (carné No. 1998-19312)</u>	PROYECTO:	<u>EPS "Propuesta de tratamiento para las aguas residuales del Cuerpo de Ingenieros del Ejército municipio de Guatemala, Guatemala"</u>
MUESTRA CAPTADA POR:	<u>Interesado</u>	DEPENDENCIA:	<u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u>
MUESTRA CAPTADA EN:	<u>Cuerpo de Ingenieros del Ejército</u>	FECHA DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>2011-05-25; 11 h 25 min.</u>
FUENTE:	<u>Drenaje</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	<u>2010-05-25; 11 h 55 min.</u>
MUNICIPIO:	<u>Guatemala</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	<u>Sin refrigeración</u>
DEPARTAMENTO:	<u>Guatemala</u>		

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

OLOR: <u>Séptico</u>	SÓLIDOS SUSPENDIDOS: <u>13,00</u> mg/L
COLOR: <u>200,00</u> unidades	SÓLIDOS DISUELTOS: <u>179,00</u> mg/L

DETERMINACIONES QUÍMICAS

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (D.B.O. ₅): <u>63,40</u>	mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (D.Q.O.): <u>70,00</u>	mg/L
FOSFATOS: <u>625,00</u> mg/L	NITRATOS: <u>466,40</u> mg/L
POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH): <u>07,00</u> unidades	Sólidos Sedimentables: <u>00,01</u> cm ³ / litro en una hora

OTRAS DETERMINACIONES: Nitritos 00,0462 mg/L


TÉCNICAS DEL "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21ST EDITION 2,005. NORMA COGUANOR NGO 4.010 SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES.

Guatemala, 2011-06-02



Vo.Bo.

Inga. Telma Maridela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC


Zenón Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



Topografía CIE 21-10-2010

1	945.1875916	991.4438293	994.6793849	ST0
2	1000	1000	1000	BM
3	979.0768587	967.8047916	999.9126932	OB
4	992.9617183	978.8783341	1000.058234	OB
5	1002.4450564	986.7331611	1000.19804	OB
6	1002.441458	996.9119292	999.8942152	OB
7	992.1238346	1007.143416	999.6220848	OB
8	973.1946202	1012.576327	1000.274504	OB
9	990.067834	1006.980133	999.5150122	CJ
10	996.7669074	997.6703894	995.6589004	CJ
11	989.0216123	1022.948214	995.6223108	TB
12	992.0634845	987.7706229	987.8197966	DREN
13	992.1688429	989.5454603	987.8197966	DREN
14	980.6000989	988.670624	981.9958688	RI
15	969.8530623	984.3647777	981.8555325	RI
16	966.8243572	978.7904722	981.4251236	RI
17	964.2172164	969.1673756	980.5966253	RI
18	960.6253335	961.3082682	980.190297	RI
19	965.2360376	990.3258722	984.7369448	TB
20	960.2527877	963.0006297	980.9204161	DREN
21	956.3725954	986.9045967	987.7126591	DREN
22	955.268815	990.0529137	988.3617231	DREN
23	952.6207447	994.3976666	994.4919631	DREN
24	948.4032378	1029.05986	997.6516753	CJ
25	910.2382761	950.4067471	996.9839909	ST1
26	923.8189174	949.9252492	993.2017412	ST2
27	911.3925079	927.1441147	992.1451824	PV
28	903.2808193	940.8189042	996.4176972	ST3
29	955.7064812	938.4258064	995.5039476	ST4
30	950.1961839	923.5738111	997.6297684	PV
31	952.9044926	922.813927	997.2269938	P
32	998.8266811	973.5694225	1000.045645	ST5
33	997.0474545	999.5013092	999.8046278	PB
34	1037.774788	994.0224534	1000.634995	ST6
35	1052.232367	1020.299564	1001.160869	ST7
36	1052.330709	1030.291659	1000.918538	CJ
37	1049.67769	1036.082312	1000.755914	CJ
38	1114.20067	1052.749385	1002.923128	ST8
39	1099.596783	1066.411478	1003.115102	CJ
40	1103.603324	1072.012611	1003.481781	ES
41	1129.395108	1039.74916	1003.081327	ST9
42	1180.849497	1070.503334	1004.671169	ST10
43	1359.074983	1094.30128	1010.437451	ST11
44	1375.433047	1105.800289	1010.792836	ST12
45	1303.661872	1101.312776	1008.317674	ES
46	1329.499713	1107.065494	1009.338564	ES
47	1354.496427	1112.521183	1010.349171	ES
48	1356.068129	1116.228434	1010.486657	ES
49	1336.382374	1140.133988	1010.140728	ES
50	1324.818947	1154.154091	1009.900574	ES
51	1254.338733	1259.914197	1011.03451	ST13
52	1251.175749	1257.352863	1012.54451	EN
53	1252.487886	1250.392413	1012.54451	EN
54	1242.450579	1318.711022	1010.178707	ST14
55	1233.105808	1292.318137	1010.005592	CU
56	1228.381945	1294.509009	1009.808808	CU
57	1206.905062	1296.413361	1009.228559	CU
58	1034.625433	1247.139815	1003.552418	OC
59	967.8316942	1225.935694	1003.406268	ST15
60	1046.091548	1250.410854	1003.771636	OC
61	1107.270139	1269.047253	1006.021259	OC
62	1098.756842	1275.386425	1005.91811	OC
63	1043.027509	1258.62743	1003.994243	OC

Topografía CIE 21-10-2010

64	966.2916907	1235.813812	1003.506229	OC
65	845.5101519	1205.782967	1005.217682	ST16
66	852.0716134	1191.192514	1005.299181	EN
67	871.8604311	1196.323692	1005.421734	EN
68	891.5064888	1205.241061	1005.264871	OC
69	890.749719	1214.09505	1005.499019	OC
70	805.897213	1191.848158	1004.603718	ST17
71	806.0158916	1179.848935	1004.506013	BC
72	810.0483518	1180.589281	1004.607241	BC
73	816.0180706	1182.177395	1004.703029	BC
74	825.7464207	1141.643684	1003.682077	OC
75	822.9036618	1140.608797	1003.744879	OC
76	818.2713282	1139.29717	1003.755346	OC
77	855.2656162	1039.707081	1001.738501	ST18
78	886.5254995	934.6432675	995.1724653	ST.3
79	885.904513	937.5067052	996.5974653	AP
80	885.2057036	929.7377054	996.5974653	PV
81	874.3357311	911.6800607	994.8731047	AP
82	747.0941871	799.8130022	997.9048802	ST19
83	738.0180028	742.5441694	998.9104321	LC
84	727.9066214	742.980654	998.914999	OC
85	758.8782529	802.0331164	997.613312	OC
86	736.1596339	740.8313911	998.8306827	ST20
87	729.4123529	653.3090658	994.5163685	ST21
88	738.6223777	677.5440085	995.9915615	OC
89	730.4175777	675.2115083	995.8844499	OC
90	698.1098921	617.0838903	992.1694416	ST22
91	658.7920373	612.2756128	988.2429124	ES
92	659.8431029	606.5274909	988.6964781	ES
93	646.9869615	609.554972	987.5672894	ST23
94	657.1439423	599.9844471	986.7902622	CUN
95	647.2477645	614.698364	989.0772894	P
96	636.2756772	614.9447896	987.9075714	P
97	674.2245554	565.9468942	982.0951658	ST24
98	668.4863896	567.5391273	982.0873728	CJ
99	659.1301632	561.1103001	980.5649901	CJ
100	616.3286615	544.8395396	977.2883574	ST25
101	610.489921	545.7977047	977.9098248	ES
102	592.8631459	591.2318722	977.9570001	ES
103	607.4207171	596.0556677	978.0905489	ES
104	610.9172204	598.5544845	978.0512145	ES
105	623.9957439	604.3243352	978.3861519	ES
106	640.1944829	562.9510368	978.3025787	ES
107	626.2270949	557.3419454	978.1324778	ES
108	623.6074744	551.5935724	978.0441132	ES
109	649.0014413	559.4623848	979.9120729	CAN
110	612.9456498	609.0339544	987.7127837	PV
111	619.8646453	572.5916529	978.0196746	N.A.
112	615.8503348	574.8254363	977.7638268	N.A.
113	683.1579644	556.2271571	975.9369587	ST26
114	771.3446806	625.3881843	961.2476656	ST27
115	763.8303549	623.2358514	962.4553091	PT
116	588.0569405	494.7843349	994.6030546	PT
117	734.7104867	592.7259996	967.9759915	PT
118	762.7947827	614.710864	963.3541893	PT
119	787.710144	639.1963269	957.7107237	PT
120	782.1502917	644.0455157	958.1795465	PT
121	828.0111814	711.119277	949.9878832	ST28
122	830.4870016	749.0055682	951.1055089	OC
123	824.2758801	738.7966891	951.3926714	OC
124	817.0409551	700.5726313	953.4282719	OC
125	815.1943996	688.9075269	952.9979626	EN
126	829.8700934	781.0714474	951.2502387	ES

Topografía CIE 21-10-2010

127	829.9539547	757.0466841	951.1816102	ES
128	818.077061	760.0928592	951.1821789	ES
129	817.5051918	755.8727524	951.1504299	ES
130	835.4042896	734.7027	943.3425869	ES
131	895.2130539	741.2779294	963.1095881	ST29
132	873.9713481	742.4138797	959.1645118	OC
133	878.6535568	737.2717654	959.0494814	OC
134	879.1761971	748.8015223	960.8487027	OC
135	867.8334259	751.9054235	958.7975396	OC
136	883.3998043	757.3990009	963.6277891	OC
137	891.0868991	752.4992044	963.8261844	OC
138	887.4839593	769.6496002	967.2802644	OC
139	896.2084008	768.4585033	967.7677653	OC
140	887.7538742	786.253984	973.5807376	OC
141	891.9569715	781.7472281	970.6386201	OC
142	898.5253297	783.839204	970.5779083	OC
143	903.2497321	783.153928	970.7141633	OC
144	900.3546771	756.1190699	965.2464635	OC
145	900.3546771	756.1190699	965.2464635	OC
146	912.518821	864.0262173	985.5621669	ST30
147	922.898197	907.7541111	992.4850002	ST31
148	929.4301882	903.1666618	992.8945224	PV
149	925.3575882	904.6034012	992.6254815	EN
150	920.1432963	904.8726709	992.283007	OC
151	936.8950626	927.0801579	994.3278297	ST.4
152	1097.299326	1066.825503	1003.275192	ST32
153	1090.660959	1087.791073	1003.739288	CU
154	1087.953059	1079.810942	1003.418441	CU
155	1080.381522	1077.488378	1003.09189	CU
156	1074.24021	1078.825057	1002.925831	CU
157	1127.262137	1068.111586	1002.768618	CJ
158	1022.007012	1108.217803	1000.684266	BR
159	1042.239191	1090.52865	1001.496964	BR
160	1077.307323	1067.343192	1003.144241	BR
161	1086.39885	1058.044751	1003.107705	PCR
162	1100.401089	1045.061634	1002.708195	CU
163	1099.123687	1074.602011	1003.619415	BR
164	1096.214251	1142.689057	1006.429872	PCR
165	1091.002845	1172.547603	1006.382259	ST33
166	1087.305953	1163.262966	1006.13881	EN
167	1095.499084	1165.932967	1006.268942	EN
168	1096.889362	1167.149927	1006.71924	CJ
169	1100.914142	1173.800179	1006.706211	CJ
170	1142.359678	1180.597521	1007.007204	ES
171	1140.718854	1187.765763	1006.994731	EN
172	1124.252155	1240.886892	1006.727552	ES
173	1086.225198	1178.92241	1005.875153	ES
174	1085.762762	1178.545025	1005.857852	CJ
175	1088.353899	1175.521875	1006.131014	CJ
176	1063.108459	1171.328353	1004.907261	ES
177	1061.329232	1168.981513	1004.555557	RJ
178	1047.651516	1166.309162	1003.417084	RJ
179	1055.394087	1168.161377	1004.299119	ST34
180	1037.172804	1160.076245	1003.236491	RP
181	1010.590897	1211.017812	1004.370102	ST35
182	1089.479152	1245.192141	1005.992448	RP
183	1087.75256	1244.146924	1005.95658	RP
184	1009.090936	1220.903421	1004.5616	ES
185	1008.93291	1220.878557	1004.541726	RP
186	1004.689566	1236.338343	1004.6001	ES
187	1004.549815	1236.304915	1004.634131	CAN
188	1014.337708	1201.753182	1004.197137	CJ
189	1019.44889	1195.35073	1004.252023	RJ

Topografía CIE 21-10-2010

190	1073.693211	1230.276678	1005.713702	RP
191	1103.661201	1143.98808	1005.323267	ST36
192	1121.351507	1147.305833	1005.514231	EN
193	1120.859094	1149.298015	1005.499397	EN
194	1121.0759	1148.374918	1006.224141	EN
195	1157.782828	1158.094114	1007.336239	ST37
196	1171.735108	1175.083256	1007.958976	ST38
197	1185.493127	1177.620048	1008.404139	CJ
198	1280.755205	1189.473666	1009.969767	ST39
199	1275.014108	1187.755197	1009.831658	ES
200	1292.738342	1189.901549	1009.707161	ES
201	1270.638531	1177.080442	1008.665248	ES
202	1278.251997	1179.829205	1009.441008	ES
203	1274.35677	1181.968072	1008.876312	CJ
204	1291.528507	1177.660451	1009.601714	RP
205	1307.821116	1168.89641	1009.958997	PV
206	1330.031751	1162.87006	1010.227097	RP
207	1302.539389	1186.40025	1010.081364	RP
208	1267.176586	1197.936576	1010.028907	RP
209	1238.763159	1189.323013	1009.471731	RP
210	1266.432477	1178.591174	1009.575715	RP
211	1209.488937	1086.843423	1006.439171	ST40
212	1200.12822	1079.374575	1005.553546	ST.10
213	1151.748429	1068.469254	1001.134412	ST41
214	1176.834759	1073.820588	1004.197512	OZ
215	1172.027673	1076.895697	1002.138684	OF
216	1170.489959	1083.070814	1004.601388	OZ
217	1157.098365	1075.935846	1003.939793	CJ
218	1158.838223	1072.106398	1001.706899	CJ
219	1153.646106	1069.09114	1000.126726	DT
220	1142.195769	1067.269529	1003.097655	CJ
221	1135.762598	1060.222277	1001.673693	CJ
222	1137.366861	1057.697412	1000.450442	CJ
223	1132.478907	1057.91707	1000.387091	CJ
224	1127.039868	1055.375393	1000.195324	CJ
225	1121.326199	1053.385907	999.9840229	CJ
226	1119.98186	1051.754087	999.2708345	DT
227	1119.983192	1051.754788	998.0569533	Ci



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 19608

EXAMEN BACTERIOLOGICO

O.T. No. 28130

INF. No. A - 310 796

INTERESADO <u>MANUEL AUGUSTO MÉNDEZ ACEITUNO (carné 199819312)</u>	PROYECTO: <u>EPS "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES KAIBIL MUN. PTO.BARRIOS, IZABAL"</u>
MUESTRA RECOLECTADA POR <u>Ing. Rafael Morales Ochoa</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA-USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Brigada Militar de Fuerzas Especiales</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2011-03-23, 11 h00 min</u>
FUENTE: <u>Pozo mecánico</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2011-03-30; 09 h 00 min.</u>
MUNICIPIO: <u>Puerto Barrios</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>
DEPARTAMENTO: <u>Izabal</u>	
SABOR: <u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN <u>No hay</u>
ASPECTO: <u>Claro</u>	COLOR RESIDUAL <u>-----</u>
OLOR: <u>Inodora</u>	

INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44,5 °C
10,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
01,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
00,10 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		< 2	< 2

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21ST NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua **ES POTABLE**, según norma COGUANOR NGO 29 001.

Guatemala, 2011-04-12

Vo.Bo.

Ing. César Alfonso García Guerra
DIRECTOR a. CII/USAC

Zetón Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—

Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121

Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 19607

ANALISIS FISICO QUIMICO SANITARIO		INF. No. 24 330
O.T. No. 28 130		
INTERESADO: <u>MANUEL AUGUSTO MÉNDEZ ACEITUNO</u> (carné 199819312)	PROYECTO: <u>EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES KAIBIL MUN. PTO. BARRIOS, IZABAL"</u>	
RECOLECTADA POR: <u>Ing. Rafael Morales Ochoa</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u>	
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Brigada Militar de Fuerzas Especiales</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2011-03-23; 11 h 00 min.</u>	
FUENTE: <u>Pozo mecánico</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2011-03-30; 09 h 00 min</u>	
MUNICIPIO: <u>Puerto Barrios</u>	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeracion</u>	
DEPARTAMENTO: <u>Izabal</u>		

RESULTADOS					
1. ASPECTO: <u>Clara</u>	4. OLOR: <u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: <u> </u> °C (En el momento de recolección)			
2. COLOR: <u>02,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u> </u>	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA <u>217,00 µmhos/cm</u>			
3. TURBIEDAD: <u>01,40 UNT</u>	6 potencial de Hidrógeno (pH): <u>07,00 unidades</u>				
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH ₃)	00,01	6. CLORUROS (Cl)	08,50	11. SOLIDOS TOTALES	148,00
2. NITRITOS (NO ₂)	00,004	7. FLUORUROS (F)	00,17	12. SOLIDOS VOLÁTILES	03,00
3. NITRATOS (NO ₃)	02,86	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	00,00	13. SOLIDOS FIJOS	145,00
4. CLORO RESIDUAL		9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,04	14. SOLIDOS EN SUSPENSION	02,00
5. MANGANESO (Mn)	00,012	10. DUREZA TOTAL	86,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	115,00

ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)			
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	126,00	126,00

OTRAS DETERMINACIONES _____

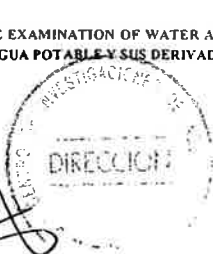
OBSERVACIONES: Desde el punto de la vista físico químico sanitario: Las determinaciones arriba indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de Normalidad. Según NORMA COGUANOR NGO 29 001.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21ST EDITION 2 005. NORMAS COGUANOR NGO 29 001 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 27001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2011-04-12

Vo.Bo.

Ing. César Alfonso García Guerra
DIRECTOR a.i. CI/USAC



Zenón Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



PROYECTO: SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE
 UBICACIÓN: BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KAIBIL"
 DEPARTAMENTO: IZABAL
 DISEÑO HIDRAULICO DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES

NODO	COTA
1	222.25
2	205.075
3	203.811
4	203.811
5	202.991
6	202.955
7	197.698
8	178.705
9	198.38
10	199.239
11	198.76
12	198.828
13	198.905
14	199.026
15	199.128
16	199.21
17	199.251
18	199.336
19	199.391
20	199.406
21	198.236
22	198.236
23	198.026
24	198.013
25	201.728
26	202.197
27	204.317
28	204.192
29	204.192
30	204.192
31	198.296
32	203.699
33	204.163

TUBO	DE NODO	A NODO	Diferencia de cotas	LONGITUD	HF	DIAMETRO	Q(lt/seg)	Velocidad (m/s)
1	1	2	17.175	79.58	0.0466357	4	1.83	2.257214
2	2	3	1.264	58.32	0.0047155	2	0.21	1.036098
3	3	4	0	51.62	0.0332386	1	0.105	2.072197
4	4	5	0.82	38.38	0.0247133	1	0.21	4.144393
5	5	6	-0.036	49.99	0.0321891	1	0.105	2.072197
6	3	6	0.856	39.04	0.0251382	1	0.105	2.072197
7	7	8	18.993	95.62	0.038882	1	0.0436	0.860455
8	10	8	20.534	43.71	0.0001272	1	0.046	0.907819
9	9	11	-0.38	54.63	0.0231012	2	0.611	3.014553
54	11	10	-0.479	53.23	0.0203989	2	0.545	2.688922
10	2	7	7.377	140.06	0.0738819	4	1.621	1.999423
11	7	9	-0.682	47.62	0.0155101	4	1.578	1.946385
12	11	12	-0.068	44.4	8.089E-05	2	0.034	0.167749
13	13	14	-0.121	23.13	1.341E-05	2	0.018	0.088808
14	10	13	0.334	29.69	0.0113599	2	0.479	2.363291
15	15	16	-0.082	13.07	2.07E-07	2	0.0012	0.005921
16	13	15	-0.223	60	0.0165402	2	0.479	2.363291
17	15	17	-0.123	55.93	0.0154182	2	0.351	1.731764
18	17	18	-0.085	53.16	0.0040651	2	0.089	0.439108
19	18	19	-0.055	29.71	0.0022719	2	0.011	0.054272
20	20	19	0.015	53.23	0.0040704	2	0.27	1.332126
21	17	20	-0.155	29.58	0.0022619	2	0.27	1.332126
22	9	22	0.144	38	0.0085503	4	0.967	1.192747
23	22	21	0	57.71	0.0244037	2	0.06	0.296028
24	22	24	0.223	110.09	0.0153912	4	0.9267	1.143038
25	21	23	0.21	105.19	0.0444814	2	0.056	0.276293
26	23	24	0.013	53.47	0.0226107	2	0.034	0.167749
27	24	25	-3.715	160.88	0.0106677	4	0.8467	1.044362
28	25	26	-0.469	56.36	0.000295	2	0.023	0.113477
29	25	27	-2.589	51.9	0.0129315	3	0.8237	1.80621
30	27	28	0.125	57.97	1.492E-06	2	0.009	0.044404
31	27	29	0.125	142.71	0.0353632	3	0.81	1.776169
32	29	30	0	27.91	0.0120688	2	0.23	1.134774

Nodo	Presion en nodo (mca)	COTA TERRENO	COTA PIEZOMETRICA
1	15	222.25	237.25
2	14.995285	205.075	220.07028
3	14.962046	203.811	218.77305
4	14.937333	203.811	218.74833
5	14.905144	202.991	217.89614
5	14.880005	202.991	217.87101
6	14.841123	202.955	217.79612
8	14.840996	178.705	193.546
8	14.817895	178.705	193.52289
11	14.797496	198.76	213.5575
10	14.723614	199.239	213.96261
7	14.708104	197.698	212.4061
9	14.708023	198.38	213.08802
12	14.70801	198.828	213.53601
14	14.69665	199.026	213.72265
13	14.69665	198.905	213.60165
16	14.68011	199.21	213.89011
15	14.664691	199.128	213.79269
17	14.660626	199.251	213.91163
18	14.658354	199.336	213.99435
19	14.654284	199.391	214.04528
19	14.652022	199.391	214.04302
20	14.643472	199.406	214.04947
22	14.619068	198.236	212.85507
21	14.603677	198.236	212.83968
24	14.559195	198.013	212.5722
23	14.536585	198.026	212.56258
24	14.525917	198.013	212.53892
25	14.525622	201.728	216.25362
26	14.51269	202.197	216.70969
27	14.512689	204.317	218.82969
28	14.477326	204.192	218.66933
29	14.465257	204.192	218.65726

PROYECTO: SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE
 UBICACIÓN: BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KAIBIL"
 DEPARTAMENTO: IZABAL
 DISEÑO HIDRAULICO DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES

NODO	COTA
34	204.163
35	203.699
36	195.995
37	197.264
38	197.264
39	196.667
40	196.268
41	195.762
42	195.84
43	196.712
44	195.877
45	196.146
46	195.635
47	195.277
1r	222.25
2r	207.755
3r	207.755
4r	207.755
5r	207.755

TUBO	DE NODO	A NODO	Diferencia de cotas	LONGITUD	Hf.	DIAMETRO	Q(lt/seg)	Velocidad (m/s)
33	31	32	-5.403	69.27	0.0033095	2	0.092	0.45391
34	33	34	0	54.88	0.0007273	2	0.046	0.226955
35	35	34	-0.464	42.35	0.0005613	2	0.046	0.226955
36	32	35	0	56.38	0.0007472	2	0.046	0.226955
37	32	33	-0.464	43.77	0.0005801	2	0.046	0.226955
38	29	31	5.896	53.27	0.0041624	3	0.566	1.241125
39	31	36	2.301	147.09	0.0065252	3	0.4749	1.041361
40	36	38	-1.269	101.98	0.0006278	3	0.05	0.10964
41	37	38	0	40.89	0.0002517	3	0.049	0.107447
42	37	36	1.269	63.41	0.0003904	3	0.17	0.372776
43	36	39	-0.672	293.9	0.0105149	2	0.135	0.666063
44	39	40	0.399	152.23	4.39E-05	2	0.0135	0.066606
45	39	41	0.905	170.48	4.917E-05	2	0.0135	0.066606
46	40	41	0.506	54.33	1.567E-05	2	0.0135	0.066606
47	39	42	0.827	276.49	0.0075083	2	0.108	0.532851
48	42	43	-0.872	73.99	1.642E-06	2	0.0012	0.005921
49	42	44	-0.037	155.68	0.0042276	2	0.108	0.532851
50	45	46	0.511	119.31	0.000702	2	0.054	0.266425
51	47	46	-0.358	25.45	0.0001497	2	0.054	0.266425
52	44	47	0.6	120.39	0.0007084	2	0.054	0.266425
53	44	45	-0.269	26.72	0.0001572	2	0.054	0.266425

1	1r	3r	14.495	284.65	0.056427	2	0.284	1.4012
2	2r	3r	0	52.75	0.084822	1	0.284	5.604799
3	3r	4r	0	51.09	0.0821528	1	0.284	5.604799
4	4r	5r	0	51.22	0.0823618	1	0.038	0.749938
5	5r	2r	0	49.63	0.0798051	1	0.284	5.604799

nodo	Presion en nodo (mca)	COTA TERRENO	COTA PIEZOMETRICA
30	14.461947	204.192	218.65395
32	14.46453	203.699	218.16353
34	14.461386	204.163	218.62439
34	14.463782	204.163	218.62678
35	14.460806	203.699	218.15981
33	14.45962	204.163	218.62262
31	14.454281	198.296	212.75028
36	14.458992	195.995	210.45399
38	14.454029	197.264	211.71803
38	14.458602	197.264	211.7226
36	14.443514	195.995	210.43851
39	14.458558	196.667	211.12556
40	14.443465	196.268	210.71147
41	14.458542	195.762	210.22054
41	14.435957	195.762	210.19796
42	14.458541	195.84	210.29854
43	14.431729	196.712	211.14373
44	14.457839	195.877	210.33484
46	14.43158	195.635	210.06658
46	14.45713	195.635	210.09213
47	14.431422	195.277	209.70842
45	14.45713	196.146	210.60313

1r	15	222.25	237.25
3r	14.943573	207.755	222.69857
3r	14.858751	207.755	222.61375
4r	14.776598	207.755	222.5316
5r	14.694236	207.755	222.44924
2r	14.614431	207.755	222.36943

PROYECTO: SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE
 UBICACIÓN: BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KAIBIL"
 DEPARTAMENTO: IZABAL
 DISEÑO HIDRAULICO DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES

TUBO	DE NODO	A NODO	Diferencia de cotas	LONGITUD	HF.
1	1r	3r	0	284.65	0.05642698
2	2r	3r	0	52.75	0.08482203
3	3r	4r	0	51.09	0.08215275
4	4r	5r	0	51.22	0.08236179
5	5r	2r	0	49.63	0.07980507

Nodo	Presion en nodo (mca)	COTA TERRENO	COTA PIEZOMETRICA
1r	15	0	15
3r	14.9436	0	14.94357302
3r	14.8588	0	14.85875099
4r	14.7766	0	14.77659824
5r	14.6942	0	14.69423644
2r	14.6144	0	14.61443137

PROYECTO: SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
UBICACIÓN: BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KAIBIL"
DEPARTAMENTO: IZABAL
DETERMINACIÓN DE CAUDALES POR UNIDADES DE CONSUMO

Unidades de consumo	
Artefacto	Q(lt/hb)
lavamanos	6.02
Migitorio	35.67
Chorro	6.02
pila	6.02
sanitario	35.67
lavaplatos	27.88
Orinal	10
ducha	27.6

El consumo de agua por edificaciones se realiza en base a la población de cada edificio y a la cantidad de agua que consume cada artefacto sanitario, no se tomo en cuenta la cantidad de artefactos existentes, si no la cantidad de usuarios para ser consistente con la presente tabla de consumo de artefactos sanitarios, la cual indica la cantidad de agua en lt/hab. consumida por cada persona en ese artefacto sanitario .

Señor Mayor de ingenieros
Comandante del Batallón de Ingenieros de Construcción
Su Despacho

Señor Mayor:

Tengo el honor de dirigirme a usted, con el objeto de informarle sobre el trabajo realizado por el suscrito en cumplimiento a orden verbal del mayor Asimilado RAFAEL ENRIQUE MORALES OCHOA, sobre el reconocimiento de perforación a Raz de Suelo que fue realizada en el lugar que se construirán las nuevas cuadras para ampliar las instalaciones de la brigada militar de fuerzas especiales "Kaibil" en puerto barrios Izabal

I. **INFORMA:**

- A. Con la muestra efectuada en dicho lugar se efectuaron los ensayos pertinentes obteniendo los resultados siguientes.

VALOR SOPORTE INALTERADO:

No.	Ensayo realizado	Porcentaje
1	Valor Soporte	3.93 Lbs/Pulg ²
2	Valor Soporte	0.24 Kg/cms ²
3	Valor Soporte	2.4 Tons/Mts ²

II. **CONCLUSIÓN:**

El material es un material variado en buen estado que no contiene excesos de humedad y se encuentra aceptablemente compactado

PROTESTO A USTED MI SUBURDINACION Y RESPETO

Guatemala 26 de mayo de 2011

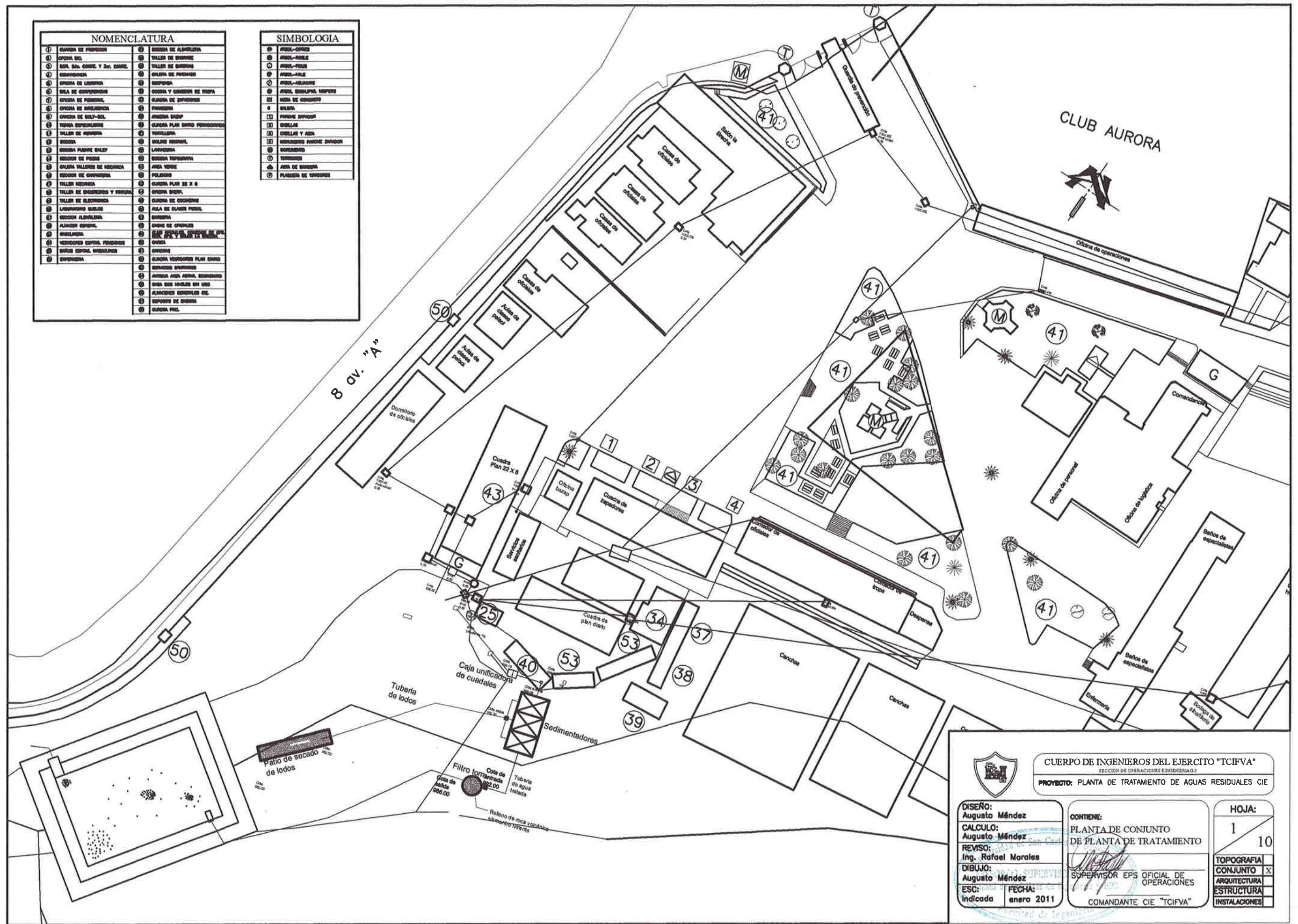
El Cabo Especialista
Analista de Suelos IV

JOSE ALEJANDRO RODRIGUEZ CASTELLANOS



NOMENCLATURA	
1	GUARDIA DE PROTECCION
2	OPONIA SIG.
3	OPONIA SIG. CONTE. Y 2er. CONTE.
4	OPONIA SIG.
5	OPONIA DE LABORATORIO
6	OPONIA DE COMPROBACION
7	OPONIA DE PUNTALES
8	OPONIA DE INSPECCION
9	OPONIA DE GOLY-GOL
10	OPONIA ESPECIALIZADA
11	TALLER DE REPARACION
12	OPONIA
13	OPONIA PUNTO DE VENTA
14	TALLER DE REPARACION
15	TALLER DE ELECTRICIDAD Y PINTURA
16	TALLER DE ELECTRICIDAD
17	LABORATORIO ANALISIS
18	OPONIA ALBERGUE
19	OPONIA ALBERGUE
20	OPONIA ALBERGUE
21	OPONIA ALBERGUE
22	OPONIA ALBERGUE
23	OPONIA ALBERGUE
24	OPONIA ALBERGUE
25	OPONIA ALBERGUE
26	OPONIA ALBERGUE
27	OPONIA ALBERGUE
28	OPONIA ALBERGUE
29	OPONIA ALBERGUE
30	OPONIA ALBERGUE
31	OPONIA ALBERGUE
32	OPONIA ALBERGUE
33	OPONIA ALBERGUE
34	OPONIA ALBERGUE
35	OPONIA ALBERGUE
36	OPONIA ALBERGUE
37	OPONIA ALBERGUE
38	OPONIA ALBERGUE
39	OPONIA ALBERGUE
40	OPONIA ALBERGUE
41	OPONIA ALBERGUE
42	OPONIA ALBERGUE
43	OPONIA ALBERGUE
44	OPONIA ALBERGUE
45	OPONIA ALBERGUE
46	OPONIA ALBERGUE
47	OPONIA ALBERGUE
48	OPONIA ALBERGUE
49	OPONIA ALBERGUE
50	OPONIA ALBERGUE

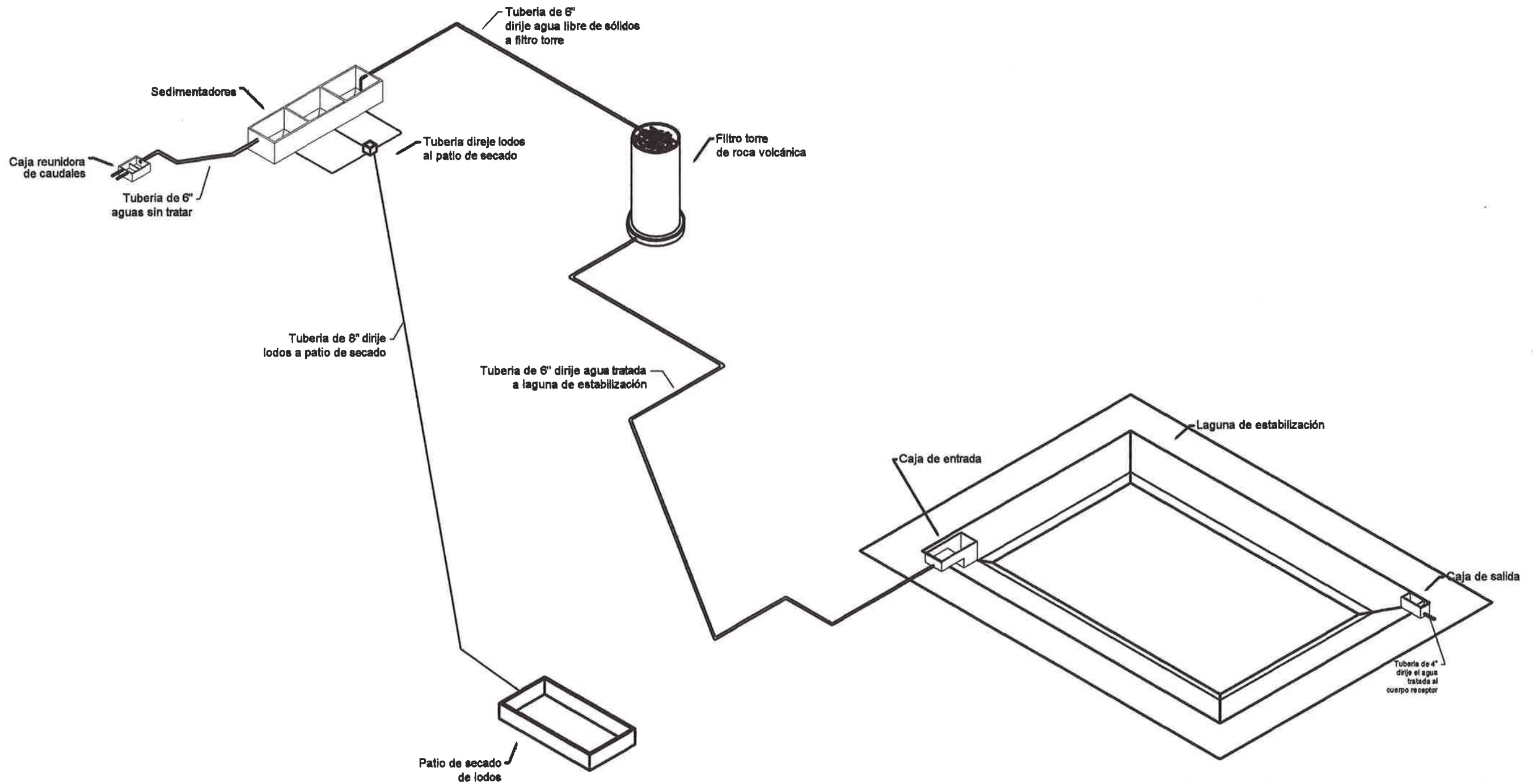
SIMBOLOGIA	
1	OPONIA ALBERGUE
2	OPONIA ALBERGUE
3	OPONIA ALBERGUE
4	OPONIA ALBERGUE
5	OPONIA ALBERGUE
6	OPONIA ALBERGUE
7	OPONIA ALBERGUE
8	OPONIA ALBERGUE
9	OPONIA ALBERGUE
10	OPONIA ALBERGUE
11	OPONIA ALBERGUE
12	OPONIA ALBERGUE
13	OPONIA ALBERGUE
14	OPONIA ALBERGUE
15	OPONIA ALBERGUE
16	OPONIA ALBERGUE
17	OPONIA ALBERGUE
18	OPONIA ALBERGUE
19	OPONIA ALBERGUE
20	OPONIA ALBERGUE
21	OPONIA ALBERGUE
22	OPONIA ALBERGUE
23	OPONIA ALBERGUE
24	OPONIA ALBERGUE
25	OPONIA ALBERGUE
26	OPONIA ALBERGUE
27	OPONIA ALBERGUE
28	OPONIA ALBERGUE
29	OPONIA ALBERGUE
30	OPONIA ALBERGUE
31	OPONIA ALBERGUE
32	OPONIA ALBERGUE
33	OPONIA ALBERGUE
34	OPONIA ALBERGUE
35	OPONIA ALBERGUE
36	OPONIA ALBERGUE
37	OPONIA ALBERGUE
38	OPONIA ALBERGUE
39	OPONIA ALBERGUE
40	OPONIA ALBERGUE
41	OPONIA ALBERGUE
42	OPONIA ALBERGUE
43	OPONIA ALBERGUE
44	OPONIA ALBERGUE
45	OPONIA ALBERGUE
46	OPONIA ALBERGUE
47	OPONIA ALBERGUE
48	OPONIA ALBERGUE
49	OPONIA ALBERGUE
50	OPONIA ALBERGUE



CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CIE

DISEÑO: Augusto Méndez CALCULO: Augusto Méndez REVISO: Ing. Rafael Morales DIBUJO: Augusto Méndez ESC: Indicada FECHA: enero 2011	CONTIENE: PLANTA DE CONJUNTO DE PLANTA DE TRATAMIENTO SUPERVISOR EPS OFICIAL DE OPERACIONES COMANDANTE CIE "TCIFVA"	HOJA: 1 / 10 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>TOPOGRAFIA</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td>CONJUNTO</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td>ARQUITECTURA</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td>ESTRUCTURA</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td>INSTALACIONES</td><td style="text-align: center;">X</td></tr> </table>	TOPOGRAFIA	X	CONJUNTO	X	ARQUITECTURA	X	ESTRUCTURA	X	INSTALACIONES	X
TOPOGRAFIA	X											
CONJUNTO	X											
ARQUITECTURA	X											
ESTRUCTURA	X											
INSTALACIONES	X											




IZOMETRICO DE ELEMENTOS DE PLANTA
 CONJUNTO IZOMETRICO DE PLANTA DE TRATAMIENTO 1:200



Universidad de San Carlos
 ASesoría en Ingeniería
 Unidad de Proyección
 Facultad de Ingeniería



CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA O.S.
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE

HOJA:
 2 / 10

TOPOGRAFIA	
CONJUNTO	X
ARQUITECTURA	
ESTRUCTURA	
INSTALACIONES	

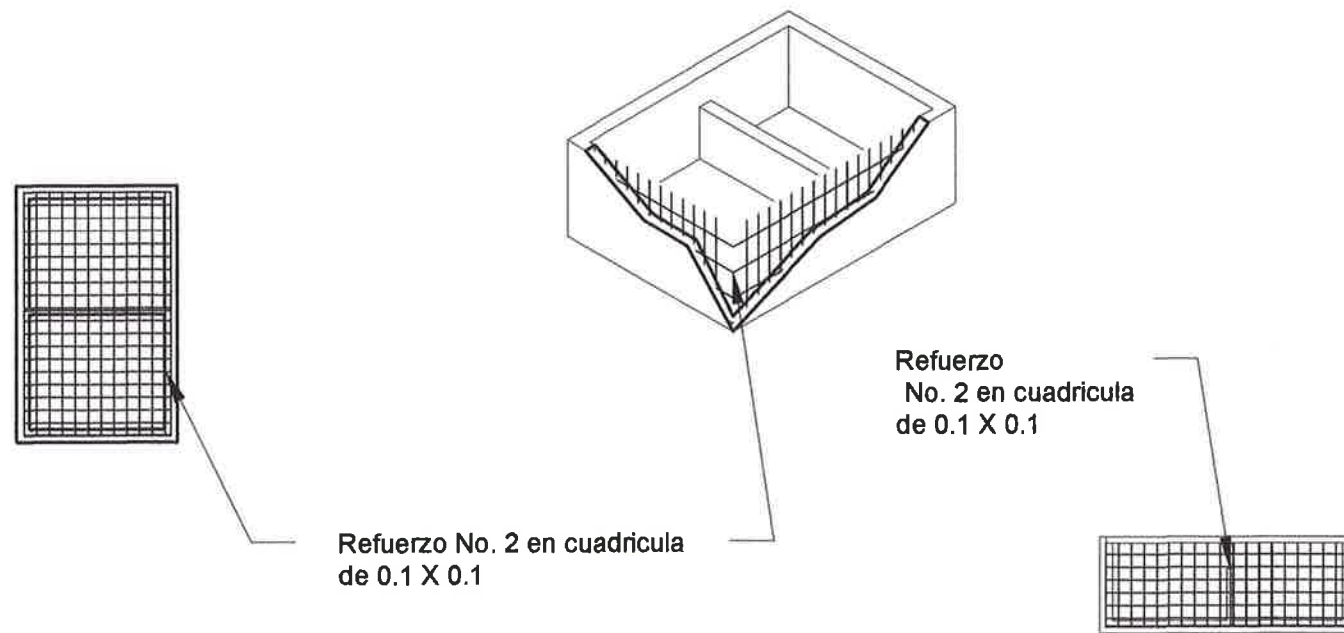
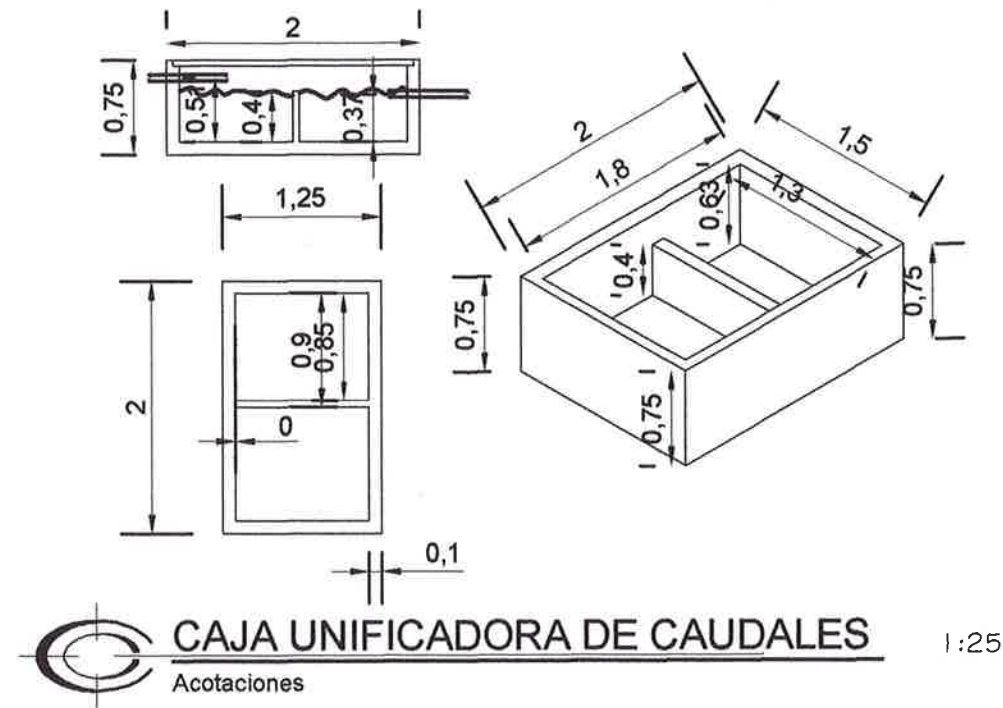
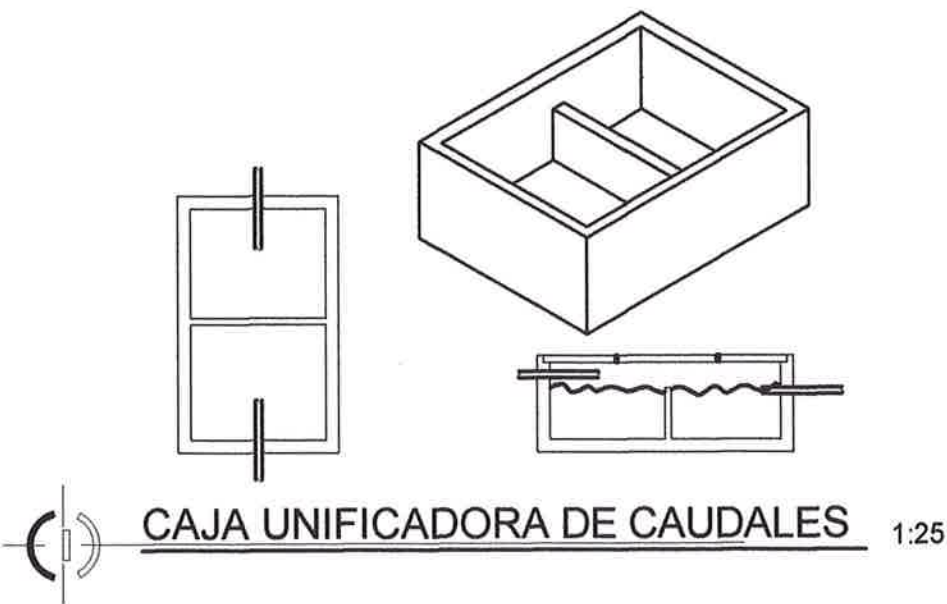
DISEÑO: Augusto Minda.
CALCULO: Augusto Minda.
REVISO: Ing. Rafael Morales.
DISEÑO: Augusto Minda.
ESC: 1:200
INDICADA

FECHA:
ENERO 2011

CONTIENE:
 PLANTA DE CONJUNTO.

ASESORIA EPS. SECCION DE OPERACIONES

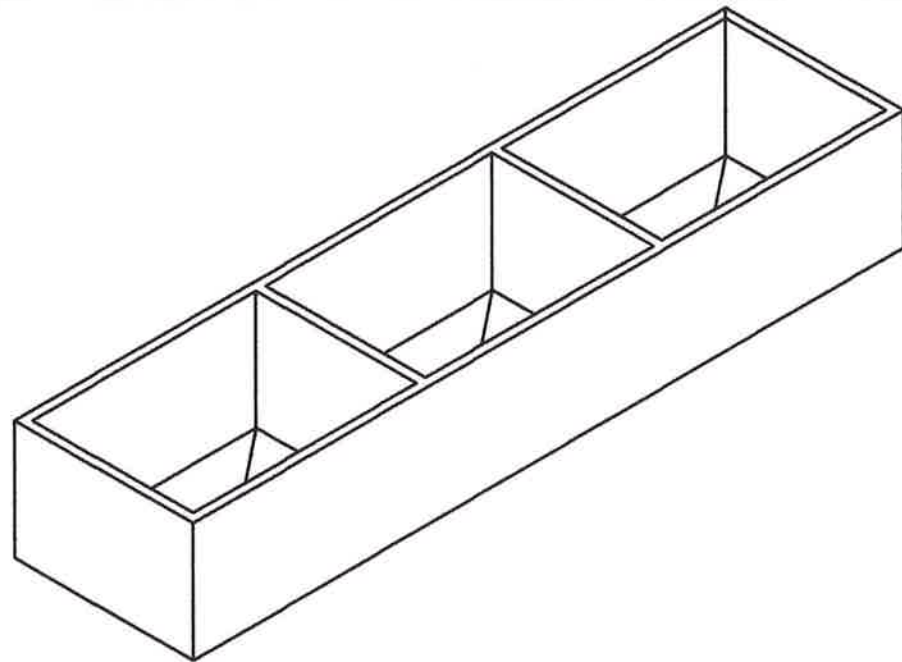
 COMANDANTE DE "TOPVA"



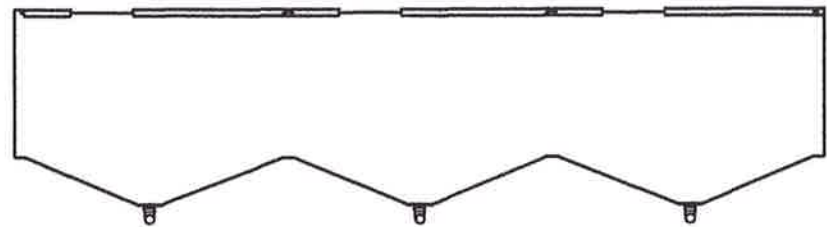
- Especificaciones**
- Concreto no estructural
 - f_c de 120 kg/cm²
 - Acero grado 40 comercial
 - Acabado interno de la caja alisado con mortero arena cemento en relación 4:1
 - aplicación de impermeabilizante líquido en paredes interiores

 CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA" <small>SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA-03</small>		PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CIE.	
DISEÑO: Augusto Méndez.		CONTIENE: CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES.	
CALCULO: Augusto Méndez.		HOJA: 3 / 10	
REVISO: Ing. Rafael Morales.		TOPOGRAFIA	
DIBUJO: Augusto Méndez.		CONJUNTO	
ESC: indicada		ARQUITECTURA	
FECHA: ENERO 2011		ESTRUCTURA X	
		INSTALACIONES	

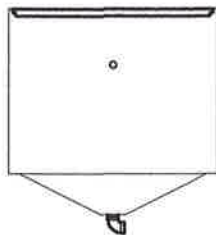
ASSESORA EPS OFICIAL DE OPERACIONES
 COMANDANTE CIE "TCIFVA"



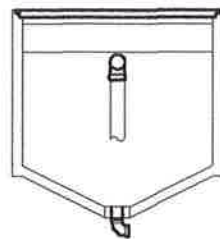
SEDIMENTADOR
PROYECCIÓN-ISOMÉTRICA 1:50



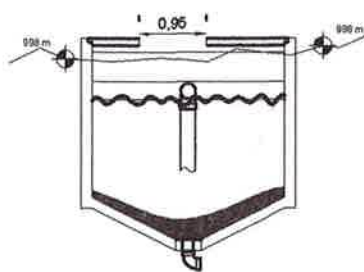
TANQUE SEDIMENTADOR
elevación lateral 1:50



SEDIMENTADOR
ELEVACION 1:50



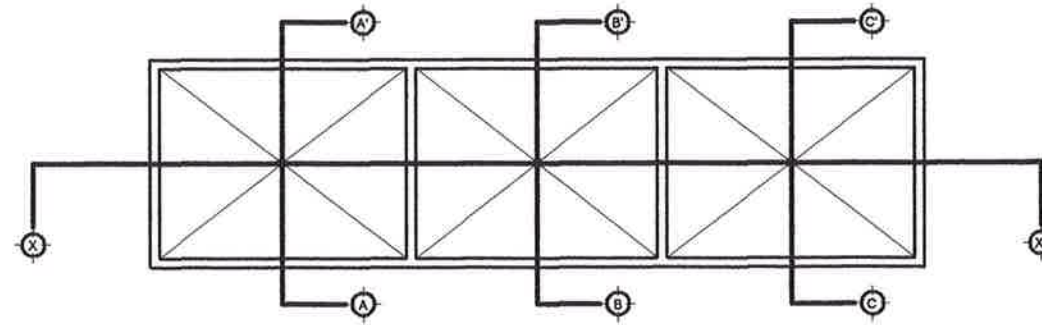
SEDIMENTADOR
SECCIÓN_A_A' 1:50



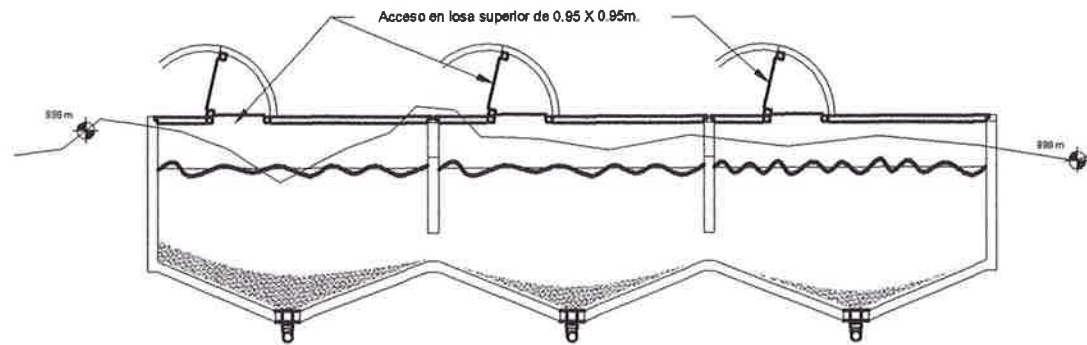
SEDIMENTADOR
ELEVACION 1:50



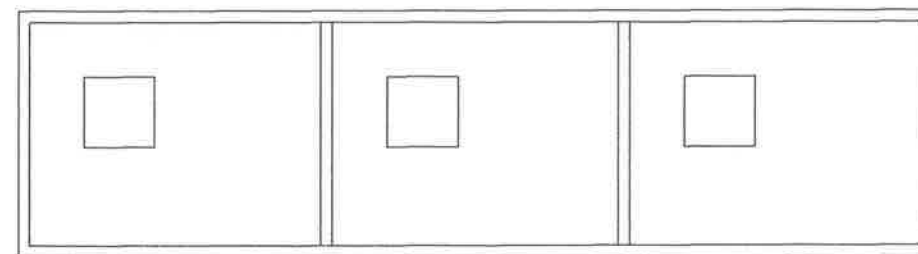
SEDIMENTADOR
SECCIÓN_B_B' 1:50



TANQUE SEDIMENTADOR
Planta inferior 1:50



TANQUE SEDIMENTADOR
Sección_X_X' 1:50



TANQUE SEDIMENTADOR
Planta superior 1:50



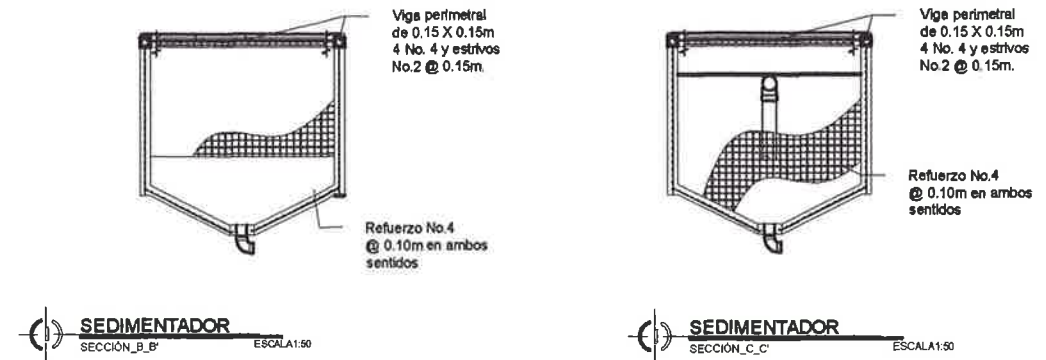
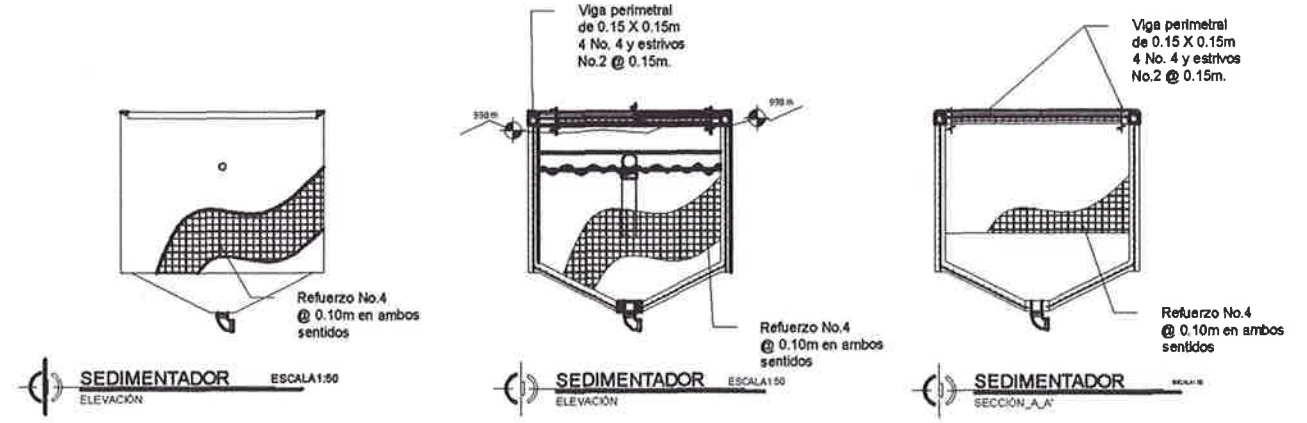
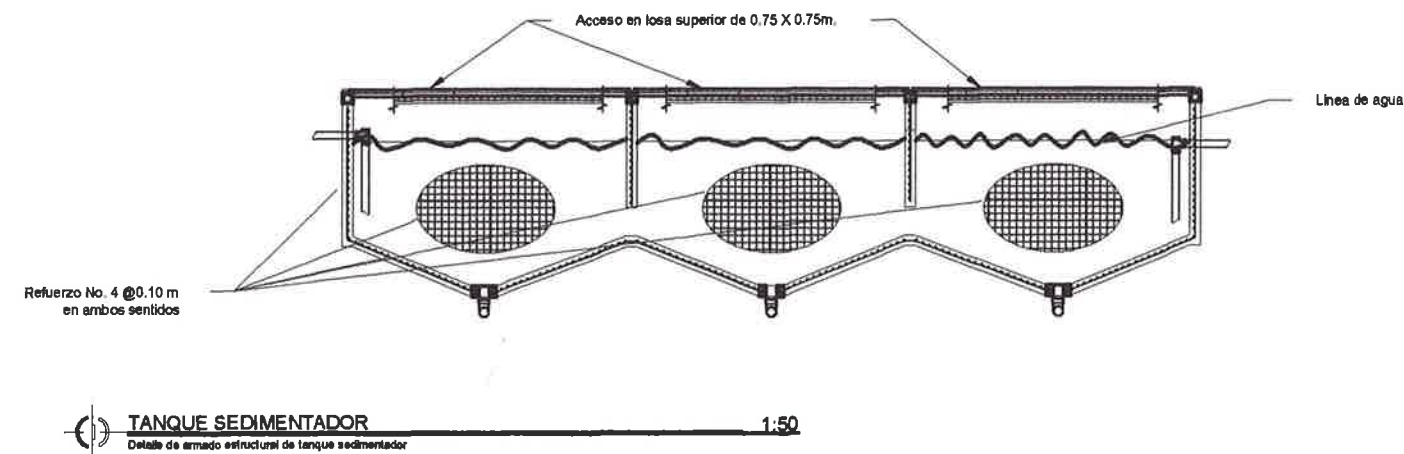
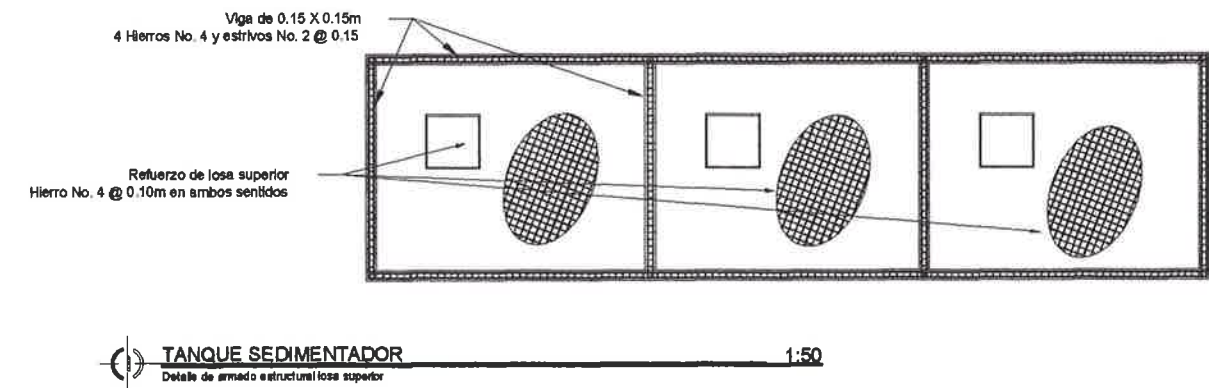
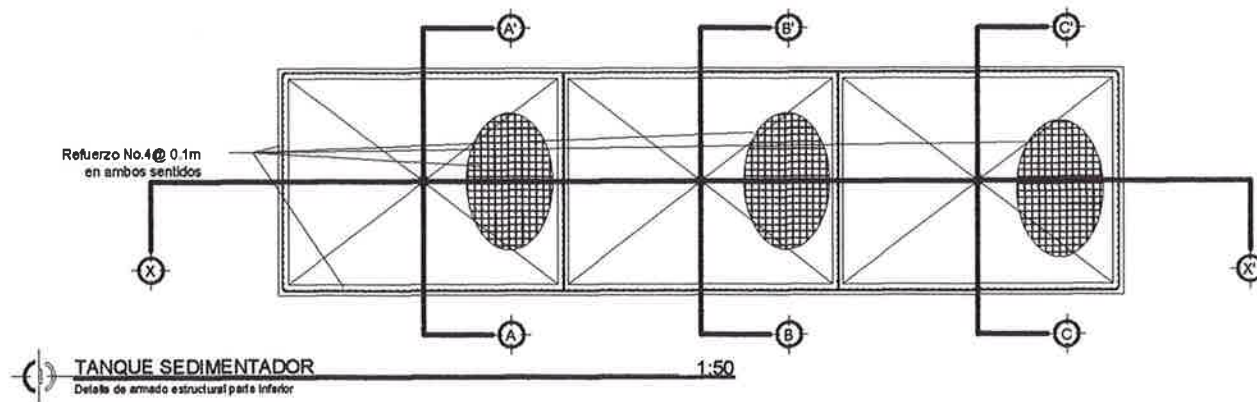
CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA O-3
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CIE.

DISEÑO:
Augusto Méndez.
CALCULO:
Augusto Méndez.
REVISO:
Ing. Rafael Morales.
DIBUJO:
Augusto Méndez.
ESC:
Indicodo

CONTIENE:
SEDIMENTADORES.
ASCSORA EPS
OFICIAL DE OPERACIONES
COMANDANTE CIE "TCIFVA"

HOJA:
4 / 10
TOPOGRAFIA
CONJUNTO
ARQUITECTURA
ESTRUCTURA X
INSTALACIONES

FECHA:
ENERO 2011



Especificaciones

- Concreto estructural con un $f'c$ de 210 Kg/cm²
- Acero grado 40 legitimo con un f_y de 2800 kg/cm²
- Traslapes en acero de 0.25cm
- Dobleces de varia de 4 a 8 veces el diametro de varilla.

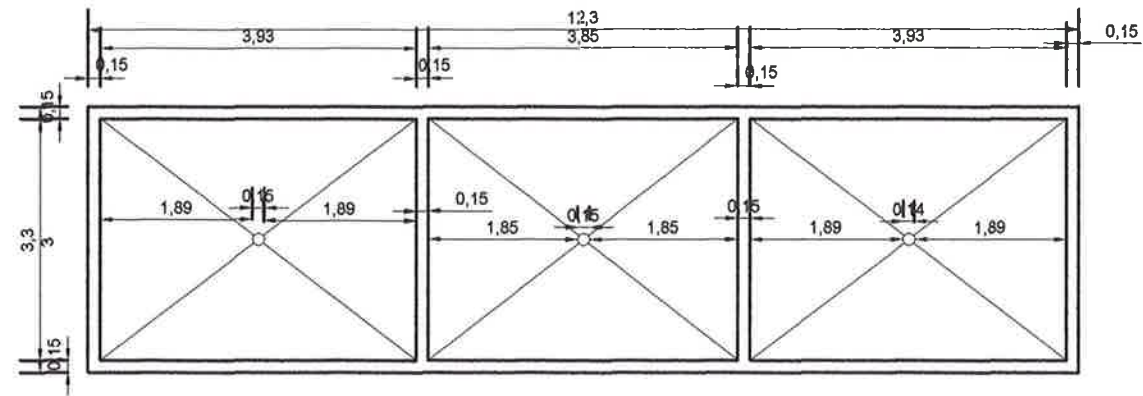


CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA (O-3)
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CIE.

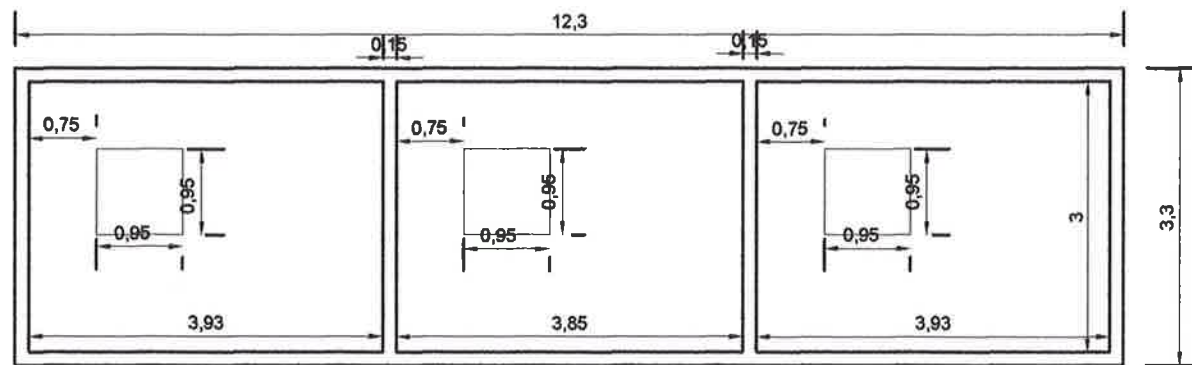
Diseño:
Augusto Méndez.
CALCULO:
Augusto Méndez.
REVISO:
Ing. Rafael Morales
DIBUJO:
Augusto Méndez.
ESC:
INDICADA

CONTIENE:
SEDIMENTADORES DETALLES ESTRUCTURALES.
ASCESORA EPS. OFICIAL DE OPERACIONES
COMANDANTE CIE "TCIFVA"

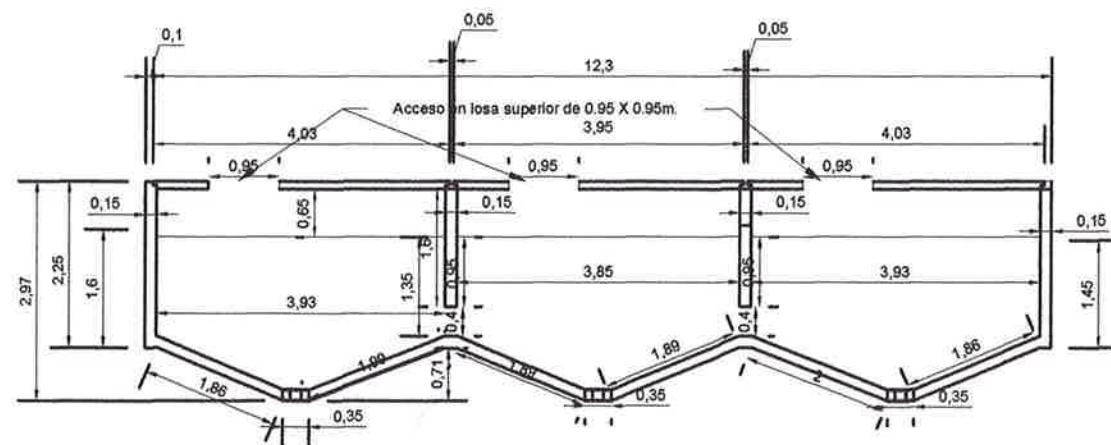
HOJA:	5
	10
TOPOGRAFIA	
CONJUNTO	
ARQUITECTURA	
ESTRUCTURA	X
INSTALACIONES	



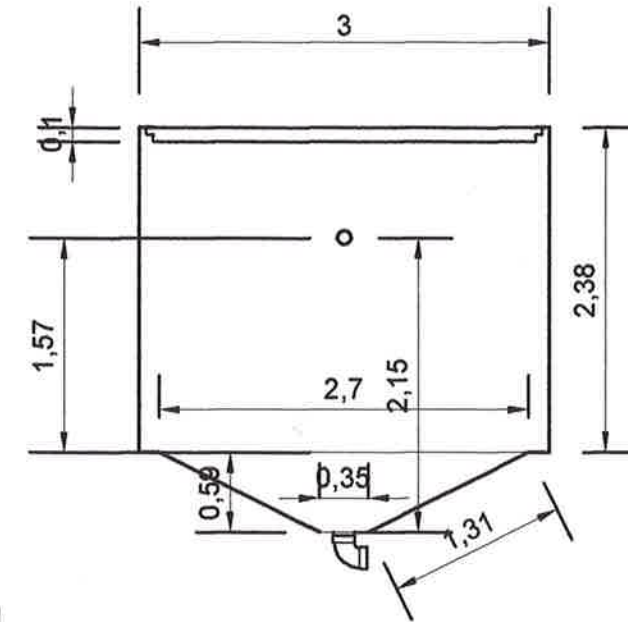
TANQUE SEDIMENTADOR
Planta inferior 1:50



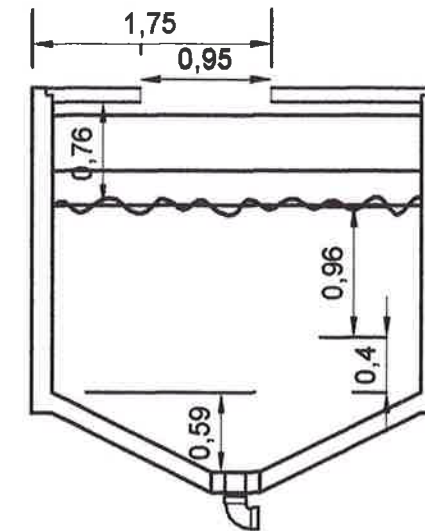
TANQUE SEDIMENTADOR
Planta superior 1:50



TANQUE SEDIMENTADOR
Elevación de tanque sedimentador 1:50



SEDIMENTADOR
ELEVACIÓN ESCALA 1:25

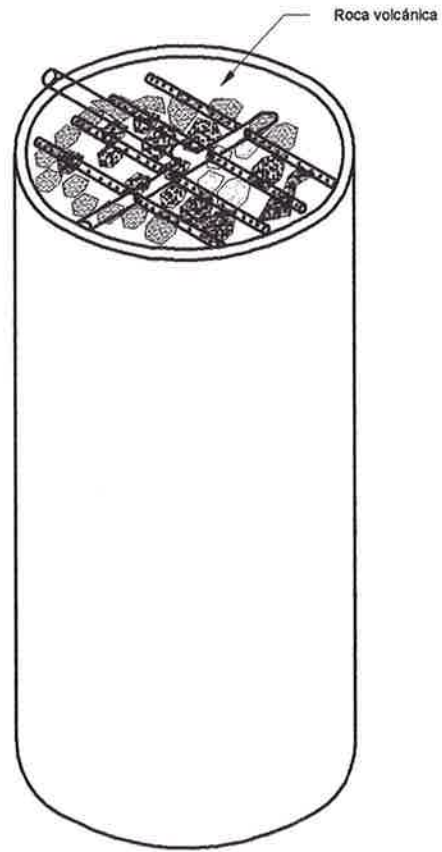


SEDIMENTADOR
ELEVACIÓN ESCALA 1:25

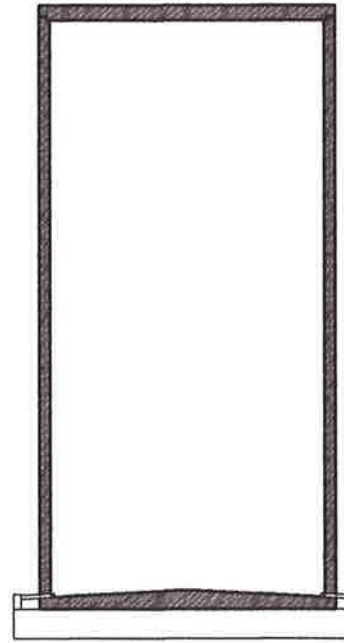
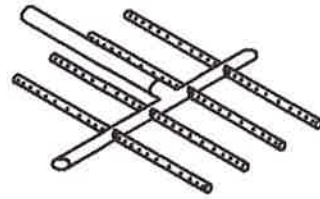
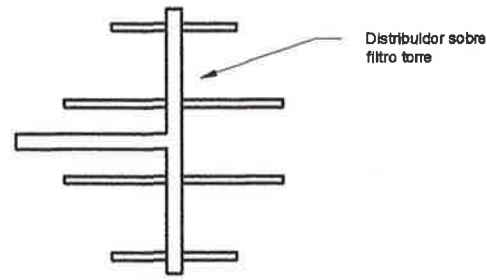
CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA O-3

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CIE.

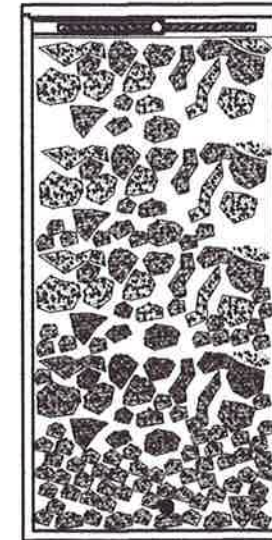
<p>DISEÑO: Augusto Méndez.</p> <p>CALCULO: Augusto Méndez.</p> <p>REVISO: Ing. Rafael Morales.</p> <p>DELAJO: Augusto Méndez.</p> <p>ESC: INDICADA</p>	<p>CONTIENE: Carlos de la Cruz</p> <p style="text-align: center;">SEDIMENTADOR ACOTADO</p> <p style="text-align: center;">INGENIERO EN INGENIERIA Y EPS</p> <p style="text-align: center;">ASCESORA EPS. OFICIAL DE OPERACIONES</p> <p style="text-align: center;">COMANDANTE CIE "TCIFVA"</p>	<p>HOJA: 6 / 10</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>TOPOGRAFIA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>COMUNTO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ARQUITECTURA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ESTRUCTURA</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>INSTALACIONES</td> <td></td> </tr> </table>	TOPOGRAFIA		COMUNTO		ARQUITECTURA		ESTRUCTURA	X	INSTALACIONES	
TOPOGRAFIA												
COMUNTO												
ARQUITECTURA												
ESTRUCTURA	X											
INSTALACIONES												



Filtro torre detalle de distribuidor 1:50

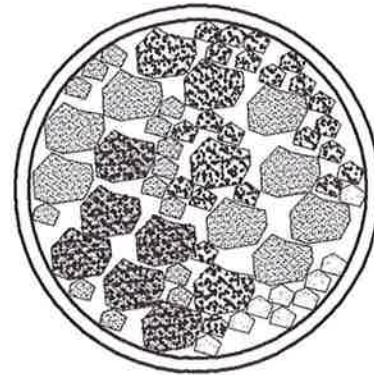


FILTRO TORRE elevacion



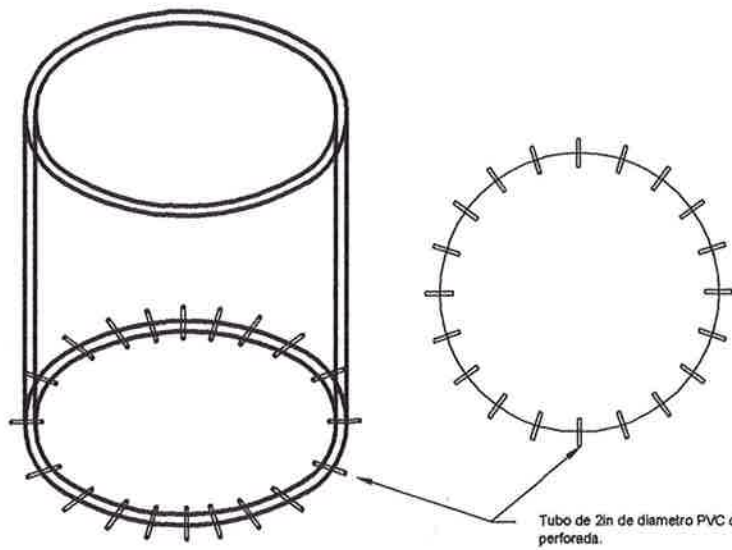
FILTRO TORRE detalle de roca volcanica 1:50

FILTRO TORRE izométrico 1:50



Relleno de escoria volcánica de textura porosa de 45 cm de diametro aproximado

FILTRO TORRE detalle de roca volcanica 1:50



FILTRO TORRE Detalle de tuberías de salida 1:50



FILTRO TORRE ESTCALA 1:10
Detalle de tubo perforado de salida

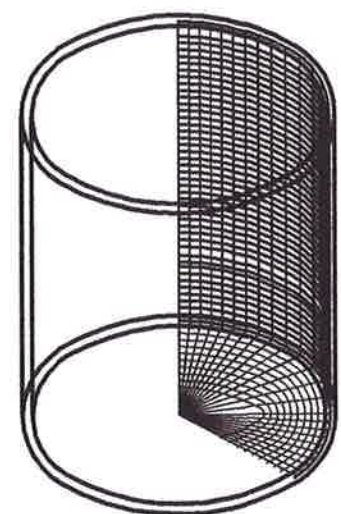
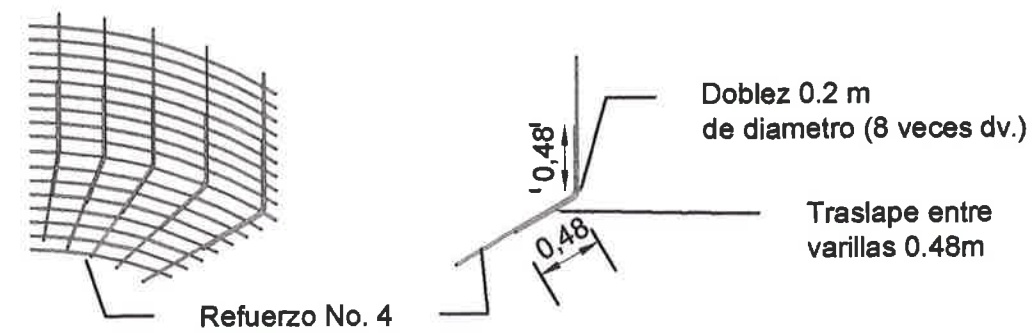
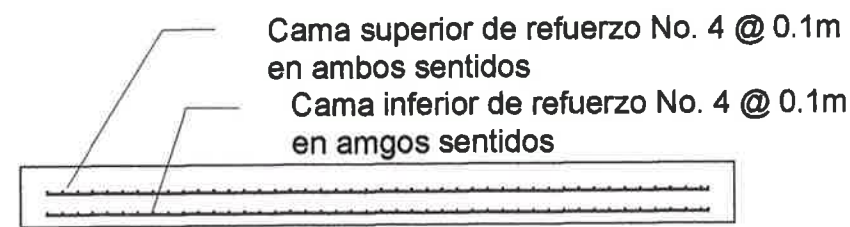
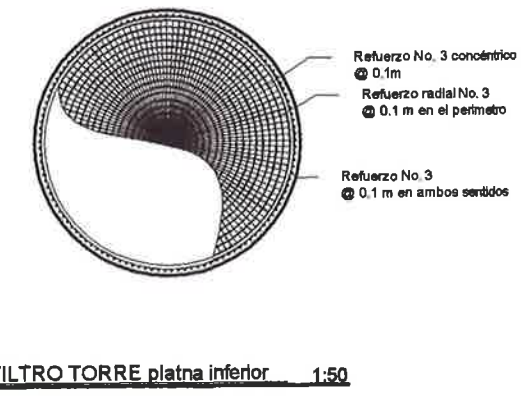
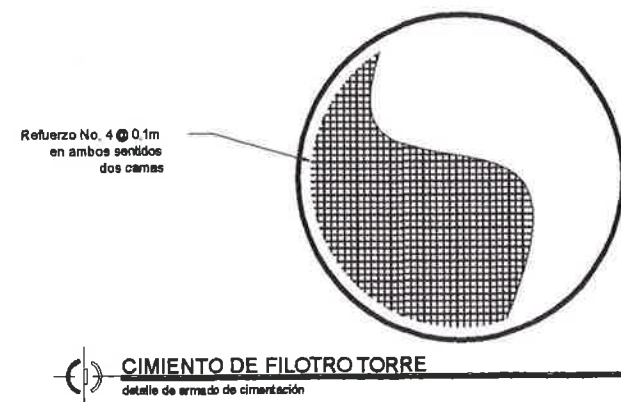
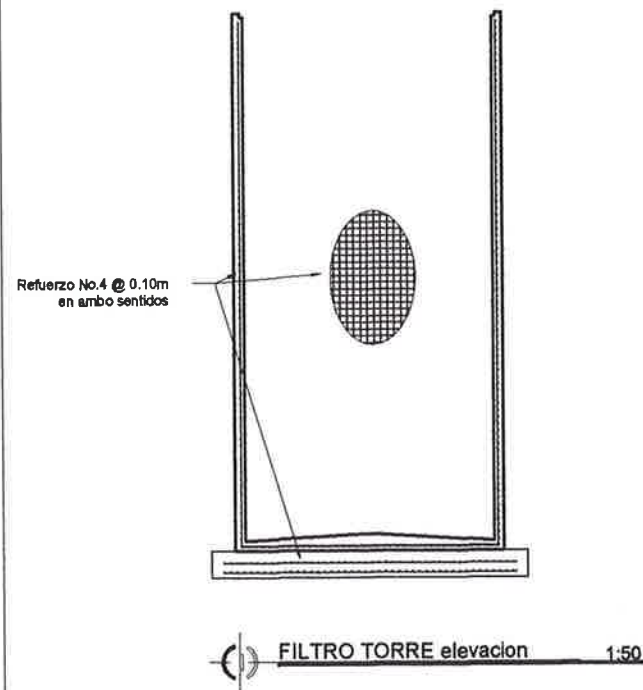


CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA-03
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CIE.

DISEÑO: Augusto Méndez.
CALCULO: Augusto Méndez.
REVISO: ING. Rafael Morales.
DIBUJO: Augusto Méndez.
ESC: INDICADA
FECHA: ENERO 2011

CONTIENE: San Carlos de Guatemala
FILTRO TORRE
ING. SUPERIOR DE PPS
ASCESORA EPS. OFICIAL DE OPERACIONES
COMANDANTE CIE "TCIFVA"

HOJA:	7
	10
TOPOGRAFIA	
CONJUNTO	
ARQUITECTURA	
ESTRUCTURA	X
INSTALACIONES	

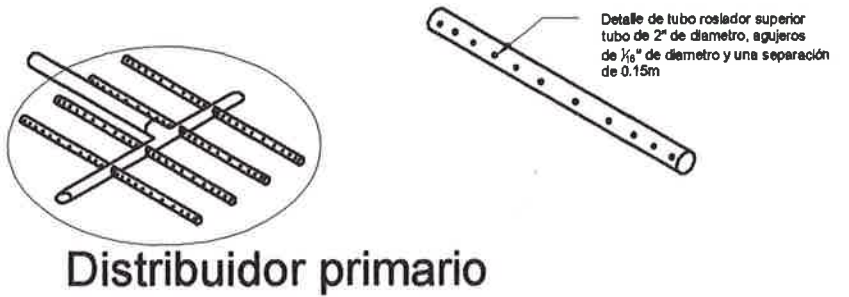
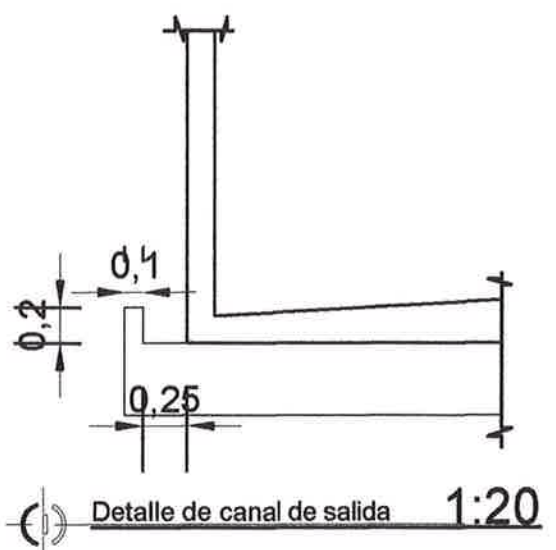
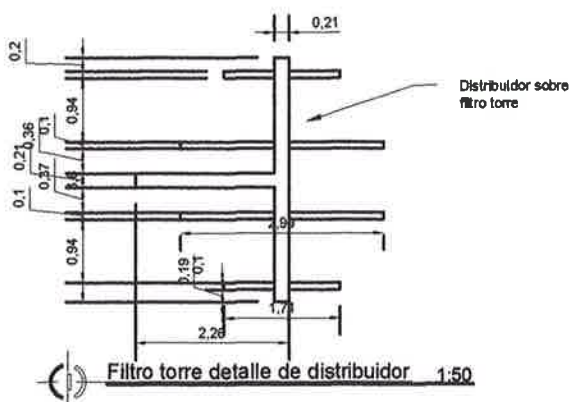
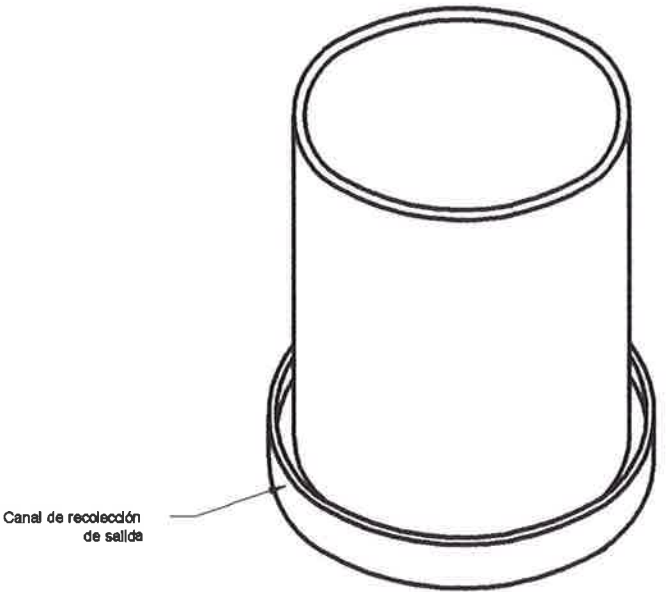
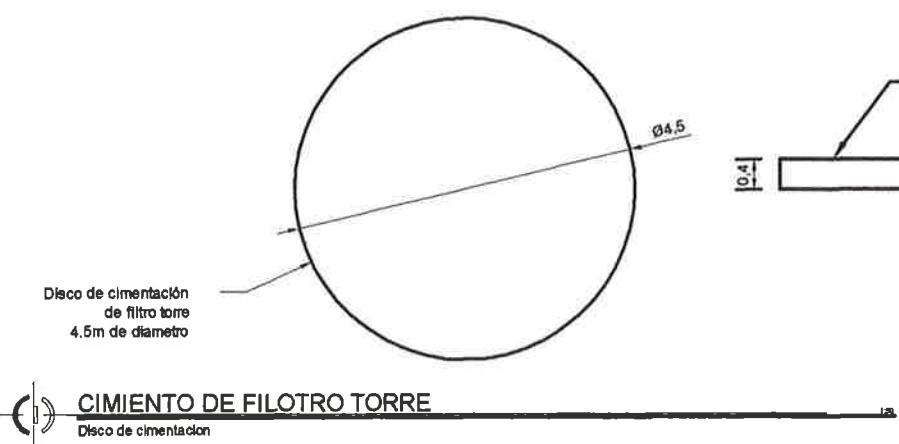
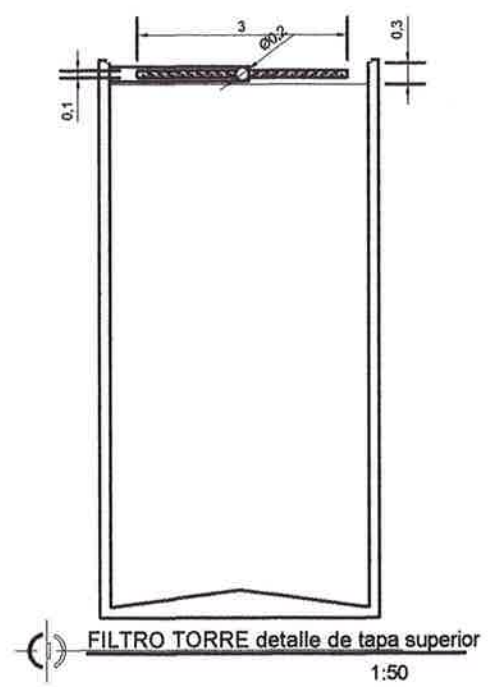
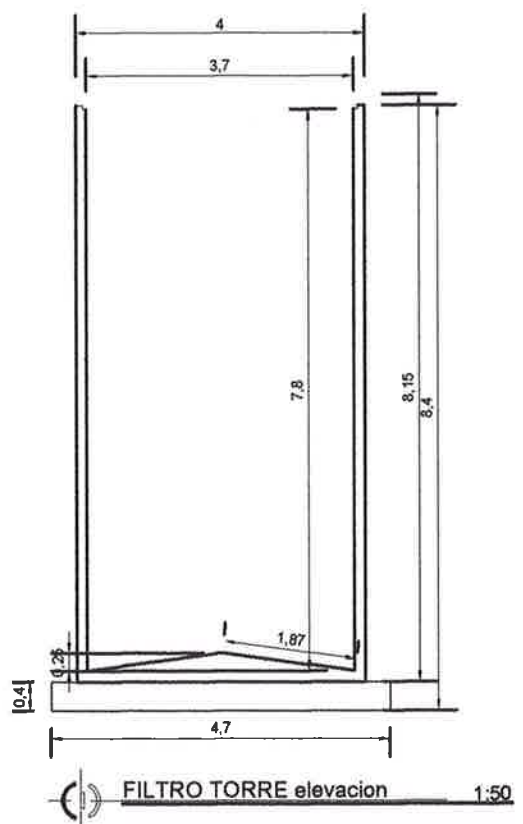


CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CIE.

DISEÑO:	Augusto Méndez
CALCULO:	Augusto Méndez
REVISO:	Ing. Rafael Morales
DIBUJO:	Augusto Méndez
ESC:	INDICADA
FECHA:	ENERO 2011

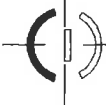
CONTIENE: San Carlos de Guatemala
FILTRO TORRE DETALLES ESTRUCTURALES.
ASOESORA EPS. OFICIAL DE OPERACIONES
COMANDANTE CIE "TCIFVA"

HOJA:	8 / 10
TOPOGRAFIA	
CONJUNTO	
ARQUITECTURA	
ESTRUCTURA	X
INSTALACIONES	



CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA O-3
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CIE.

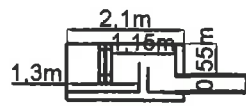
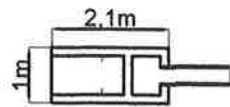
DISEÑO: Augusto Méndez.	CONTIENE: FILTRO TORRE ACOTIDO.	HOJA: 9 / 10
CALCULO: Augusto Méndez.		TOPOGRAFIA
REVISO: Ing. Rafael Morales	OFICIAL DE OPERACIONES COMANDANTE DE "TOPVA"	CONJUNTO
DESAJO: Augusto Méndez		ARQUITECTURA
ESC: INDICADA		FECHA: ENERO 2011
		INSTALACIONES



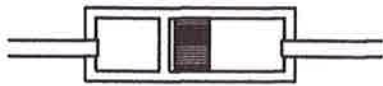
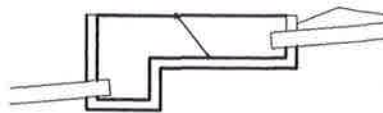
LAGUNA DE ESTABILIZACION

1:200

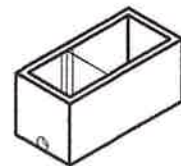
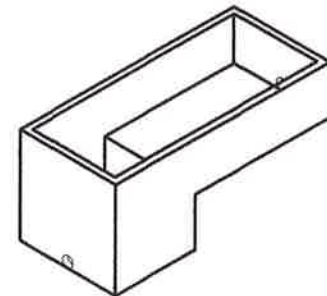
Detalle de cajas



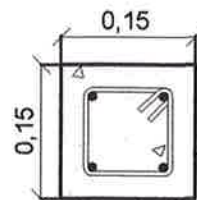
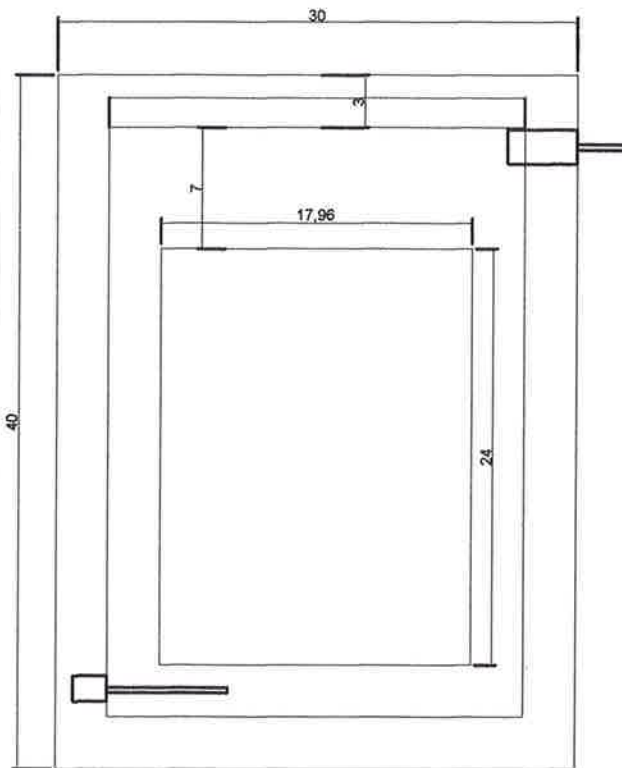
Caja de entrada



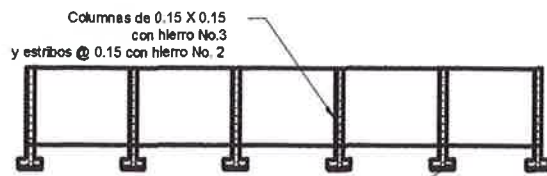
Caja de entrada



CAJA DE ENTRADA Y SALIDA IZOMÉTRICO

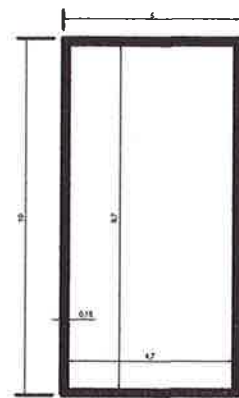


Columnas de 0.15 X 0.15m armadas con hierro No. 3 y estribos No.2 @ 0.15m

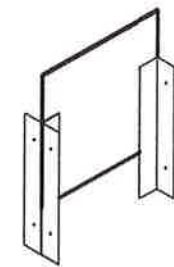
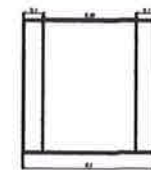


Zapeta de 0.45 X 0.45 X 0.20 con refuerzo de No. 3 @ 0.08 en ambos sentidos.

PATIO DE SECADO DE LODOS
Detalle de columnas



PATIO DE SECADO DE LODOS
Detalle de construcción



Cortina metalica corrediza de caja de salida. Esc. 1:25.

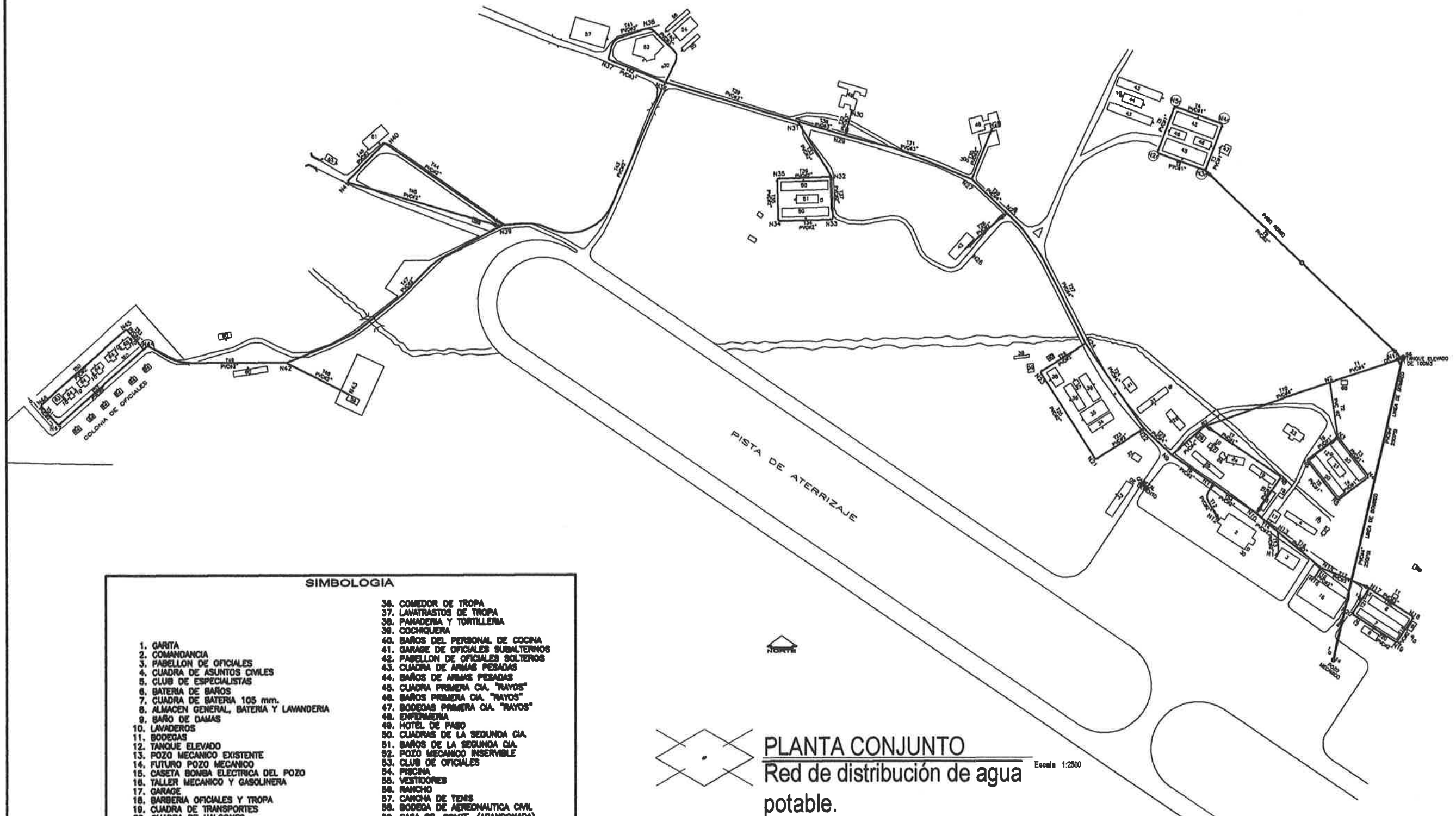


CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA 0-3
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CIE.

DISENO:
Augusto Méndez.
CALCULO:
Augusto Méndez.
REVISO:
Ing. Rafael Morales.
DIBUJO:
Augusto Méndez.
EPC:
INDICADA
FECHA:
ENERO 2011

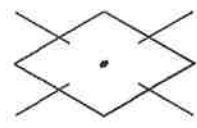
CONTIENE:
Laguna Carlos de Guzman
LAGUNA DE ESTABILIZACION
PATIO DE SECADO DE LODOS
COMANDO EN JEFE
Ingeniería y EPS
ASCSORA EPS. OFICIAL DE OPERACIONES
Comandante de Ingenieros
COMANDANTE "CIE" "TCIFVA"

HOJA:
10 / 10
TOPOGRAFIA
CONJUNTO
ARQUITECTURA
ESTRUCTURA X
INSTALACIONES



SIMBOLOGIA

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. GARITA 2. COMANDANCIA 3. PABELLON DE OFICIALES 4. CUADRA DE ASUNTOS CIVILES 5. CLUB DE ESPECIALISTAS 6. BATERIA DE BAROS 7. CUADRA DE BATERIA 105 mm. 8. ALMACEN GENERAL, BATERIA Y LAVANDERIA 9. BAÑO DE DAMAS 10. LAVADEROS 11. BODEGAS 12. TANQUE ELEVADO 13. POZO MECANICO EXISTENTE 14. FUTURO POZO MECANICO 15. CASETA BOMBA ELECTRICA DEL POZO 16. TALLER MECANICO Y GASOLINERA 17. GARAGE 18. BARBERIA OFICIALES Y TROPA 19. CUADRA DE TRANSPORTES 20. CUADRA DE HALCONES 21. BAROS DE HALCONES 22. BODEGA ASUNTOS CIVILES 23. MUSICA MILITAR 24. CUADRA ABANDONADA (MAL ESTADO) 25. CARPINTERIA Y ALMACEN DE ARMAS 26. DORMITORIO DE DAMAS 27. SASTRERIA, FONTANERIA Y TALABARRERIA 28. CUADRA DE LA MARIMBA 29. AULAS DE PEISOL 30. TANQUE SUBTERRANEO 31. COMPANIA DE APOYO 32. PLANTA ELECTRICA 33. TIENDA DE TROPA 34. DESPENSA 35. COMEDOR DE OFICIALES, ESPECIALISTAS Y COCINA | <ol style="list-style-type: none"> 36. COMEDOR DE TROPA 37. LAVABASTOS DE TROPA 38. PANADERIA Y TORTILLERIA 39. COCHIGUERA 40. BAROS DEL PERSONAL DE COCINA 41. GARAGE DE OFICIALES SUBALTERNOS 42. PABELLON DE OFICIALES SOLTEROS 43. CUADRA DE ARMAS PESADAS 44. BAROS DE ARMAS PESADAS 45. CUADRA PRIMERA CIA. "RAYOS" 46. BAROS PRIMERA CIA. "RAYOS" 47. BODEGAS PRIMERA CIA. "RAYOS" 48. ENFERMERIA 49. HOTEL DE PASO 50. CUADRAS DE LA SEGUNDA CIA. 51. BAROS DE LA SEGUNDA CIA. 52. POZO MECANICO INSERVIBLE 53. CLUB DE OFICIALES 54. PISCINA 55. VESTIDONES 56. RANCHO 57. CANCHA DE TENIS 58. BODEGA DE AERONAUTICA CIVIL 59. CASA SR. COMTE. (ABANDONADA) 60. CUADRAS DE RRMM. (ABANDONADAS) 61. SALA DE VISITAS 62. GUARDIA DE PREVENSION 63. RANCHO 64. CASA 65. CASA SR. COMTE. 66. TANQUE 67. CASETA (2 FILTROS) 68. CASETA FILTROS (MAL ESTADO) 69. PISTA DE INTELIGENCIA |
|--|---|



PLANTA CONJUNTO
Red de distribución de agua potable.

Escala 1:2500

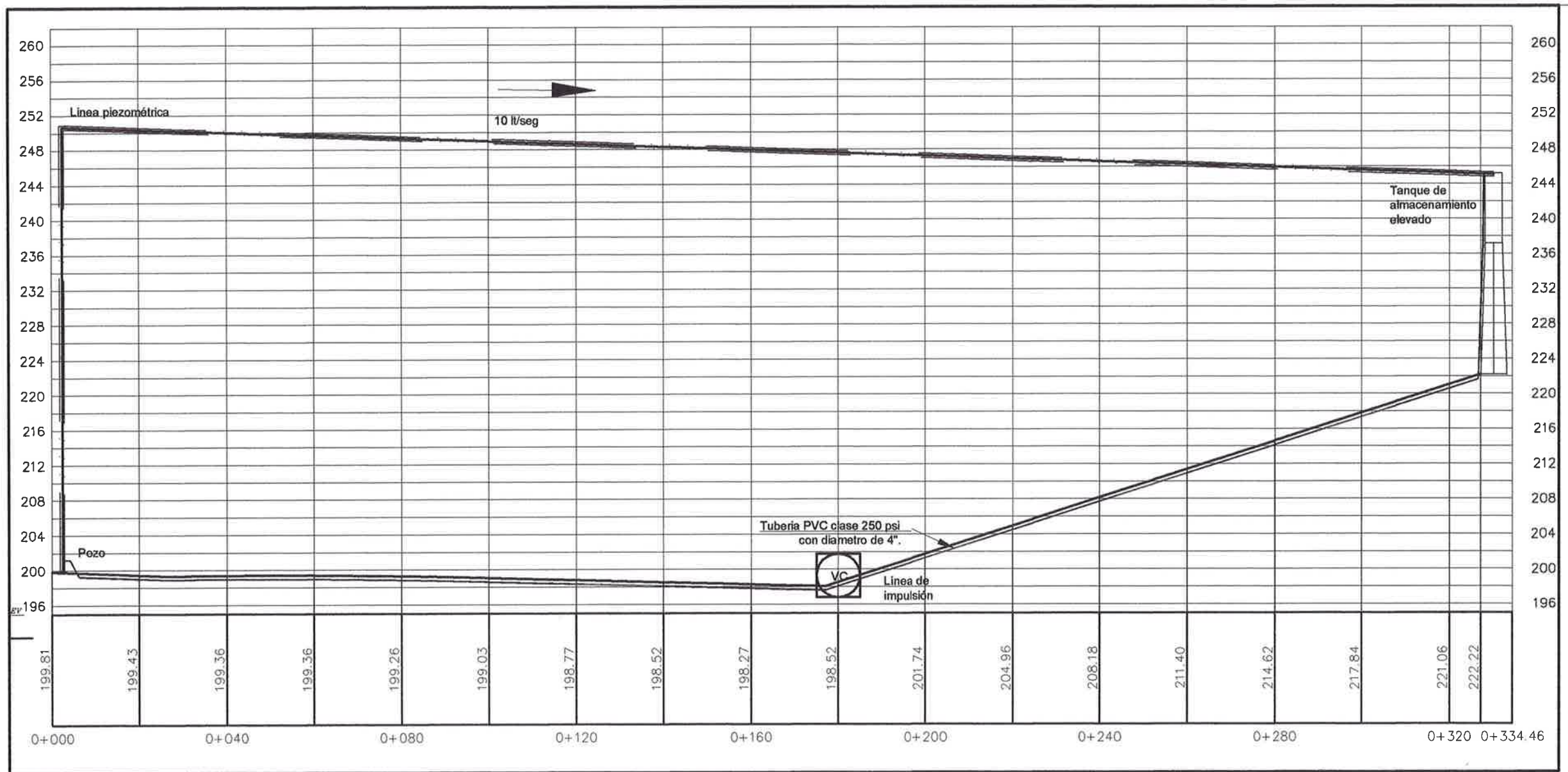


CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA O-3
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KABL" PB

Clasif: Augusto Méndez
CALCULO: Augusto Méndez
REVISO: Ing. Rafael Morales
DIBUJO: Augusto Méndez
ESC: Indioeda

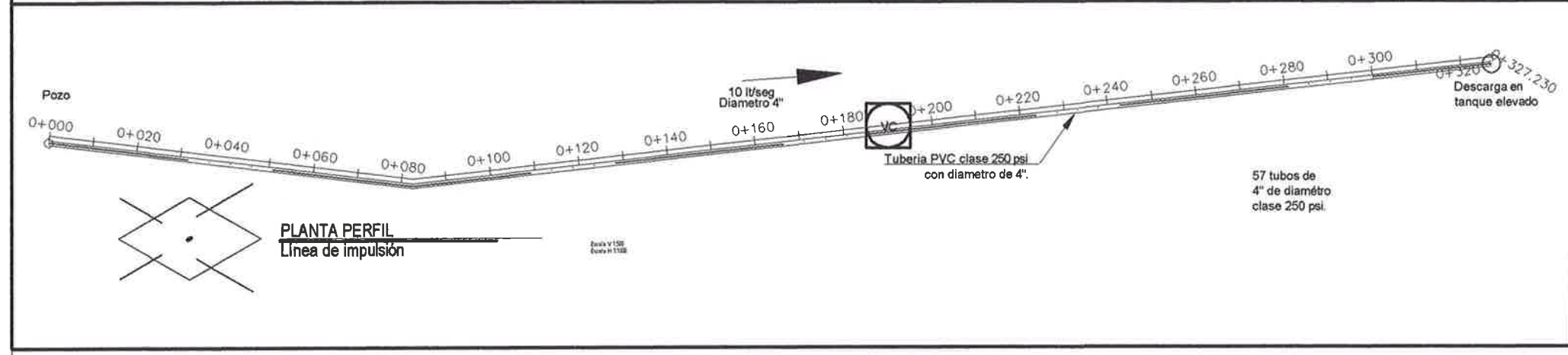
CONTIENE:
PLANO DE CONJUNTO
SUPERVISOR EPS
FECHA: octubre 2011
OFICIAL DE OPERACIONES
COMANDANTE CIE "TCIFVA"

HOJA:
1 / 17
TOPOGRAFIA
CONJUNTO
ARQUITECTURA
ESTRUCTURA
INSTALACIONES



SIMBOLOGIA

	Valvula de Limpieza
	Valvula de compuerta

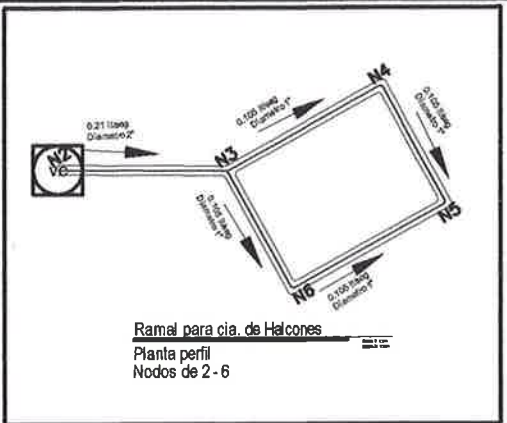
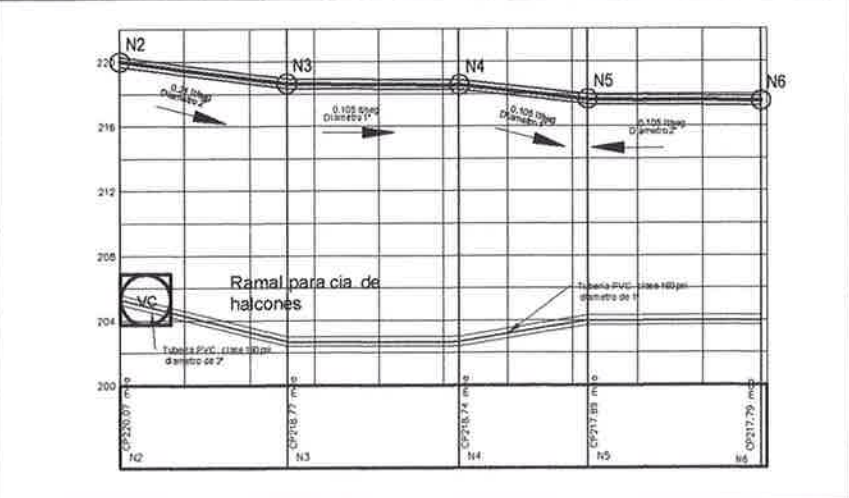
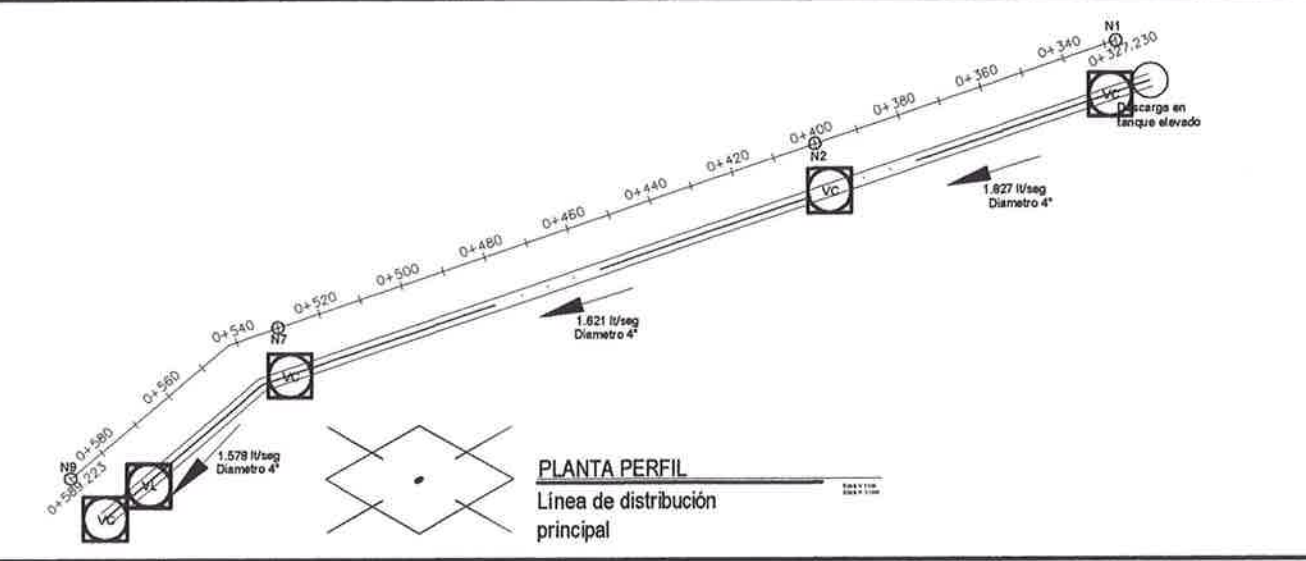
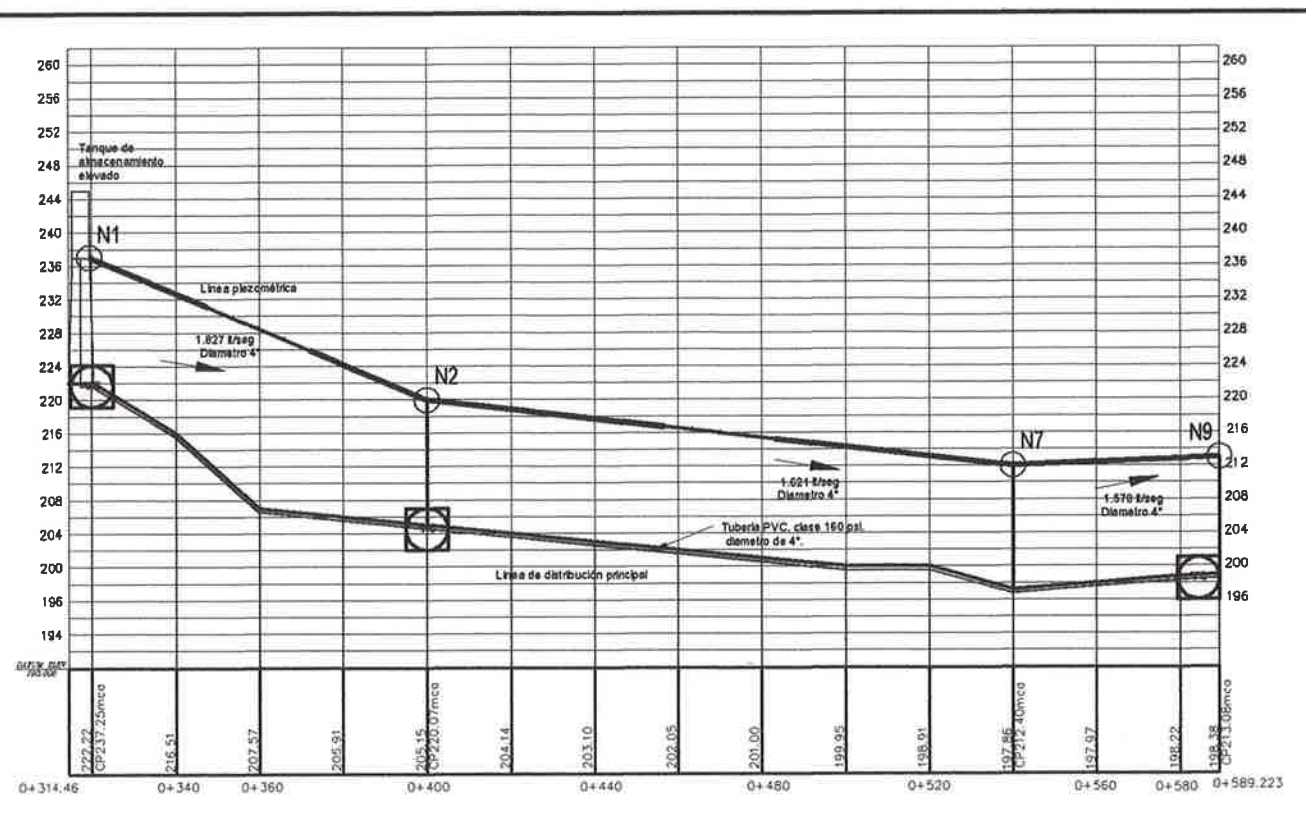
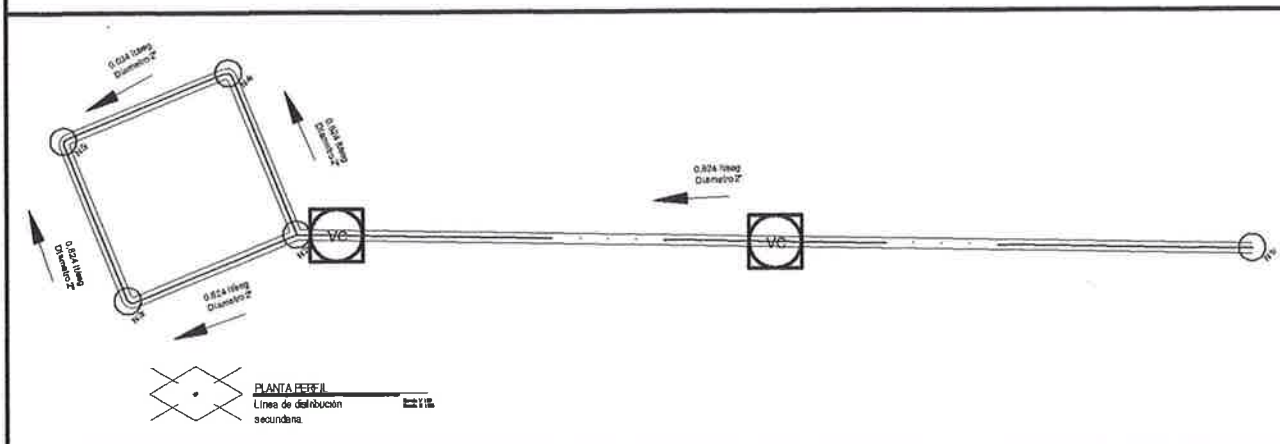
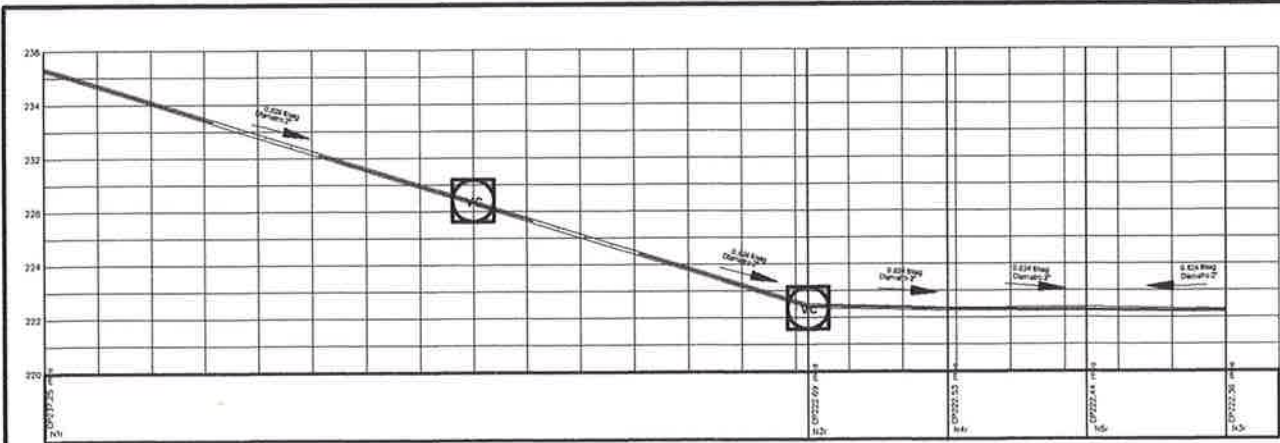


CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA-3

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KABL" PB

Diseño: Augusto Méndez		CONTIENE:	HOJA:
CALCULO: Augusto Méndez		PLANTA PERFIL LINEA DE IMPUSION	2 / 17
REVISO: Ing. Rafael Morales		COMANDO DE EPS	TOPOGRAFIA
DIBUJO: Augusto Méndez		SUPERVISOR EPS	CONJUNTO <input checked="" type="checkbox"/>
ESC: Indicada		FECHA: octubre 2011	ARGUMENTOS

COMANDO EN JEFE "TCIFVA"



CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES ESTRUCTURALES

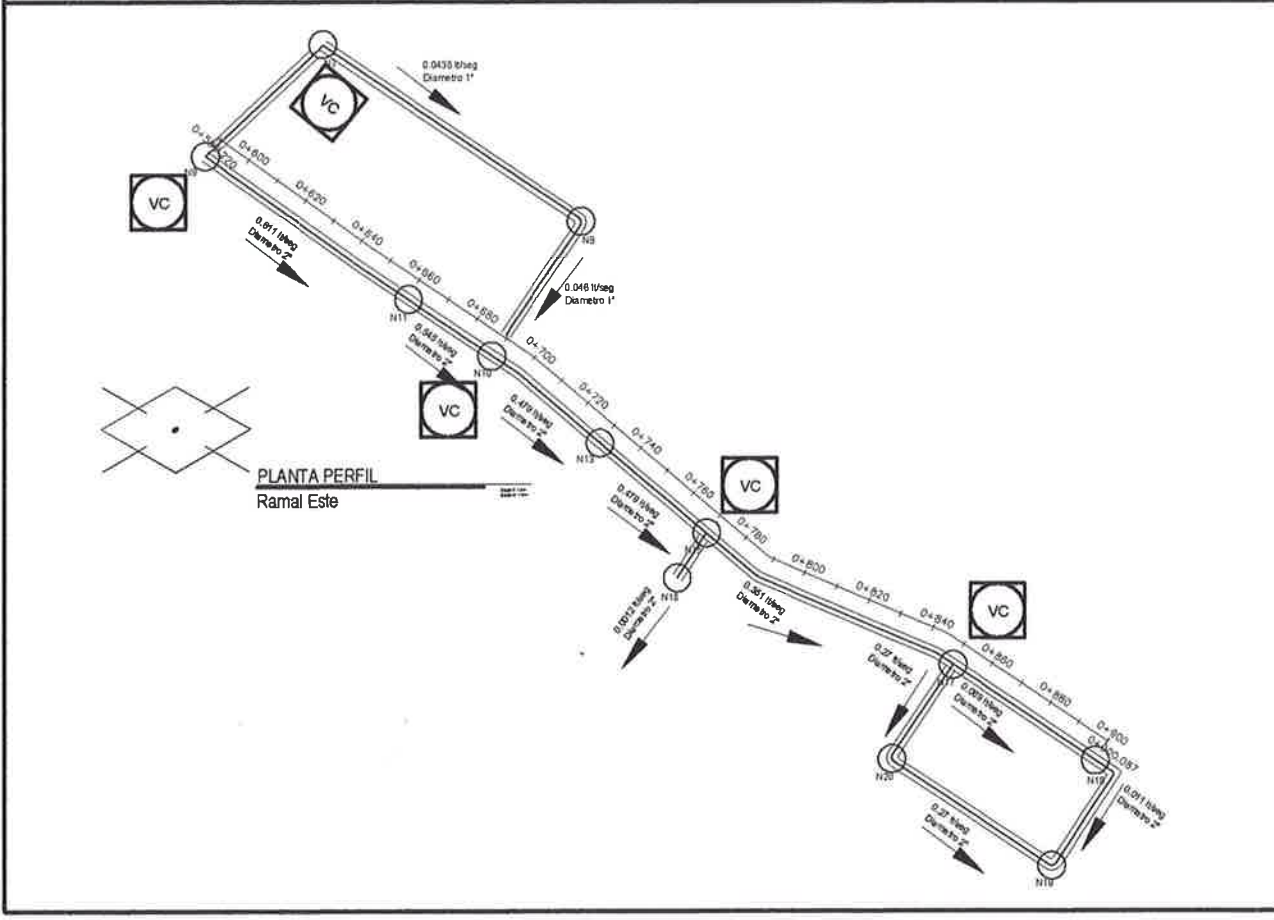
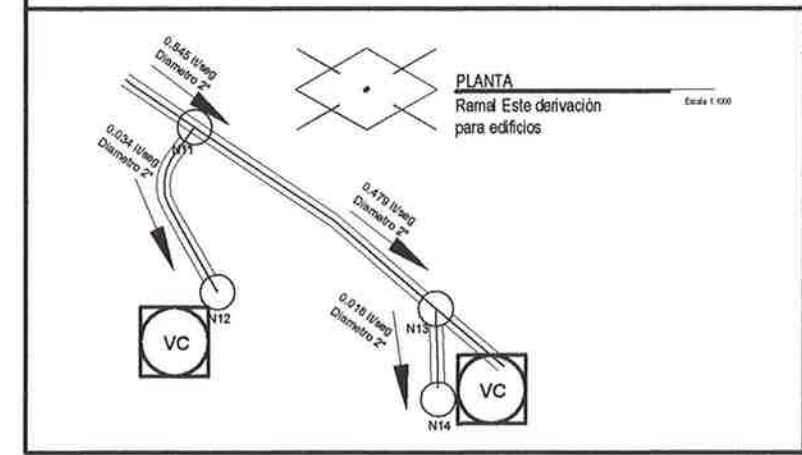
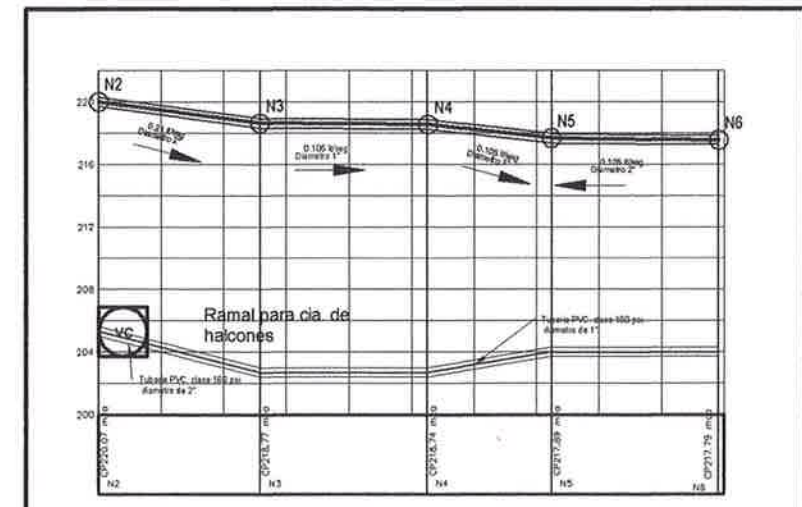
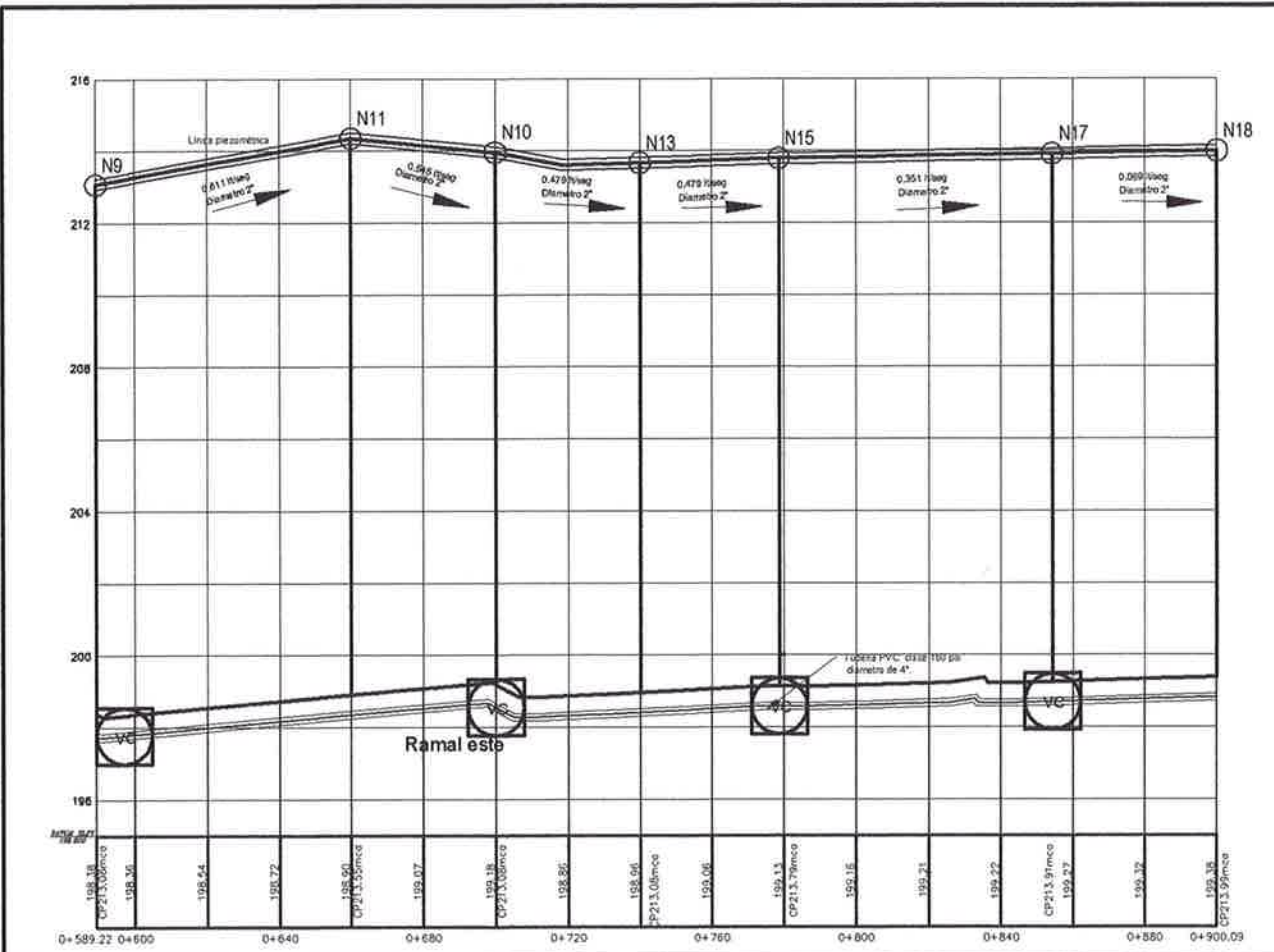
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KABIL" PB

Diseño:
Augusto Méndez
CALCULO:
Augusto Méndez
REVISO:
Ing. Rafael Morales
DIBUJO:
Augusto Méndez
ESC:
Indicada

CONTIENE:
PLANTA PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL
OFICIAL DE OPERACIONES
COMANDANTE CIE "TCIFVA"

HOJA:
3 / 17
TOPOGRAFIA
CONJUNTO X
ARQUITECTURA
ESTRUCTURA
INSTALACIONES



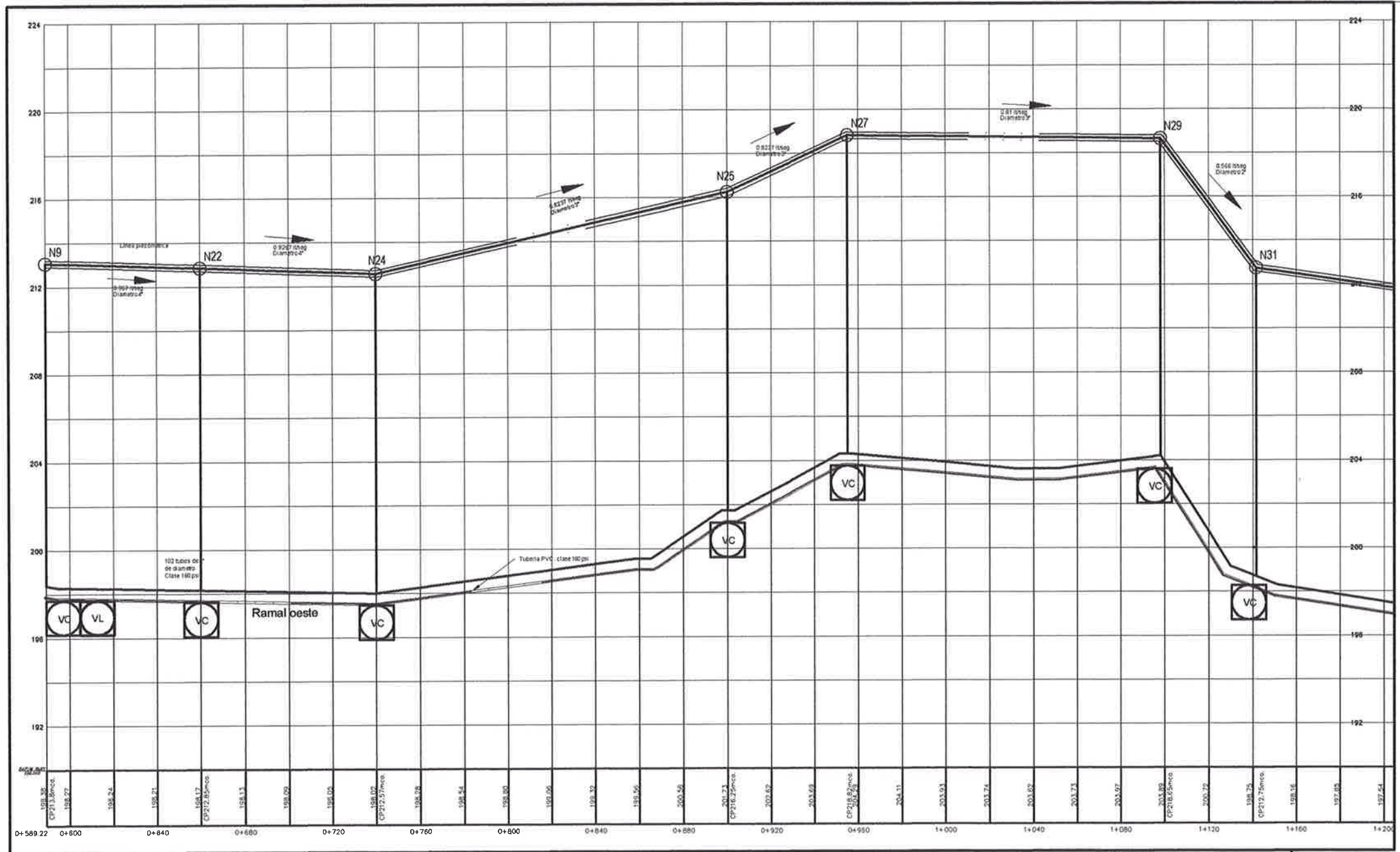


CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
 SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA
 PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
 BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KABIL" PB

DISEÑO: Augusto Méndez
 CALCULO: Augusto Méndez
 REVISO: Ing. Rafael Matías
 DIBUJO: Augusto Méndez
 ESC: Indóveda
 FECHA: octubre 2011

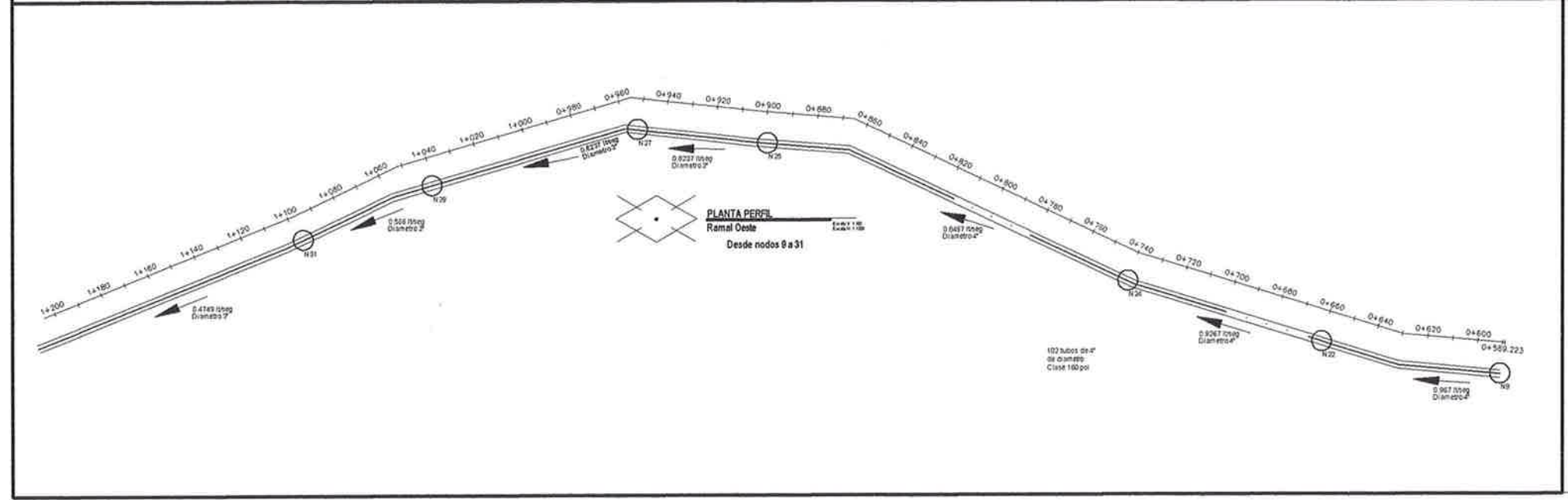
CONTIENE: Carlos de Guzmán
 PLANTA PERFIL RAMAL ESTE
 SUPERVISOR DE EPS
 SUPERVISOR EPS
 OFICIAL DE OPERACIONES
 COMANDANTE DE "TCIFVA"

HOJA:
 4 / 17
 TOPOGRAFIA
 CONJUNTO X
 ARQUITECTURA
 ESTRUCTURA
 INSTALACIONES



SIMBOLOGIA

- Tubería de distribución PVC clase 160 psi. enterrada a 0.45 m
- Nodo de derivación
- Línea piezométrica
- Valvula de Limpieza
- Valvula de compuerta



CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA Q-3

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KABL" PB

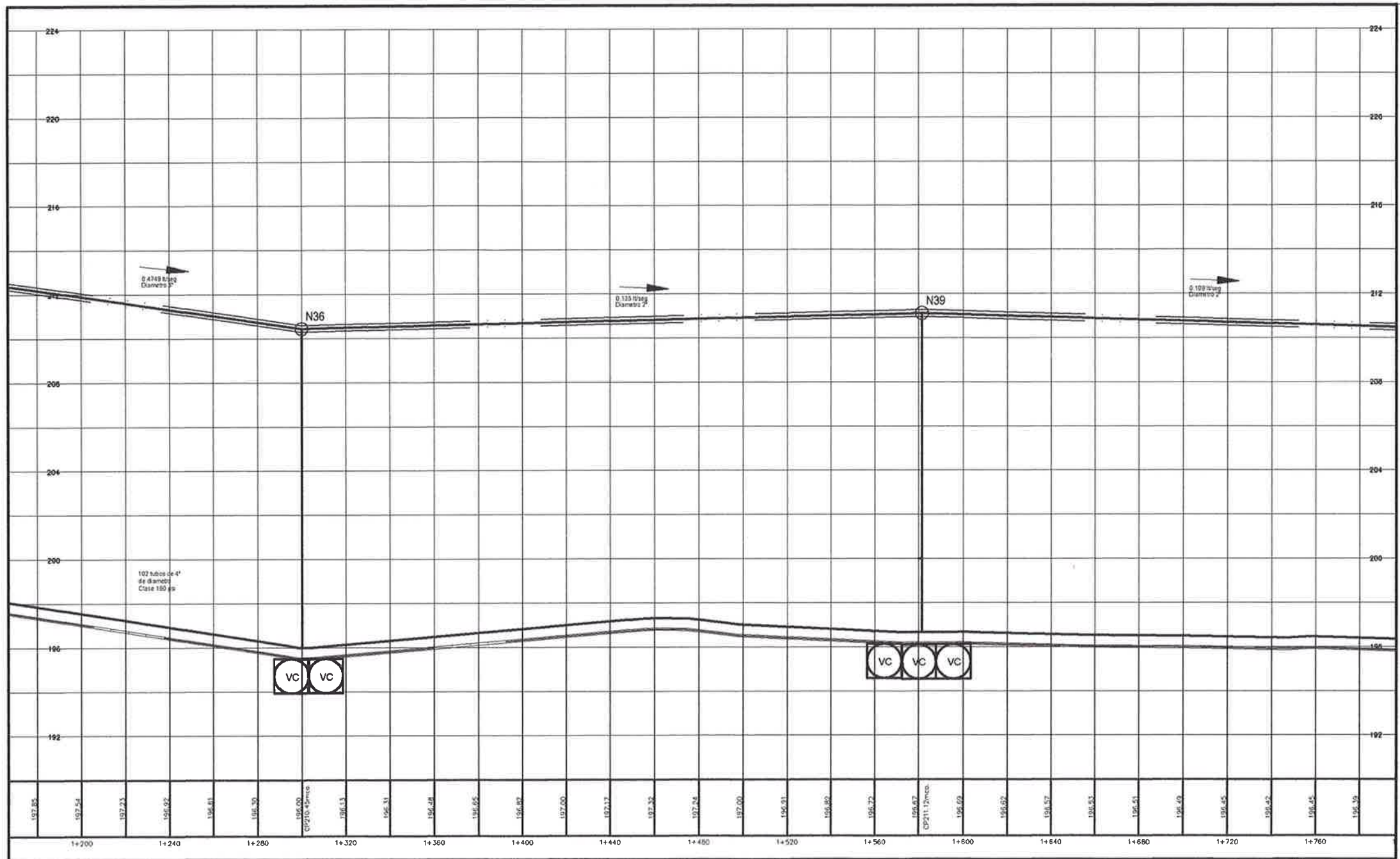
Diseño:
Augusto Méndez
CALCULO:
Augusto Méndez
REVISO:
Ing. Rafael Morales
DIBUJO:
Augusto Méndez
ESC:
Indicada

CONTIENE:
PLANTA PERFIL RAMAL OESTE I

[Signature]
SUPERVISOR EPS
OFICIAL DE OPERACIONES
COMANDANTE DE "TCIFVA"

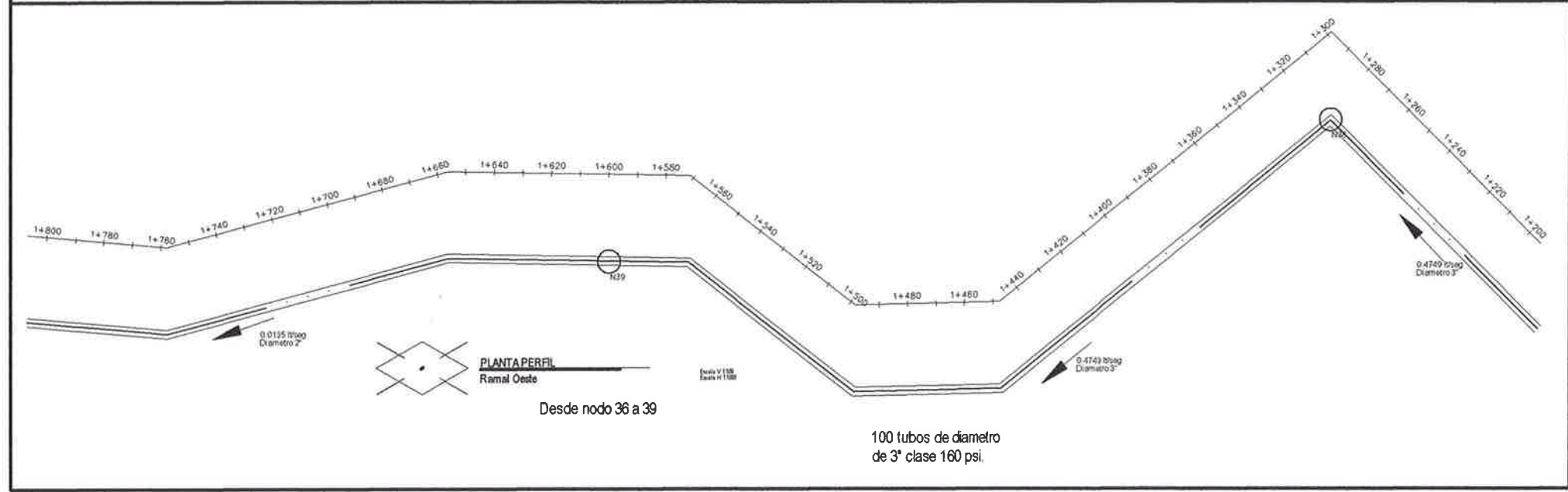
HOJA:	5 / 17
TOPOGRAFIA	
CONJUNTO	X
ARQUITECTURA	
ESTRUCTURA	
INSTALACIONES	

FECHA:
octubre 2011



SIMBOLOGIA

- Tuberia de distribución PVC clase 160 psi, enterrada a 0.45 m
- Nodo de derivación
- Línea piezométrica
- Valvula de Limpieza
- Valvula de compuerta



CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
 SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA 03

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KASIL" PB

HOJA:
 6 / 17

CONTIENE:
 PLANTA PERFIL RAMAL OESTE II

REVISOS:
 Ing. Rafael Morales

DIBUJO:
 Augusto Méndez

ESC:
 Indicado

FECHA:
 octubre 2011

OFICIAL DE OPERACIONES:
 COMANDANTE CIE "TCIFVA"

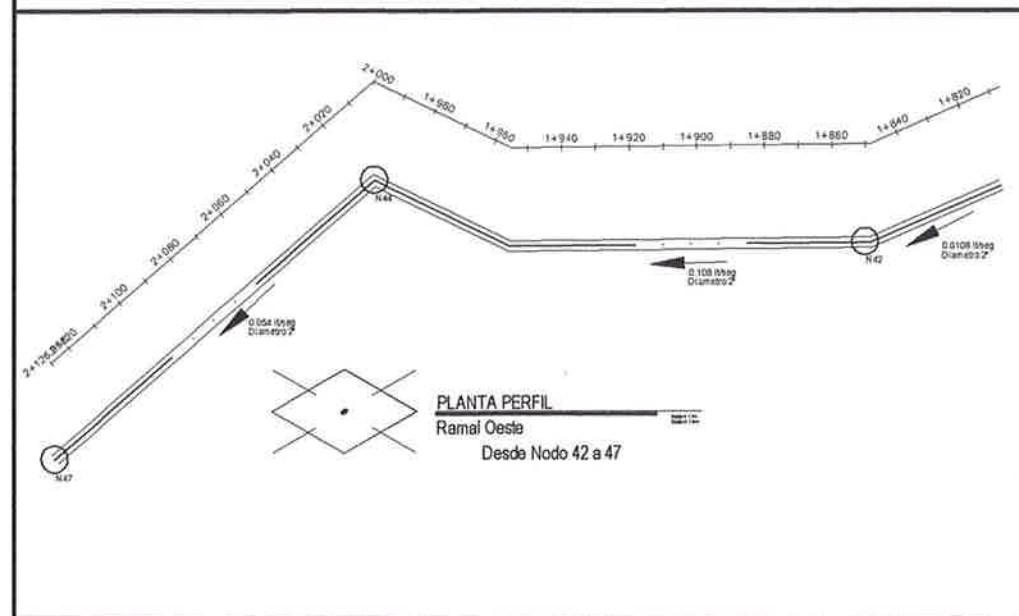
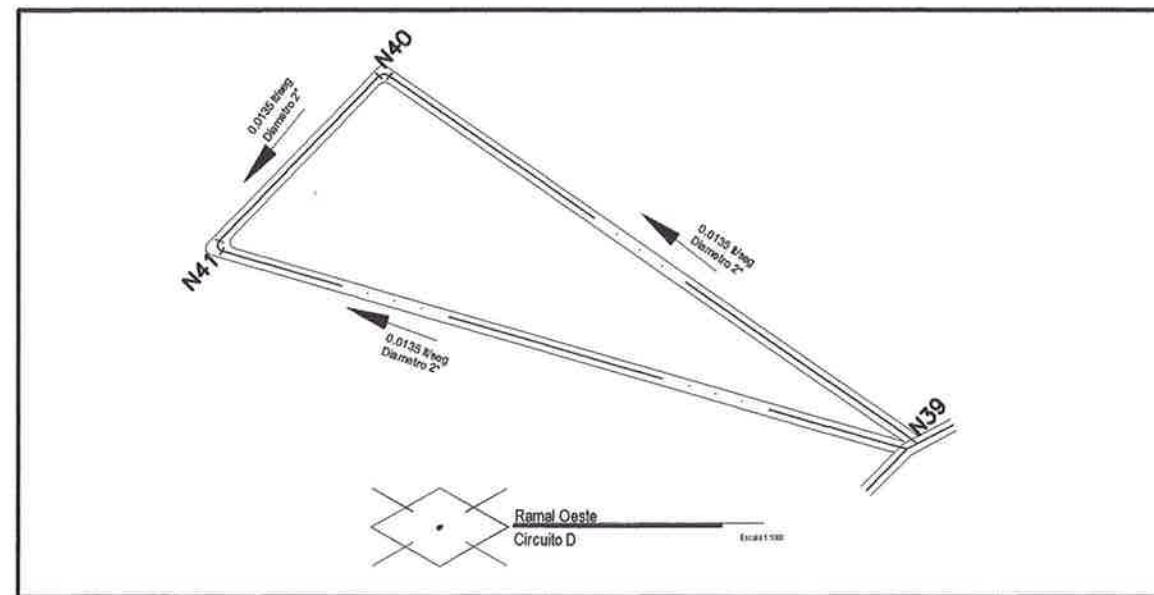
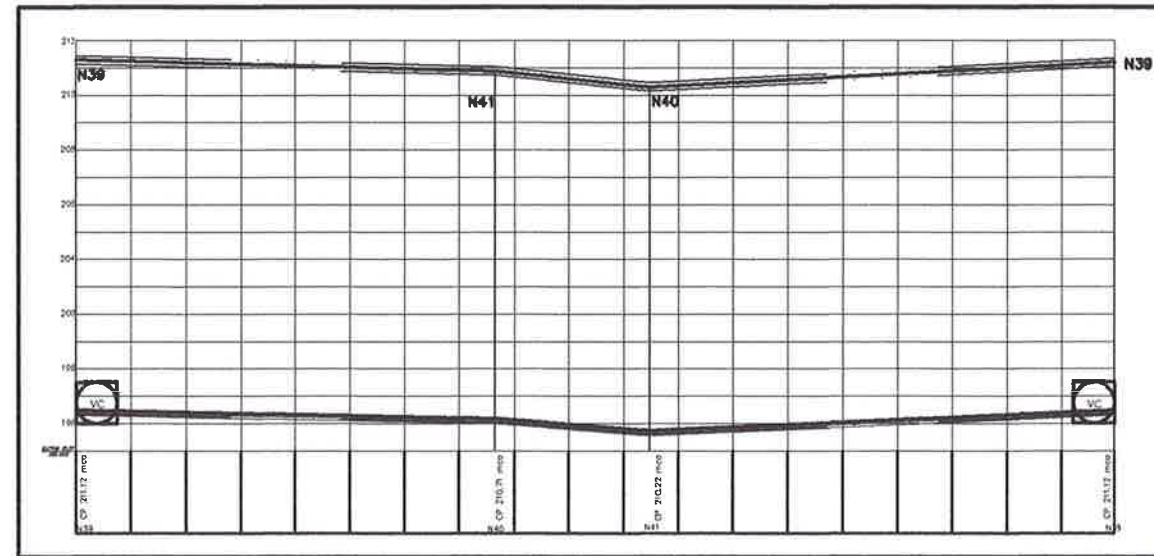
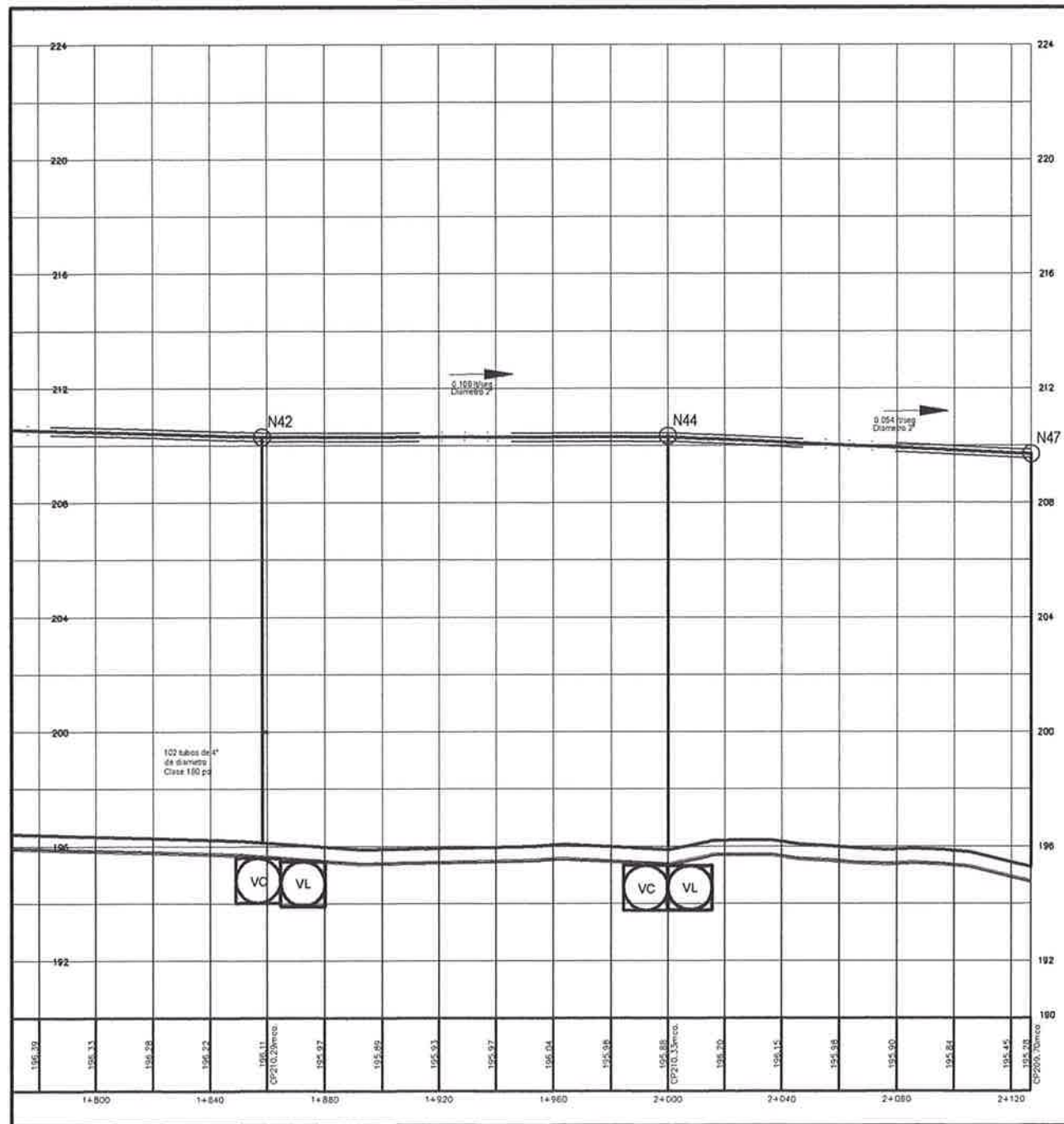
TOPOGRAFIA

COMUNTO

ARQUITECTURA

ESTRUCTURA

INSTALACIONES



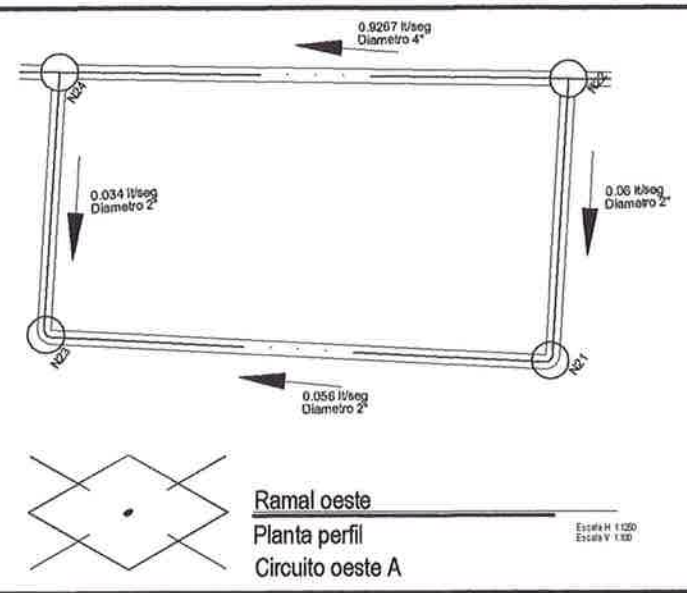
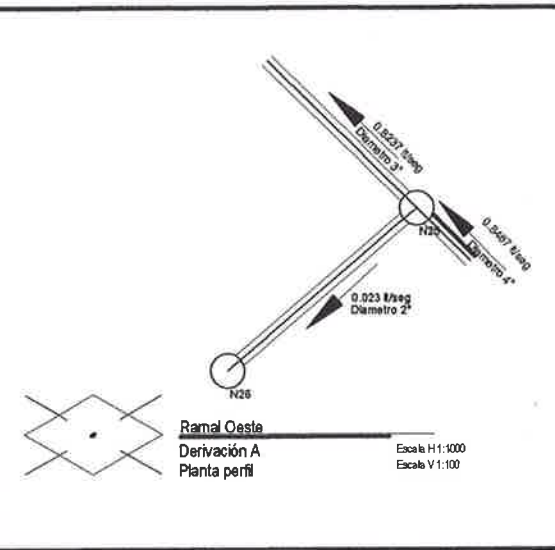
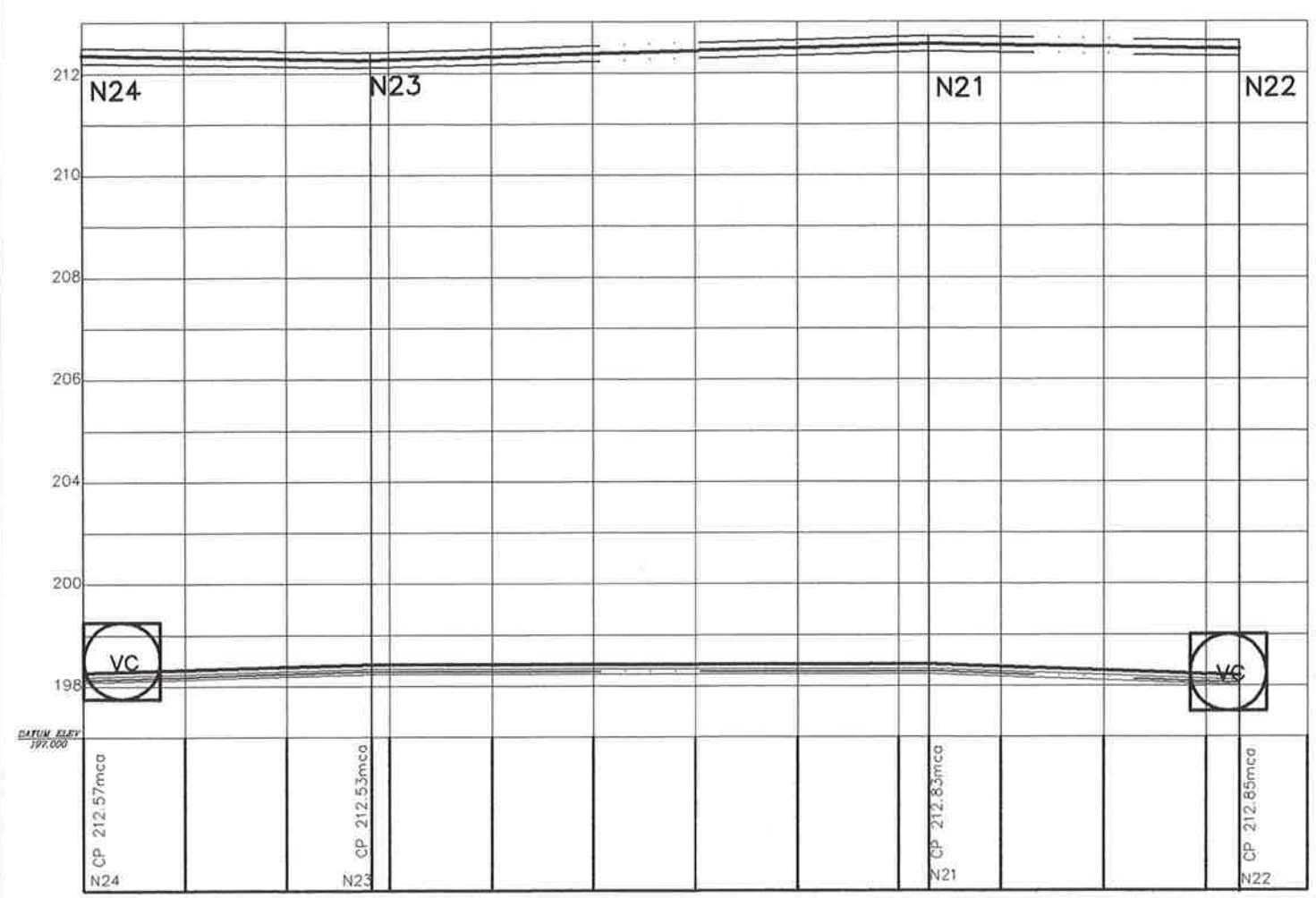
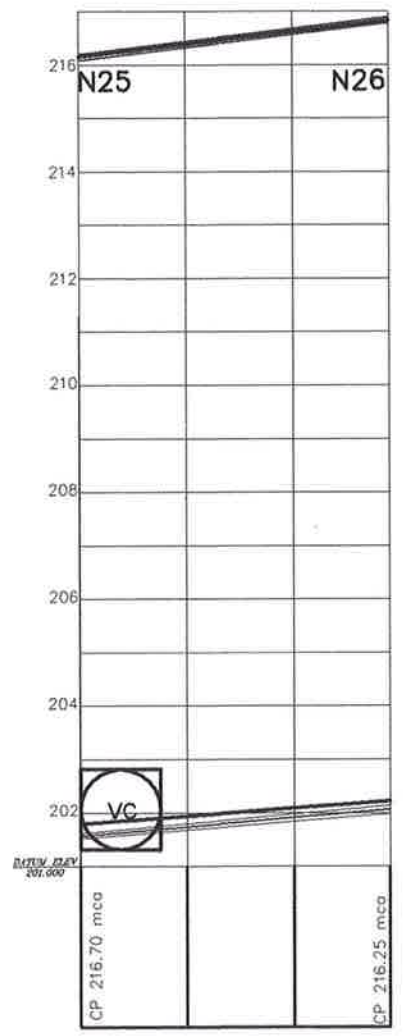
CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA-3

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KABL" PB

Diseño:
Augusto Méndez
CALCULO:
Augusto Méndez
REVISO:
Ing. Rafael Morales
DIBUJO:
Augusto Méndez
ESC:
Indicada
FECHA:
octubre 2011

CONTIENE:
San PLANTA PERFIL RAMAL
OESTE III.
SUPERVISOR EPS
OFICIAL DE OPERACIONES
COMANDANTE CIE "TCIFVA"

HOJA:
7 / 17
TOPOGRAFIA
CONJUNTO
ARQUITECTURA
ESTRUCTURA
INSTALACIONES

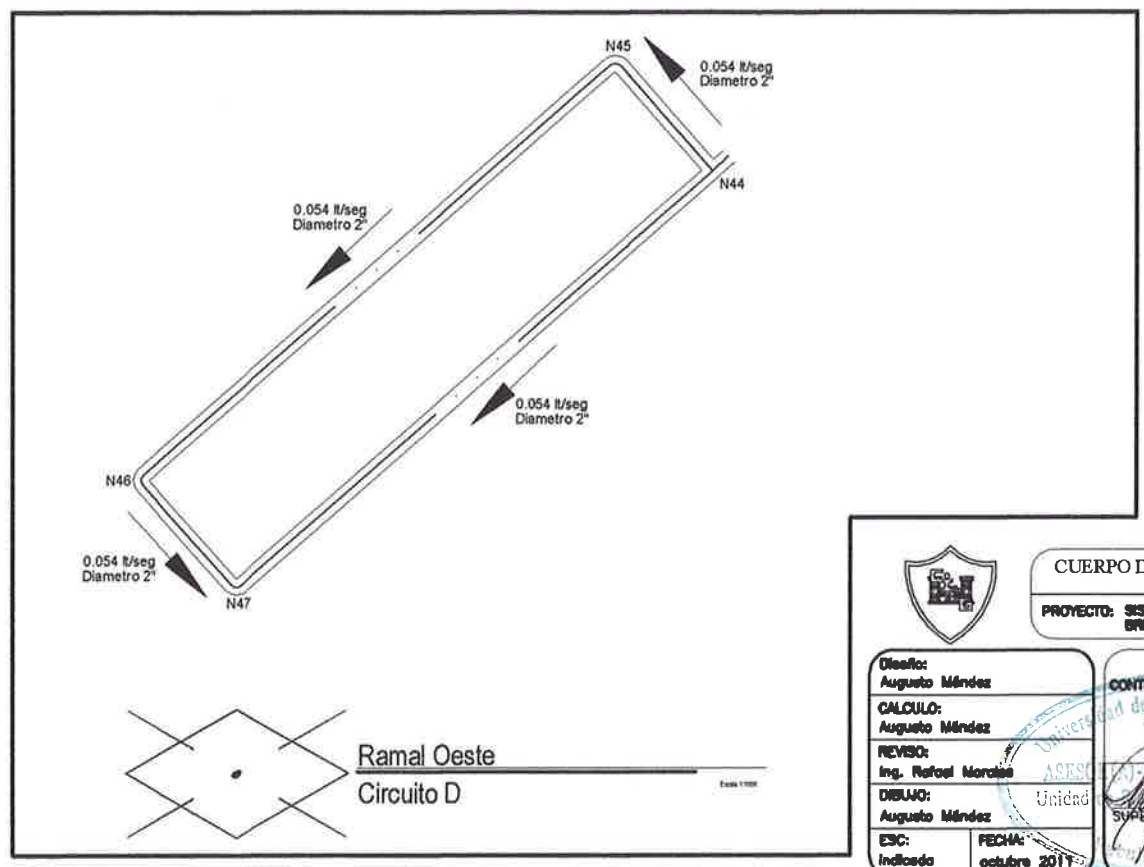
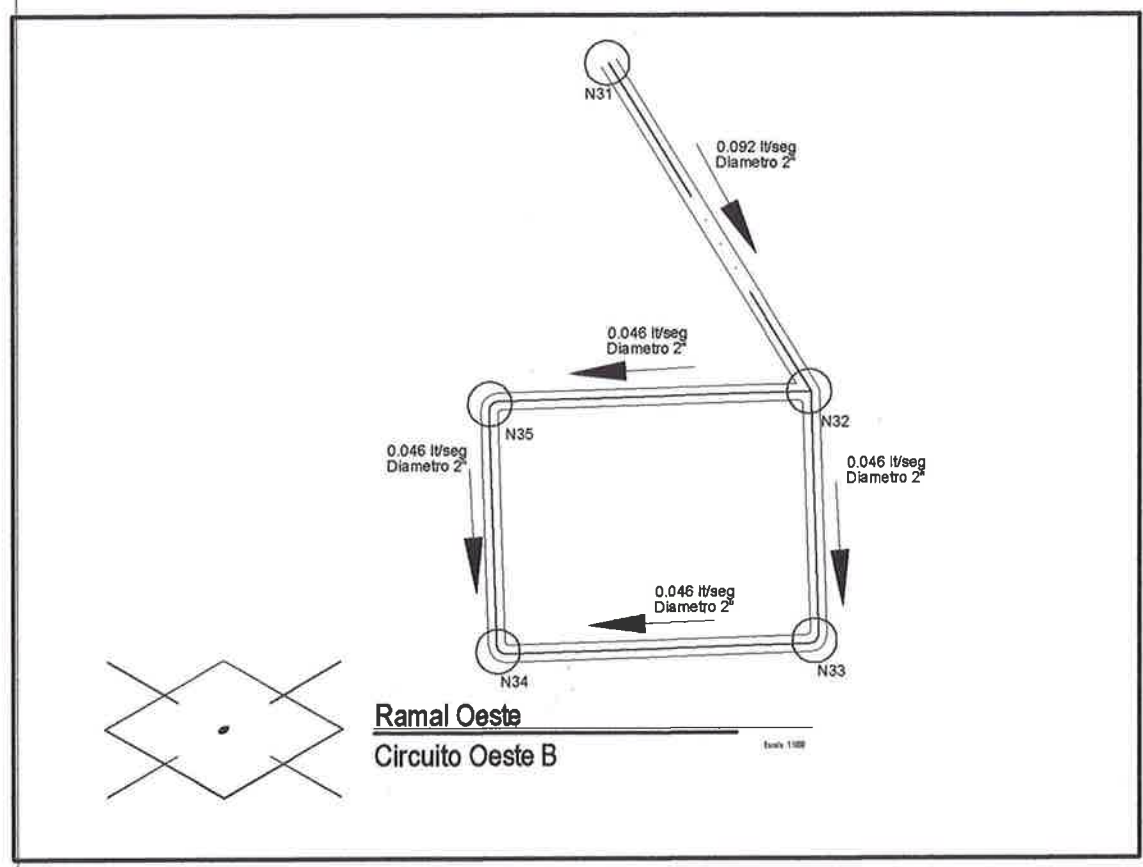
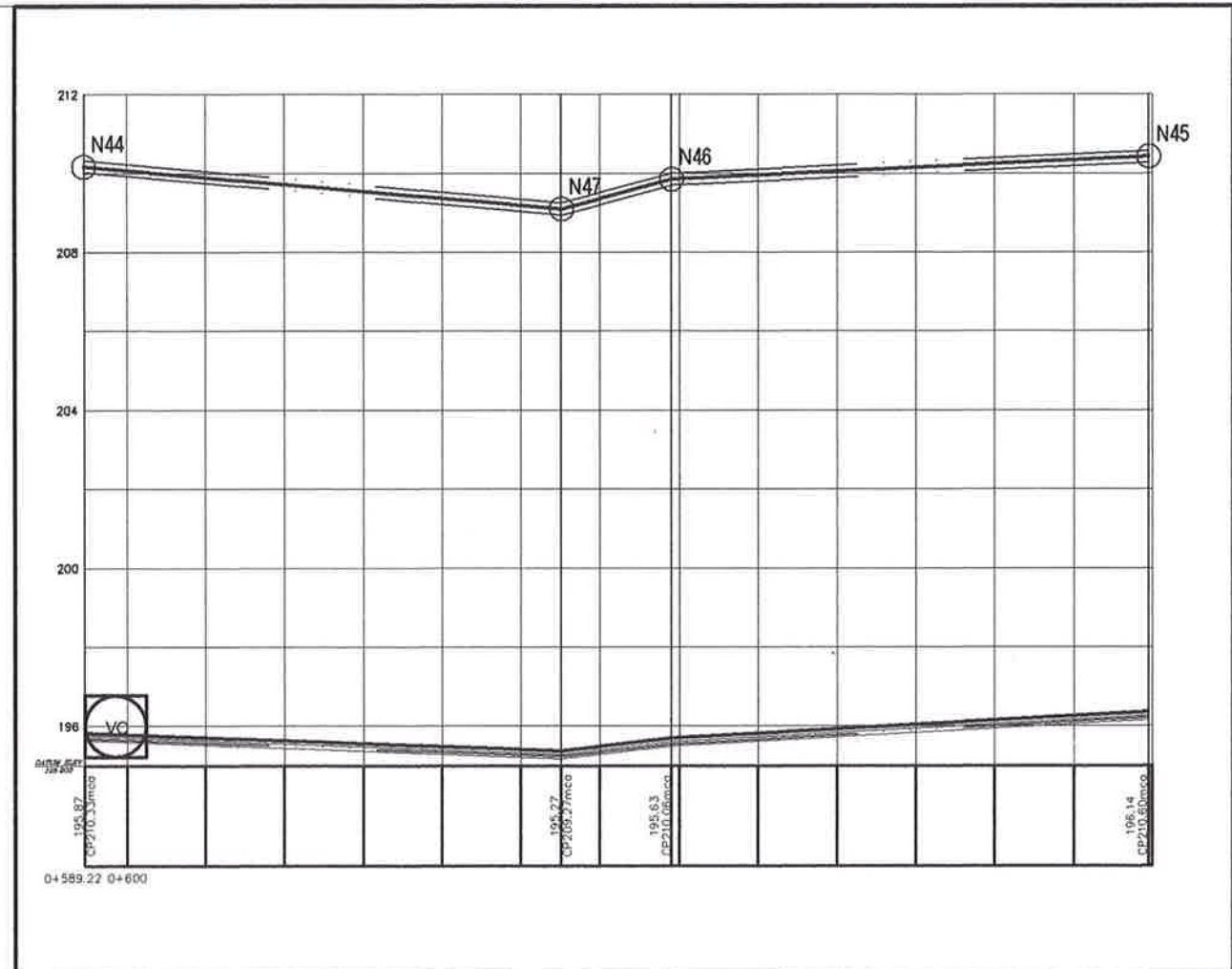
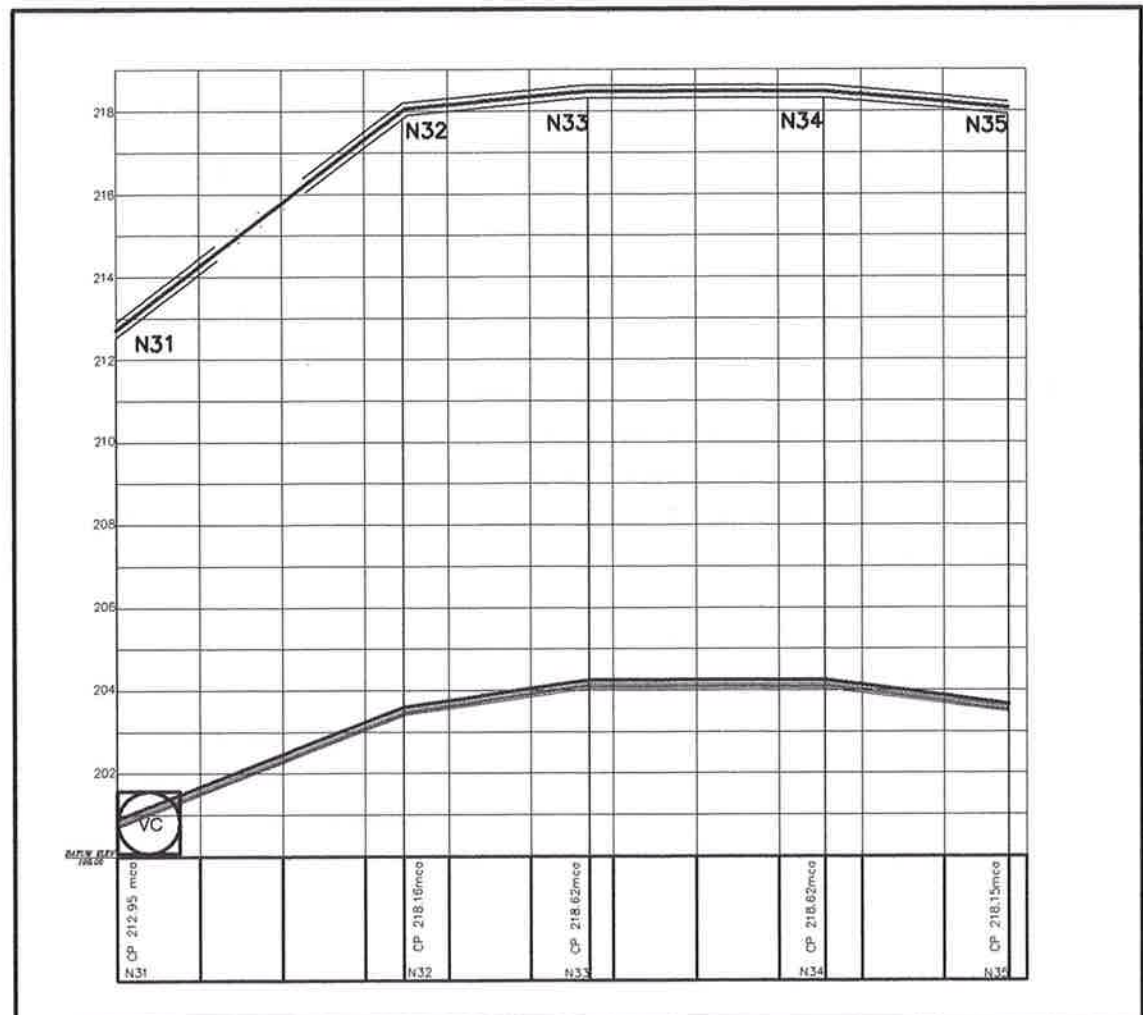


CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
 SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA D3
 PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
 BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KABIL" PB

Diseño: Augusto Méndez
 CALCULO: Augusto Méndez
 REVISO: Ing. Rafael Morales
 DIBUJO: Augusto Méndez
 ESC: Indicada
 FECHA: octubre 2011

CONTIENE:
 Planta perfil ramal oeste IV
 SUPERVISOR/EPS
 OFICIAL DE OPERACIONES
 COMANDANTE CIE "TCIFVA"

HOJA:
 8 / 17
 TOPOGRAFIA
 CONJUNTO
 ARQUITECTURA
 ESTRUCTURA
 INSTALACIONES

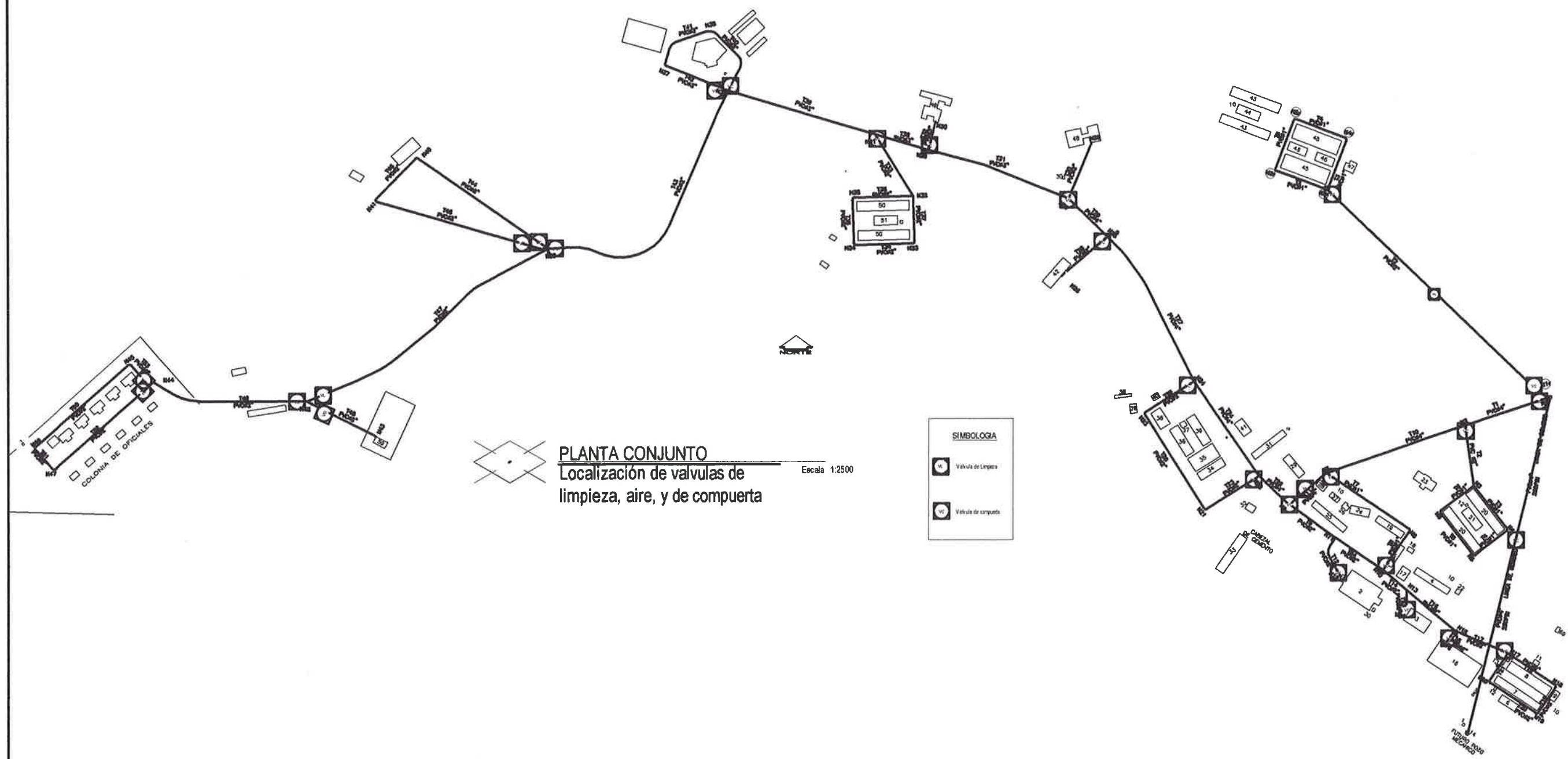


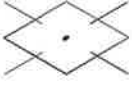
CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KABIL" P8

DISEÑO: Augusto Mández	CONTIENE: Planta perfil ramal oeste V	HOJA: 9 / 17
CALCULO: Augusto Mández		TOPOGRAFIA
REVISO: Ing. Rafael Morales		CONJUNTO
DISEÑO: Augusto Mández		ARQUITECTURA
ESIC: Indicada		ESTRUCTURA
FECHA: octubre 2011		INSTALACIONES

COMANDANTE, CIE "TCIFVA"




PLANTA CONJUNTO
 Localización de valvulas de
 limpieza, aire, y de compuerta

Escala 1:2500

SIMBOLOGIA

	Valvula de Limpieza
	Valvula de compuerta



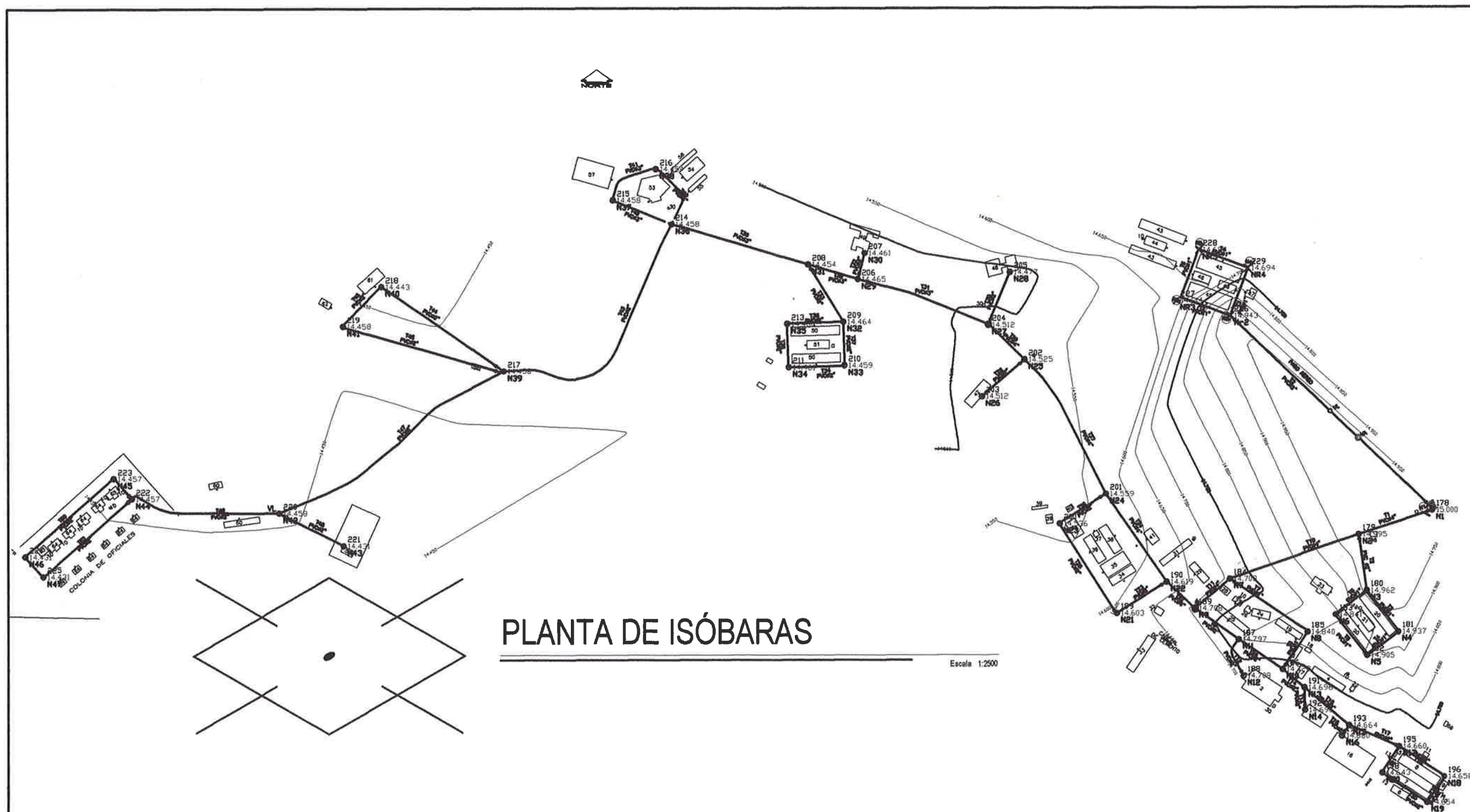
CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KABL" PB

Diseño:
 Augusto Méndez
 CALCULO:
 Augusto Méndez
 REVISO:
 Ing. Rafael Morales
 DIBUJO:
 Augusto Méndez
 ESC:
 Indicado

CONTIENE:
 Plano de isobaras

 SUPERVISOR EPS
 OFICIAL DE OPERACIONES
 COMANDANTE CIE "TCIFVA"

HOJA:	
10	17
TOPOGRAFIA	
CONJUNTO	
ARQUITECTURA	
ESTRUCTURA	
INSTALACIONES	



PLANTA DE ISÓBARAS

Escala 1:2500

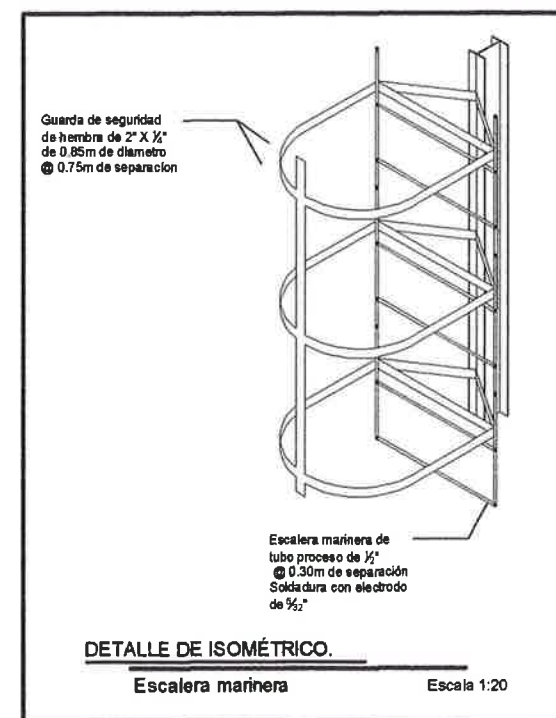
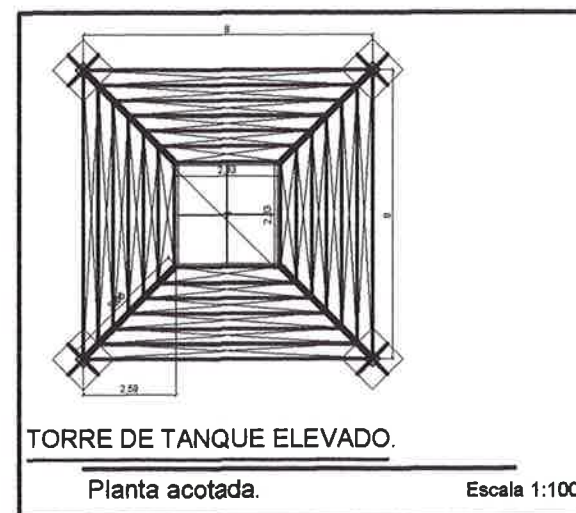
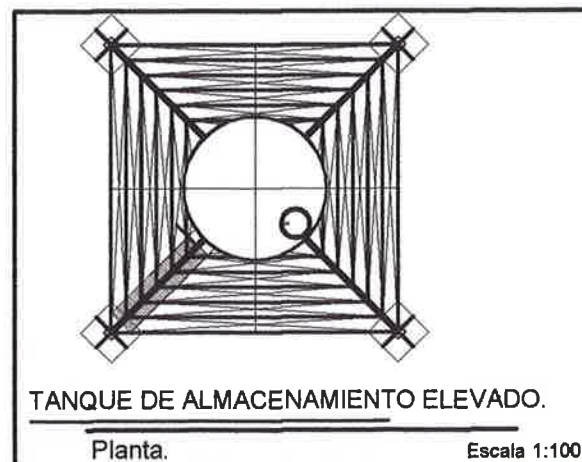
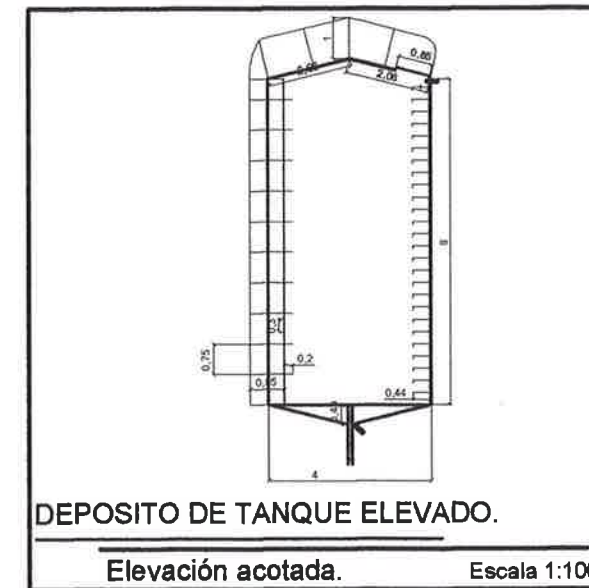
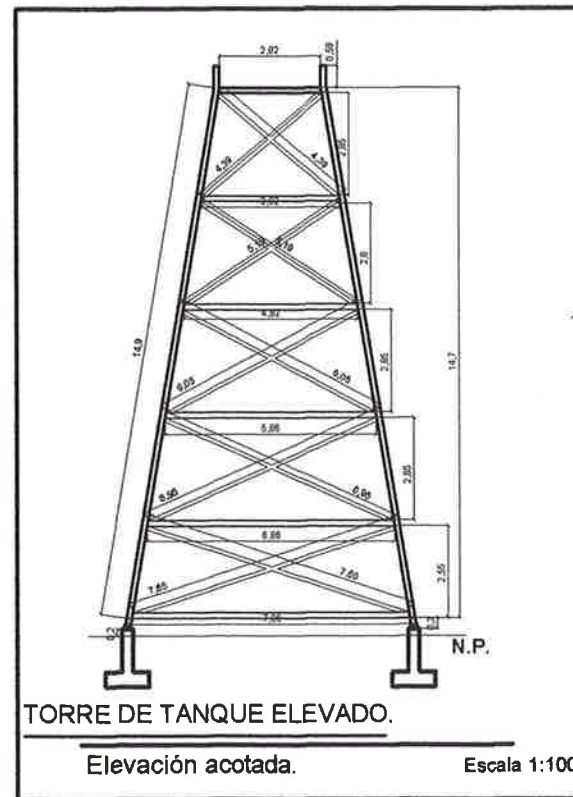
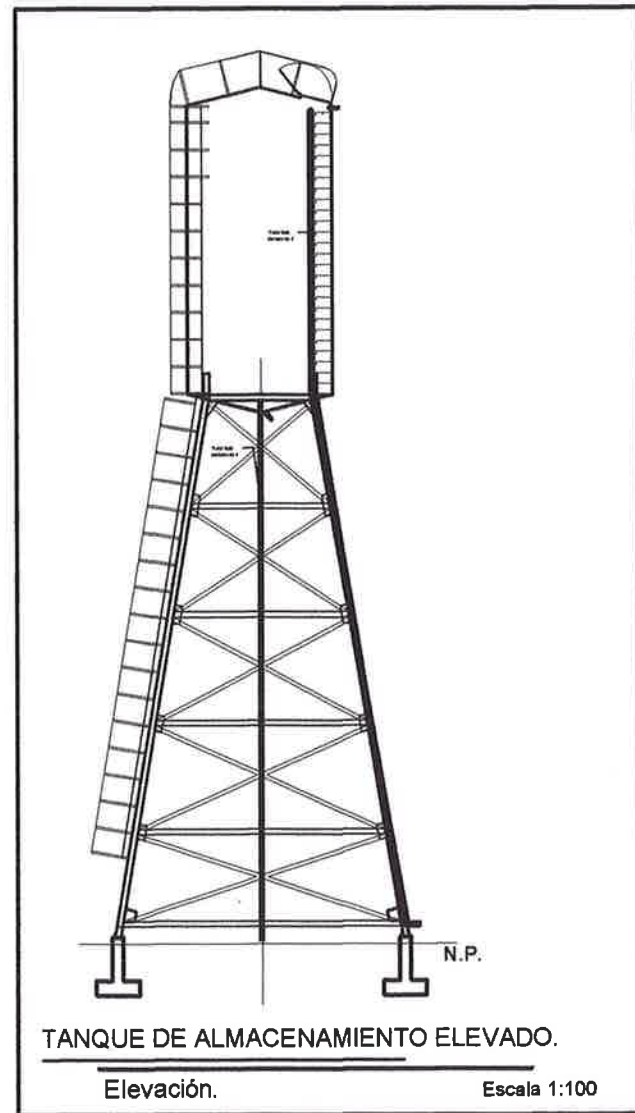


CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
 SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIAS
 PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
 BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KABIL" PB

Diseño:
 Augusto Méndez
 CALCULO:
 Augusto Méndez
 REVISO:
 Ing. Rafael Morales
 DIBUJO:
 Augusto Méndez
 ESC:
 Indicado
 FECHA:
 octubre 2011

CONTIENE:
 Plano de isobaras
 SUPERVISOR EPS
 OFICIAL DE OPERACIONES
 COMANDANTE CIE "TCIFVA"

HOJA:
 11 / 17
 TOPOGRAFIA X
 CONJUNTO
 ARQUITECTURA
 ESTRUCTURA
 INSTALACIONES



- ESPECIFICACIONES**
- Estructura metálica en acero estructural.
 - Perfiles utilizados: I PRI 150 X 100 milimétrico C CPS C 150 L angular 4X 1/4" (pulgadas).
 - Soldadura eléctrica AWS con electrodo E701B2 punto café en cordón continuo de 1/2" de ancho y desarrollo variable.
 - Tubería de llenado y vaciado de 4".
 - Tubería de limpieza de 2".
 - Pernos de fijación de torre de 3/4" de grado 8 de alta resistencia con rosca ordinaria.
 - Cimentación de concreto estructural de 230 kg/m² Composición 1: 3.5: 4: 0.5
 - Anclaje mecánico de pernos a través de mordazas 3/4".



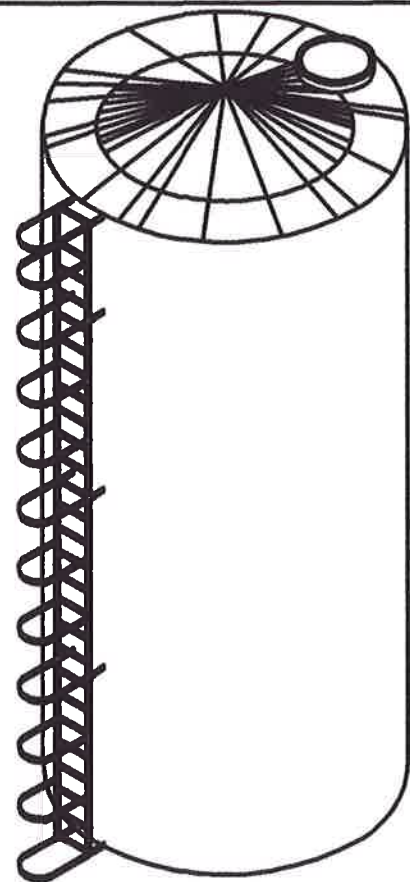
CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA-3
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KABIL" PB

DISENO:
Augusto Míndez
CALCULO:
Augusto Míndez
REVISO:
Ing. Rafael Morales
DIBUJO:
Augusto Míndez
ESC:
Indicada

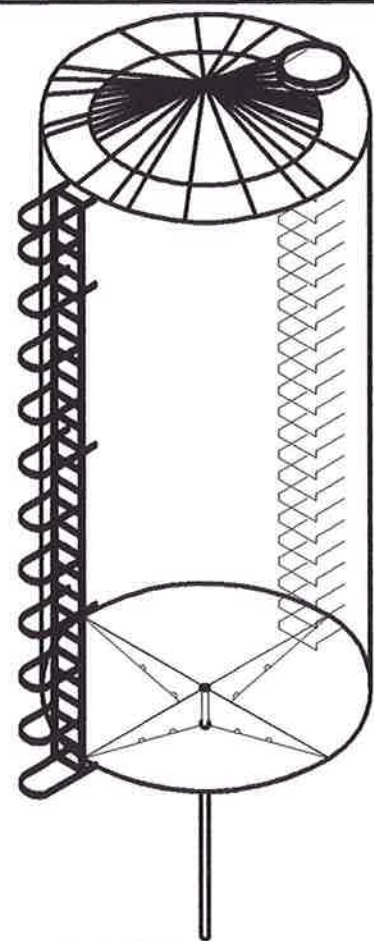
CONTIENE:
PLANTA Y ELEVACION DE
TANQUE DE AGUA ELEVADO
SUPERVISOR EPS
OFICIAL DE
OPERACIONES
COMANDANTE CIE "TCIFVA"

HOJA:
12
17
TOPOGRAFIA
CONJUNTO
ARQUITECTURA
ESTRUCTURA
INSTALACIONES

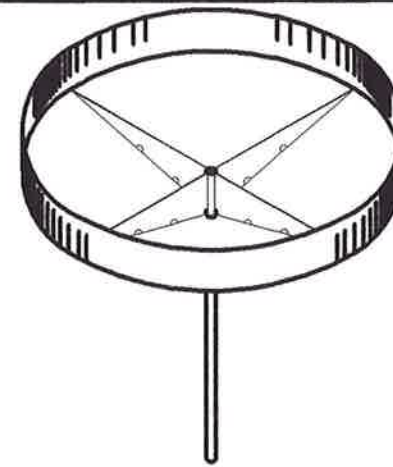




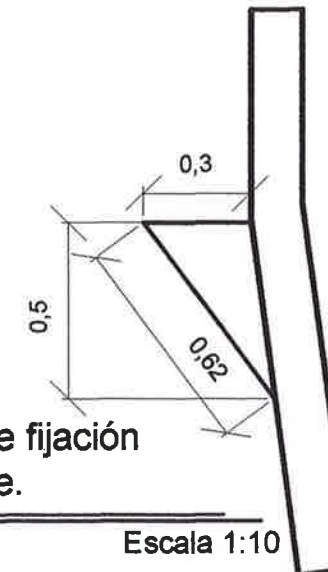
DETALLE DE ISOMÉTRICO.
Tanque de almacenamiento
vista exterior Escala 1:50



DETALLE DE ISOMÉTRICO.
Tanque de almacenamiento
vista interior Escala 1:50

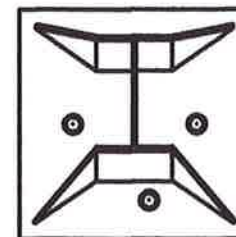


DETALLE DE ISOMÉTRICO.
Fijación de tubería de
vaciado de 4" Escala 1:75



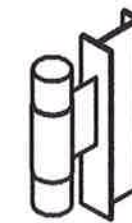
Detalle de fijación
de tanque.

Escala 1:10



Planta de anclaje de torre

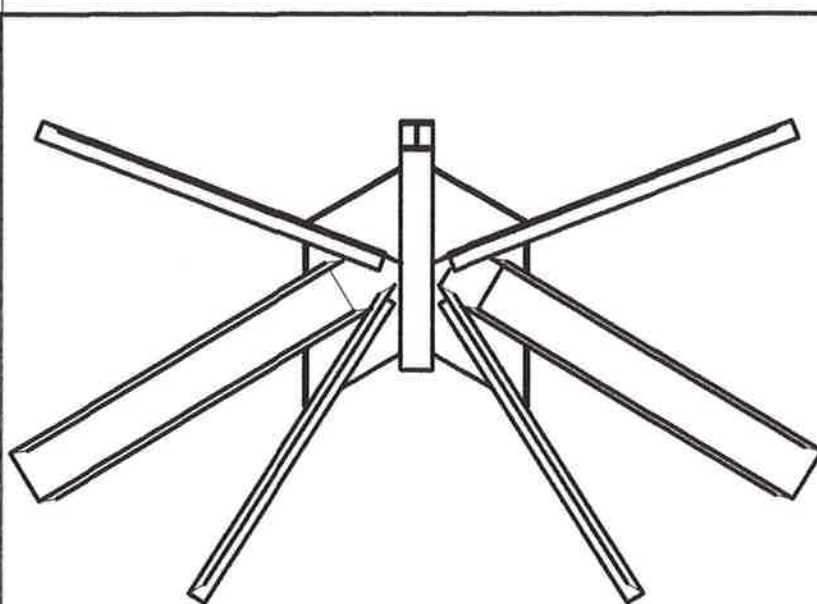
Escala 1:10



DETALLE DE ISOMÉTRICO.

Fijación de tubería de 4"

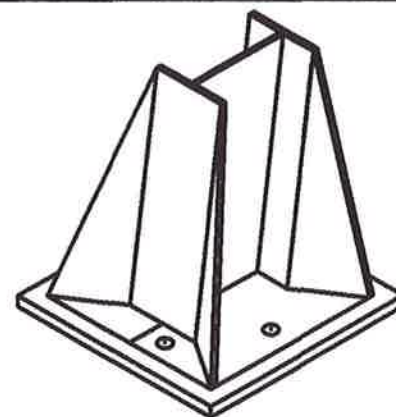
Escala 1:10



DETALLE DE ISOMÉTRICO.

Nodo de estructura

Escala 1:10



Izométrico de anclaje de torre

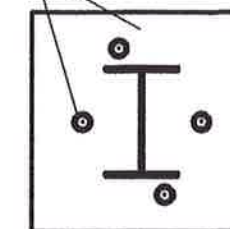
Escala 1:10



Elevación de anclaje de torre

Escala 1:10

Platina de acero de 1/2" y perfil PRI
150 X 100 agujeros de anclaje
de 25mm pernos de 3/4" ó 19 mm.



Plantilla de platina de anclaje

Escala 1:10



CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA

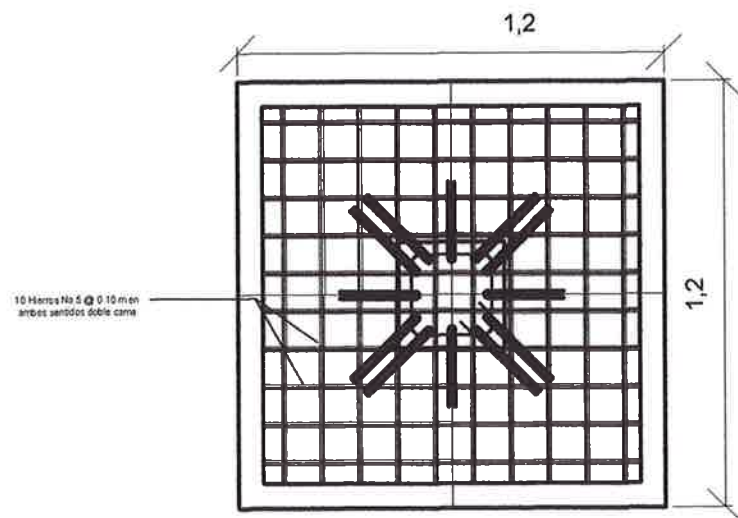
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KABIL2 PB"

DISEÑO:
Augusto Méndez
CALCULO:
Augusto Méndez
REVISO:
Ing. Rafael Morales
DIBUJO:
Augusto Méndez
ESC:
Indicada

CONTIENE:
DETALLES ISOMETRICOS
DEPOSITO PARA AGUA
SUPERVISOR EPS
OFICIAL DE OPERACIONES
COMANDANTE CIE "TCIFVA"

HOJA:
13
17
TOPOGRAFIA
CONJUNTO
ARQUITECTURA
ESTRUCTURA
INSTALACIONES

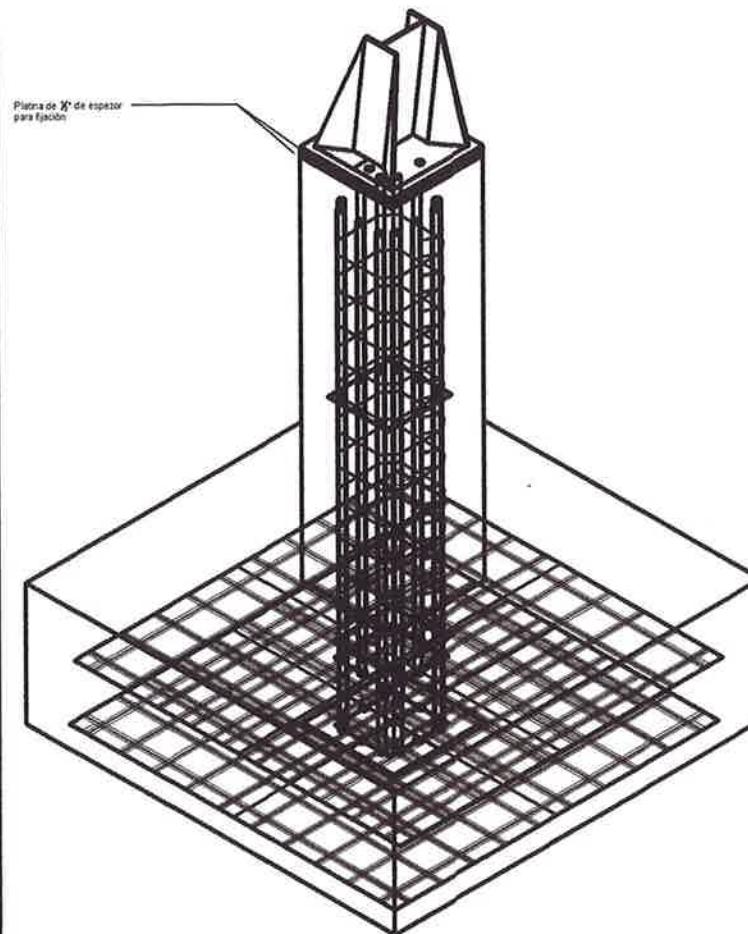




CIMENTACIÓN.

Detalle de armado de pedestal de cimentación"

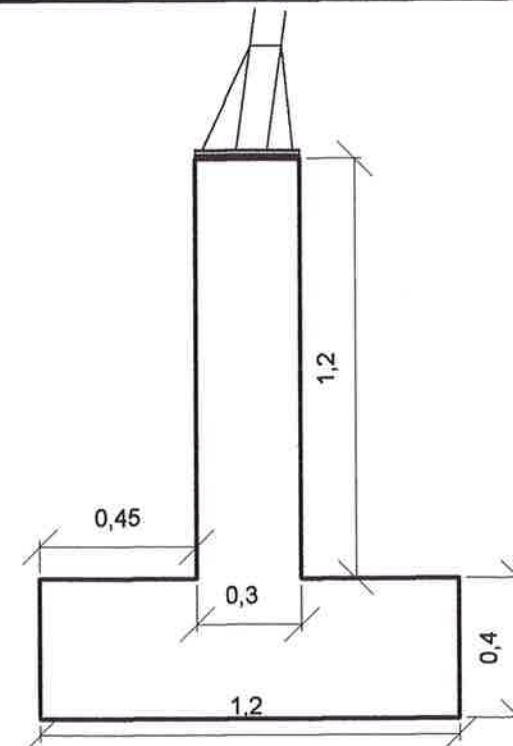
Escala 1:10



CIMENTACIÓN.

Detalle isométrico interior de pedestal de cimentación"

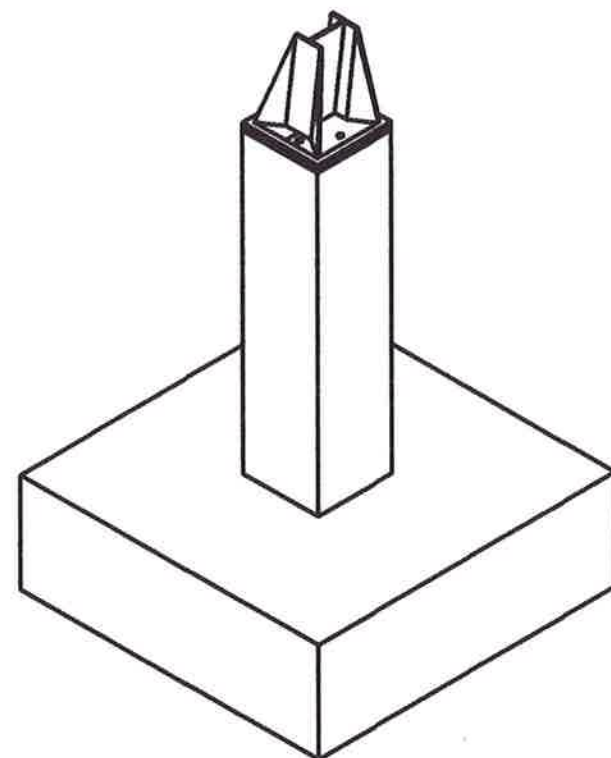
Escala 1:10



CIMENTACIÓN.

Acotación de pedestal de cimentación

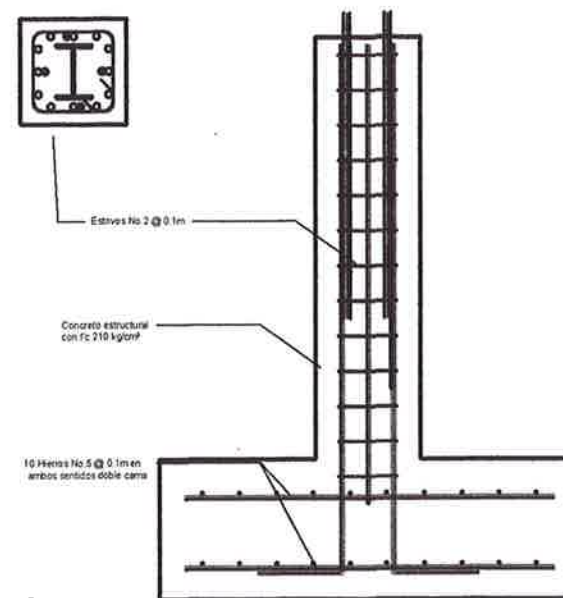
Escala 1:10



CIMENTACIÓN.

Detalle isométrico exterior de pedestal de cimentación"

Escala 1:10



CIMENTACIÓN.

Detalle de armado de pedestal de cimentación"

Escala 1:10



CIMENTACIÓN.

Detalle de perno de anclaje

Escala 1:5



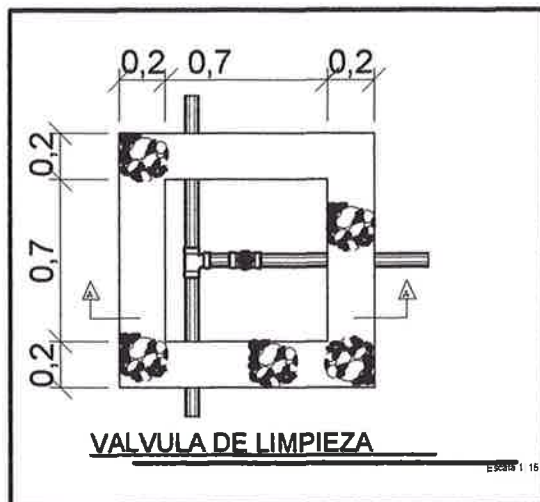
CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA-3

PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KABIL" PB

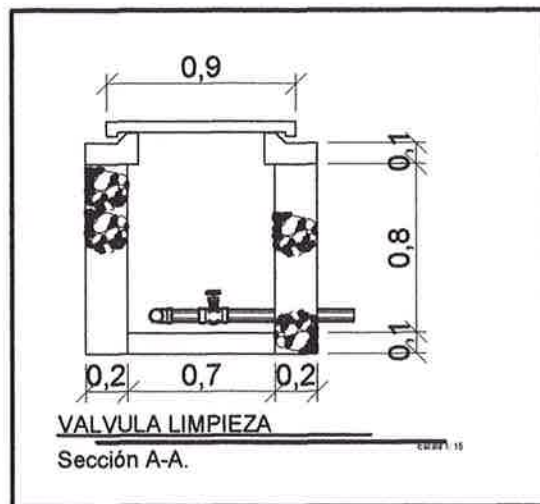
DISEÑO:
Augusto Méndez
CALCULO:
Augusto Méndez
REVISO:
Ing. Rafael Morales
DIBUJO:
Augusto Méndez
ESC:
Indioaba
FECHA:
octubre 2011

CONTIENE:
DETALLE DE CIMENTACIÓN
TANQUE DE AGUA ELEVADO
SUPERVISOR EPS OFICIAL DE OPERACIONES
COMANDANTE CIE "TCIFVA"

HOJA:	14
	17
TOPOGRAFIA	
COMUNTO	
ARQUITECTURA	
ESTRUCTURA	X
INSTALACIONES	

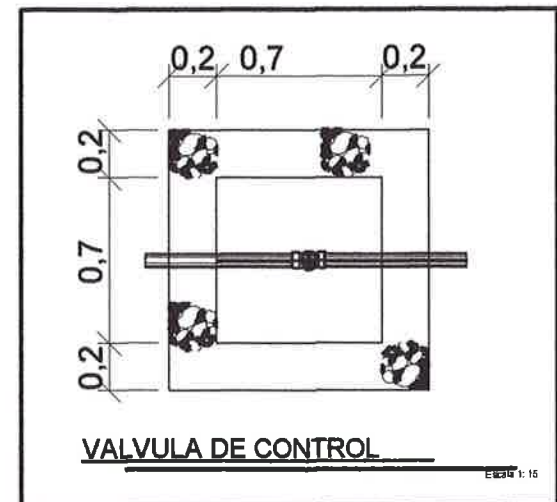


VALVULA DE LIMPIEZA

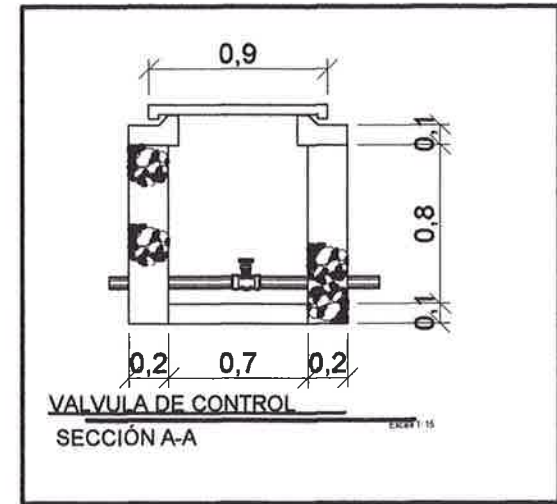


VALVULA LIMPIEZA
Sección A-A.

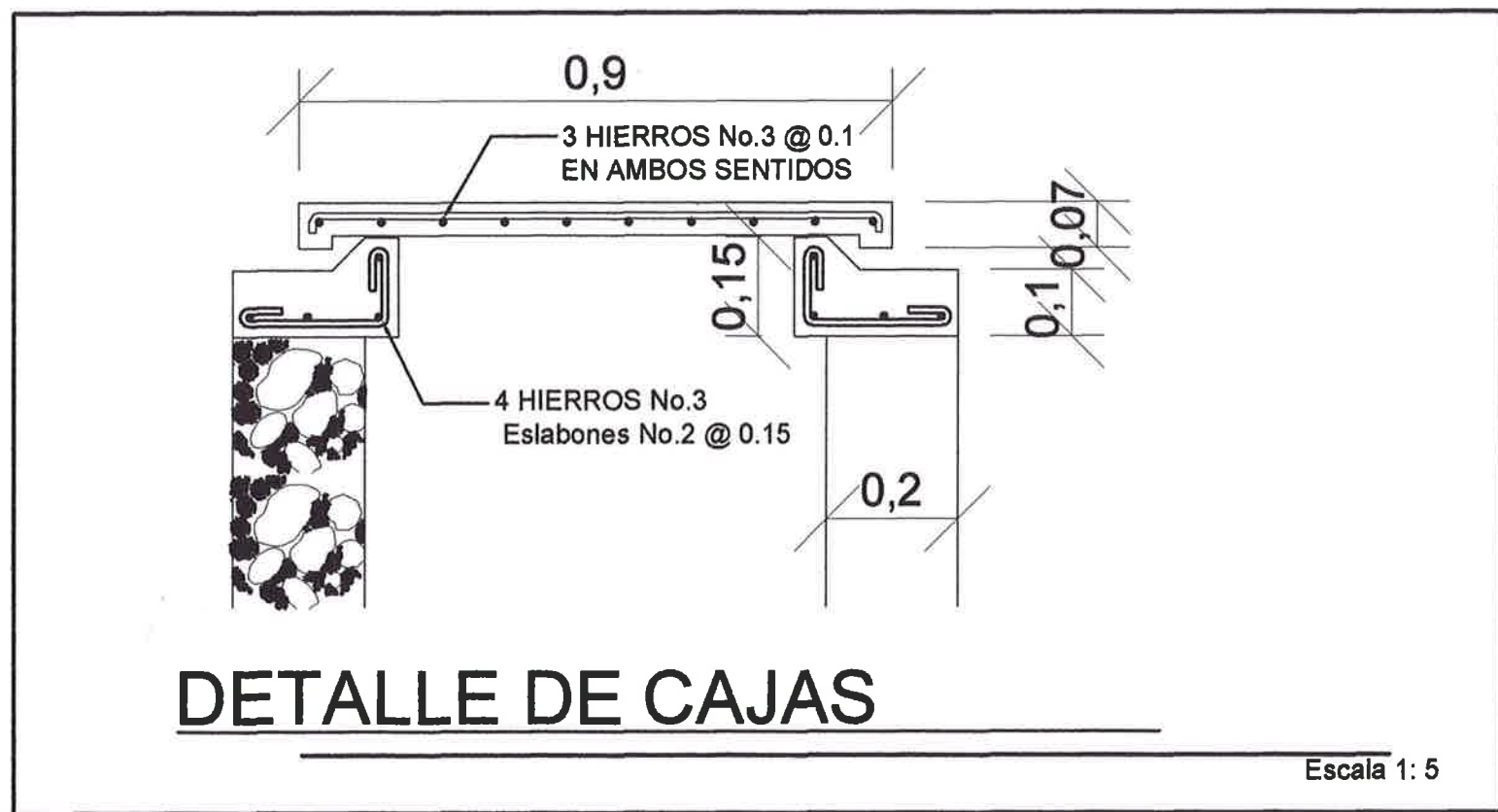
ESPECIFICACIONES
 - Cajas de registro para instalaciones
 - Prefabricadas marca procreto
 - Construidas en concreto
 - Reforzadas con acero en cinta.



VALVULA DE CONTROL



VALVULA DE CONTROL
SECCIÓN A-A



DETALLE DE CAJAS

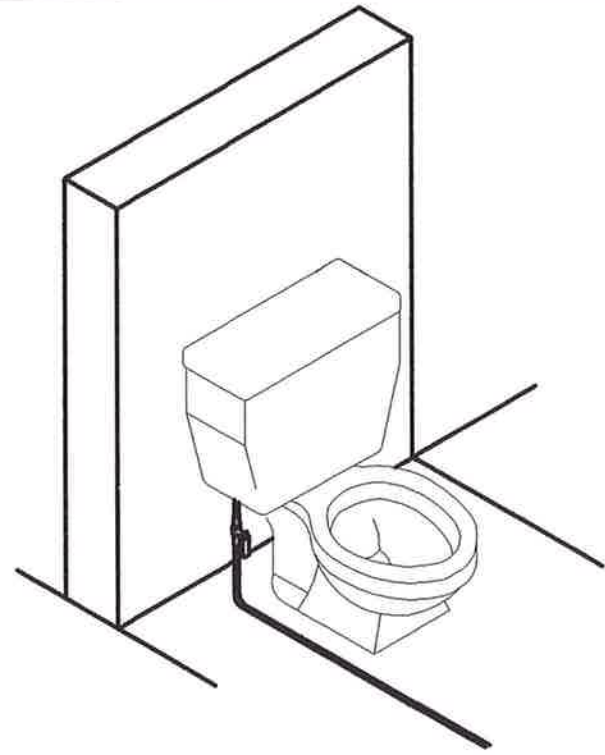
Escala 1: 5



CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
 SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA 03
 PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
 BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KABIL" PB

DISERO: Augusto Méndez	
CALCULO: Augusto Méndez	
REVISO: Ing. Rafael Morales	
DIBUJO: Augusto Méndez	
ESC: Indicada	
FECHA: octubre 2011	

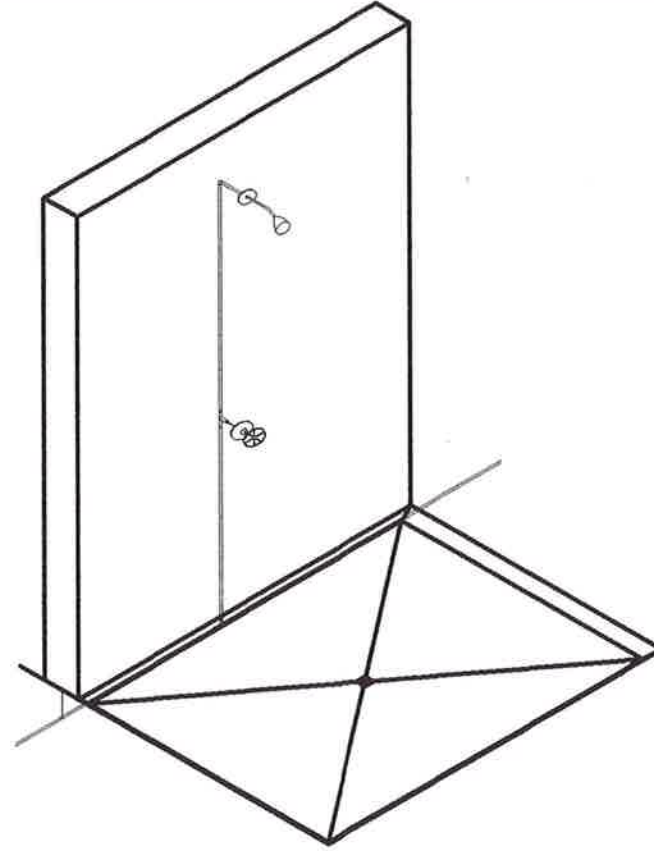
CONTIENE: Detalles de valvulas	HOJA: 15 17
TOPOGRAFIA	
CONJUNTO	
ARQUITECTURA	
ESTRUCTURA	
INSTALACIONES	X



DETALLE DE CONECCIONES

Conección típica de sanitario.

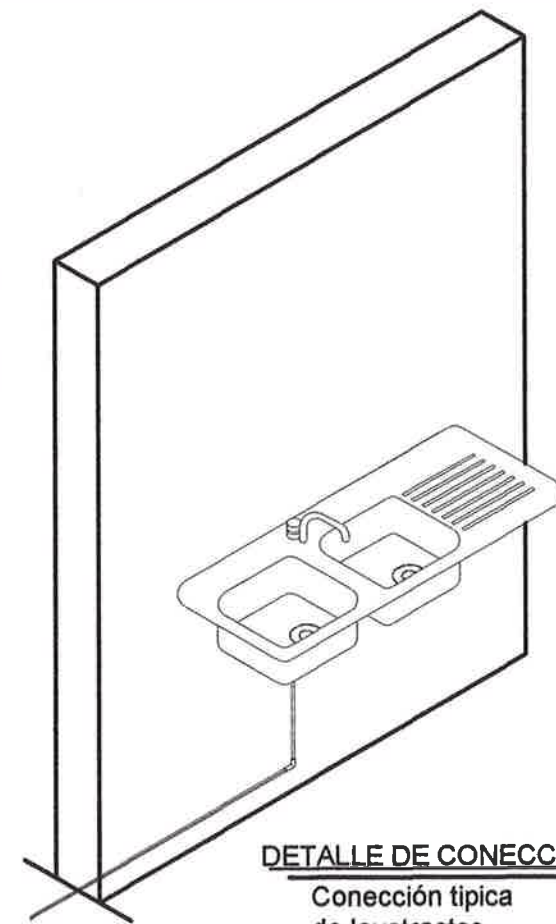
Escala 1:10



DETALLE DE CONECCIONES

Conección típica ducha.

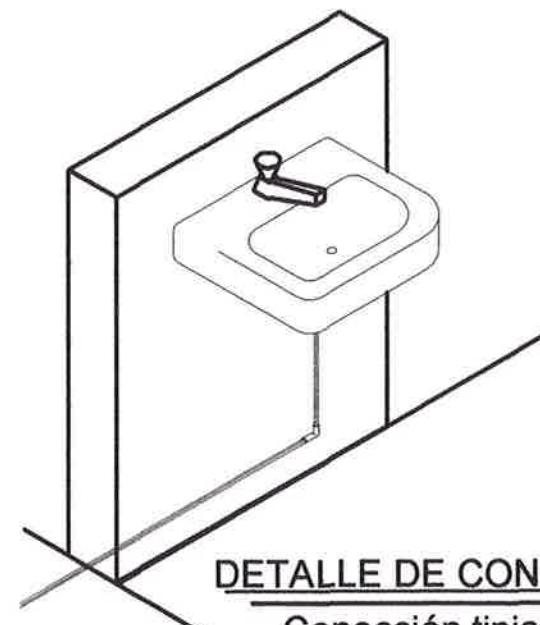
Escala 1:10



DETALLE DE CONECCIONES

Conección típica de lavatrastos.

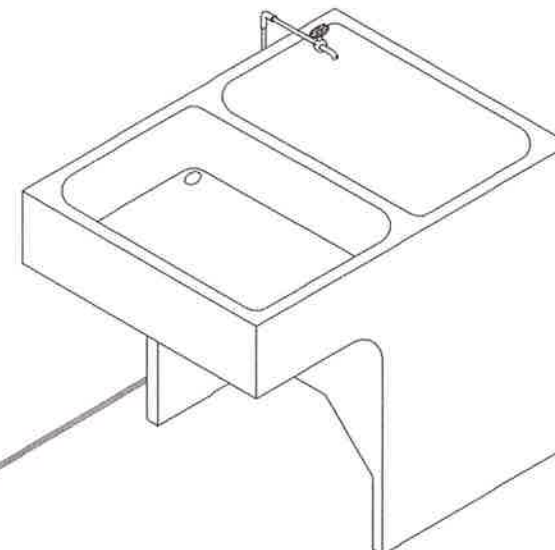
Escala 1:10



DETALLE DE CONECCIONES

Conección típica de lavamanos.

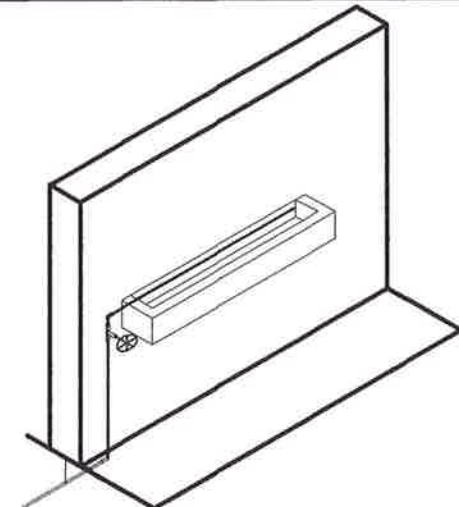
Escala 1:10



DETALLE DE CONECCIONES

Conección típica de pila.

Escala 1:10



DETALLE DE CONECCIONES

Conección típica orinal

Escala 1:20



CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA-3

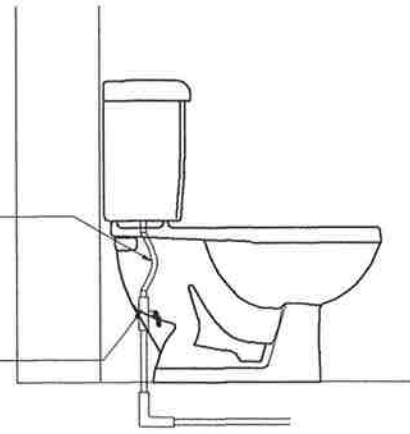
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KABIL" PB.

DISÑO: Augusto Méndez	CONTIENE: DETALLES DE INSTALACIONES
CALCULO: Augusto Méndez	
REVISO: Ing. Rafael Morales	 SUPERVISOR EPS OFICIAL DE OPERACIONES COMANDANTE CIE "TCIFVA"
DISUO: Augusto Méndez	
ESC: Indicada	FECHA: octubre 2011

HOJA: 16	TOPOGRAFIA CONJUNTO ARQUITECTURA ESTRUCTURA INSTALACIONES X
17	

Manguera de abasto

contra llave



DETALLE DE CONECCIONES

Conección típica de sanitario.

Escala 1:10



DETALLE DE CONECCIONES

Conección típica de lavamanos

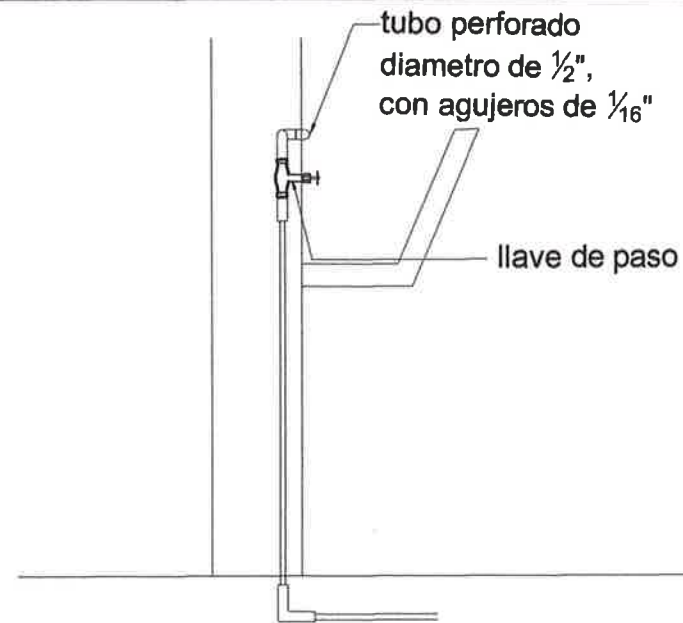
Escala 1:10



DETALLE DE CONECCIONES

Conección típica de trastos

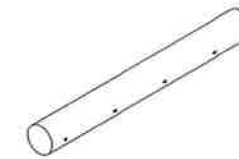
Escala 1:10



DETALLE DE CONECCIONES

Conección típica de orinal

Escala 1:10



DETALLE DE CONECCIONES

Tubo perforado para orinal

Escala 1:10



CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA 3
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
BRIGADA MILITAR DE FUERZAS ESPECIALES "KARIL" PB

DISÑO:
Augusto Méndez.
CALCULO:
Augusto Méndez.
REVISO:
Ing. Rafael Morales.
DIBUJO:
Augusto Méndez
ESC:
Indicada

CONTIENE:
DETALLE DE INSTALACIONES
SUPERVISOR EPS OFICIAL DE OPERACIONES
COMANDANTE CIE "TCIFVA"

HOJA:
17 / 17
TOPOGRAFIA
CONJUNTO
ARQUITECTURA
ESTRUCTURA
INSTALACIONES X