

MEMORIA DE DISEÑO

PLANTA POTABILIZADORA AGUA CLARA PARA ALAUCA CENTRO Y TRES ALDEAS

ALAUCA, EL PARAISO HONDURAS

Febrero 2011

Preparado para:

CARE FORMADAS
Tegucigalpa, Honduras

Preparado por:

Agua Para el Pueblo
Programa Agua Clara
Barrio San Rafael, Ave. Terencio Sierra Casa 502-B
Tegucigalpa, Honduras

CONTENIDOS

1.0 INTRODUCCION	4
1.1 Perfil del sistema de agua actual en Alauca, El Paraíso.....	4
1.2 Proyecto de mejoramientos al sistema de agua de Alauca y sus aldeas.....	4
1.3 APP y AguaClara.....	5
1.4 La necesidad para el tratamiento de agua potable en Alauca	7
2.0 INVESTIGACION DE DISEÑO.....	9
2.1 Ubicación de la planta	9
2.2 Levantamiento topográfico de las líneas de conducción	9
2.3 Caudal máximo de diseño	9
3.0 DISEÑO	11
3.1 Formulación del diseño hidráulico.....	11
3.2 Diseño y dimensionamiento de los procesos de tratamiento	15
3.3 Consideraciones para la edificación de la planta.....	30
3.4 Consideraciones de construcción.....	32
3.5 Presupuesto.....	33
3.6 Cronograma.....	41
4.0 BIBLIOGRAFIA.....	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-1	Plantas de diseño AguaClara realizadas y por construir en Honduras.....	5
Tabla 3-1	Parámetros básicos de diseño.....	14
Tabla 3-2	Presupuesto para la planta potabilizadora AguaClara	34
Tabla 3-3	Cronograma del proyecto.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1	Diseño hidráulico en tres dimensiones	13
Figura 3-2	Esquema del vertedero lineal en el tanque de entrada	18
Figura 3-3	Esquema del dosificador con balanza en la posición apagada.....	19
Figura 3-4	Esquema del dosificador con balanza en la posición encendida.....	19
Figura 3-5	Esquema del dosificador sencillo para cloro	28
Figura 3-6	Fotografía de un dosificador de cloro	28

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1	Fotografías del sitio de construcción de la planta potabilizadora de Alauca
Anexo 2	<i>Preliminary Design for Alauca and three aldeas, El Paraíso, Honduras</i> (“ <i>Diseño preliminar para Alauca y tres aldeas, El Paraíso, Honduras</i> ”) - informe de la AguaClara Design Tool (inglés)
Anexo 3	Planos constructivos

ABREVIATURAS

AguaClara	Programa conjunto de plantas potabilizadoras sostenibles de la facultad de ingeniería civil y ambiental de la Universidad de Cornell, Nueva York, Estados Unidos, y Agua Para el Pueblo.
APP	Agua Para el Pueblo, ONG Hondureña
APS	Agua Potable y Saneamiento
CARE	ONG internacional
cm	Centímetros
gpm	Galones por minuto
HG	Hierro galvanizado
L	Litros
L/s	Litros por segundo
m	Metros
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
mg/L	Miligramos por litro
mW/kg	Megavatios por kilogramo
ONG	Organización no-gubernamental
PAC	Policloruro de aluminio
psi	Libras por pulgada cuadrada
SANAA	Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados
UC	Unidades de Color
UFC/100 mL	Unidades formadoras de colonia por 100 mililitros
UMA	Unidad Municipal Ambiental
UTN	Unidades Nefelométricas de Turbiedad

1.0 INTRODUCCION

La organización no-gubernamental (ONG) Agua Para el Pueblo (APP) trabajó con el proyecto FORMADAS de CARE Honduras para diseñar un planta de tratamiento de agua potable del diseño AguaClara para el sistema de agua del casco urbano de Alauca, El Paraíso y tres de sus aldeas. Esta planta potabilizadora será una de las varias actividades de mejoramiento al sistema de agua de Alauca que CARE FORMADAS realizará en el año 2011. La planta fue diseñada para tratar un caudal máximo de 12 litros por segundo (L/s) (190 galones por minuto – gpm), suficiente cantidad para abastecer la población proyectada a los 20 años. La planta no requerirá de energía eléctrica ni maquinaria complicada para tratar el agua.

Este informe presenta los antecedentes del trabajo, una memora del diseño, y el presupuesto de construcción.

1.1 Perfil del sistema de agua actual en Alauca, El Paraíso

El Río Suyatal es la fuente de agua para el casco urbano de Alauca y las aldeas de Matapalo, El Jicarito, y Manzanilla. También abastece otra aldea, San Antonio, que no está contemplada en el presente proyecto. Tres líneas de conducción, una para el casco urbano, una para las tres aldeas, y otra para San Antonio empiezan en una obra de toma en el río ubicada aproximadamente 10 kilómetros arriba de las comunidades. Las líneas de conducción del casco urbano y de las tres aldeas van paralelamente hasta la aldea de Matapalo, donde se bifurcan. La línea de Alauca Centro continúa hasta un tanque en el casco urbano, y la otra abastece un tanque en Jicarito que sirve Matapalo y la aldea del mismo nombre. La línea de Jicartio también abastece otro tanque en Manzanilla. Los tanques abastecen redes de distribución con conexiones domiciliarias. El sistema de agua de Alauca Centro abastece aproximadamente 300 casas (CARE FORMADAS, 2010), y el de las tres aldeas abastece aproximadamente 300 más.

1.2 Proyecto de mejoramientos al sistema de agua de Alauca y sus aldeas

CARE FORMADAS realizó un estudio de prefactibilidad de mejoramiento de los servicios de agua potable y saneamiento en Alauca en septiembre del 2010. El estudio de prefactibilidad incluyó un diagnóstico de los sistemas de agua de las comunidades, documentó la vulnerabilidad de los sistemas de agua existentes, aseguró el aporte comunitario de la Junta de

Agua de Alauca Central para las obras a realizar, y documentó la calidad de agua. Al comenzar el estudio, no se pensaba incluir una planta potabilizadora entre las otras mejoras al sistema que se realizarían en el año 2011. Sin embargo, al ver la alta contaminación en una muestra de agua que tomó en septiembre del 2010, CARE FORMADAS se vio obligado a requerir una planta potabilizadora en el rediseño del sistema de agua de Alauca.

1.3 APP y AguaClara

El programa AguaClara es un esfuerzo institucional entre APP y la Universidad de Cornell de los EE.UU. que proporciona una tecnología que optimiza la desinfección del agua con cloro en aquellos sistemas de agua, que por razones naturales o antrópicas, son afectados con problemas de alta turbiedad en los suministros de agua. Esta tecnología para el tratamiento de agua es completamente hidráulica y no requiere de energía eléctrica para los procesos de tratamiento. El programa se lanzó en el año 2005 y hasta la fecha ha realizado seis proyectos de diseño, construcción, y capacitación de plantas potabilizadoras tipo AguaClara (Tabla 1-1).

Comunidad	Ejecutor	Inaugurada	Población servida	Caudal máximo (L/s)
Ojojona, Francisco Morazán	APP	Enero, 2007	2,000	6
Tamara, Francisco Morazán	APP	Junio, 2008	3,500	12
Marcala, La Paz	ADEC / Municipalidad	Julio, 2008	~6,000	33
Cuatro Comunidades, Francisco Morazán	APP	Junio, 2009	2,000	6
Agalteca, Francisco Morazán	APP	Junio, 2010	2,200	6
Marcala, La Paz (ampliación a a planta existente)	ACRA / APP	Abril 2011 (esperada)	~5,000	22
Atima, Santa Bárbara	APP	En diseño	4,000	17

Tabla 1-1: Plantas de diseño AguaClara realizadas y por construir en Honduras.

Las dos instituciones que conforman AguaClara asumen este desafío tecnológico compartiendo responsabilidades y especialidades. La Universidad de Cornell se involucra en la

formulación de diseños hidráulicos y APP produce los diseños estructurales, construye las plantas y capacita al personal local encargado de operar las plantas de tratamiento. La Universidad de Cornell desarrolló el innovador diseño de la planta AguaClara tras cinco años de experiencia en Honduras trabajando con APP, además de numerosas investigaciones en los laboratorios químicos, hidráulicos, y de cómputo de la universidad.

La tecnología AguaClara, aprovecha los principios universales de la floculación hidráulica, la sedimentación de alto rendimiento y la desinfección, sin el uso de la filtración y energía eléctrica para asegurar una entrega de agua de acuerdo a la Norma Técnica Nacional de Calidad del Agua de Honduras. La floculación es el proceso que une las partículas pequeñas suspendidas en el agua en partículas más pesadas, a las que se les denomina “flóculos”. Se trabaja con floculación vertical hidráulica utilizando pantallas hechas de policarbonato o ferrocemento y sulfato de aluminio o policloruro de aluminio (PAC); químicos coagulantes que se compra fácilmente en Honduras. El proceso de sedimentación consiste en bajar los flóculos al nivel de piso, reduciendo la turbidez a menos de 5 Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UTN). Los sedimentadores utilizados son de flujo ascendente y usan láminas de policarbonato inclinadas como placas de decantación para mejorar la eficiencia. Posteriormente, se desinfecta el agua con cloro, para eliminar cualquier remanente bacteriológico que haya en el agua y para mantener un residuo de cloro para proteger el agua contra la contaminación en el sistema de distribución y en los domicilios.

La planta AguaClara requiere de equipamiento básico de laboratorio para diagnóstico preliminar, entre otros: turbidímetro, comparador de cloro, probetas e instrumentos dosificadores de químicos. También requiere de equipo de protección para los operadores, entre ellos: mascarillas, anteojos, guantes, botas de hule, delantales y utensilios de trabajo, baldes, escobas, cepillos, así como equipo básico de fontanería.

Estudios operativos del funcionamiento de la planta, demuestran que la misma depende del factor humano que la opere, por lo que la eficiencia de la misma está relacionada con la capacidad y el monitoreo continuo (las 24 horas del día) de al menos dos operadores entrenados al efecto, con vigilancia enfatizada en los caudales de entrada, turbiedad del agua, preparación de

soluciones del químico coagulante pertinente, y desinfección eficiente con cloro, paralización y puesta en funcionamiento de la planta cuando lo requiera y monitoreo de datos, entre los más importantes.

Además de una tecnología, AguaClara es un programa que apoya al sector de Agua Potable y Saneamiento (APS), así como a los operadores de sistemas de agua, para la dotación de agua segura, de acuerdo a los parámetros definidos en la Norma Técnica de Calidad de Agua de Honduras. Por lo tanto no sólo diseña y construye, sino que: realiza diagnósticas de viabilidad, capacita personal técnico, da seguimiento y evaluación a las plantas construidas, sistematiza resultados, propone e incorpora innovaciones y se involucra en el análisis de otras soluciones para mejorar la calidad del agua con las demás instituciones responsables del sub sector de APS en el país.

1.4 La necesidad para el tratamiento de agua potable en Alauca

Se han tomado dos muestras de la calidad de agua de la fuente Río Suyatal de Alauca que era la misma que se consumía en el municipio. Se tomó la primera como parte del estudio de prefactibilidad el 22 de septiembre de 2010, con los siguientes resultados (CARE FORMADAS, 2010):

Turbiedad: 119 UTN

Color: 175 UC

pH: 8.2

Alcalinidad total: 64 mg/L como CaCO₃

Coliformes totales/termotolerantes: 83,000/51,000 UFC/100 mL

Metales pesados (hierro, cadmio, plomo, mercurio, arsénico): No detectados en concentraciones mayores o iguales a la concentración máxima admisible

Se tomó una segunda muestra en el tanque de Jicarito durante una visita de campo del técnico de CARE FORMADAS, y un ingeniero y un técnico del programa de AguaClara de APP el 28 de octubre 2010:

Turbiedad: 43 UTN

pH: 8.1

Los resultados de estas muestras demuestran alta turbiedad, alto color, alta contaminación bacteriológica fecal, y por tanto alta necesidad de tratamiento. Además, el pH es mayor que neutral y la alcalinidad es relativamente alta, lo cual facilita el tratamiento de agua con sulfato de aluminio sin grandes cambios de pH o alcalinidad.

2.0 INVESTIGACION DE DISEÑO

El primer paso de diseño fue realizar una investigación de campo para definir el mejor sitio para la planta, la topografía de las líneas de conducción, y así asegurar que el sistema funcionaría hidráulicamente.

2.1 Ubicación de la planta

La planta tenía que estar ubicada en un lugar donde pudiera recibir agua de la fuente y abastecer los tres tanques de almacenamiento existentes de Alauca Centro, Matapalo, y Manzanilla por gravedad. Después de considerar dos opciones, la primera inmediatamente arriba del tanque de Jicarito y la segunda en el lugar conocido como El Algodonal en la aldea Matapalo, se optó por El Algodonal. Se considera que en este sitio hay mejor acceso vehicular además de ser hidráulicamente factible. El sitio (Anexo 1) se ubica en una planada arriba de la calle de tierra principal que sale de Matapalo. El sitio queda menos de un kilómetro de Matapalo a pie. Hay fácil acceso vehicular por un lado del sitio que da a la calle de tierra.

2.2 Levantamiento topográfico de las líneas de conducción

CARE realizó un levantamiento topográfico de la ruta de las líneas de conducción desde la obra de toma en el Río Suyatal hasta el sitio de la planta (El Algodonal), el sitio de la planta, y de El Algodonal hasta los tanques de Alauca Centro y Jicarito. Según el levantamiento, hay aproximadamente 25 metros de elevación disponibles entre la obra de toma y el sitio de la planta y la distancia es 2587 metros. Entre el sitio de la planta y la entrada al tanque de abastecimiento de Jicarito hay 4 metros de elevación disponibles (CARE FORMADAS, 2011). Se levantó un área de 125 metros de largo por 20 metros de ancho ($2,500 \text{ m}^2$) inclusive el acceso vehicular entre el sitio de construcción y la calle de tierra.

2.3 Caudal máximo de diseño

CARE calcula que el caudal máximo necesario para abastecer la población futura de Alauca y las tres aldeas es 9.6 L/s (152 gpm), 79 gpm para Alauca Centro y 73 gpm para las tres aldeas (CARE FORMADAS, 2011). Según constancias del Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA) y la Unidad Municipal Ambiental (UMA) de la Alcaldía Municipal de Alauca, dos aforos de la fuente realizados durante verano en 2007 y 2010 resultaron en un caudal total disponible de 400 gpm (CARE FORMADAS, 2010), así que hay

suficiente producción de agua en la fuente para la demanda anticipada. Para dejar un exceso de capacidad del 20% del caudal máximo necesario por cualquier aumento en el futuro, se escogió el caudal máximo de diseño de 12 L/s (190 gpm).

3.0 DISEÑO

3.1 Formulación del diseño hidráulico

Se diseñó la planta de Alauca para un caudal máximo de 12 L/s (190 gpm) en base al diseño AguaClara proporcionado por la Universidad de Cornell. Las metas de la planta con respecto a la calidad del agua son reducir la turbiedad del agua a la menor medida posible y siempre mantenerla menor a la Norma Técnica de Calidad de Agua de Honduras (5 UTN), mantener un color menor a la norma (15 Unidades de Color – UC), desinfectar el agua con cloro, y mantener una concentración de cloro residual en toda la red de distribución entre 0.3 y 1.0 mg/L. La planta trata agua sin utilizar energía eléctrica con los procesos de sedimentación sencilla autolavable (desarenador), coagulación con sulfato de aluminio o PAC, control de caudal, mezcla rápida, floculación hidráulica vertical, sedimentación de flujo ascendente, y cloración. El agua sale de la planta clorada para abastecer los tanques de distribución de Alauca, Jicarito, y Manzanilla. La planta incluye una edificación que alberga los procesos de tratamiento y los espacios necesarios para el higiénico, seguro, y confortable operación de la misma.

El programa AguaClara de la Universidad de Cornell proporciona diseños hidráulicos preliminares para plantas potabilizadoras sostenibles a través de un software en línea conocido como la AguaClara Design Tool (La Herramienta de Diseño de AguaClara). La Universidad de Cornell lanzó este programa de cómputo en 2008 para facilitar el diseño de plantas potabilizadoras sostenibles a distancia. Desde 2008, tres plantas ya construidas en Honduras fueron diseñadas con la AguaClara Design Tool (Cuatro Comunidades, Agalteca, y una ampliación a la planta de Marcala). El software está disponible para bajar de la página web: <http://aguaclara.cce.cornell.edu>. A la AguaClara Design Tool, se le ingresan los parámetros básicos de diseño (p.ej. el caudal máximo, el grosor de las paredes, el número de sedimentadores deseados, las dimensiones de materiales para hacer las placas de sedimentación, entre otros). El software usa estos parámetros como variables en una serie de algoritmos hidráulicos y geométricos que definen las dimensiones de los tanques de floculación y sedimentación y sus respectivos accesorios. El producto del software es un dibujo de tres dimensiones en AutoCAD de los tanques de sedimentación y floculación que se le entrega al diseñador. El diseñador

completa el diseño en base al dibujo del software agregándole los otros dispositivos de tratamiento así como la edificación de la planta.

Para el diseño de la planta de Alauca, se le ingresaron los siguientes datos al AguaClara Design Tool:

Caudal máximo: 12 L/s

Espesor de paredes principales: 15 centímetros (cm)

Espesor mínimo de concreto para rebordes: 5 cm

Número de tanques de sedimentación: 4

Número de recámaras en cada tanque de sedimentación: 1

Ancho de las láminas usadas para las placas sedimentadoras: 1.08 m

Largo de las láminas usadas para las placas sedimentadoras: 3.66 m

Espesor de las láminas usadas para las placas sedimentadoras: 0.02 m

Espesor de vertedero de los tanques de sedimentación: 5 cm

Tamaños de brocas: ingleses

Tamaños de mangueras: ingleses

Especificación de tubería: SDR-26

Se diseñó el resto de la planta de Alauca en base al diseño de los tanques de floculación y sedimentación proporcionado por el Agua Clara Design Tool (Figura 3-1), detallado en el documento “Preliminary Design for Alauca and three aldeas, El Paraíso, Honduras” (“Diseño preliminar para Alauca y tres aldeas, El Paraíso, Honduras” - escrito en inglés) incluido en el Anexo 2. Se presentan los parámetros básicos del diseño completo en la Tabla 3-1 y los planos constructivos en el Anexo 3.

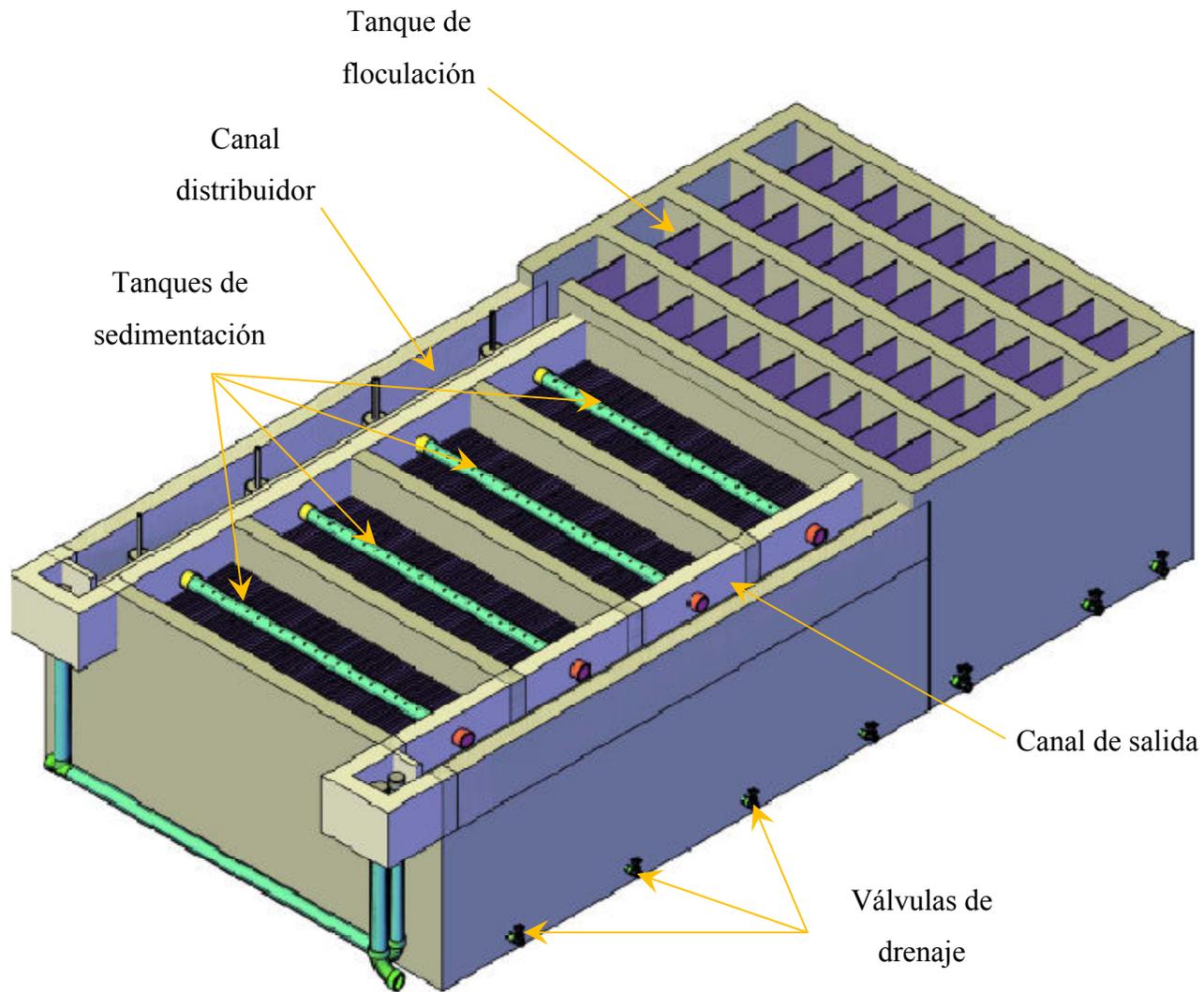


Figura 3-1: Diseño hidráulico de los tanques de floculación y sedimentación en tres dimensiones proporcionado por la AguaClara Design Tool. Se tomó este dibujo como base para hacer el resto del diseño de la planta.

Parámetros básicos de diseño, planta de Alauca y tres aldeas, Alauca, El Paraíso	
Caudal máximo de diseño:	12 L/s (190 gpm)
Área de edificio:	120 m ²
Procesos de tratamiento:	Desarenador autolavable, coagulación con sulfato de aluminio o PAC, mezcla rápida, floculación hidráulica vertical, sedimentación ascendente con placas, cloración con hipoclorito de calcio
Pérdida de carga hidráulica/cabeza aproximada:	60 cm
Número de desarenadores autolavables:	1
Número de tambos para coagulante:	2
Número de tanques de floculación:	1
Número de recámaras en el tanque de floculación:	4
Dimensiones de cada recámara de floculación:	0.54 (ancho) x 3.83 (largo) x 1.89 (profundidad) m
Volumen tanque de floculación:	15.6 m ³
Tiempo de detención hidráulica tanque de floculación al caudal máximo de diseño:	19 minutos
Número deflectores en el tanque de floculación:	83
Material de los deflectores de floculación:	Lámina de policarbonato
Número de tanques de sedimentación:	4
Número de recámaras por tanque de sedimentación:	1
Dimensiones de cada depósito de sedimentación:	1.08 (ancho) x 3.83 (largo) x 1.89 (profundidad) m
Volumen cada deposito de sedimentación:	7.8 m ³
Tiempo de detención hidráulica tanques de sedimentación al caudal máximo de diseño:	40 minutos
Tipo de entrada a los tanques de sedimentación:	Tubo perforado de 6" de diámetro
Número de láminas de	80 (organizadas en 5 módulos de 16 láminas cada una)

sedimentación por tanque de sedimentación:	
Angulo de láminas de sedimentación:	60°
Largo de láminas de sedimentación:	61 cm
Espacio perpendicular entre láminas de sedimentación:	2.6 cm
Velocidad ascendente tanques de sedimentación al caudal máximo de diseño:	69 m/día
Velocidad de captura tanques de sedimentación al caudal máximo de diseño:	9.0 m/día
Número de tambos para almacenamiento de cloro:	2
Tipo de dosificación de coagulante	Dosificador de gravedad con balanza dosificadora, flujo laminar
Concentración de la solución de coagulante a dosificar:	120,000 mg/L (igual a la planta existente)
Dosis máxima de coagulante:	60 mg/L
Tipo de dosificación de cloro:	Dosificador de gravedad, flujo laminar
Concentración de la solución de cloro a dosificar:	5680 mg/L
Tipo de mezcla rápida:	Flujo turbulento en un tubo de 8"
Cimentación:	Mampostería con una capa de concreto reforzado
Losas:	Concreto reforzado
Estructura de los tanques:	Ladrillo rafón rústico reforzado
Estructura de las fachadas:	Ladrillo rafón rústico
Techos:	Cerchas de canaleta y láminas Alucinc
Alumbramiento:	Luz eléctrica DC (panel solar suficiente para 6 horas diarias de iluminación)
Otros cuartos de la planta:	Bodega para almacenaje de insumos, dormitorio para operadores, área de oficina, baño, área de oficina
Sistema de agua potable:	Tanque elevado de 1,100 L marca ® abastecido con una bomba manual tipo Honduflexi
Sistema sanitario:	Fosa séptica y pozo de absorción

Tabla 3-1: Parámetros básicos de diseño, planta AguaClara de Alauca Centro y tres aldeas.

3.2 Diseño y dimensionamiento de los procesos de tratamiento

Se diseñaron y se dimensionaron los procesos de tratamiento acorde con el caudal máximo a tratar y los algoritmos de la AguaClara Design Tool. Los procesos hidráulicos de la planta son: sedimentación sencilla autolavable (desarenador), coagulación, control de caudal,

mezcla rápida, floculación hidráulica vertical, sedimentación de flujo ascendente, cloración, manejo de aguas residuales de tratamiento, y un sistema de limpieza a presión.

3.2.1 Tanque de entrada/sedimentación sencilla autolavable

El agua llegará a la planta a través de dos líneas de conducción de tres pulgadas de diámetro que provienen de la obra de toma en el Río Suyatal. Las dos líneas de conducción desembocarán en un tanque de entrada. Las funciones del tanque de entrada son: remover sólidos sedimentables del agua, controlar el caudal que entra la planta, y dar un espacio para la observación de la calidad del agua cruda.

La primera función del tanque de entrada es de sedimentador sencillo (desarenador) para remover los sólidos sedimentables como arena, limo, y arcilla del agua antes de aplicar el coagulante al afluente. Se especificó una velocidad de captura de 8 milímetros por segundo (mm/s) para las partículas que se capturaban en el sedimentador sencillo. En base a esta velocidad de captura, se le asignó un largo de 4.08 m para corresponder con el largo de los tanques de floculación y sedimentación, y se le asignó un ancho mínimo de 45 cm para permitir que un trabajador pudiera entrar al tanque. Se utilizaron estos parámetros para calcular con las ecuaciones estándares de sedimentación sencilla que una profundidad de 20 cm daba la velocidad necesaria para remover de una partícula con una velocidad de captura de 8 mm/s. Tomando en cuenta la geometría de la mesa para los tambos de coagulante, se le asignaron las dimensiones necesarias finales de 4.08 de largo, 85 cm de ancho, y 30 cm de profundidad (20 cm diseñados y 10 cm de espacio libre) para el sedimentador sencillo.

Además de un volumen de estas dimensiones, se diseñaron tres tolvas en el fondo del sedimentador sencillo para facilitar la autolimpieza. A estas tres tolvas se les dio un ángulo de 60 grados para hacer deslizar el sedimento acumulado hacia salidas de 4 pulgadas de diámetro en el fondo de los tanques, de tal manera que para lavar el tanque, se le quitan tubos de las salidas que sirven de tapones cuando la planta está en operación. Los lodos acumulados en el fondo del tanque salen por un desagüe al canal de limpieza. En total, las dimensiones interiores del tanque de entrada/sedimentador sencillo autolavable son 4.08 m de largo, 0.85 m de ancho, y 1.36 de

profundo (0.30 m para sedimentación sencilla y espacio libre y 1.06 m para las tolvas de autolimpieza).

La segunda función del tanque de entrada es controlar el caudal. En el otro lado del tanque de donde entran las líneas de conducción hay un vertedero hecho de un tubo de 8 pulgadas de PVC perforado con una serie de hoyos. El diseño de los hoyos proporciona una relación lineal (un vertedero tipo Sutro) entre el caudal de la planta y la altura del agua sobre el nivel de la primera fila de hoyos. Con cero caudal el agua se mantiene al nivel de los primeros hoyos y al caudal máximo de diseño el agua tiene 20 cm sobre el nivel de los primeros hoyos (Figura 3-2). Después de caer por el vertedero lineal, el agua pasa por un tubo de 8 pulgadas al punto de dosificación del coagulante, y luego a la mezcla rápida y el tanque de floculación.

Uno de los tubos de 4 pulgadas que sirven para tapar los drenajes de las tolvas en el tanque de entrada también sirve de rebose. La elevación de la parte superior de este tubo se cortará exactamente igual a la altura de la última fila de hoyos en el vertedero lineal de tal manera que si más de 12 L/s entran en la planta el excedente rebosará del tanque de entrada para no exceder la capacidad de la planta.

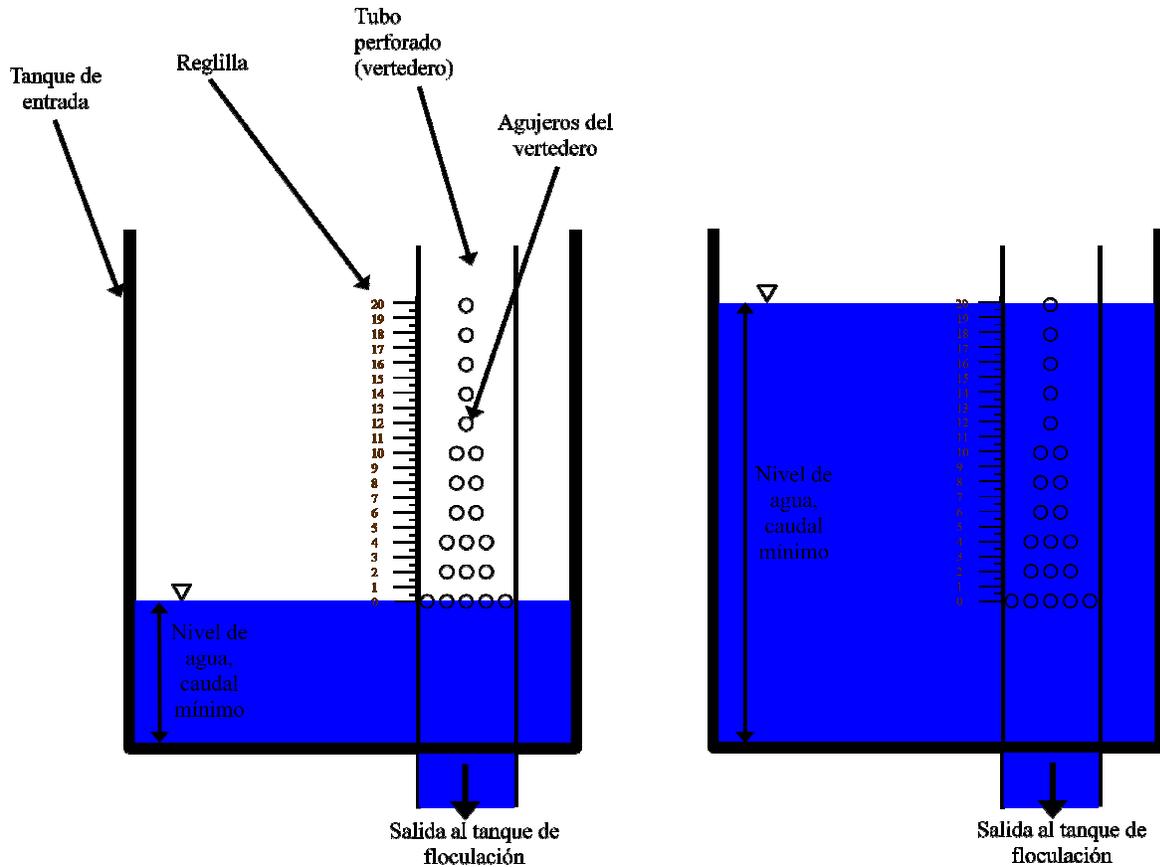


Figura 3-2: Esquema del vertedero lineal en el tanque de entrada ilustrando el funcionamiento del vertedero del tubo de PVC perforado al caudal mínimo (izquierda) y al caudal máximo (derecha).

3.2.2 Coagulación

El proceso de coagulación es la precisa dosificación de una solución química de coagulante al afluente de la planta para lograr reducir las fuerzas que mantienen partículas coloidales en suspensión y permitir la floculación. Para hacer este proceso sin bombas, la planta AguaClara utiliza un sistema de dosificación que consiste en tambos para almacenar la solución de coagulante, una mesa para elevar los tambos, una botella con flotador, una balanza, y una manguera para inyectar el coagulante al agua (Figuras 3-3 y 3-4).

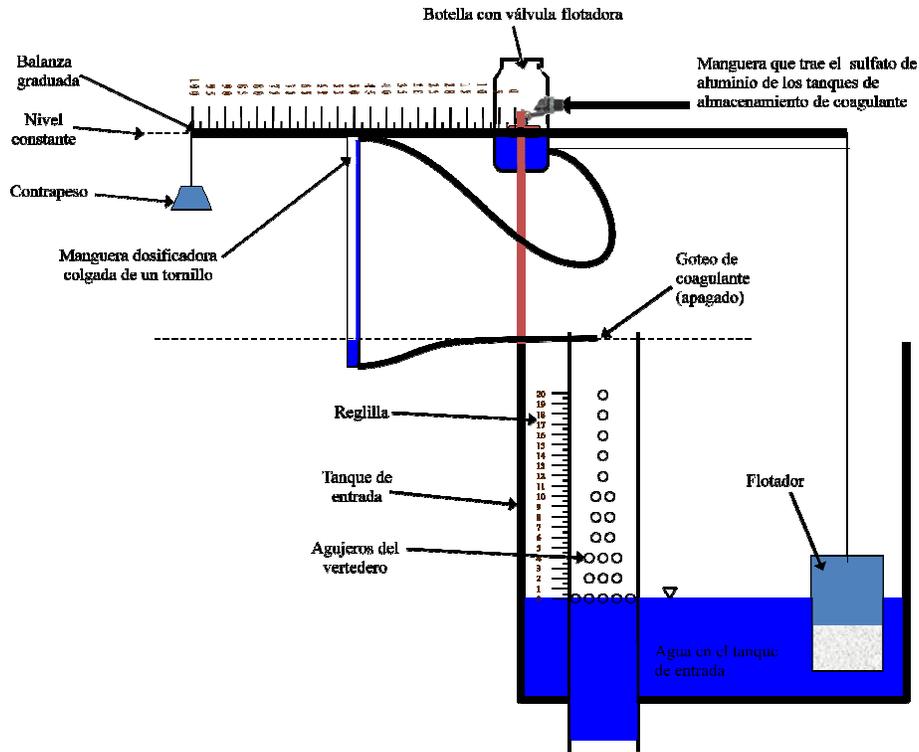


Figura 3-3: Esquema del dosificador con balanza en la posición apagada (sin caudal en la planta).

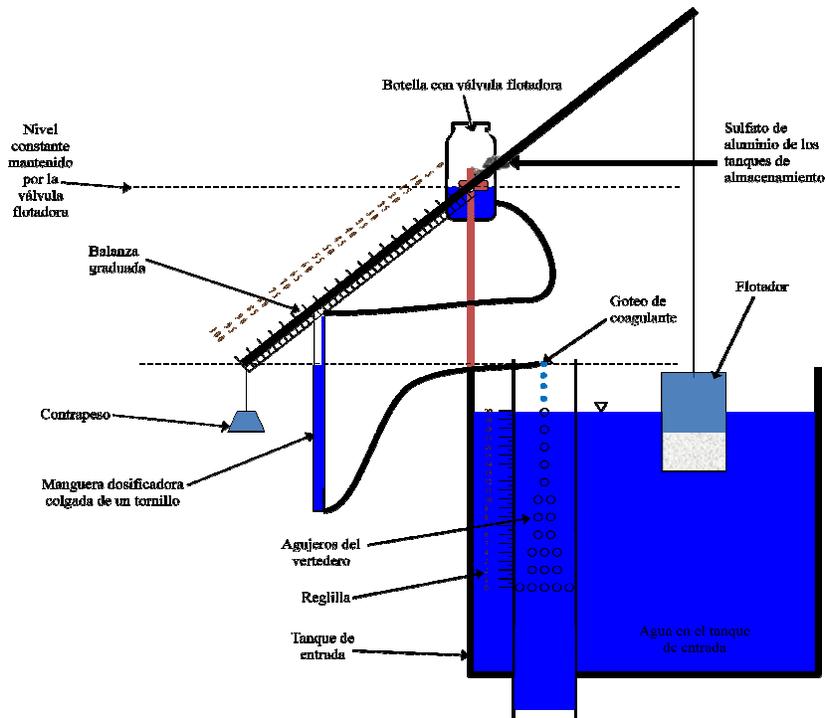


Figura 3-4: Dosificador con balanza en la posición encendida (hay agua en el tanque de entrada) mostrando como la balanza se inclina para proporcionar la carga hidráulica necesaria para la dosificación del sulfato de aluminio.

Se almacena el coagulante en tambos colocados en una mesa elevada, de donde fluye por una manguera a una botella equipada con una válvula flotadora. Esta válvula flotadora mantiene una altura de líquido constante en la botella, la cual proporciona un nivel constante de energía hidráulica potencial que se aprovecha para controlar el caudal del químico aplicado. La solución química sale de la botella por una manguera flexible a un dispositivo dosificador montado en una balanza de platina. A un extremo de esta balanza cuelga un flotador en el tanque de entrada y al otro un contrapeso. Se puede correr el dispositivo de dosificación a lo largo de la balanza para especificar el caudal y así la dosis de coagulante deseada. El dosificador está calibrado para que cuando no hay caudal en la planta, la balanza se mantenga en equilibrio horizontal y no cae coagulante (Figura 3-3). Cuando el tanque de entrada está lleno, la balanza se inclina hacia el lado dosificador, o sea él con el contrapeso (Figura 3-4), proporcionando la diferencia de altura entre el nivel constante del líquido en la botella con la válvula flotadora y la salida de la manguera dosificadora que hace posible la dosificación. Para manejar la dosis de coagulante, el operador cambia la posición del dispositivo dosificador en la balanza. Entre más bajo en la balanza inclinada se coloca este dispositivo, mayores el caudal y la dosis de coagulante. Este sistema tiene las características de apagarse automáticamente cuando no hay caudal y de cambiar la dosis de coagulante automáticamente en proporción al nivel de agua en el tanque de entrada.

En la planta de Alauca, la botella con la válvula flotadora se montará en el exterior del tanque de entrada, con la válvula a una elevación de 1.41 m sobre el nivel del piso terminado de la planta (el nivel cero). Se le dio una elevación de 1.63 m a la mesa para los tambos de coagulante para dejar suficiente carga hidráulica (>20 cm) entre la salida de coagulante de los tambos y la botella para superar las pérdidas ocasionadas por la válvula flotadora. De la botella con la válvula flotadora, la solución de coagulante fluirá por dos mangueras de diámetro interior de 0.098 pulgadas de 62 cm de largo al dispositivo dosificador montado en la balanza de platina, la cual tendrá el fulcro montado en el borde superior del tanque de entrada. El diámetro y el largo de estas mangueras son diseñados para proporcionar el rango de caudal necesario para dosificar 0 a 60 mg/L de coagulante a un caudal máximo de la planta y siempre mantener un flujo laminar de la solución de coagulante (Weber-Shirk, 2008). La balanza tiene 91 cm de largo con un flotador a un extremo que flota en el tanque de entrada y un contrapeso al otro extremo. Después de pasar por el dispositivo dosificador montado en la balanza, el coagulante cae libremente por

un tubo de PVC para ser inyectado al afluente en una tee de 8 pulgadas montado inmediatamente fuera del tanque de entrada. Esta tee tiene un respiradero para permitir que el aire que se mezcla con el agua en el vertedero lineal escape, reduciendo el potencial de formar espuma en la primera recámara del tanque de floculación.

3.2.3 Mezcla rápida

Después de ser dosificada con el coagulante, el agua pasa por la mezcla rápida. La mezcla rápida sirve para distribuir el coagulante uniformemente en el agua cruda. En esta planta, la mezcla rápida ocurre en el flujo turbulento en 1.2 m de tubo de 8 pulgadas que conduce el agua desde el punto de dosificación de coagulante a la entrada del tanque de floculación.

3.2.4 Tanque de floculación

La planta utiliza floculación hidráulica vertical. Deflectores livianos de lámina de policarbonato montados en módulos hechos de tubería de PVC hacen que el agua dosificada con coagulante se mezcle suavemente en un flujo turbulento de forma serpenteante. Durante esta suave mezcla, los sólidos coloidales en el agua se unen en glóbulos densificados denominadas flóculos. El tanque de floculación tiene un sistema de drenaje para facilitar limpieza y mantenimiento.

El diseño de un tanque de floculación depende de varios metas: generar suficientes colisiones de partículas coloidales para formar flóculos de suficiente densidad para sedimentar en el tanque de sedimentación (una función del grado de turbulencia y el tiempo de detención hidráulica), no generar demasiada turbulencia para romper los flóculos formados, y mantener suficiente velocidad para no permitir que los flóculos se sedimenten precozmente en el tanque de floculación. En el diseño AguaClara, también se toman como criterios que el largo del tanque sea igual al largo de los tanques de sedimentación (para compartir una pared y así ahorrar materiales) y que el ancho de cada recámara sea la mitad del ancho estándar de las láminas usadas para los deflectores (para sacar cuatro deflectores de cada lámina, maximizando la eficiencia del uso de materiales).

Se resumen abajo los algoritmos de diseño para el tanque de floculación que están guardados en la AguaClara Design Tool, disponible en línea. Matemáticamente, el potencial de

crear flóculos depende del factor conocido como el potencial de colisiones, representado por el símbolo ψ con unidades de $m^{2/3}$. El factor conocido como la tasa de disipación de energía máxima, representado por el símbolo ϵ_{max} con unidades de megavatios por kilogramo de agua (mW/kg), que está relacionado con la máxima turbulencia en el floculador, determina el máximo tamaño de flóculo que se puede formar. Según un modelo analítico de floculación desarrollado por el programa AguaClara de la Universidad de Cornell (Weber-Shirk y Lion, 2010), la floculación de una suspensión de 1 UTN requiere $\psi = 100 m^{2/3}$, una medida del número de colisiones necesario para lograr una floculación aceptable hasta en agua de baja turbiedad. AguaClara también considera que ϵ_{max} debería de ser 6 mW/kg para el diseño de floculadores de este estilo. Se utilizan estos valores para ψ y ϵ_{max} en los algoritmos de diseño. Geométricamente, estudios realizados con modelaciones computacionales de la dinámica de fluidos en la Universidad de Cornell han demostrado que la proporción óptima de la profundidad de agua en un floculador de flujo vertical, H, al espacio entre los deflectores, S, es $H/S = 4$.

Con estos constantes, la AguaClara Design Tool resuelve, entre otras, la ecuación:

$$\psi_p \cong K_p^{\frac{1}{3}} H^{\frac{1}{2}} S^{\frac{1}{6}}$$

donde $\psi_p = 1.2 m^{2/3}$ = el potencial de colisión entre cada deflector, $K_p = 2.0$ es el constante de pérdida de carga hidráulica de cada vuelta de 180 grados en el floculador, H es la profundidad del agua, y S es el espacio entre deflectores con los constantes anteriormente explicados. Esta ecuación y las demás definen la geometría y el tiempo de detención hidráulica del tanque de floculación según el modelo analítico y los resultados de las modelaciones computacionales y datos tomados en el campo en plantas AguaClara.

El floculador de la planta de Alauca tiene cuatro recámaras de 0.54 m de ancho, 3.83 m de largo, 1.89 m de profundidad, un volumen total de $15.6 m^3$, 19 minutos de detención hidráulica, y 83 deflectores con espacios horizontales de 17 cm entre cada uno. Dos válvulas de drenaje permiten vaciar el tanque en menos de 30 minutos.

3.2.5 Canal distribuidor

El efluente del tanque de sedimentación pasa por un canal que la distribuye entre los múltiples tanques de sedimentación. Se diseña este canal para transportar los flóculos formados

en el proceso de floculación a las entradas a los tanques de sedimentación sin romperlos y sin sedimentarse en el canal. Para calcular el área del canal se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_{Channel} \cong \left[\frac{Q_{Plant} 0.34}{K_{VenaContracta}^{\frac{4}{3}} \epsilon_{Max}^{\frac{1}{3}}} \right]^{\frac{6}{7}}$$

donde $A_{channel}$ = el área del canal, Q_{plant} = el caudal de la planta, $K_{venacontracta} = 0.62$ (constante de vena contracta), y $\epsilon_{max} = 6$ mW/kg. Otras restricciones en el dimensionamiento del canal son: tiene que ser suficientemente ancho para los tubos que lo conectan a los tanques de sedimentación, tiene que tener suficiente profundidad para apoyar los tubos recolectores de salida de los tanques de sedimentación, tiene que ser poco profundo para permitir fácil acceso al fondo, y debe tener 10 cm de espacio libre. El canal de la planta de Alauca es 5.07 m de largo, 0.42 m de ancho, y 0.50 m de profundo. El canal suministra agua a cuatro tubos de entrada a los tanques de sedimentación.

El canal distribuidor también tiene un vertedero longitudinal de 24.5 cm de altura sobre el nivel del fondo y un tubo de 4 pulgadas de diámetro fundido en el final del canal. Este tubo se mantiene tapado excepto cuando se quiere botar agua floculada al canal de limpieza para que no ingrese a los tanques de sedimentación. Cuando se bota agua del canal, el vertedero mantiene el canal y el tanque de floculación llenos de agua para evitar cambios abruptos en el nivel de agua que pueden perjudicar el tratamiento.

3.2.6 Tanques de sedimentación

El objetivo de los tanques de sedimentación es remover los flóculos formados en el tanque de floculación del agua por gravedad. Los tanques de sedimentación de flujo ascendente tienen cinco partes: los tubos distribuidores, los canales de drenaje, las tolvas, las placas sedimentadoras, y los tubos recolectores del agua decantada.

Tubos distribuidores

El diseño de los tubos distribuidores también depende del factor de la tasa de disipación de energía máxima, ϵ_{max} , la idea siempre siendo pasar los flóculos formados a los tanques de sedimentación sin romperlos por demasiada turbulencia. Se determina el diámetro de los tubos

de entrada fijando $\varepsilon_{\max} = 6 \text{ mW/kg}$ en el lugar donde hay el mayor potencial de romper floculos: la entrada a los tubos en el fondo del canal distribuidor. Se resuelve la siguiente ecuación para determinar el diámetro de un tubo de entrada para un tanque de sedimentación:

$$D_{\text{Pipe}} \cong \frac{1}{\sqrt{K_{\text{VenaContracta}}}} \left[0.34 \frac{4Q_{\text{Pipe}}}{\pi \varepsilon_{\text{Max}}^{\frac{1}{3}}} \right]^{\frac{3}{7}}$$

donde D_{pipe} = el diámetro del tubo, $K_{\text{venacontracta}} = 0.62$ (constante de vena contracta), Q_{pipe} = el caudal que lleva el tubo, y $\varepsilon_{\max} = 6 \text{ mW/kg}$.

Cada uno de los cuatro tanques de sedimentación en la planta de Alauca tiene un caudal máximo de 3 L/s, que según esta ecuación requiere de un tubo de 6 pulgadas de diámetro para preservar enteros los flóculos. Por lo tanto, los tubos distribuidores y sus respectivos accesorios son de 6 pulgadas.

Los tubos distribuidores distribuyen el agua a lo largo del tanque de sedimentación por agujeros perforados en la parte inferior del tubo. La suma de las áreas de los chorros de estos agujeros tiene que ser aproximadamente igual al diámetro del tubo para preservar la tasa de disipación de energía máxima que se toma como criterio para dimensionar el tubo, tomando en cuenta las restricciones de tamaños estándares de brocas para perforar los agujeros. Cada tubo distribuidor tiene 31 agujeros de 3.5 cm (1-3/8 pulgadas) de diámetro espaciados a 10 cm centro a centro a lo largo del tubo.

Canales de drenaje

El en fondo de cada tanque de sedimentación hay un canal de drenaje para purgar los lodos acumulados en el proceso de sedimentación. El canal es un hueco de 9 cm de ancho por 5 cm de alto que recorre todo el largo del fondo del tanque. En un lado del tanque, el canal da a una válvula de bronce de 2 pulgadas de diámetro que controla el nivel de lodo en el tanque. Encima del canal de cada tanque se colocan placas de ferrocemento perforados con 38 agujeros de 9.7 mm espaciados a 10 cm centro a centro. Estos agujeros están distribuidos uniformemente a lo largo del canal para lograr purgar los lodos de todas las partes del tanque uniformemente. La

válvula de drenaje es de 2 pulgadas. Los diámetros de los agujeros en el canal y el diámetro de la válvula están diseñados para vaciar un tanque en 30 minutos.

Tolvas

Cada tanque tiene una tolva de 60 grados de inclinación y 82 cm de altura. Esta geometría crea mayores velocidades en el fondo del tanque que en la parte superior de la tolva, lo cual sirve para mantener los flóculos sedimentados en suspensión, maximizando el potencial de floculación y retención de partículas en un manto de lodo. La velocidad ascendente del agua en la parte superior de la tolva se fija en $V_{\text{ascendente}} = 69 \text{ m/día}$ (8 mm/s) en la AguaClara Design Tool.

Placas sedimentadoras

Módulos de placas sedimentadoras se montan encima de las tolvas en los tanques de sedimentación para sedimentar los pequeños flóculos que no se sedimentan en las tolvas del tanque. Estas placas tienen un ángulo de 60 grados, el ángulo más eficiente para sedimentación. Los algoritmos de diseño de la AguaClara Design Tool utilizan el constante de la velocidad de captura $V_c = 9.0 \text{ m/día}$ (0.104 mm/s) que garantiza una velocidad conservadora para un alta remoción de sólidos. La ecuación que rige el dimensionamiento de las placas sedimentadoras es:

$$\frac{V_{\text{ascendente}}}{V_c} = 1 + \frac{L}{b} \cos \alpha \sin \alpha$$

donde $V_{\text{ascendente}} = 69 \text{ m/día}$ (constante en el algoritmo), $V_c = 9.0 \text{ m/día}$ (constante), $\alpha = \text{el ángulo de inclinación de las placas} = 60 \text{ grados}$ (constante), $L = \text{el largo de las placas}$ (variable), y $b = \text{el espacio perpendicular entre las placas}$ (variable entre 2.5 y 5 cm).

Cada tanque de sedimentación de la planta de Alauca tiene un total de 80 placas sedimentadoras organizadas en 5 módulos de 16 placas. Los módulos descansan en un marco de tubería de PVC colocado en la parte superior de las tolvas. Cada placa tiene $L = 0.61 \text{ m}$ de largo y 1.08 m de ancho, y el espacio entre placas es $b = 2.6 \text{ cm}$.

Tubos recolectores

En el tanque de sedimentación el agua pasa por el tubo distribuidor en el fondo, la tolva, y las placas sedimentadoras. Al salir de las placas el agua ya está decantada o aclarada. Sale del tanque por un tubo recolector perforado ubicado inmediatamente sobre la parte superior de las placas. El tubo recolector está diseñado para proporcionar significativamente más pérdida de carga hidráulica en las pérdidas menores de los orificios perforados que en las pérdidas mayores ocasionadas por el flujo turbulento dentro del tubo, de tal manera que el flujo que entra el tubo recolector por los orificios es uniforme a lo largo del tanque. Por esta razón cada tubo recolector de 4 pulgadas de diámetro lleva 44 agujeros de 12.9 mm (½ pulgada) de diámetro espaciados a 12 cm centro a centro en dos filas en la parte superior del tubo. Este diseño tiene el beneficio de crear un sobrenadante sobre el tubo recolector que evita que material flotante en la superficie del agua salga del tanque de sedimentación.

Dimensionamiento de los tanques de sedimentación

Se dimensionan los tanques de sedimentación en base a los criterios de diseño de las varias partes descritas anteriormente así como las dimensiones estándares del material de las láminas usadas para las placas sedimentadoras. En Honduras, láminas de policarbonato, un buen material para placas sedimentadoras por su resistencia y lisura, son comerciales en dimensiones de 3.66 de largo por 1.08 m de ancho por 0.02 m de espesor. Para hacer el uso más eficiente de este material, el algoritmo de dimensionamiento de los tanques de sedimentación de la AguaClara Design Tool fija el ancho de cada tanque al ancho de la lámina, en 1.08 m, y usa un algoritmo de optimización para escoger un solo largo de todas las placas de tal manera que el diseño requiere la compra de un mínimo número de láminas. Utilizando este constante además de los constantes $V_{\text{ascendente}}$, V_c , α , el ángulo de inclinación de las tolvas, el número de tanques de sedimentación deseados, y el caudal máximo de la planta, se calculan las dimensiones de los tanques de sedimentación. Los decantadores de la planta de Alauca son 1.08 m de ancho, 3.83 m de largo, 1.89 metros de profundidad, y tienen tolvas de 0.82 m de alto a 60 grados y 83 placas sedimentadoras de 0.61 m de largo espaciados a 2.6 cm perpendicularmente.

3.2.7 Canal de salida

El agua decantada sale de los tubos recolectores a un canal recolector de salida que lleva el agua al proceso de desinfección. Este canal tiene dimensiones de 0.50 de profundidad, 0.37 m

de ancho, y 5.77 de largo. Un vertedero longitudinal de cresta aguda de 20 cm de elevación en medio del canal garantiza que los tanques de sedimentación se mantienen llenos de agua con un mínimo de pérdida ocasionada por el vertedero (12 mm).

Al final del canal de salida hay una caja distribuidora con tres tubos fundidos en el piso del canal. Un tubo de 4 pulgadas de diámetro es el rebose del canal y sirve para botar agua que no se desea suministrar a los tanques de abastecimiento de las comunidades. Los otros dos tubos de 6 pulgadas de diámetro suministran agua a los sistemas de agua de Alauca Centro (que tiene que llevar 79 gpm) y Jicarito/Matapalo/Manzanilla (que tiene que llevar 73 gpm). Estos tubos sobresalen a 0.19 m sobre el fondo del canal, terminando en la misma elevación, pero el tubo de Alauca tiene un hoyo de $\frac{1}{4}$ pulgada perforado a 0.15 m del fondo para suministrarle los 6 gpm más de los tienen que caer al tubo de Jicarito/Matapalo/Manzanilla. Se maneja la distribución de agua a estos tres tubos quitándoles o poniéndoles tapones lisos.

3.2.8 Desinfección con cloro

Se dosifica una solución de hipoclorito de calcio al agua decantada en la caja distribuidora al final del canal de salida. El sistema de dosificación de cloro es parecido al del coagulante y consiste en: tambos para almacenar la solución de cloro, una mesa para elevar los tambos, y un dosificador sencillo gravitacional (Figuras 3-5 y 3-6).

Se monta el dosificador sencillo en el borde de la caja distribuidora de tal manera que las gotas de cloro caen al efluente de la planta, donde se mezclan con el agua. El operador de la planta maneja la manguera dosificadora de este dispositivo para escoger la dosis apropiada de cloro para el caudal que se trata. Hay suficiente tiempo de contacto en las líneas de conducción y los tanques de abastecimiento para lograr la desinfección. La válvula flotadora del dosificador sencilla se posiciona a 15 cm sobre el borde de la solera superior del canal de salida para proporcionar un rango de 15 cm de dosificación. Se diseñó la mesa para los tambos de cloro con una elevación de 60 cm sobre el nivel de la solera superior del canal de salida para proporcionar suficiente carga hidráulica para que la solución de cloro pueda llegar a la botella con flotador, superando las pérdidas ocasionadas por la válvula flotadora y la manguera de suministro. Se almacenan las soluciones de cloro en dos tambos de 55 galones colocados encima de la mesa.

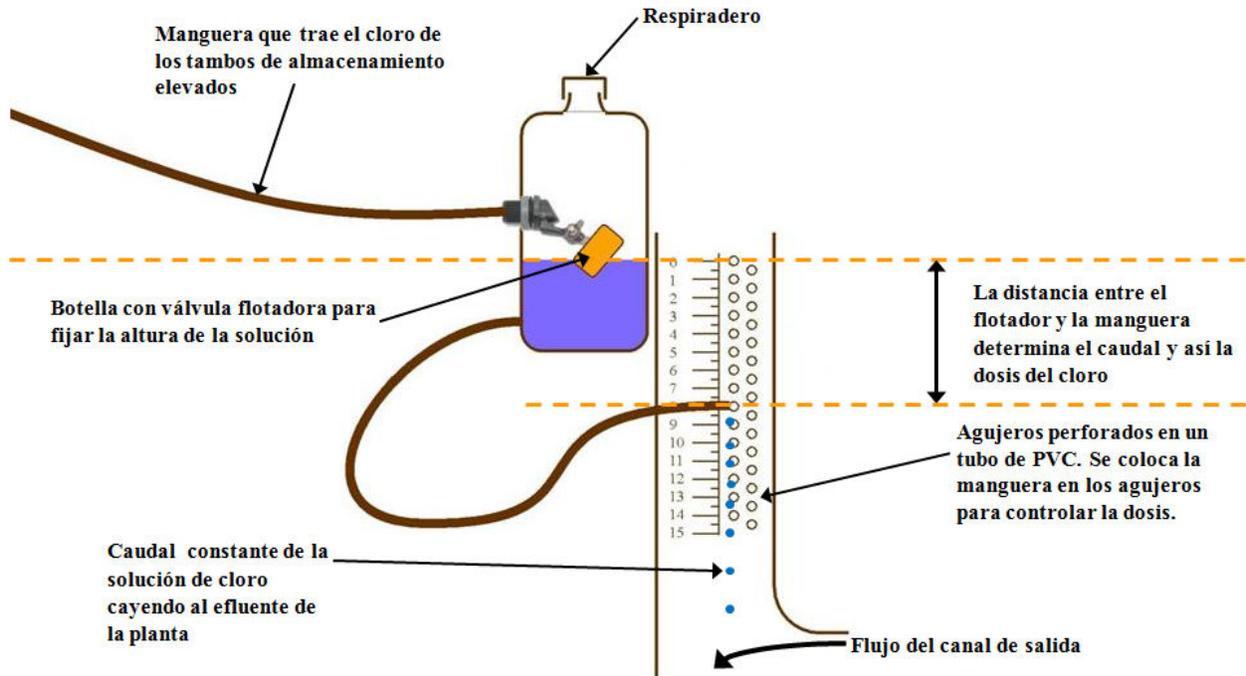


Figura 3-5: Esquema del dosificador sencillo para cloro, montado en el borde de la caja distribuidora.

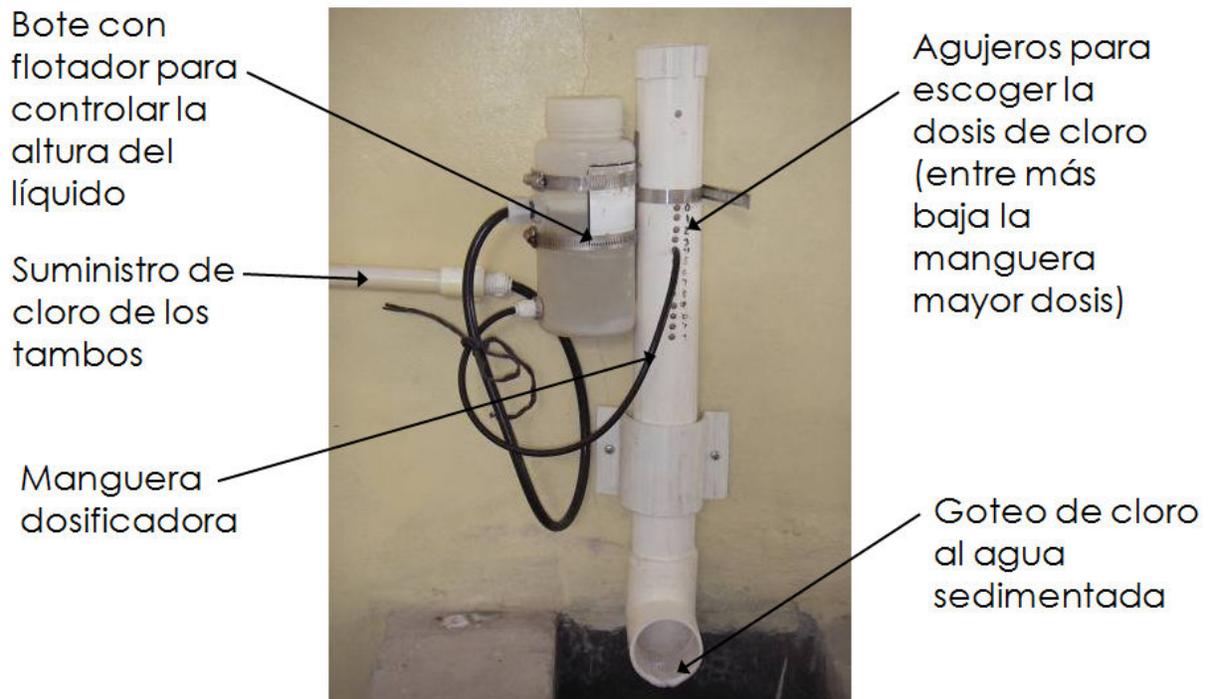


Figura 3-6: Fotografía de un dosificador de cloro montado en el canal de salida en una planta AguaClara.

3.2.9 Manejo de lodos

Cada proceso de la planta produce residuos. El tanque de entrada produce sólidos sedimentables, los tambos de coagulante residuos de impurezas de la solución química, los tanques de floculación y sedimentación lodos de flóculos, y los tambos de cloro residuos químicos. Cada proceso tiene sus tubos de drenaje que conducen los residuos a un canal de limpieza ubicado a lo largo de la pared posterior de la planta. Este canal tiene 0.70 m de ancho, 10.5 m de largo, y tiene 0.70 m de profundidad. El tanque de entrada tiene un pistón hecho de un tubo de PVC de 4 pulgadas de diámetro para controlar la purga de lodo de cada uno de las tres tolvas. Los tambos de químicos tienen válvulas debajo de sus respectivas mesas para vaciarlos. Los tanques de floculación y sedimentación tienen válvulas de control en el canal de limpieza. El acceso a las válvulas manuales de floculación y sedimentación es a través de tapaderas en el pasillo que cubre el canal de limpieza. Este pasillo queda a 0.54 m debajo del piso del resto de la planta para permitir acceso manual a las válvulas, y el acceso a este pasillo es por dos gradas. Los residuos que entran el canal salen por un tubo de drenaje que los conduce aproximadamente 70 metros al norte de la planta. Este tubo de drenaje va enterrado y con cajas de registro a cada 17.50 m hasta su desembocadura.

3.2.10 Sistema de limpieza a presión

Agua a presión facilita la limpieza de los tanques de floculación y sedimentación, donde se acumula mucho lodo. Con el fin de facilitar la limpieza de estos tanques, se diseñó un sistema para llevar agua a presión de una de las líneas de conducción que abastecen la planta a los tanques. Se saca un tubo de 1 pulgada de una de las líneas de conducción de 3 pulgadas inmediatamente antes de la válvula de control y se corre por lado de los tanques de floculación y sedimentación cerca de la bodega y baño. El sistema tiene una válvula para echar agua a cada una de las cuatro recámaras de floculación. En los cuatro tanques de sedimentación, un tubo controlado por una válvula entra en el tanque pasando por el canal de entrada. A la altura de la parte superior de la tolva, el tubo se bifurca con una tee, de donde siguen dos ramales a lo largo de los topes de la tolva hasta el otro lado del tanque. Estos ramales tienen agujeros perforados dirigidos hacia abajo paralelos a la inclinación de la tolva. Para usar el sistema, se cierra la válvula de control de la línea de conducción para presurizar la tubería de 1 pulgada y se abren las válvulas de las recámaras de floculación o tanques que se quieren limpiar. El agua presurizada

revuelve los lodos acumulados y los lleva a los desagües, minimizando o evitando la necesidad de limpiar los tanques manualmente.

3.3 Consideraciones para la edificación de la planta

Además de los procesos de tratamiento de agua, se incluyen las siguientes características de diseño de la planta: espacios de acceso y trabajo, techo y ventilación, bodega para insumos, baño y sistema sanitario, dormitorio, agua potable, y alumbramiento.

3.3.1 Espacios de acceso y trabajo

Se tomó 1 m como el espacio mínimo para pasillos en la planta, considerando que el operador necesita acceso sin restricciones a todas partes de la planta, con frecuencia cargando equipo o insumos. Considerando que el operador pasa la mayoría de su tiempo de trabajo cerca del dosificador de coagulante y la primera recámara de floculación (para controlar y observar la calidad de floculación), se diseñó el espacio de oficina entre la puerta principal, la mesa para los tambos de coagulante, y el tanque de floculación (un espacio de 3.80 x 4.20 m). Aquí será donde el operador mantiene su equipo de calidad de agua, registros de control, y de donde se observa toda la planta.

3.3.2 Techo y ventilación

Se diseñó el interior de la planta para no tener ningún impedimento a la visibilidad de todos los procesos. Por tanto, el techo está diseñado con cerchas ancladas a las paredes exteriores de la planta sin ninguna columna adentro. Entre una elevación de 2.25 a 3.25 m sobre el nivel del piso terminado hay una ventana perimetral de malla metálica. Esta ventana proporciona la ventilación necesaria para los vapores de los químicos y el clima caliente de la zona así como suficiente luz durante el día para trabajar sin alumbramiento artificial.

3.3.3 Bodega

La planta recibe envíos semanales de sacos de coagulante y tambos de cloro y se tiene que mantener un inventario de equipo, herramientas, y repuestas. Estos insumos se almacenarán en una bodega de 2.85 x 2.85 m. La puerta de la bodega queda cerca a la puerta principal para facilitar la entrega de materiales pesados.

3.3.4 Baño y sistema sanitario

Es obligatorio tener un baño en la planta porque los operadores pasan casi permanentemente en la planta y necesitan un servicio sanitario, lavamanos, y ducha. La planta de Alauca tiene un baño estándar con estos tres servicios de 1.20 x 2.85 m. El agua potable para el baño proviene del tanque elevado abastecido por una bomba manual (Sección 3.3.6). Las aguas residuales de los servicios sanitarios van a un sistema sanitario típico con una fosa séptica de 7 m³ y un pozo de absorción.

3.3.5 Dormitorio

Por la gran cantidad de tiempo que los operadores pasan en la planta, inclusive durante la noche, es conveniente tener un cuarto de descanso o dormitorio. El dormitorio tiene un área de 2.85 x 2.85 m, una cama sencilla, y una mesa.

3.3.6 Agua Potable

Agua tratada o naturalmente clara es necesario para hacer las mezclas de químicos y abastecer el baño. En el caso de Alauca, no hay manera de traer agua tratada o naturalmente clara a la planta por gravedad, pues se diseñó un tanque elevado de marca Rotoplas® de 1,100 litros fuera de la planta para suministrar agua a los cuatro tambos para químicos, el lavamanos, el servicio sanitario, y la ducha. Este sistema permite que el operador haga las mezclas de químicos sin jalar baldes de agua tratada del canal de salida a las mesas elevadas donde se ubican los tambos de químicos. El tanque de 1500 litros se coloca encima de una torre de 4.50 m hecha de tubo de hierro negro de 2 pulgadas ubicada inmediatamente al oeste de la planta. El tanque elevado se abastecerá con una bomba manual tipo Honduflexi montado en la plataforma de la torre. La bomba Honduflexi bombeará agua de un pozo artificial enterrado debajo de la plataforma hecho de tubería de 8 pulgadas de diámetro que se llena con agua proveniente de la caja distribuidora al final del canal de salida de la planta de tal manera que toda el agua que se bombea al tanque elevado será tratada. Un sistema de tubería llevará el agua del tanque elevado a los tres puntos donde se necesita: el baño, la mesa para cloro, y la mesa para coagulante.

3.3.7 Alumbramiento

Aunque la planta no requiere de energía eléctrica para hacer funcionar los procesos de tratamiento, es conveniente tener alumbramiento para facilitar trabajo de noche. En vista de que no hay servicio de luz dentro de aproximadamente un kilómetro de la planta, se propone la instalación de un panel solar para alumbramiento. El sistema eléctrico solar para 6 horas de iluminación diarias ofrecido por la empresa SOLARIS de Tegucigalpa incluye un panel solar de 100 Watts, un controlador de carga de 10 amperios, dos baterías de 6 voltios, lámparas de 10 Watts, y los accesorios necesarios. Se montará el panel solar en el techo orientado hacia el sur. En el caso de que se halla la manera de traer luz eléctrica a la planta se sugiere conectarla de la manera normal.

3.4 Consideraciones de construcción

- *Resistencia del concreto:* 3000 libras por pulgada cuadrada (psi) a los 28 días
- *Curado del concreto:* toda obra de concreto será cubierta con agua o mantenida húmeda permanentemente durante por lo menos siete días después de haber fraguado.
- *Espesor de liga:* 2 cm
- *Tamaño máximo de grava para obras de concreto:* $\frac{3}{4}$ "
- *Tipo de arena para concreto, liga, y repello:* Arena de río
- *Mezcla de concreto para columnas, losas, zapatas, y cimentaciones:* 1 bolsa de cemento (1 pie cúbico de cemento) por 2 pies cúbicos de arena por 3 pies cúbicos de grava (1:2:3)
- *Mezcla de mortero para la liga, la cimentación de mampostería, y el repello:* 1 pie cúbico de cemento por cuatro pies cúbicos de arena (1:4)
- *Mezcla para el dado fino:* pasta de puro cemento y agua
- *Recubrimiento mínimo de concreto para la varilla:* 2.5 cm (1 pulgada)
- *Grado de varilla:* 40
- Se mezclará el concreto y mortero en un contenedor que retenga agua no en el suelo
- Cada tanque que contiene agua va repellido y con dado fino por dentro.

3.5 Presupuesto

Se presenta el presupuesto para el proyecto de la planta potabilizadora AguaClara de Alauca en la Tabla 3-2. El costo total del proyecto es Lps. 2,088,789.25 (\$110,546.61, \$1.00 = Lps. 18.8951), de los cuales Lps. 1,816,399.25 (\$96,130.70) representan el aporte de la cooperación y Lps. 272,390.00 (\$14,415.91) representan el aporte de la comunidad. Los costos por etapa del proyecto (Construcción; Capacitación, socialización, y educación comunitaria; y Seguimiento y monitoreo) son:

- Construcción (aporte de la cooperación) = Lps. 1,342,932.05 (\$71,073.03)
- Construcción (aporte de la comunidad) = Lps. 272,390.00 (\$14,415.91)
- Capacitación, socialización, y educación comunitaria = Lps. 139,055.00 (\$7,359.32)
- Seguimiento y monitoreo = Lps. 169,285.00 (\$8,959.20)
- Administración = Lps. 165,127.20 (\$8,739.15)

Tabla 3-2
Presupuesto para la planta potabilizadora AguaClara
CARE FORMADAS
Alauca, El Paraiso, Honduras

DESCRIPCION DE COSTO	Precio unitario	Unidad	Cantidad	Costo total	Justificacion
CONSTRUCCION					
Personal					
Ingeniero Civil	L. 25,000.00	mes	6.5	L. 162,500.00	Diseño y construccion
Ingeniero de AguaClara	L. 25,000.00	mes	5.5	L. 137,500.00	Diseño y construccion
			Subtotal personal para Construccion =	L. 300,000.00	
Materiales no locales					
Adaptador hembra PVC de 1"	L. 10.00	unidad	4	L. 40.00	Tambos para coagulate y cloro
Adaptador hembra PVC de 1/2"	L. 3.50	unidad	5	L. 17.50	Baño
Adaptador hembra PVC de 3"	L. 98.00	unidad	2	L. 196.00	Connection de la linea de conducción
Adaptador hembra PVC de 6"	L. 580.00	unidad	1	L. 580.00	Flotador del dosificador
Adaptador macho PVC de 1/2"	L. 3.00	unidad	9	L. 27.00	Baño
Adaptador macho PVC de 1"	L. 10.00	unidad	20	L. 200.00	Tambos de coagulate y cloro (4), para las valvulas del sistema de limpieza a presion (16)
Adaptador macho PVC de 2"	L. 16.00	unidad	4	L. 64.00	Drenaje de los tanques de sedimentación
Adaptador macho PVC de 3"	L. 25.00	unidad	4	L. 100.00	Drenaje de los tanques de floculación y tubos de entrada a la planta
Agua	L. 50.00	metro cubico	137	L. 6,850.00	Concreto, mortero, repello; llevar en camion o poner pegue a la linea de conduccion existente
Alambre de amarre	L. 20.00	libra	187	L. 3,740.00	Amarrar varilla
Alquiler de planta generadora	L. 11,000.00	mes	2	L. 22,000.00	Alquiler de una planta generadora para soldador, 2 meses
Angulo 1/4" x 1/4" x 1/8"	L. 213.00	unidad	13	L. 2,769.00	Cerchas de techo
Angulo de 1-1/2" x 1-1/2" x 1/8"	L. 230.00	lance	14	L. 3,220.00	Cerchas de techo
Arenilla Rosada	L. 15.00	bolsa	166	L. 2,490.00	Pulido de paredes
Barril plastico de 55 galones	L. 600.00	unidad	4	L. 2,400.00	Tambos para coagulante y cloro
Bisagra de 3" x 2"	L. 25.00	unidad	16	L. 400.00	Puertas exteriores e interiores
Bomba Honduflexi	L. 1,200.00	unidad	1	L. 1,200.00	Abastecer el tanque elevado de agua potable
Broca de 1/2" de madera	L. 90.00	unidad	1	L. 90.00	Perforar orificios en tubos recolectores, tanques de sedimentacion
Broca de 1-3/8" de madera	L. 150.00	unidad	1	L. 150.00	Perforar orificios en tubos distribuidores, tanques de sedimentacion
Broca de 3/4" de madera	L. 100.00	unidad	1	L. 100.00	Perforar hoyos en el vertedero lineal en el tanque de entrada
Brocha de 2"	L. 30.00	unidad	2	L. 60.00	Pintar paredes y cerchas
Brocha de 3"	L. 40.00	unidad	3	L. 120.00	Pintar paredes y cerchas
Camisa lisa PVC de 1/2"	L. 5.50	unidad	360	L. 1,980.00	Modulos de sedimentacion
Camisa lisa PVC de 2"	L. 7.50	unidad	16	L. 120.00	Desagues del tanque de sedimentacion, tubos de limpieza de espuma, drenaje de los canales, y tubo entrada del poso
Camisa lisa PVC de 3"	L. 12.00	unidad	2	L. 24.00	Desagues del tanque de floculacion
Camisa lisa PVC de 4"	L. 125.00	unidad	10	L. 1,250.00	Tubos recolectores de sedimentacion, reboses de canales
Camisa lisa PVC de 6"	L. 250.00	unidad	6	L. 1,500.00	Entradas a los tanques de sedimentacion y la camara distribuidora
Camisa lisa PVC de 8"	L. 330.00	unidad	3	L. 990.00	Tubo de mezcla rapida
Canaleta 2"x 6"x 1/16"	L. 350.00	lance	48	L. 16,800.00	Techo
Capote metálico	L. 250.00	unidad	15	L. 3,750.00	Cumbrera del techo
Cemento Gris	L. 155.00	bolsa	801	L. 124,155.00	Concreto, mortero, repello, dado fino
Cinta teflon 1"	L. 12.00	unidad	2	L. 24.00	Instalacion de tuberia

Tabla 3-2
Presupuesto para la planta potabilizadora AguaClara
CARE FORMADAS
Alauca, El Paraiso, Honduras

DESCRIPCION DE COSTO	Precio unitario	Unidad	Cantidad	Costo total	Justificacion
Cinta teflon 1/4"	L. 12.00	unidad	2	L. 24.00	Instalacion de tuberia
Cinta teflon de 1/2"	L. 12.00	unidad	2	L. 24.00	Instalacion de tuberia
Clavos	L. 20.00	libra	79	L. 1,580.00	Armar encofrado y andamios
Codo HG 3" x 90°	L. 185.00	unidad	2	L. 370.00	Tubos de entrada de la planta
Codo PVC de 1" x 90°	L. 17.00	unidad	40	L. 680.00	Drenaje tambos para quimicos
Codo PVC de 1/2" x 90°	L. 3.50	unidad	11	L. 38.50	Tuberia para quimicos
Codo PVC de 2" x 90°	L. 28.00	unidad	13	L. 364.00	Baño, desagues del tanque de sedimentacion, tubos de limpieza de espuma, drenaje de los canales, y tubo entrada al pozo para abastecer el tanque elevado
Codo PVC de 2" x 90° drenaje	L. 25.00	unidad	1	L. 25.00	Baño
Codo PVC de 3" x 90°	L. 35.00	unidad	4	L. 140.00	Tubos de entrada de la planta
Codo PVC de 4" x 45°	L. 155.00	unidad	1	L. 155.00	Drenaje canales de entrada y salida
Codo PVC de 4" x 90°	L. 150.00	unidad	4	L. 600.00	Tubos de entrada de la planta, salida del canales
Codo PVC de 4" x 90° drenaje	L. 98.00	unidad	1	L. 98.00	Sistema sanitario
Codo PVC de 6"	L. 640.00	unidad	6	L. 3,840.00	Tubos de entrada del tanque de sedimentación, salidas de la camera distribuadora
Codo PVC de 6" x 90° drenaje	L. 120.00	unidad	1	L. 120.00	Sistema sanitario
Codo PVC de 8"	L. 1,200.00	unidad	2	L. 2,400.00	Tubo de mezcla rápida y vetedero en el tanque de entrada
Combustible para la planta generadora	L. 70.00	galon	32	L. 2,240.00	4 galones de combustible por semana, 2 meses
Contramarco de Madera de Pino	L. 600.00	unidad	5	L. 3,000.00	Puertas
Diluyente	L. 250.00	galon	3	L. 750.00	Pintura anticorrosiva
Dosificadores AguaClara	L. 3,500.00	unidad	1	L. 3,500.00	Dosificacion de coagulante y cloro
Ducha Cromada de 1/2"	L. 120.00	unidad	1	L. 120.00	Baño
Electrodo Soldadura 6013 x 1/8 x 1'	L. 35.00	libra	163	L. 5,705.00	Techo
Espanja para pulir	L. 40.00	unidad	11	L. 440.00	Pulir paredes
Herramienta menor	L. 4,000.00	global	1	L. 4,000.00	Compra de carreta de mano, palas, etc.
Inodoro Blanco	L. 1,200.00	unidad	1	L. 1,200.00	Baño
Ladrillo Rafón Rustico	L. 5.00	unidad	17680	L. 88,400.00	Paredes de tanques y edificio
Lámina de Aluzinc por pie	L. 38.00	pie	676	L. 25,688.00	Techo
Lamina de Policarbonato 42" x 12'	L. 1,000.00	unidad	75	L. 75,000.00	Modulos de sedimentacion y floculacion
Lavamanos Blanco Económico	L. 1,000.00	unidad	1	L. 1,000.00	Baño
Llamador para Puerta Niquelado	L. 120.00	unidad	2	L. 240.00	Puertas
Llavín de Bola Tipo Yale	L. 175.00	unidad	3	L. 525.00	Puertas
Llavín Doble Pasador	L. 600.00	unidad	2	L. 1,200.00	Puertas
Material Selecto	L. 350.00	metro cubico	18	L. 6,300.00	Relleno
Multiconector con válvula esfera para tanque Rotoplas	L. 285.60	unidad	1	L. 285.60	Tanque elevado para agua potable
Pegamento para PVC (Resistol 4045)	L. 750.00	galon	2	L. 1,500.00	Tuberia
Pintura Acrílica SIMILAR PROTECTO	L. 600.00	galon	19	L. 11,400.00	Pintura para las paredes
Pintura Anticorrosiva	L. 450.00	galon	12	L. 5,400.00	Estructura Techo
Pliegos de Lija #80	L. 12.00	unidad	7	L. 84.00	Instalacion de tuberia
Puerta Metalica	L. 3,600.00	unidad	2	L. 7,200.00	Puertas principales
Puerta Termoformada de 0.80 x 2.10	L. 1,000.00	unidad	1	L. 1,000.00	Baño
Puerta Termoformada de 0.90 x 2.10	L. 1,200.00	unidad	2	L. 2,400.00	Bodega y dormitorio
Reductor PVC 2" a 1"	L. 15.00	unidad	1	L. 15.00	Drenaje tambos para coagulante
Reductor PVC 3" a 1"	L. 85.00	unidad	1	L. 85.00	Sistema de limpieza a presion

Tabla 3-2
Presupuesto para la planta potabilizadora AguaClara
CARE FORMADAS
Alauca, El Paraiso, Honduras

DESCRIPCION DE COSTO	Precio unitario	Unidad	Cantidad	Costo total	Justificacion
Reductor PVC 4" a 2"	L. 65.00	unidad	3	L. 195.00	Tubos de limpieza de los canales de entrada y salida de sedimentacion, drenaje tambos para coagulante
Rodillos y accesorios	L. 165.00	unidad	2	L. 330.00	Pintar paredes
Sifón (Trampa) PVC de 2"	L. 60.00	unidad	2	L. 120.00	Baño
Sistema electrico solar	L. 30,000.00	unidad	1	L. 30,000.00	Cotizacion de la empresa SOLARIS de Tegucigalpa para un sistema de 100 Watts con 6 horas de alumbramiento, instalado
Solvente para tuberia PVC	L. 600.00	galon	1	L. 600.00	Instalacion de tuberia
Tanque Rotoplas de 1,100 Litros	L. 3,500.00	unidad	1	L. 3,500.00	Tanque elevado para agua potable
Tapón copa PVC 6"	L. 450.00	unidad	11	L. 4,950.00	Tubos entrada de sedimentacion
Tapon copa PVC de 1/2"	L. 2.00	unidad	100	L. 200.00	Mesa de modulos de sedimentacion
Tapon copa PVC de 1-1/2"	L. 14.00	unidad	48	L. 672.00	Mesa de modulos de sedimentacion
Tapon copa PVC de 4"	L. 125.00	unidad	12	L. 1,500.00	Tubos recolectores, pistones controladores
Tapon macho PVC de 6"	L. 635.00	unidad	1	L. 635.00	Flotador del dosificador de coagulante
Tee PVC 6" x 90° Drenaje	L. 690.00	unidad	1	L. 690.00	Fosa septica
Tee PVC de 1"	L. 10.00	unidad	20	L. 200.00	Tuberia para quimicos
Tee PVC de 1/2" Presión	L. 6.50	unidad	8	L. 52.00	Baño, tuberia para los tambos del coagulante y cloro
Tee PVC de 1-1/2"	L. 11.00	unidad	40	L. 440.00	Mesas para modulos de sedimentacion
Tee PVC de 3"	L. 230.00	unidad	1	L. 230.00	Sistema de limpieza a presion
Tee PVC de 4"	L. 490.00	unidad	6	L. 2,940.00	Drenaje de canales y tanque de entrada
Tee PVC de 8"	L. 1,750.00	unidad	1	L. 1,750.00	Tubo de mezcla rapida
Tornillo de 1/4" x 2-1/2"	L. 3.00	unidad	455	L. 1,365.00	Techo
Tornillo de argolla 1/2" x 2-1/2"	L. 7.00	unidad	1	L. 7.00	Flotador
Tornillos de acero inoxidable de 3/16 x 2" (con tuerca)	L. 2.25	unidad	48	L. 108.00	Modulos de sedimentacion y floculacion
Torre Para Tanque Elevado	L. 9,000.00	unidad	1	L. 9,000.00	Tanque elevado de hierro negro
Tubo de Abasto PVC	L. 60.00	unidad	2	L. 120.00	Inodoro y lavamanos
Tubo de PVC 1/2" x 20' SDR-13.5	L. 35.00	unidad	38	L. 1,330.00	Distribucion de agua potable, modulos de sedimentacion y floculacion, distribucion del coagulante y cloro
Tubo HG de 3" pesado	L. 5,050.00	unidad	1	L. 5,050.00	Entrada lineas de conduccion a la planta
Tubo PVC 2" x 20' Drenaje RD-41	L. 100.00	unidad	2.5	L. 250.00	Sistema sanitario
Tubo PVC 3" x 20' Drenaje RD-41	L. 220.00	unidad	2	L. 440.00	Sistema sanitario
Tubo PVC 4" x 20' Drenaje RD-41	L. 250.00	unidad	4	L. 1,000.00	Sistema sanitario
Tubo PVC 6" x 20' Drenaje RD-41	L. 600.00	unidad	12	L. 7,200.00	Salida de canal de limpieza
Tubo PVC de 1"	L. 75.00	unidad	13	L. 975.00	Sistema de limpieza a presión y limpieza de los tambos
Tubo PVC de 1-1/2"	L. 120.00	unidad	6	L. 720.00	Mesa para los modulos del tanque de sedimentacion
Tubo PVC de 2"	L. 140.00	unidad	3	L. 420.00	Abastecer pozo para tanque elevado, drenaje tanques de sedimentacion, tubos para quitar espuma de los tanques de sedimentacion
Tubo PVC de 3/4"	L. 45.00	unidad	22	L. 990.00	Espaciadores para modulos de sedimentacion y floculacion
Tubo PVC de 4"	L. 220.00	unidad	7	L. 1,540.00	Tubos recolectores del tanque de sedimentacion, desagues del tanque de entrada
Tubo PVC de 6"	L. 910.00	unidad	6	L. 5,460.00	Tubos de entrada del tanque de sedimentacion y salida de la camera distribuidora
Tubo PVC de 8"	L. 2,200.00	unidad	1	L. 2,200.00	Tubo de mezcla rápida y vetedero en tanque de entrada
Unión universal PVC 1"	L. 125.00	unidad	4	L. 500.00	Sistema de limpieza para los tambos de coagulante y cloro
Unión universal PVC 1/2"	L. 75.00	unidad	4	L. 300.00	Tuberia de los tambos de coagulante y cloro
Válvula compuerta de bronce de 1"	L. 450.00	unidad	8	L. 3,600.00	Sistema de limpieza a presión

Tabla 3-2
Presupuesto para la planta potabilizadora AguaClara
CARE FORMADAS
Alauca, El Paraiso, Honduras

DESCRIPCION DE COSTO	Precio unitario	Unidad	Cantidad	Costo total	Justificacion
Válvula compuerta de bronce de 2"	L. 750.00	unidad	4	L. 3,000.00	Desagues de los tanques de sedimentación
Válvula compuerta de bronce de 3"	L. 1,950.00	unidad	4	L. 7,800.00	Desagues del tanque de floculación y tubos de entrada de la planta
Valvula Cromada Globo 1/2"	L. 70.00	unidad	1	L. 70.00	Servicio sanitario
Valvula de Control de 1/2"	L. 220.00	unidad	2	L. 440.00	Ducha
Varilla de hierro corrugado de 3/8" x 30'	L. 112.00	unidad	637	L. 71,344.00	Reforzado de concreto
Varilla de hierro lisa de 1/4" x 30'	L. 45.00	unidad	299	L. 13,455.00	Reforzado de concreto
Vávula PVC de 1"	L. 75.00	unidad	10	L. 750.00	Drenajes tambos de químicos, sistema de limpieza a presión
Vávula PVC de 1/2"	L. 55.00	unidad	10	L. 550.00	Tubería para los tambos de coagulante y cloro
Ventana V-1	L. 2,500.00	unidad	3	L. 7,500.00	Ventana
Ventana V-2	L. 1,800.00	unidad	4	L. 7,200.00	Ventana
Ventana V-3	L. 1,800.00	unidad	4	L. 7,200.00	Ventana
Ventana V-4	L. 1,600.00	unidad	2	L. 3,200.00	Ventana
Ventana V-5	L. 1,600.00	unidad	2	L. 3,200.00	Ventana
Ventana V-6	L. 1,800.00	unidad	3	L. 5,400.00	Ventana
Ventana V-7	L. 1,200.00	unidad	2	L. 2,400.00	Ventana
Ventana V-8	L. 1,200.00	unidad	1	L. 1,200.00	Ventana
Subtotal Estimado de materiales no locales para construccion =				L. 682,830.60	
Materiales locales					
Arena de Rio Lavada	400.00	metro cubico	100	40,000.00	Concreto, mortero, repello
Grava de Rio	250.00	metro cubico	28	7,000.00	Concreto
Grava de Río 1-1/2"	250.00	metro cubico	4	1,000.00	Pozo de absorcion, sistema sanitario
Madera Rústica de Pino	18.00	pie tablar	1745	31,410.00	Encofrados
Piedra de Rio	250.00	metro cubico	22	5,500.00	Tolvas
Piedra Ripión	250.00	metro cubico	76	19,000.00	Cimentacion de mamposteria
Subtotal Estimado de materiales locales para construccion =				L. 103,910.00	
Mano de obra calificada					
Maestro de obra	L. 450.00	jornada	156	L. 70,200.00	Direccion de la obra
Albañil	L. 350.00	jornada	312	L. 109,200.00	2 albañiles
Soldador	L. 400.00	jornada	100	L. 40,000.00	100 jornadas de soldador
Subtotal mano de obra calificada para construccion =				L. 219,400.00	
Mano de obra no calificada					
Peon	L. 180.00	jornada	936	L. 168,480.00	2 peones por albañil inclusive el maestro de obra
Subtotal mano de obra no calificada para construccion =				L. 168,480.00	
Impresion de planos					
Impresion de planos constructivos	L. 70.00	hoja	30	L. 2,100.00	Tres juegos de planos (CARE, la comunidad, y APP), cada uno con 10 hojas
Impresion de planos de la obra construida	L. 70.00	hoja	30	L. 2,100.00	Tres juegos de planos (CARE, la comunidad, y APP), cada uno con 10 hojas
Subtotal impresion de planos para construccion =				L. 4,200.00	

Tabla 3-2
Presupuesto para la planta potabilizadora AguaClara
CARE FORMADAS
Alauca, El Paraiso, Honduras

DESCRIPCION DE COSTO	Precio unitario	Unidad	Cantidad	Costo total	Justificacion
Transporte					
Transporte del personal de la institucion ejecutora	L. 5.00	kilometro	7840	L. 39,200.00	1 viaje de ida y regreso a Alauca desde Tegucigalpa por semana durante los 6 meses de construccion (25 semanas), 280 km ida y regreso, 25 semanas = 7,000 km. 3 viajes antes de comenzar la construccion = 840 km. Esto tambien cubre el transporte del Tecnico de AguaClara durante los 6 meses de construccion.
Flete para materiales de construccion	8.0%	global	L. 682,830.60	L. 54,626.45	8% del costo de los materiales no locales
Subtotal transporte para construccion =				L. 93,826.45	
Viaticos					
Viaticos Ingeniero Civil	L. 200.00	dia	78	L. 15,600.00	3 visitas de campo antes de comenzar la construccion. 3 dias por semana durante los 6 meses de construccion (25 semanas).
Viaticos Ingeniero de AguaClara	L. 200.00	dia	36	L. 7,200.00	3 dias por semana durante 3 de los 6 meses de construccion (12 semanas)
Alojamiento	L. 3,000.00	mes	6	L. 18,000.00	Alquiler de una casa en Alauca
Comunicacion telefono movil	L. 75.00	semana	25	L. 1,875.00	Saldo de Lps. 75 por semana, 1 persona, 6 meses (25 semanas)
Subtotal viaticos para construccion =				L. 42,675.00	
SUBTOTAL CONSTRUCCION (EJECUTOR) =				L. 1,342,932.05	\$ 71,073.03
SUBTOTAL CONSTRUCCION (CONTRAPARTE COMUNITARIA) =				L. 272,390.00	\$ 14,415.91
SUTOTAL CONSTRUCCION (TOTAL) =				L. 1,615,322.05	\$ 85,488.94

Tabla 3-2
Presupuesto para la planta potabilizadora AguaClara
CARE FORMADAS
Alauca, El Paraiso, Honduras

DESCRIPCION DE COSTO	Precio unitario	Unidad	Cantidad	Costo total	Justificacion
CAPACITACION, SOCIALIZACION, Y EDUCACION COMUNITARIA					
Personal					
Tecnico de AguaClara	L. 17,500.00	mes	5	L. 87,500.00	El Tecnico de AguaClara se encargara de disenar y dar los modulos de capacitacion a los operadores y las Juntas de Agua, el trabajo comunitario, y poner la planta a funcionar al terminar la construccion, 5 meses dedicados al proyecto durante los 6 meses de construccion.
Subtotal personal para Capacitaciones, Socializacion, Educacion Comunitaria =				L. 87,500.00	
Viaticos					
Viaticos Tecnico de AguaClara	L. 200.00	dia	63	L. 12,600.00	Tecnico de AguaClara 3 dias por semana durante 5 de los 6 meses de construccion (21 semanas). Alojamiento en la casa alquilada en Alauca.
Comunicacion telefono movil	L. 75.00	semana	20	L. 1,500.00	Saldo de Lps. 75 por semana, 1 persona, 5 meses
Subtotal viaticos para Capacitaciones, Socializacion, Educacion Comunitaria =				L. 14,100.00	
Actividades y materiales de capacitaciones					
Alimentacion y materiales didacticos para los integrantes a las capacitaciones	L. 7,000.00	global	1	L. 7,000.00	Almuerzos y materiales didacticos
Visita a una planta AguaClara	L. 5,300.00	global	1	L. 5,300.00	1 viaje de las Juntas de Agua y operadores de Alauca a conocer la experiencia de otra comunidad con una planta potabilizadora AguaClara
Turbidimetro	L. 16,000.00	unidad	1	L. 16,000.00	Compra de un turbidimetro de marca HF Scientific MicroTPI IR para Alauca
pHmetro	L. 500.00	unidad	1	L. 500.00	Mantenimiento y depreciacion del pHmetro usado en las capacitaciones
Comparador de cloro	L. 220.00	unidad	2	L. 440.00	1 comparador de cloro para la planta y 1 para la comunidad mas lejana de la planta
Agua destilada	L. 90.00	galon	1	L. 90.00	Agua destilada para mantener el equipo de calidad de agua usado durante las capacitaciones
Coagulante para los primeros 2 meses de operacion	L. 13.00	kilogramo	625	L. 8,125.00	Coagulante para los primeros 2 meses de operacion de la planta
Subtotal actividades y materiales para Capacitaciones, Socializacion, Educacion Comunitaria =				L. 37,455.00	
SUTOTAL CAPACITACIONES, SOCIALIZACION, EDUCACION COMUNITARIA =				L. 139,055.00	\$ 7,359.32

Tabla 3-2
Presupuesto para la planta potabilizadora AguaClara
CARE FORMADAS
Alauca, El Paraiso, Honduras

DESCRIPCION DE COSTO	Precio unitario	Unidad	Cantidad	Costo total	Justificacion
SEGUIMIENTO Y MONITOREO					
Personal					
Tecnico de AguaClara	L. 17,500.00	mes	4.5	L. 78,750.00	4.5 meses de seguimiento y monitoreo despues de finalizar construccion
Ingeniero de AguaClara	L. 25,000.00	mes	1.5	L. 37,500.00	1.5 meses dedicados al programa de seguimiento y monitoreo
	Subtotal personal Seguimiento y Monitoreo =			L. 116,250.00	
Transporte					
Transporte del personal de la institucion ejecutora	L. 5.00	kilometro	5320	L. 26,600.00	1 viaje de ida y regreso a Alauca desde Tegucigalpa por semana durante los 4.5 meses de seguimiento y monitoreo (19 semanas). 280 km ida y regreso, 25 viajes, Lps. 5/km.
	Subtotal transporte Seguimiento y Monitoreo =			L. 26,600.00	
Viaticos					
Tecnico de AguaClara	L. 200.00	dia	38	L. 7,600.00	Tecnico de AguaClara 3 días por semana durante los 4.5 meses de seguimiento y monitoreo (19 semanas)
Ingeniero de AguaClara	L. 200.00	dia	10	L. 2,000.00	5 visitas de 2 días para el Ingeniero de AguaClara durante los 4.5 meses de siguimiento
Alojamiento	L. 3,000.00	mes	4	L. 12,000.00	Alquiler de una casa en Alauca para la etapa de seguimiento y monitoreo
Comunicacion telefono movil	L. 75.00	semana	25	L. 1,875.00	Saldo de Lps. 75 por semana, 1 persona, 6 meses
	Subtotal viaticos Seguimiento y Monitoreo =			L. 23,475.00	
Actividades y materiales de Seguimiento y Monitoreo					
Analisis confirmatorios bacteriologicos	L. 80.00	analisis	12	L. 960.00	6 analisis de entrada y efluente de la planta durante el seguimiento y monitoreo
Analisis confirmatorios fisicoquimicos	L. 500.00	analisis	4	L. 2,000.00	Analisis de entrada y efluente 2 veces durante el seguimiento y monitoreo
	Subtotal actividades Seguimiento y Monitoreo =			L. 2,960.00	
	SUTOTAL SEGUIMIENTO Y MONITOREO =			L. 169,285.00	\$ 8,959.20
	SUBTOTAL A EJECUTAR (SIN APOORTE COMUNITARIO) =			L. 1,651,272.05	\$ 87,391.55
	SUBTOTAL (INCLUSIVE APOORTE COMUNITARIO) =			L. 1,923,662.05	\$ 101,807.46
Administracion					
Administracion	10%	porcentaje	-	L. 165,127.20	10% del total a ejecutar (no inclusive el aporte de la comunidad)
	Subtotal administracion =			L. 165,127.20	\$ 8,739.15
	TOTAL FINAL A EJECUTAR (SIN EL APOORTE DE LA COMUNIDAD) =			L. 1,816,399.25	\$ 96,130.70
	TOTAL FINAL (INCLUSIVE EL APOORTE DE LA COMUNIDAD) =			L. 2,088,789.25	\$ 110,546.61

3.6 Cronograma

Se presenta un cronograma de las tres etapas del proyecto (Construcción; Capacitación, socialización, y educación comunitaria; y Seguimiento y monitoreo) a ejecutar en el año 2011 en la Tabla 3-3.

Etapa del proyecto	Tiempo en meses y quincenas del año 2011																			
	Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Sept		Oct		Nov		Dic	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1) CONSTRUCCION	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
2) CAPACITACION, SOCIALIZACION, EDU. COM.		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■									
3) SEGUIMIENTO Y MONITOREO												■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabla 3-3: Cronograma del proyecto de la planta potabilizadora AguaClara de Alauca, El Paraíso.

4.0 BIBLIOGRAFIA

AguaClara Design Tool.

<https://confluence.cornell.edu/display/AGUACLARA/AguaClara+Design+Tool>, 14 de diciembre, 2010.

CARE FORMADAS, 2010. Diagnóstico y estudio de prefactibilidad de mejoramiento del proyecto de agua potable y saneamiento, Alauca, El Paraíso. CARE Internacional en Honduras, Proyecto de Fortalecimiento del manejo descentralizado de los servicios de agua potable y saneamiento (FORMADAS). Tegucigalpa, Honduras, septiembre 2010.

CARE FORMADAS, 2011. Reunión de personal de CARE FORMADAS con personal del programa AguaClara de Agua Para el Pueblo. Oficinas de CARE, Tegucigalpa, Honduras, 25 de enero 2011.

Díaz, Arturo; Smith, Daniel; y Serrano, Wilfredo. AguaClara – Una alternativa para el tratamiento de agua para consumo humano. *Actas del XXVI Congreso Centroamericano y V Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS)*, Guatemala, 8-11 de noviembre, 2009.

La experiencia del proyecto AguaClara y sus plantas de tratamiento. *CHAC: Revistas oficial de la Red de Agua y Saneamiento de Honduras*, 9^a. Edición, octubre 2009, 7-10.

Smith, 2010. Estudio de documentación de las plantas potabilizadoras AguaClara. Smith, Daniel W., Agua Para el Pueblo y AguaClara, presentado a la Red de Agua y Saneamiento de Honduras, Tegucigalpa, Honduras, septiembre 2010.

Weber-Shirk, Monroe. Gravity Powered Flow-Controllers for Chlorine and Alum Dosing. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, **58**(2), 147-152.

Weber-Shirk, M.L. and Lion, L.W. Flocculation model and collision potential for reactors with flows characterized by high Peclet numbers. *Water Research*, **44**(18), 5180-7, October 2010.

ANEXO 1

FOTOGRAFIAS DEL SITIO DE CONSTRUCCION DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE ALAUCA



Fotografía 1: Sitio en la aldea Matapalo de Alauca, El Paraíso, conocido como El Algodonal, donde se construirá la planta potabilizadora AguaClara.



Fotografía 2: Sitio en la aldea Matapalo de Alauca, El Paraíso, conocido como El Algodonal, donde se construirá la planta potabilizadora AguaClara.



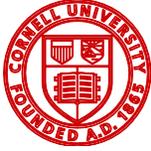
Fotografía 3: Sitio en la aldea Matapalo de Alauca, El Paraíso, conocido como El Algodonal, donde se construirá la planta potabilizadora AguaClara.



Fotografía 4: Vista desde El Algodonal.

ANEXO 2

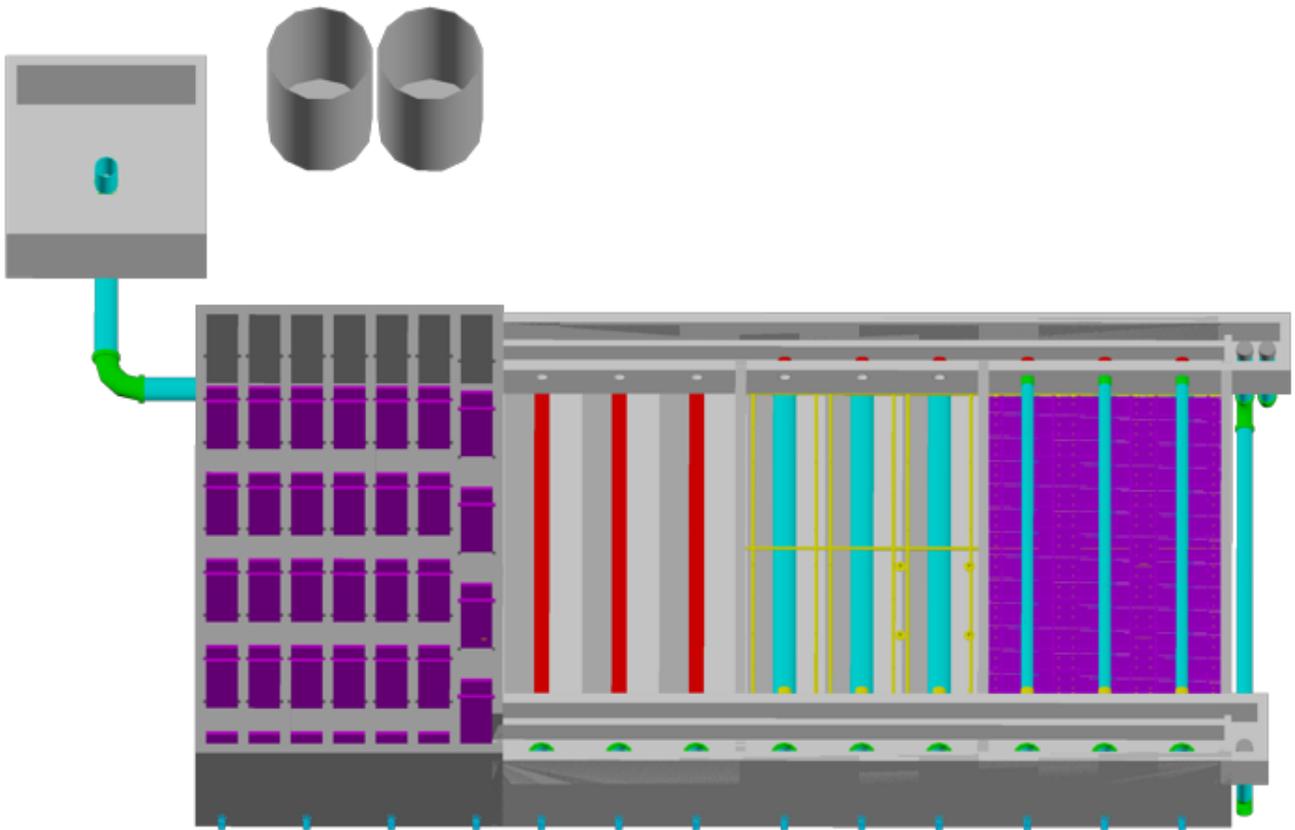
PRELIMINARY DESIGN FOR ALAUCA AND THREE VILLAGES, EL PARAÍSO, HONDURAS (“DISEÑO PRELIMINAR PARA ALAUCA Y TRES ALDEAS, EL PARAÍSO, HONDURAS”) - INFORME DE LA AGUACLARA DESIGN TOOL (INGLÉS)



Cornell University
School of Civil and
Environmental Engineering



AguaClara



PRELIMINARY DESIGN FOR ALAUCA Y TRES ALDEAS EL PARAISO, HONDURAS

MAY SHARIF

CORNELL UNIVERSITY

DECEMBER 14, 2010 AT 1:43:00 PM

COPYRIGHT © 2010 CORNELL UNIVERSITY

Table of Contents

Disclaimer	3
Permission and Licensing Information	3
Introduction to AguaClara	4
The Technology	4
Chemical Doser.....	4
Chemical Dose Controller.....	4
Rapid Mix	9
Flocculation.....	9
General Flocculation Design.....	10
Sedimentation	11
General Description	11
Maintenance	11
Input Values	12
Basis of Design Inputs	12
Hydraulic Design	13
Inlet Channel.....	13
Inlet Channel Weir	14
Inlet Manifold	15
Sludge Drain	16
Sedimentation Tank	17
Sedimentation Drain Design	18
Plate Settler Pipe Frame.....	20
Effluent Launder	20
Exit Channel.....	21
Inlet and Exit Channel Weirs	21
Inlet and Exit Control Boxes.....	21
Materials List	21
Entrance Tank	21
Flocculation Tank	22
Sedimentation Tank	22
Plant Construction General Requirements.....	22
List of AguaClara Plants.....	23
Appendix.....	23



Cornell University
School of Civil and
Environmental Engineering



AguaClara

<http://aguaclara.cee.cornell.edu/>

Dr. Monroe Weber-Shirk, Director

This preliminary design was requested by May Sharif on behalf of Cornell University. The design was created on December 14, 2010 at 1:43:00 PM by the AguaClara Design Server at Cornell University. The design is for Alauca y tres aldeas El Paraiso, Honduras and has a design flow rate of 12 L/s. The design was created with MathCAD code version 3252.

This design is the result of over 20,000 hours of undergraduate, graduate, and faculty labor. The design incorporates advanced fluid dynamics analysis for the hydraulic design to minimize floc breakup between the flocculator and the sedimentation tank. The chemical feed system is based on a series of inventions by the AguaClara team that make it possible to directly set the desired chemical dose and to maintain that dose automatically even as the flow rate through the plant varies. The high rate, shallow sedimentation tank design is optimized for high performance, low cost of construction, and ease of maintenance. The fabrication techniques that make it possible for a single operator to completely disassemble a sedimentation tank while keeping the rest of the plant in operation were developed by the AguaClara team at Cornell and by our partners in Honduras.

The economic value of this design is approximately 10,000 USD. This estimate is based on the amount of time that would be required to create this design if an environmental engineering firm used the AguaClara design algorithms, but not the automated design tool, to create this design. The AguaClara team is committed to continue providing this design service because we want to encourage new implementation partners to explore the use of this technology. We also recognize that high design costs would prevent this technology from being available to small communities. However, we do require funding to maintain our design team and to continue to integrate improvements into our designs. We recommend that implementation partners include a design fee for the AguaClara design service in the project budget. The recommended nominal fee (not its true value!) for use of this design service is 100 USD per L/s of plant capacity. You are welcome to create multiple designs for each facility that you intend to construct to obtain an optimal plant configuration. This recommended fee can be paid to AguaClara by check or [online to Cornell University](#). This fee will likely be between 1% and 2% of the overall project cost for a water treatment plant. Thank you for your support.

Donate by Check

Make the check to Cornell University

Write AguaClara in the memo field

Mail to: AguaClara, 220 Hollister Hall, Cornell University, Ithaca, NY 14853

Disclaimer

This document is a DRAFT. It has not been reviewed for official release. It is included with the design files to show what we plan to deliver in the near future.

This design, including the files accompanying this document, is only a draft and must be reviewed and approved by a licensed engineer prior to construction. If you have questions about this design please contact the AguaClara design team at Cornell University at CUAguaClara@gmail.com.

Permission and Licensing Information

Copyright © 2010 Cornell University

Authors: The AguaClara team at Cornell University under the supervision of Dr. Monroe Weber-Shirk

This design was created using the open source engineering services of the AguaClara program at Cornell University. It is subject to the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/) United States license. If you alter, transform, or build upon this work, you may distribute the resulting work only under the same, similar or a compatible license.

Permission to use this AguaClara Design Tool along with the subsequent AutoCAD renderings and supporting files for design specifications provided by Cornell based on your input parameters (collectively "WORK") and their associated copyrights without a written agreement is hereby granted. Any water treatment plants built using this WORK shall be designed and supervised by a licensed civil engineer.

IN NO EVENT SHALL CCTEC, CORNELL UNIVERSITY, OR THEIR EMPLOYEES BE LIABLE TO ANY PARTY FOR DIRECT, INDIRECT, SPECIAL, INCIDENTAL, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES, INCLUDING LOST PROFITS, ARISING OUT OF THE USE OF WORK AND ITS ASSOCIATED COPYRIGHTS, EVEN IF CCTEC OR CORNELL MAY HAVE BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

THE WORK PROVIDED HEREIN IS ON AN "AS IS" BASIS, AND CCTEC, CORNELL, AND THEIR EMPLOYEES HAVE NO OBLIGATION TO PROVIDE MAINTENANCE, SUPPORT, UPDATES, ENHANCEMENTS, OR MODIFICATIONS. CCTEC, CORNELL, AND THEIR EMPLOYEES MAKE NO REPRESENTATIONS AND EXTEND NO WARRANTIES OF ANY KIND, EITHER IMPLIED OR EXPRESSED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, OR THAT THE USE OF WORK AND ITS ASSOCIATED COPYRIGHTS WILL NOT INFRINGE ANY PATENT, TRADEMARK OR OTHER RIGHTS.

Users of WORK shall indemnify, hold harmless and defend Cornell, its officers, employees, agents, and the sponsors of the research that led to WORK against any and all claims, suits, losses, damage, costs, fees, and expenses resulting from or arising out of use of WORK. This indemnification shall include, but not be limited to, any product liability. Users of WORK, at their sole cost and expense, shall sufficiently insure their activities in connection with the WORK and obtain, keep in force, and maintain insurance or an equivalent program of self insurance. Cornell shall notify users of WORK in writing of any claim or suit brought against Cornell in respect of which Cornell intends to invoke the provisions of this paragraph. Users of WORK shall keep Cornell informed on a current basis of its defense of any claims under this paragraph.

Introduction to AguaClara

AguaClara is a program in the School of Civil and Environmental Engineering at Cornell University that designs robust municipal scale drinking water treatment technologies. The plants are sustainable because they are built using locally available materials and the treatment process and chemical feed systems are all design to takes advantage of gravity and thus eliminate the need for electricity.

The plants produce clean water by removing suspended particles such as dirt and pathogens. The removal process starts by first adding aluminum sulfate (alum) using a semi-automated chemical dosing device. Addition of alum is critical because it causes suspended particles to stick together. The alum and water are blended in a Rapid Mixer.

This water-alum mixture then goes in a tank called a flocculator in which it flows around a series of staggered plates (known as baffles) which causes the particles and alum to collide, stick together, and grow in size. The result is larger particles called flocs, which must be large enough for gravity to make them settle quickly in the next step, sedimentation.

Finally, the flocs and water flow down into the bottom of the sedimentation tank and then up through a series of plates (called plate settlers) which “catch” the flocs and cause them to fall down to the bottom of the tank. The floc-free water then enters pipes at the top of the tank and leaves the plant. The sludge is continuously drained from the bottom.

Before being distributed, the clean water is disinfected with Chlorine in order to destroy any harmful microorganisms. This last step takes place after particle removal because clean water is easier to disinfect than dirty water.

This document provides a summary of the AguaClara processes as they apply to the enclosed plant design. This means that all mathematical values provided herein (e.g. number of flocculation tanks, distance between the centers of the orifices, etc) are tailored to this plant design, and will not necessarily apply to other AguaClara plants.

The Technology

Chemical Doser

Chemical Dose Controller

In order to treat highly turbid water, a chemical needs to be added to the raw water to facilitate the coagulation of suspended dirt particles. This chemical called alum, causes the negatively charged colloidal matter in the raw water to stick together after they collide and settle out of suspension. In this regard, accurate alum dosing is vital for the effectiveness of flocculation and sedimentation and the overall quality of the plant effluent.

The Chemical Dose Controller (CDC) is a device which accurately doses alum at specified concentrations regardless of changes in the plant flow rate. The float attached to one end of the lever arm provides a response to the quantity of influent water, as measured by the height of water in the entrance tank. The target alum concentration is selected by the operator by sliding an orifice along the lever arm which is a reflection of the quality of the influent water.

The apparatus has been designed with three different dosing orifice sizes which correspond to three different scales on the lever arm. A dual scale with a low (10-22 mg/L) and a medium (20-44 mg/L) and a high (40-88 mg/l) alum dosing range allows for more accurate dosing. The operator will decide, based on the turbidity of the raw water, which of the three scales to use. If,

for example, highly turbid waters are present, the larger orifice corresponding to the 40-88 mg/liter scale will be used. The following sections will identify the steps involved in ensuring the proper calibration and usage of the nonlinear chemical doser in AguaClara plants.

1. Ensuring proper elevations for dosing

Maintaining a required minimum elevation of the stock tank outlet is essential for the proper operation of the dosing system. Figure 1 below provides a representation of the dosing system elevations.

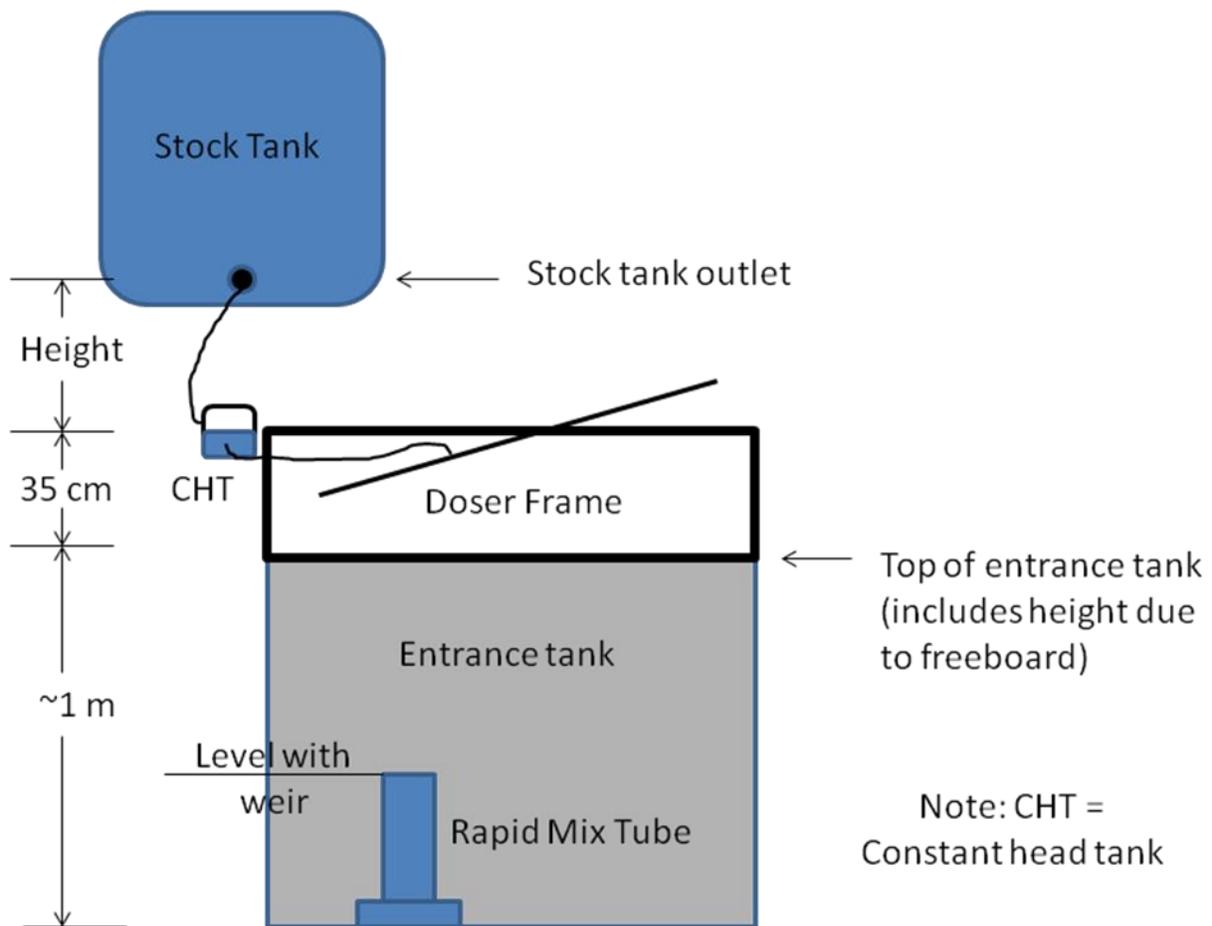


Figure 1. Critical elevations in the entrance tank

Where:

Height is the elevation of the stock tank outlet above the CHT float valve (error: MathCAD variable not defined).

The calculated “Height” shown in the figure above ensures that the flow rate coming into the constant head can match the flow rate through the dosing orifice plus a factor of safety.

2. Calibrating the dosing system

a) Marking dosage concentrations

As previously mentioned, the Nonlinear Chemical Doser is a triple scale, orifice based doser which allows the plant operator to choose between three alum dosing ranges for added accuracy. The operator can choose between three orifice sizes which correspond to three dosing ranges, a low dosage (10-22 mg/L), a medium (20-44 mg/L), and a high dosage (40-88 mg/L). The triple scale is shown in the figure below:

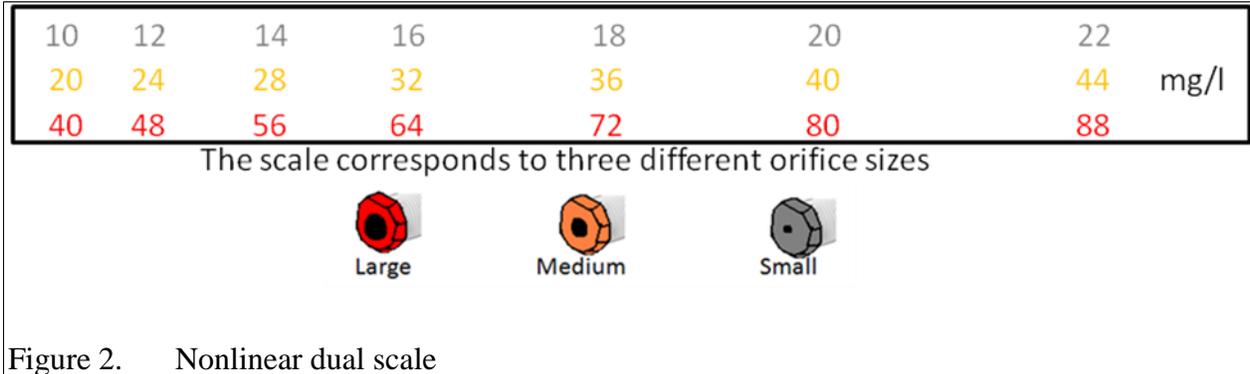


Figure 2. Nonlinear dual scale

The distances to these dosage concentrations are measured using the pivot point as the reference point, as seen in the figure below.

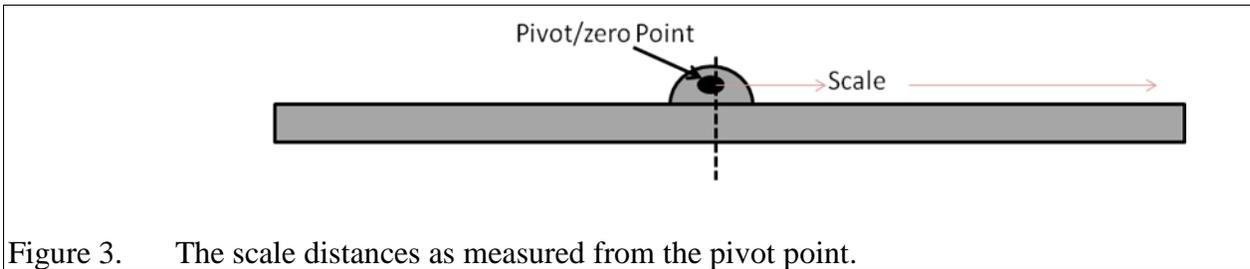


Figure 3. The scale distances as measured from the pivot point.

The scale distances correspond to a certain head or elevation height which drives the flow of alum. The scale then indicates the spot on the dosing arm which provides enough head to match the flow requirements of alum at that concentration point. The scale distances, the corresponding orifice sizes, and the required flow of alum are shown in the table below:

Triple Scale parameters:

The diameters of the orifices are error: MathCAD variable not defined.

a) Adjusting the length of the chain.

With the slider moved to the zero dosage position (0 mg/L) on the dosing arm, adjust the length of the chain (or the mass of the float or of a counterweight) until the dosing arm is completely horizontal. This will serve as a base point from which the lever arm movements will start as plant flow increases.

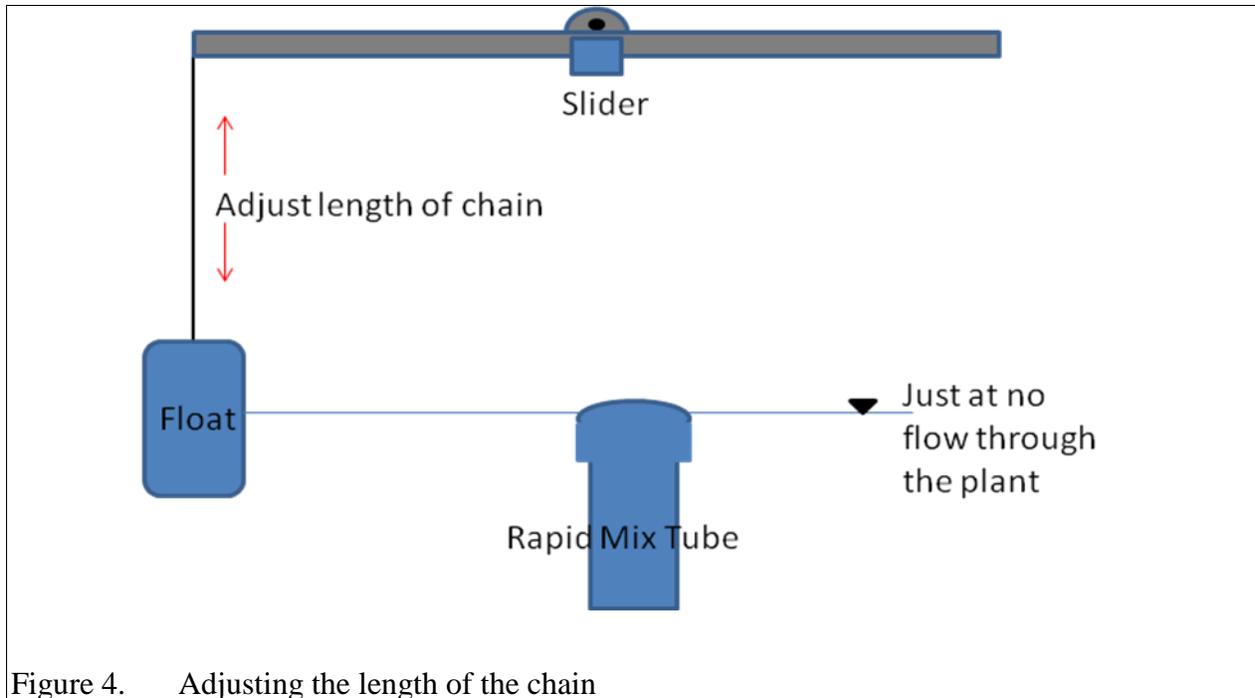
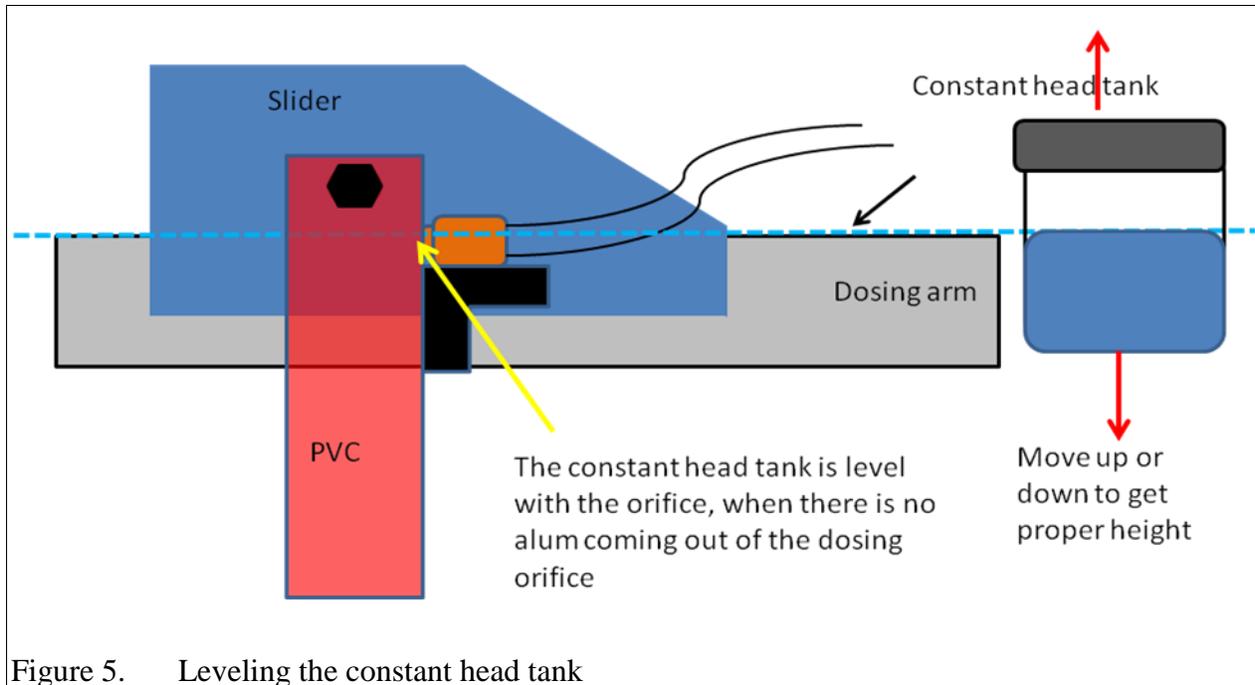


Figure 4. Adjusting the length of the chain

The water level in the entrance tank should be right at the point where there is no flow going through the plant. This is to ensure that as soon as water begins to flow into the rapid mix tube, the float will start to rise, causing alum to begin to be dosed.

b) Setting the level of the constant head tank.

While the dosing arm is still horizontal and the slider is on the point of zero concentration move the constant head tank up or down until the water surface level is even with that of the orifice. As soon as the water surface is level with the orifice opening there will be no head driving flow, and there will be no alum flow through the orifice.



3. Minimum plant flow rate

The accuracy of the nonlinear chemical doser can be compromised due to surface tension if the plant flow is not high enough. Surface tension, which is a result of the cohesive nature of molecules on a water boundary, could compromise the effluent quality of water from the plant. As a result a minimum plant flow rate of error: MathCAD variable not defined is being recommended.

4. Maintenance

a) Cleaning of the apparatus/Clogging of the dosing orifice

Periodic cleaning of the parts of the dosing system is essential for proper operation. Additionally, the dosing orifice needs to be periodically checked to ensure that the opening not partially blocked or clogged.

b) Sediment trap

A sediment trap between the stock tank and the constant head tank reduces clogging of the float valve and dosing orifice.

5. Operational issues:

- 1) Make sure the constant head tank cap has a small hole so that the air inside the tank is at atmospheric pressure.
- 2) Before using, ensure that there are no air bubbles in the dosing line. The presence of air bubbles causes inaccurate dosing. Disconnect the dosing tube and move it up and down to purge the lines of the bubbles.

Rapid Mix

Before influent water enters the rapid mixer, it must be treated with aluminum sulfate, which is often referred to as “alum”. Treatment with alum is an essential component of the water purification process, as it initiates the sequence of particle coagulation that makes flocculation effective.

Once turbid water has been treated with alum, the impurities in the water will begin to stick together, forming flocs. Only when all of the flocs are removed from the water will it truly be purified.

Rapid mix serves the function of distributing alum evenly throughout the raw water. The goal is to achieve small-scale mixing on the molecular scale to ensure that the alum permeates throughout all of the water coming in to the system to allow for optimal flocculation. The rapid mix system is a pipe with two orifice interfaces. One interface is for macro-scale mixing, which will have larger diameter orifices and less energy dissipation, and the other interface for micro-scale mixing, which will have smaller diameter orifices and more energy dissipation. Orifices are circular because a circle can be drilled easily. The rapid mix program calculates the required pipe size, `InnerPipeDiameter`, the diameter of the macro-mixing orifice, `MacroMODiameter`, the diameter of the micro-mixing orifices, `MicroMODiameter`, and the number of micro-mixing orifices, `MicroMONumber`.

The diameter of the pipe used for rapid mix is determined based on the plant flow rate and constraints on the total head loss desired in the system and for the macro-mixer. The diameter is rounded to the closest available pipe size. For this function, the values for the length of the pipe, 200 mm, the minor loss coefficient, `K.Rm`, and `NU`, the kinematic viscosity are already defined. Head loss for the macro-mixing is set to `MacroMHConstraint`. The total head loss throughout the plant is set at 40 cm. Thus, the total head loss in the rapid mix portion of the plant is the difference between the total head loss and the head loss from the rest of the plant. The micro-mixing head loss is thus the difference between this value and the macro-mixing head loss.

When sizing the micro-mixing orifice, an energy dissipation of 1 W/kg must be met to ensure sufficient mixing. Based on the value determined for the micro-mixer head loss, the diameter for the micro-mixing orifice is obtained.

Flocculation

The flocculator causes colloids (small particles) to collide and stick together to form larger aggregates (flocs) that can settle out more easily in the sedimentation tank. Particles collide more frequently in turbulent flow. Since the AguaClara plants use no electricity, the turbulence is generated by controlling the flow of the water around sharp bends. The water flows around a series of baffles. The baffles are in several channels to create a compact plant footprint and to minimize construction costs by maximizing shared wall space. The flocculation tank is also designed to have the same length as the sedimentation tank so the two unit processes can share a common wall. There are 4.0 channels in the flocculator and each channel is 540 mm wide (inner width, not including walls).

The particles must collide a certain number of times for them be large enough to settle out in the sedimentation tank but not prematurely in the flocculation tank. The target collision potential (a measure of the opportunities for collisions provided by the flocculator) that was set for the flocculator was $100 \text{ m}^{2/3}$. The actual total collision potential was $100 \text{ m}^{2/3}$. Note that the design value for the collision potential can be significantly higher than the target because the number of flocculator channels must be an integer. The equation for the collision potential in each space between baffles is

$$\psi_p \cong K_p^{\frac{1}{3}} H^{\frac{1}{2}} S^{\frac{1}{6}} \quad (1)$$

where $\psi_p = 1.2 \text{ m}^{(2/3)}$ is the collision potential between each baffle, $K_p = 2.0$ is the head loss coefficient due to the 180° bend, H is water depth for vertical baffle or the channel width for horizontal baffles, and S is the distance between baffles.

The height of the flocc tank wall was calculated by adding the head loss of the water through the flocculator to the height of the water in the inlet channel of the sedimentation tank and a freeboard height that was set as 100 mm. The height of each flocc tank wall measured from the inside bottom (i.e. not including the thickness of the slab) of the flocculator is 1.89 m.

The total width of the flocc tank (measured perpendicular to the direction of the channels), including the thickness of all the walls except the one shared with the sedimentation tank is 2.76 m. The total length of the flocc tank is the same as the total length of the sedimentation tank. The total length of the flocc tank including the thickness of the walls is 4.13 m. The floor of the flocculator (from the inside, not including the thickness of the bottom wall) is elevated 0.00 m from the floor of the sedimentation tank (from the inside, i.e. not including the thickness of the bottom wall).

The residence time in the flocculator is 1100 s. The average velocity in the flocculator is 130 mm/s.

General Flocculation Design

Gate valves are placed at the base of every other channel in the flocculator (both horizontal and vertical) at-grade to allow for draining. Additionally, the design requires a drain in the first and last channel of the flocculator, so if there is an even number of channels, the first two channels (the ones closest to the entrance tank) will each have a valve. The nominal diameter of the valve, 50.8 mm, is calculated so that the flocculator tank can be drained in less than 1800 s. The valves that need to handle the highest flow rates are the valves that drain two channels. All of the valves are then set to that size. The equation for the minimum valve diameter is given by

$$D_{\text{Drain}} = \sqrt{\frac{8L_{\text{tank}}W_{\text{tank}}}{\pi t} \left(\frac{K_e H_{\text{tank}}}{2g} \right)^{\frac{1}{4}}} \quad (4)$$

where

This design requires 3.0 drain valves for the flocculator. An 50.8 mm diameter coupling is embedded in the flocculator wall. A short nipple and an adaptor are used to connect to the valve. We recommend connecting an elbow to the effluent of the valve to deflect the water into the drain canal.

Since the center of the valve is aligned with the floor of the flocculator, slopes are required in the floor of the tank. The slopes have a width equal to the diameter of the valve, 50.8 mm, and a depth equal to half the diameter, H.FlocSlope. Thus, the valve is placed at-grade with a slope of 30 degrees. In the event that a 30 degree slope causes the slope to be longer than the space between baffles, the length of the slope is set to be 5 cm away from the nearest baffle. If the distance the slope extends into the channel is longer than the spacing between baffles, the slope would extend through a baffle. To correct this problem, the distance the slope extends into the channel will be set to a distance of 5 cm from the nearest baffle.

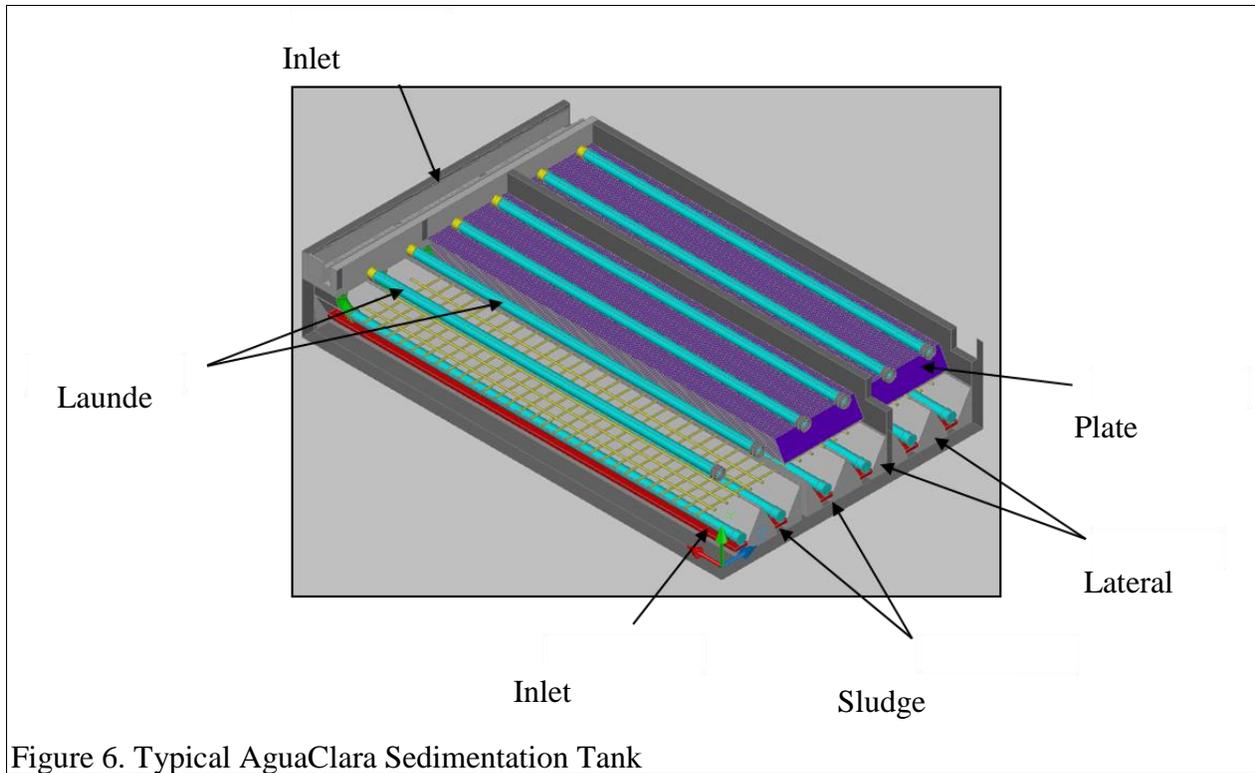
Sedimentation

General Description

The AguaClara sedimentation tank is a vertical flow sedimentation tank in which settling is achieved through low up flow velocity and plate settlers. The most important parts of the tank are the Inlet Channel, Inlet Manifold, Sludge Drain, Lateral Slopes, Plate Settlers and Effluent Launder and Effluent Channel (see Figure 6).

Maintenance

The AguaClara sedimentation tanks are designed to be maintained by one or two operators. The tanks are designed with the operator in mind. A sedimentation tanks can be isolated from the rest of the plant for cleaning without using any valves. The inlet and outlet connections are simple capped and then the tank can be drained. Each sedimentation bay is constructed so that it can be disassembled without affecting adjoining bays. The launder pipes, plate settlers, plate settler support frame, inlet manifold and sludge drain cover can all be removed by an operator. The only tool required is a screwdriver to loosen the band clamps on the launder and inlet manifold. Daily maintenance to control sludge levels is done by opening the sludge drain valve (without electricity). A more extensive tank cleaning is required to remove sludge build up especially after periods of very high turbidity.



Input Values

The input values used for the sedimentation tank design are shown in the following table.

Table 1. Input Design Values

Plant Flow rate	12 L/s
Number of Sedimentation Tanks	4.0
Number of bay per Sedimentation Tank ¹	1.0
Width of plate settlers	1.08 m
Length of sheet used to make plate settlers	3.66 m

Basis of Design Inputs

In general, sedimentation tank design is based on three major parameters that control its adequate performance, up flow velocity inside the sedimentation tank, capture velocity of the plate settlers and energy dissipation rate inside in its components. Research done by the AguaClara team has provided guidelines to use certain values that have proven adequate for the optimum performance of the sedimentation tank.

The following table shows that basis of design inputs used by AguaClara to design the sedimentation tank.

¹ The number of bays set by the user can change in the design process in order to create sedimentation tanks that aren't too long for reasonably sized inlet manifolds.

Table 2. Basis of Design Inputs Values

Up flow velocity	800 microm/s
Capture velocity	104 microm/s
Energy dissipation	6.0 mW/kg

Hydraulic Design

Inlet Channel

The main objective of the inlet channel design is to transport flocs from the flocculation tank to the inlet manifolds. It must prevent settling in the channel and it must not break the flocs. To prevent floc breakup the maximum energy dissipation rate (ϵ_{Max}) inside the inlet channel must be less than or equal to the maximum energy dissipation rate in flocculation (6.0 mW/kg). The location of the maximum energy dissipation rate is downstream of the entrance to the inlet channel where the water takes a 90° bend as it leaves the flocculator. The minimum channel area required to achieve this energy dissipation rate is estimated using the following equation.

$$A_{Channel} \cong \left[\frac{Q_{Plant} 0.34}{K_{VenaContracta}^{\frac{4}{3}} \epsilon_{Max}^{\frac{1}{3}}} \right]^{\frac{6}{7}} \quad (5)$$

Where

- $A_{Channel}$ = Area of the inlet channel
- Q_{Plant} = Plant flow
- $K_{VenaContracta}$ = Vena contracta coefficient (0.62)
- ϵ_{Max} = Maximum Energy dissipation rate of the flocculator

- The inlet channel is designed with a series of constraints including:
- wide enough to contain the couplings that connect to the inlet manifold
- deep enough so the channel wall can have a ledge to support the effluent launder pipes
- shallow enough for easy access to the bottom of the channel
- area large enough to prevent floc breakup

The diameter of the couplings embedded is taken into account to make sure that they will fit in the channel. In case the couplings do not fit in the initial width calculation, a new width is calculated according to the couplings requirements. The energy dissipation rate in the flocculator, 6.0 mW/kg, is high enough to meet scour velocity. The channel is designed to have 100 mm of freeboard.

The energy dissipation rate in the Inlet Channel is equal to 6.0 mW/kg and the average velocity at the beginning of the inlet channel for the current design is $V_{InletChannel}$.

The following table shows the dimensions of the inlet channel.

Table 2. Inlet Channel Dimensions

Length	5.07 m
Inside Width	418 mm
Height (includes freeboard)	356 mm
Water Depth	256 mm

Inlet Channel Weir

The main function of the weir in the inlet channel is to divert water bypassing the sedimentation tank. This operation can be necessary in maintenance operations or in case of a failure in the flocculation process. The type of weir depends on the plant design flow rate. Perpendicular weirs are used for low flow plants and parallel weirs are used for high flow plants.

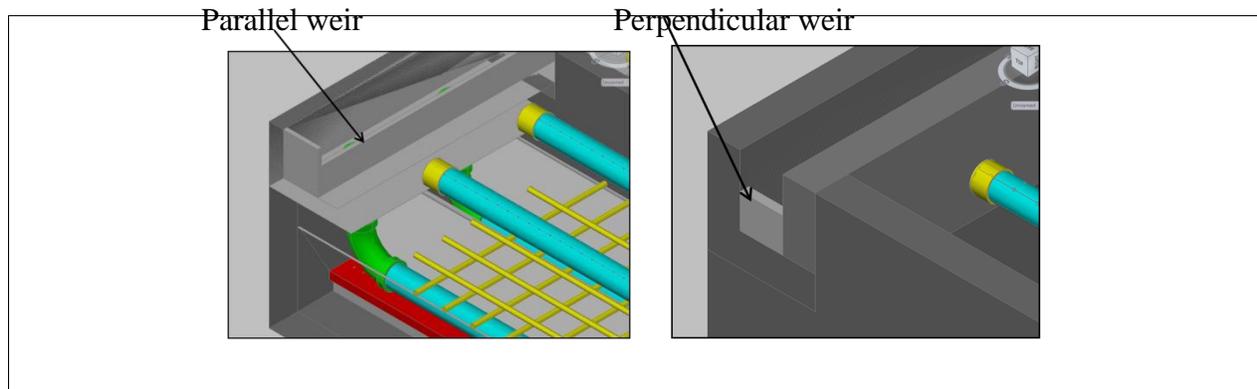


Figure 7. Inlet Channel Weirs for a high flow rate facility showing a parallel weir (left) and for a low flow rate facility showing a perpendicular weir (right). The weirs provide a mechanism to dump poorly flocculated water without contaminating the sedimentation tanks.

The width of the weir is defined by the type of weir. Perpendicular weirs have the same width as the inlet channel and the width for parallel weirs is equal to the length of the inlet channel. The height of the weir is estimated by the following equation

$$H_{weir} = H_{Water} - H_{HeadlossWeir} \quad (6)$$

The dimensions and head loss of the weir are shown in the following table.

Table 3. Inlet Channel Type, Dimensions and Head loss

Type of Inlet Weir	Perpendicular
Length of Inlet Weir	5.07 m
Height of Inlet Weir	244 mm
Head loss across the Inlet	11.7 mm

Weir	
------	--

It should be noted that if the inlet channel has a parallel weir, the inlet channel width includes the width of the weir exiting channel.

Inlet Manifold

The inlet manifold is a pipe that transports water from the inlet channel to the bottom of the sedimentation tank. Water is distributed uniformly through ports in the bottom of the manifold (see Figure 8).

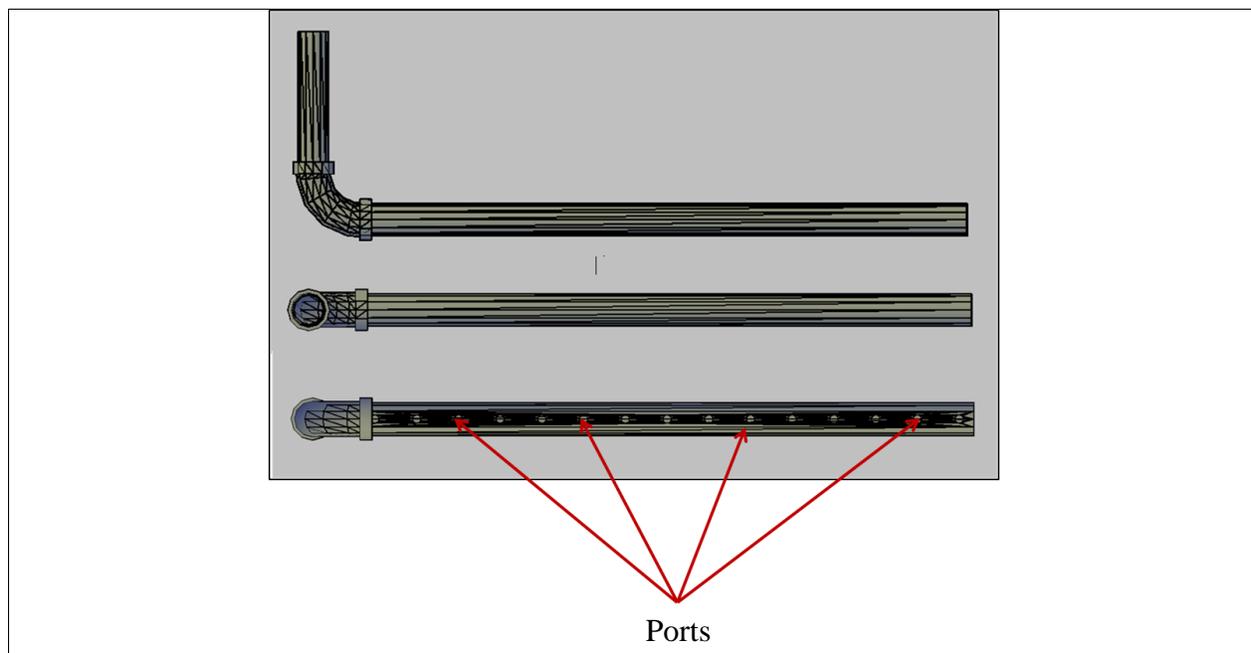


Figure 8. Inlet Manifold

The main constraints in the manifold design are low energy dissipation rate to prevent floc break-up and uniform velocity from the ports. The pipe diameter is sized to have an energy dissipation rate near the pipe entrance that is lower than the energy dissipation rate in the flocculator. The minimum diameter is given by the following equation.

$$D_{Pipe} \cong \frac{1}{\sqrt{K_{VenaContracta}}} \left[0.34 \frac{4Q_{Pipe}}{\pi \mathcal{E}_{Max}^{\frac{1}{3}}} \right]^{\frac{3}{7}} \quad (7)$$

- D_{pipe} = pipe diameter
- Q_{pipe} = Flow per sedimentation tank

- ϵ_{\max} = Maximum energy dissipation rate

The number of ports in the inlet manifold is estimated by dividing the inlet manifold length by the spacing between ports. Currently the spacing between ports is set to 100 mm. The optimum port diameter of the manifold should have the sum of the areas of the jets flowing out the ports equal to the area of the pipe. Port diameter is estimated to meet this requirement taking into account available drilling sizes.

The dimensions of the inlet manifold design are shown in the following table.

Table 4. Inlet Manifold Dimensions

Nominal Diameter	152 mm
Port diameter	35.1 mm
Number of ports	31.0
Distance between ports	100 mm
Length	3.57 m
Manifold Elevation (see Figure 9)	Z.SedManifold
Manifold/Drain Cover separation (see Figure 9)	16.8 mm

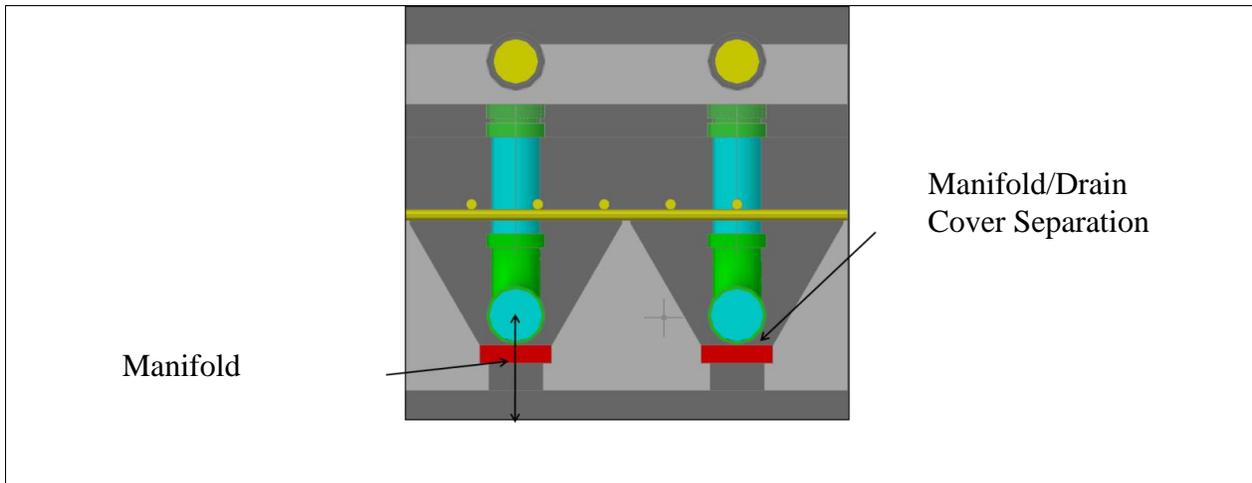


Figure 9. Manifold Important Elevations

Sludge Drain

The sludge drain is a rectangular channel which drains settled floc out of the sedimentation tank during purging. This channel is designed to be able to drain one sedimentation tank bay in Ti.SludgeDrain. On top of the drain channel there is a drain cover. The purpose of this cover is to provide a uniform suction force on the settled sludge in order to prevent sludge accumulation at the beginning of the drain.

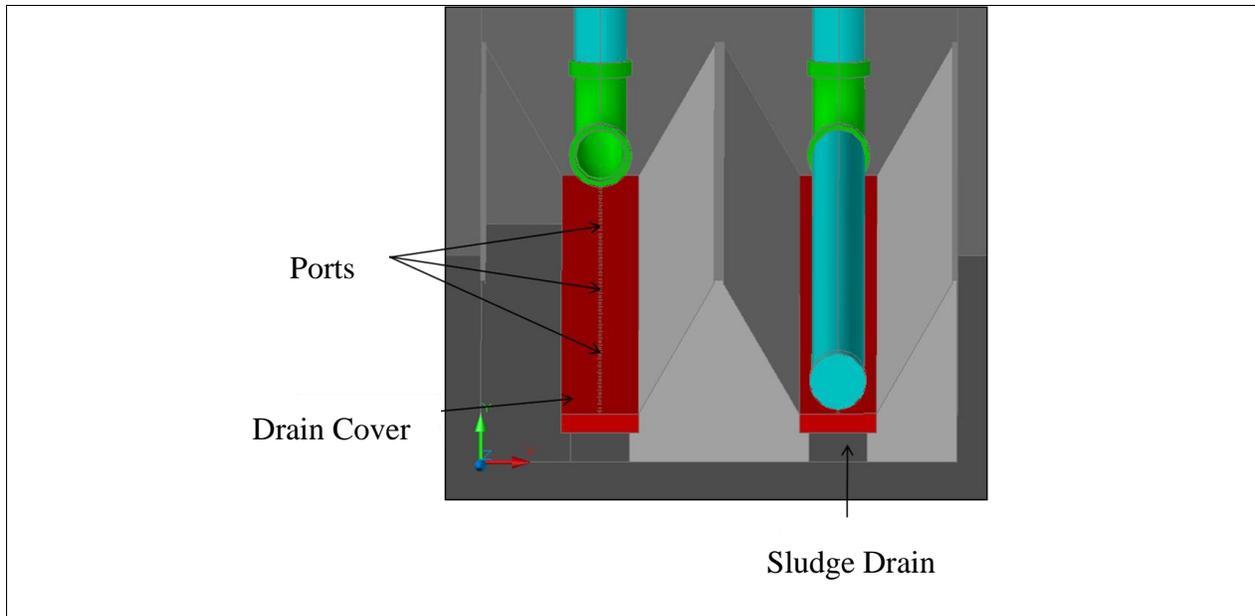


Figure 10. Sludge Drain

The dimensions of the Sludge Drain are shown in the following table.

Table 5. Sludge Drain Dimensions

Width	91.5 mm
Height	45.7 mm
Drain cover width	191 mm
Drain cover thickness	50.0 mm
Drain Cover port diameter	9.72 mm
Drain Cover port spacing	100 mm
Number of Sludge Orifices	38.0

Sedimentation Tank

The objective of the sedimentation tank is to provide an adequate environment for the flocs to settle. Settling is done in two stages; the first is in the sedimentation tank and the second in the plate settlers. The sedimentation tank has lateral inclined walls. The main purpose of these sloped bottoms is to increase up-flow velocity near the inlet manifold so that settled flocs can be re-suspended to create a floc blanket. The sludge drain is designed to remove sludge and to drain the tank for any tank maintenance.

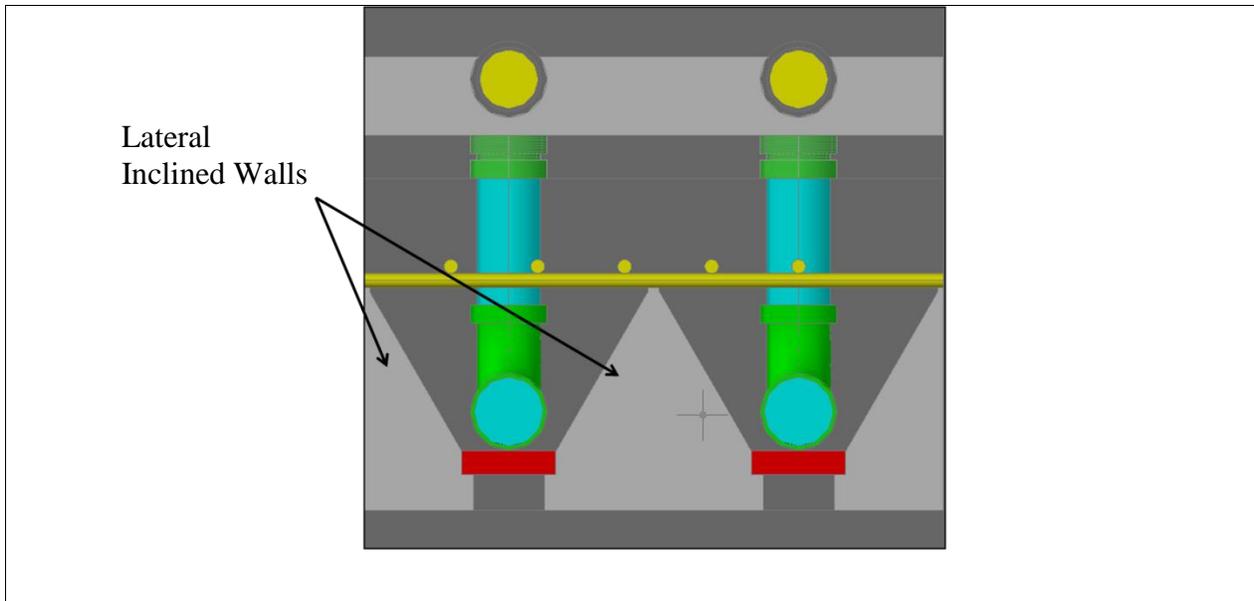


Figure 11. Typical Sedimentation Tank

The value of the up flow velocity at the top of the sedimentation tank is shown in the following table.

Up Velocity	flow	800 microm/s
-------------	------	--------------

The dimensions of the sedimentation tank as shown in the following table.

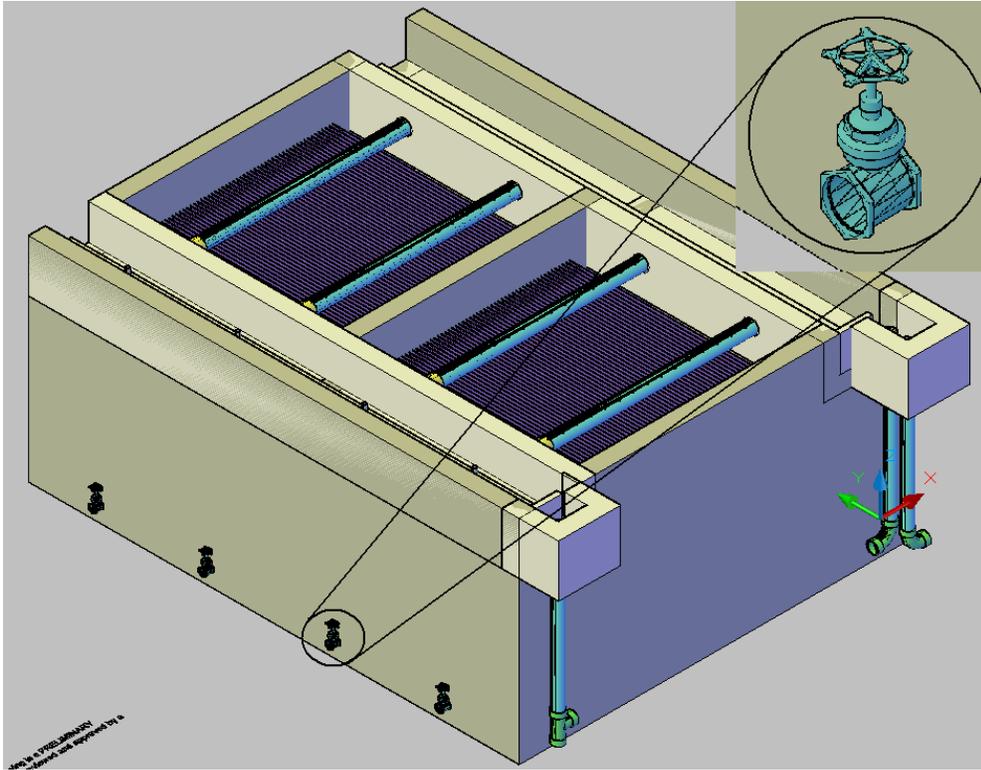
Table 6. Sedimentation Tank Dimensions

Tank bay width	1.08 m
Tank bay length	3.83 m
Height of inclined walls	822 mm
Width of inclined walls	419 mm
Angle of inclined walls	60 degrees

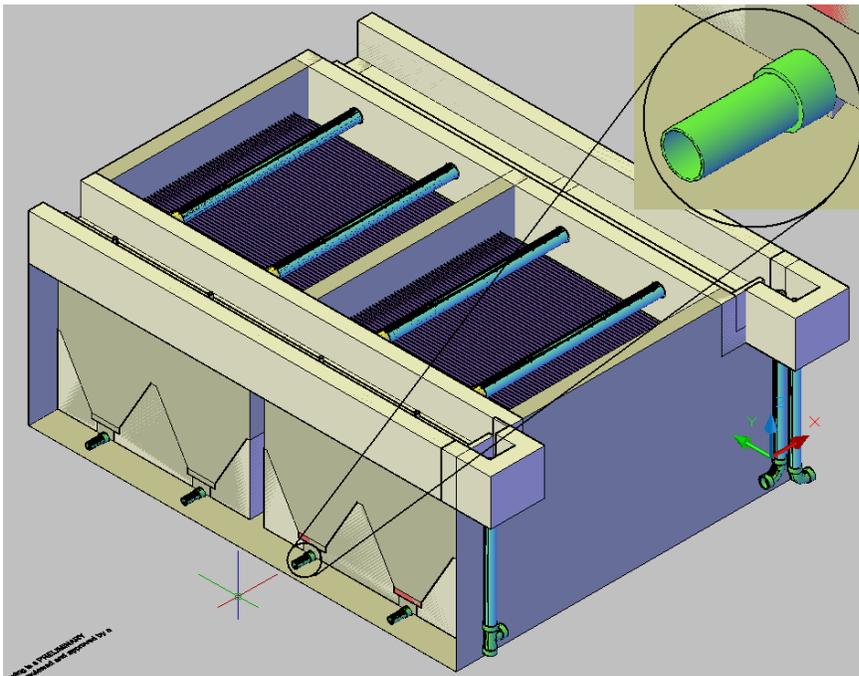
The inclined walls have the same angle as the plate settlers. Their main goal is to have flocs slide down to the bottom of the sedimentation bay where they can be resuspended.

Sedimentation Drain Design

The size of the valve used to drain the sedimentation tank, is based on a user input time, 1800 s. Each bay in every sedimentation tank must have a valve of its own. This design requires 4.0 valves at a nominal diameter of 76.2 mm.



A short pipe nipple can be attached to coupling that is embedded in the wall of the tank. A pipe adapters can be used to connect to the drain valves.



The drain valves are centered at the top of the slab and thus slopes are required in the floor of the tank to align with the valve invert. The slopes have a width equal to the nominal diameter of the valve, $ND.SedValve$, and a depth equal to half the diameter, $H.SedSlope$.

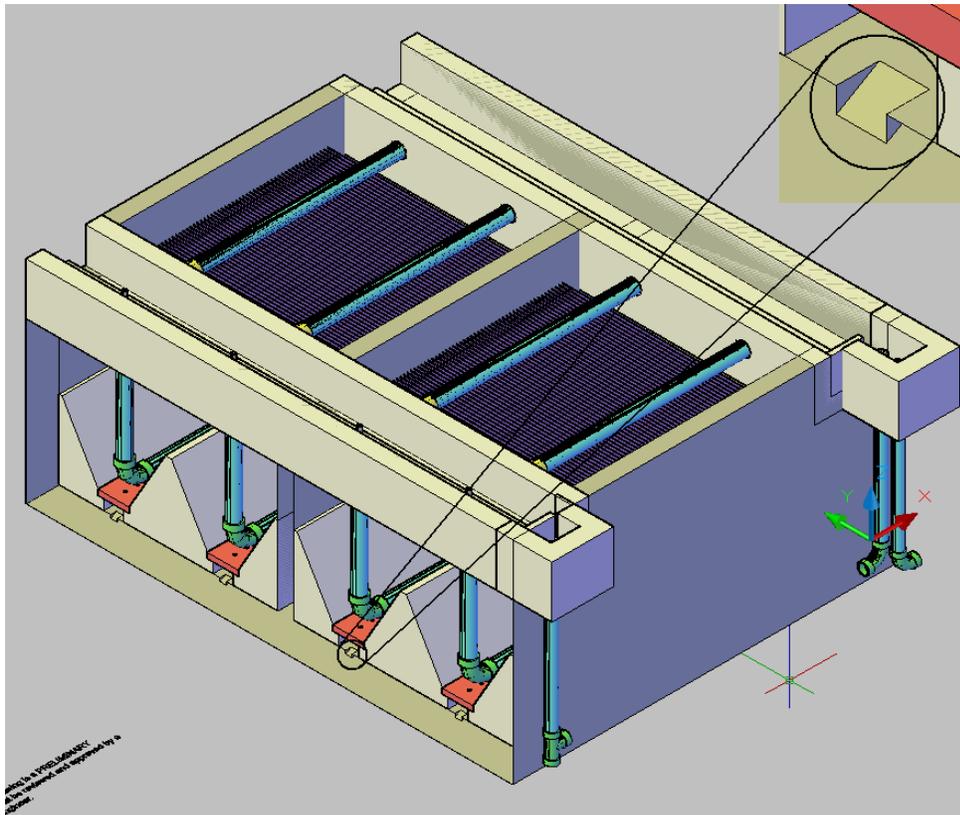


Plate Settler Pipe Frame

Plate Settler As water flows up through the bottom of the sedimentation bay, it flows through the plate settlers. The lamella are corrugated plates oriented set at an angle of 60 degrees from the horizontal. Their purpose is to capture small floc particles. The flocs settle onto the lower plate and then slide down to the bottom of the sedimentation bay. The lamella are 1.08 m wide and 610 mm long.

Effluent Launder

- The number of orifices in each launder is 44.0.
- The diameter of the sedimentation tank launder is 102 mm.
- The elevation of the sedimentation tank launder is 1.55 m.
- The number of launders per sedimentation bay is 1.0.
- The number of launders in the plant is 4.0.
- The length of the sedimentation tank launder is 2.74 m.
- The diameter of the sedimentation tank launder orifice is 12.9 mm.

The distance between the centers of the orifices is 119 mm.

Exit Channel

The water flows from the launder into the exit channel. Like the inlet channel, the exit channel is a rectangular channel that is 373 mm wide and the height of the exit channel is 356 mm. The channel thickness is T.PlantWall.

Inlet and Exit Channel Weirs

In both the inlet channel and exit channel there are weirs that regulate the water height in the plant. There are two possible weir designs:

The weirs span the length of the entire inlet or exit channel, and run parallel to the channel.

The weirs span the width of the channel and run perpendicular to the channel.

In our case, the weirs behave as described in (1).

By calculating the head loss over the weir given the plant flow rate, the height of the weir can be determined. The height of the water in the plant is then equal to the height of the water flowing over the weir. The weir in the exit channel regulates the height of the water in the sedimentation tank (and thus the rest of the plant) during normal plant operation. Its height measured from the bottom of the channel is 204 mm and its width is 5.07 m. When the water coming from the flocculator is not suitable for the flocculator, the water can be dumped before going into the sedimentation tank. In this case the weir in the inlet channel regulates the height of the water in the flocculator. The width of the inlet weir is 5.07 m and the height of the inlet channel weir is 244 mm.

Inlet and Exit Control Boxes

The inlet control box provides a path to dump water when flocculation fails to protect the water in the sedimentation tank. The control boxes cantilever off the side of the sedimentation tank. The tank contains a pipe which will connect to an exit channel for wastewater. This pipe has nominal diameter ND.PlntWeir and length inletweirpipe.length. The pipe has a tee on it with the same diameter. The tee takes in water from the inlet tank and the connecting pipe from the exit tank and sends it to waste.

The exit tank takes water from the exit channel after it has gone through the sedimentation tank. The dimensions of the exit tank are stored in echanneltank.dim. The exit tank has two pipes: one which sends clean water to the distribution center and one which sends water through a connecting pipe to the inlet tank pipe and then out to waste. Both pipes have nominal diameter ND.PlntWeir and length exitweirpipe.length. The connecting pipe from the exit tank pipe to the inlet tank pipe has the same diameter and length connectingpipe.length .

Materials List

This section provides useful parameters and building materials estimates for this specific plant. The materials and dimensions described here are broken down by unit operation of the plant.

Entrance Tank

- The volume of concrete needed to build the Entrance Tank is 1.02 m^3 .
- The floor of the tank has a surface area of 2.32 m^2 .

- All of the pipes in the entrance tank, as well as the two elbows, have a nominal diameter of 152 mm. The horizontal pipe is L.EtPipe long; the lower vertical pipe has a length of L.RMPipeBelow.
- The macromixing orifice is a cap that sits atop the pipe in the entrance tank and has a hole in it of the size of the macromix orifice diameter. This cap has a diameter of 152 mm, and the orifice has a diameter of 106 mm.

Flocculation Tank

- The volume of concrete needed to build the floor is 1.80 m³ and 6.20 m³ for the walls of the tank.
- This floor has an area of 12.0 m².
- There are 3.0 valves in the flocculator, each with a nominal diameter of 50.8 mm. The valves are each attached to an adapter. These N.FlocValve adapters have a nominal diameter of 50.8 mm.
- This plant does not have plastic baffles.

Sedimentation Tank

- The volumes of concrete needed to build the various components of the Sedimentation Tank are:

6.23 m ³	For the slopes of the Sedimentation Tank
6.31 m ³	For the walls of the Sedimentation Tank
3.14 m ³	For the floor of the Sedimentation Tank

- The surface area of the sedimentation tank is 20.9 m².
- There are 4.0 launders, each of 2.74 m length and 102 mm diameter. Each launder has two rows of orifices, with 44.0 orifices total, each of 12.9 mm diameter.
- Each influent manifold has a length of 3.57 m, with a nominal diameter of 152 mm. There are 1.0 manifolds.
- There are a total of 320.0 plate settlers, each of 610 mm length and 1.08 m width.
- There are 4.0 valves, each of 76.2 mm nominal diameter. Each valve has an adapter of 38.1 mm nominal diameter.
- There are several different pipes in the Sed Tank. The launder pipes, which transport water from the Sed Tank to the Exit Channel, are described above. There are also module pipes, each of 12.7 mm nominal diameter and L.SedModulePipe length, which hold the lamina together. Lastly, there are manifold pipes, each of 152 mm nominal diameter and 3.57 m length, which deliver the water to the influent manifolds of the Sed Tank.

Plant Construction General Requirements

Building a roof to cover the plant to reduce UV damage to the plastic components.

Chemical storage room

Bathroom facilities

Disposal method for sludge and wasted water.

List of AguaClara Plants

A complete list of the AguaClara plants that have been constructed can be found at <https://confluence.cornell.edu/display/AGUACLARA/Project+Sites>. This site contains links to each plant's wiki page, as well as a map showing the locations of the plants.

Appendix

6. Calibrating plant head loss

The maximum flow rate the plant has been designed to handle is 12 L/s; this value serves as a design input which will assist in sizing the dosing components. The following section will provide a guide for measuring the plant flow rate at any time in an AguaClara plant by simply looking at the water level height in the entrance tank. This is essential in the operation of the doser since a certain flow of alum is required at different plant flow rates. The only way to verify if the doser is providing accurate dosages is to know the plant flow rate and the corresponding alum flow rate.

The majorities of the head losses through the plant are minor head losses and as such can be approximated by the following formula.

$$h_l = K * \frac{Q_{plant}^2}{2g}$$

Where:

h_l = minor head loss through the plant, m

K = A constant, $\frac{1}{m^4}$

Q_{plant} = plant flow rate, $\frac{m^3}{s}$

A critical step involved in being able to find the plant flow rate is to first find the value of the constant K in the minor loss equation above. The head loss between the entrance tank and the sedimentation tank exit channel is 400 mm. This total head loss value will have to be calibrated when a plant is first being made operational. The mechanism by which the plants head loss is adjusted is by increasing or decreasing the number of orifices drilled into the micro mix plate in the rapid mix tube (shown in the figure below). The following steps will help in determining the K parameter, measuring the plant's flow rate, and adjusting the plant head loss to match the design value of 40 cm.

Step 1

The micro mix orifice plate needs to be drilled with an initial number of holes before initializing the measurements of the plant flow rate. The location of the micro mix plate is shown in the figure below. In order to initiate testing, drill N.orifices D.DrillBit inch holes to initiate the testing. Install this orifice plate on the rapid mix (R.M.) tube in the entrance tank.

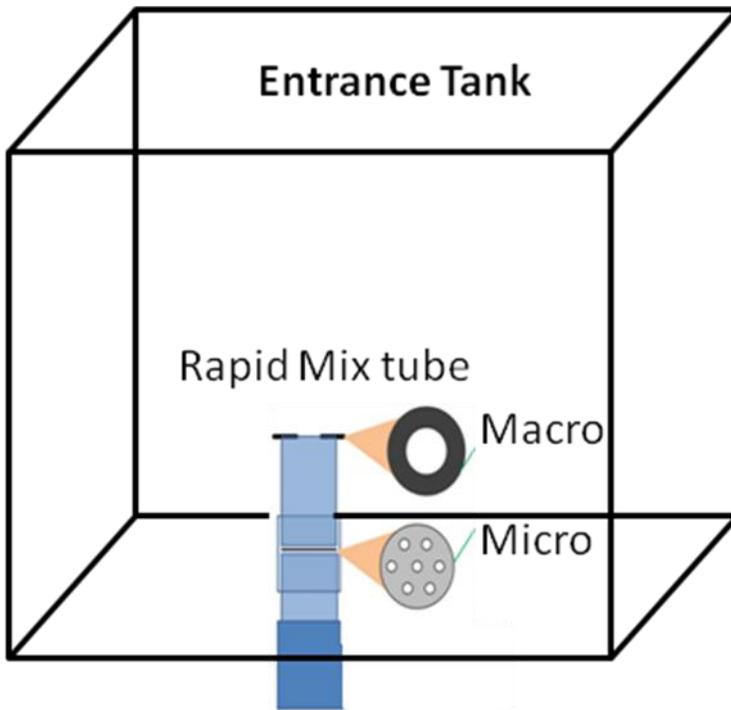


Figure: The location of macro and micro orifice plates in the Rapid Mix Tube (RMT)

Step 2 – Measure the plant flow rate

Sub steps:

- 1) Drain the entrance tank by removing the pipe nipple in the drain.
- 2) Turn on the flow of water into the entrance tank
- 3) Plug the drain with the pipe nipple
- 4) Measure the change in depth in the entrance tank over some interval of time to get the current plant flow rate coming into the entrance tank. Shown in the figure below.

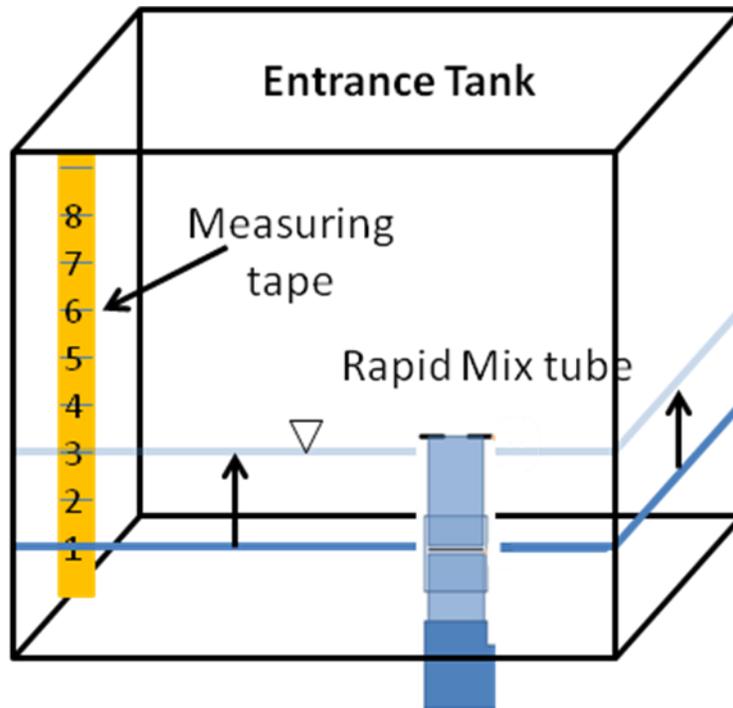


Figure: Calculating the flow rate by measuring some volume over time

For example: If the entrance tank is 1.0 m by 1.0 m, and the water level went from 0 cm to 15 cm on the measuring tape in 45 seconds, then the plant flow rate is:

$$Q = (1.0\text{m} \times 1.0\text{m} \times 0.15\text{m}) / 45\text{s} \times (1000 \text{ L/m}^3) = 3.33 \text{ L/s}$$

Step 3 – Measuring the plant head loss

Keep the flow through the plant constant at the measured flow rate from Step 2. The water level will equilibrate in the entrance tank. Once a steady state water level has been reached, measure the head loss through the plant by measuring the height of the water above the rapid mix tube. This assumes that the top of the rapid mix tube is exactly level with the exit weir in the exit channel. Check this by turning off the flow through the plant and recording the “no-flow” water level in the entrance tank. If the water level inside the rapid mix tube is lower than the water level in the entrance tank, then the rapid mix tube must be shortened.

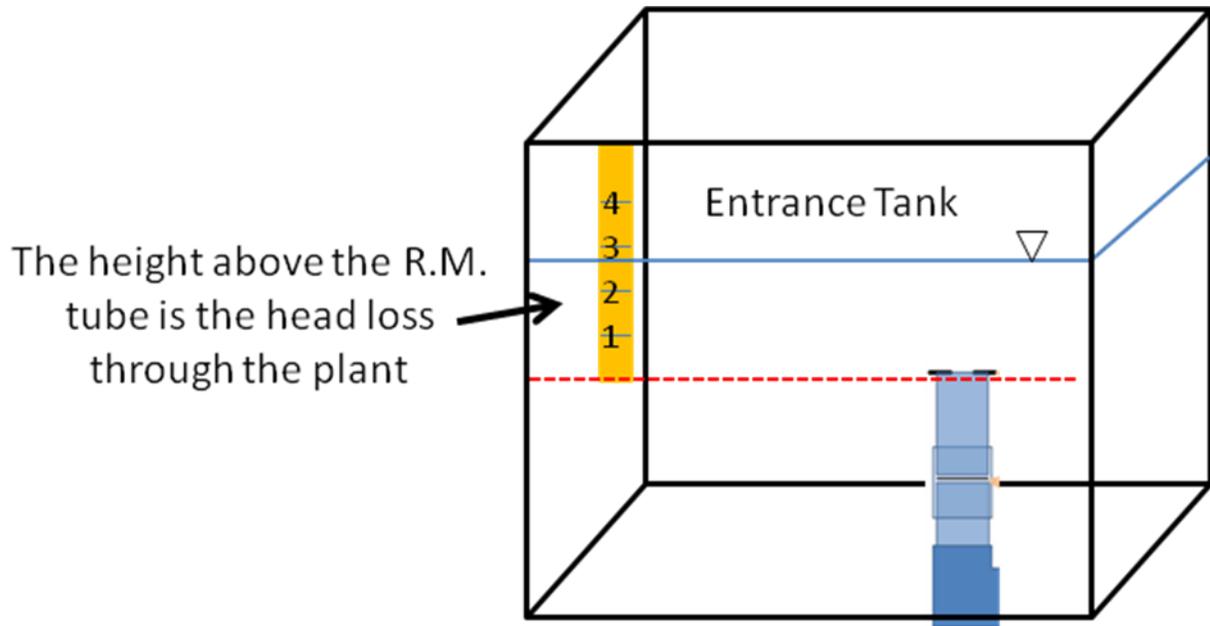


Figure: The measured head loss through the plant
Step 4

Enter in the values of the plant flow rate and the measured head loss through the plant into the attached MathCAD file called “Plant head loss adjustment.” Enter in the value of the measured flow rate and the height of water above the rapid mix tube. The MathCAD file will generate the number of additional orifices that need to be drilled in the plate initially used.

Step 5

Drill the number of specified orifice holes into the micro mixing plate, as given in the MathCAD file. Redo steps 2 and 3 with the newly drilled micro mixing plate installed. Enter in the values for the measured flow rate and the measured height of water above the rapid mix tube into the excel document labeled “Plant Flow table.” The excel document will give an increment of heights above the rapid mix tube and equate them with a plant flow rate. Ensure that at 400 mm head loss through the plant, the plant flow rate is Q_{plant} L/second. The table given in the excel file can be printed out and can be referenced to find the plant flow rate at any measured height above the RM tube.

ANEXO 3

PLANOS CONSTRUCTIVOS

Í N D I C E

- 1 ÍNDICE
- 2 PLANTA ARQUITECTÓNICA
- 3 PLANTA DE CIMENTACIÓN Y DETALLES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES
- 4 PLANTAS DE TECHOS Y DETALLE DE TECHO
- 5 FACHADAS FRONTAL Y POSTERIOR
- 6 FACHADAS LATERALES DERECHA E IZQUIERDA
- 7 CORTES A-A Y B-B
- 8 CORTE C-C
- 9 PLANTA ARQUITECTÓNICA FLOCULACION Y SEDIMENTACIÓN
- 10 CORTES D'-D' Y E'-E'
- 11 MÓDULOS DE FLOCULACION Y SEDIMENTACIÓN
- 12 PLANTA ARQUITECTÓNICA TANQUE DE ENTRADA
- 13 CORTE B'-B'

PROYECTO: PLANTA AGUA CLARA ALAUCA

UBICACIÓN: ALDEA MATA PALO, ALAUCA, EL PARAISO

CONTENIDO: INDICE

CALCULO Y DISEÑO: AguaClara e Ing. Santiago Alberto García

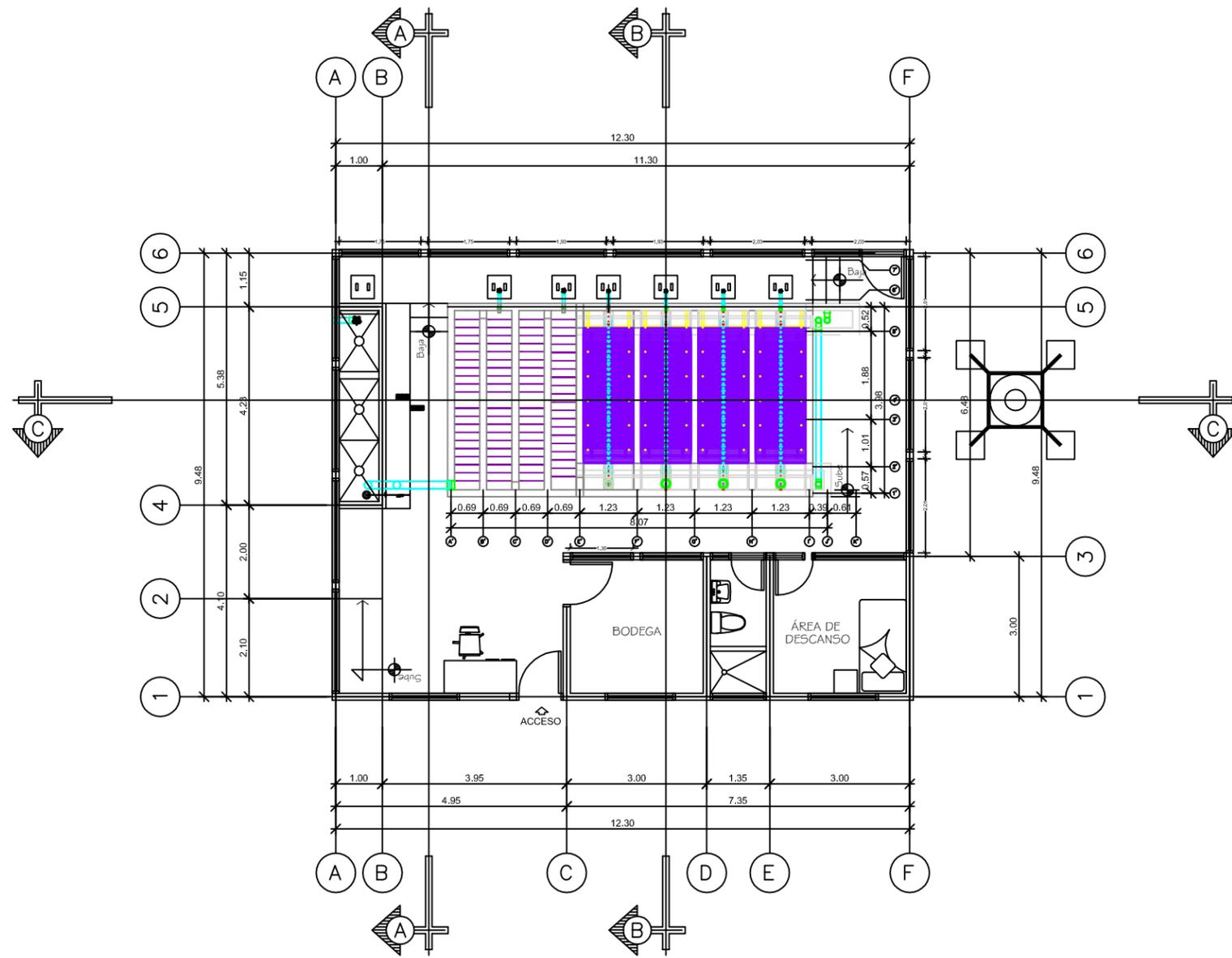
AYUDANTE: CARE - FORMADAS

FECHA: Febrero de 2011

ESCALA: LAS INDICADAS

HOJA: 1

TOTAL: 13



PLANTA ARQUITECTÓNICA
 ESCALA 1:125

PROYECTO: PLANTA AGUACLARA ALAUCA

UBICACIÓN: ALDEA MATA PALO, ALAUCA, EL PARAISO

CONTENIDO: PLANTA ARQUITECTONICA

CALCULO Y DISEÑO: AguaClara e Ing. Santiago Alberto García

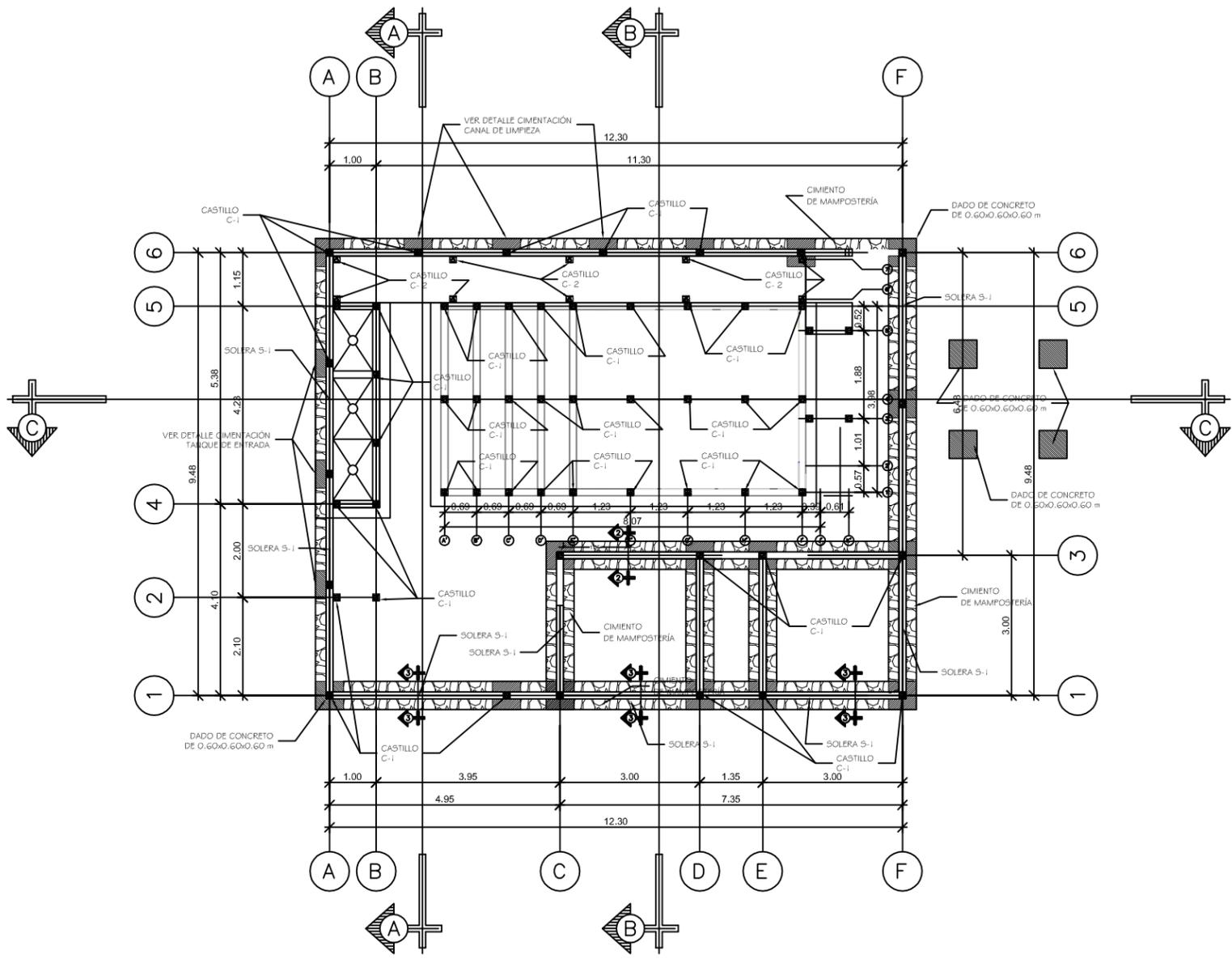
PROYECTO: CARE - FORMADAS

FECHA: Febrero de 2011

ESCALA: LAS INDICADAS

HOJA: 2

TOTAL: 13

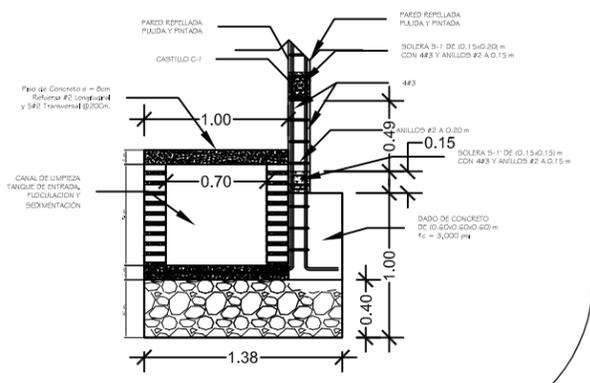
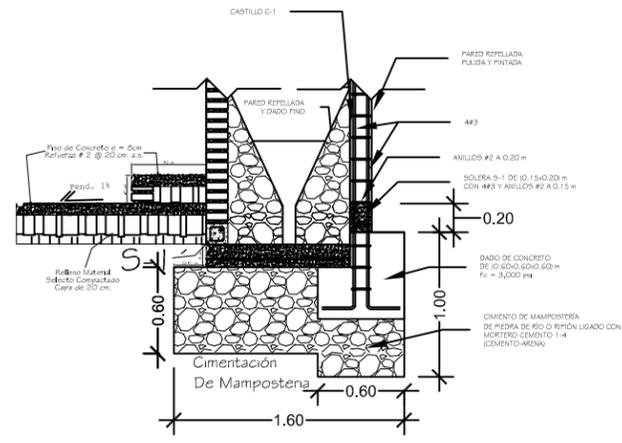
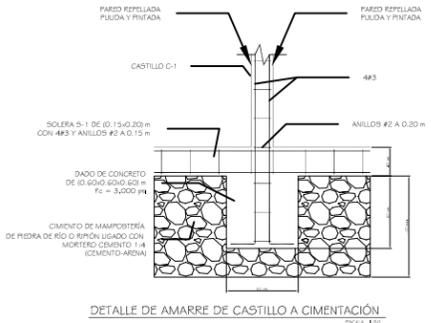
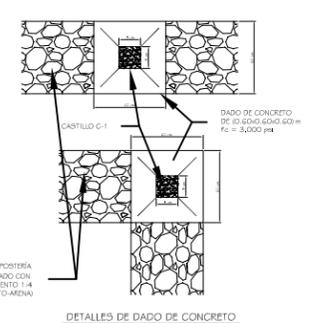
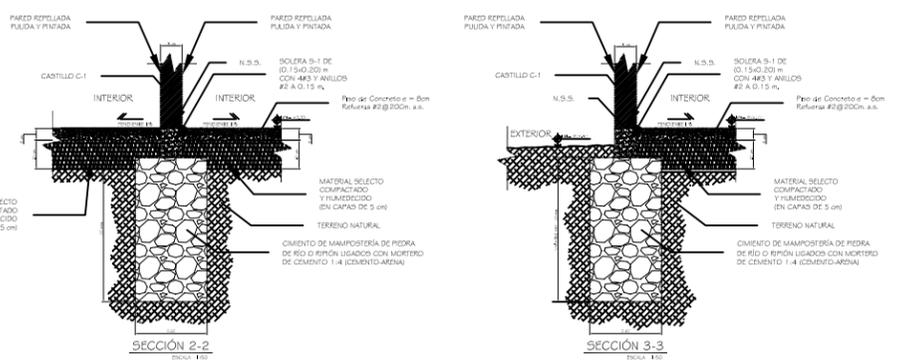


PLANTA DE CIMENTACIÓN
ESCALA 1:125

SIMBOLOGÍA

N.T.N. NIVEL DE TERRENO NATURAL
N.P.T. NIVEL DE PISO TERMINADO
N.S.S. NIVEL SUPERIOR DE SOLERA

NOTA:
LA CAMA DE MATERIAL SELECTO VARIARÁ DE ACUERDO AL TIPO DE SUELO ENCONTRADO Y EL CUAL SERÁ INDICADO EN PLANOS TODOS LOS ELEMENTOS DE CONCRETO SERÁN TALLADOS, ESTO INCLUYE PICADO, REPELLADO, PULIDO Y PINTADO

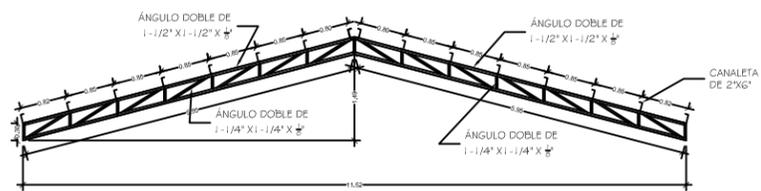
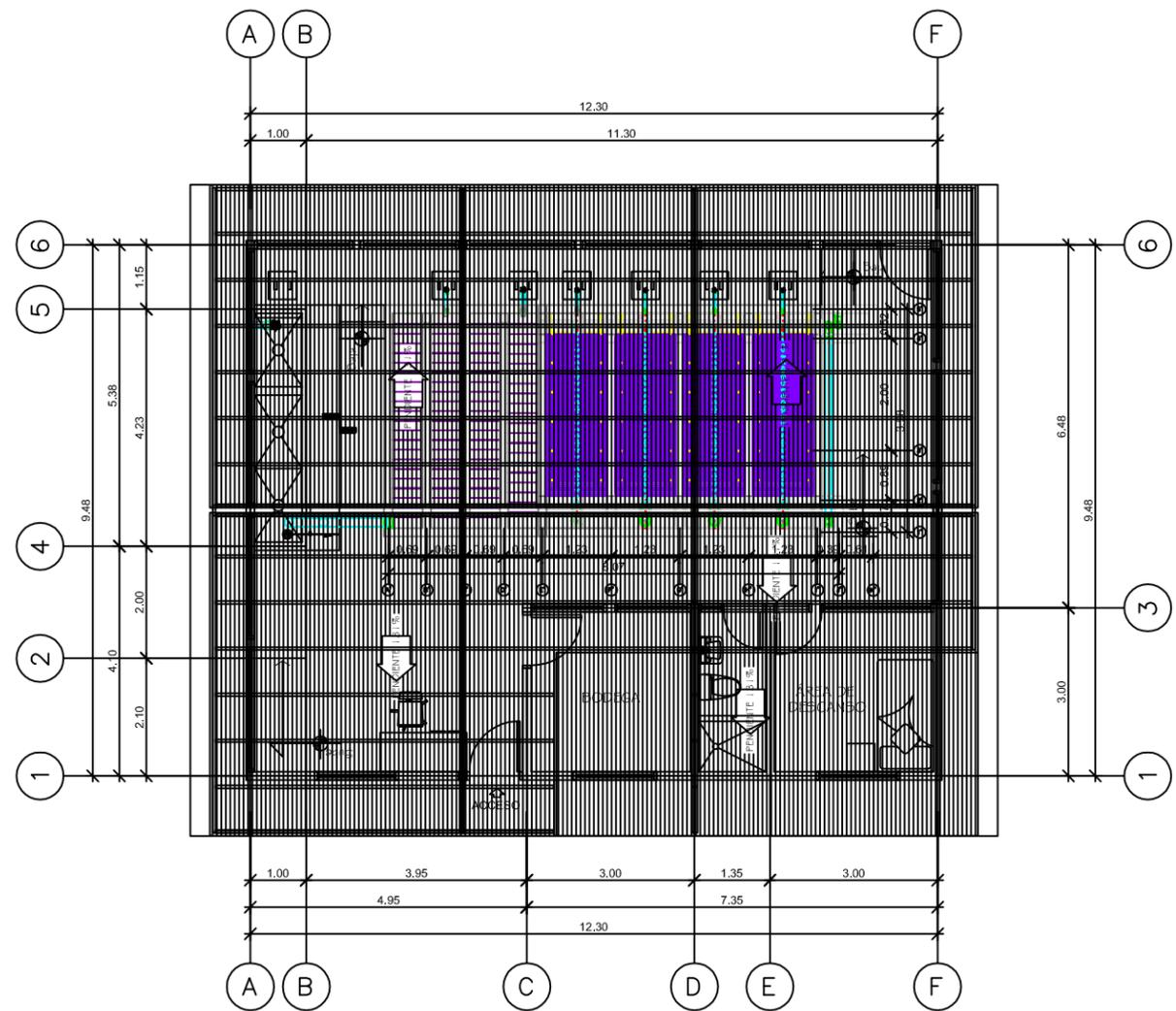
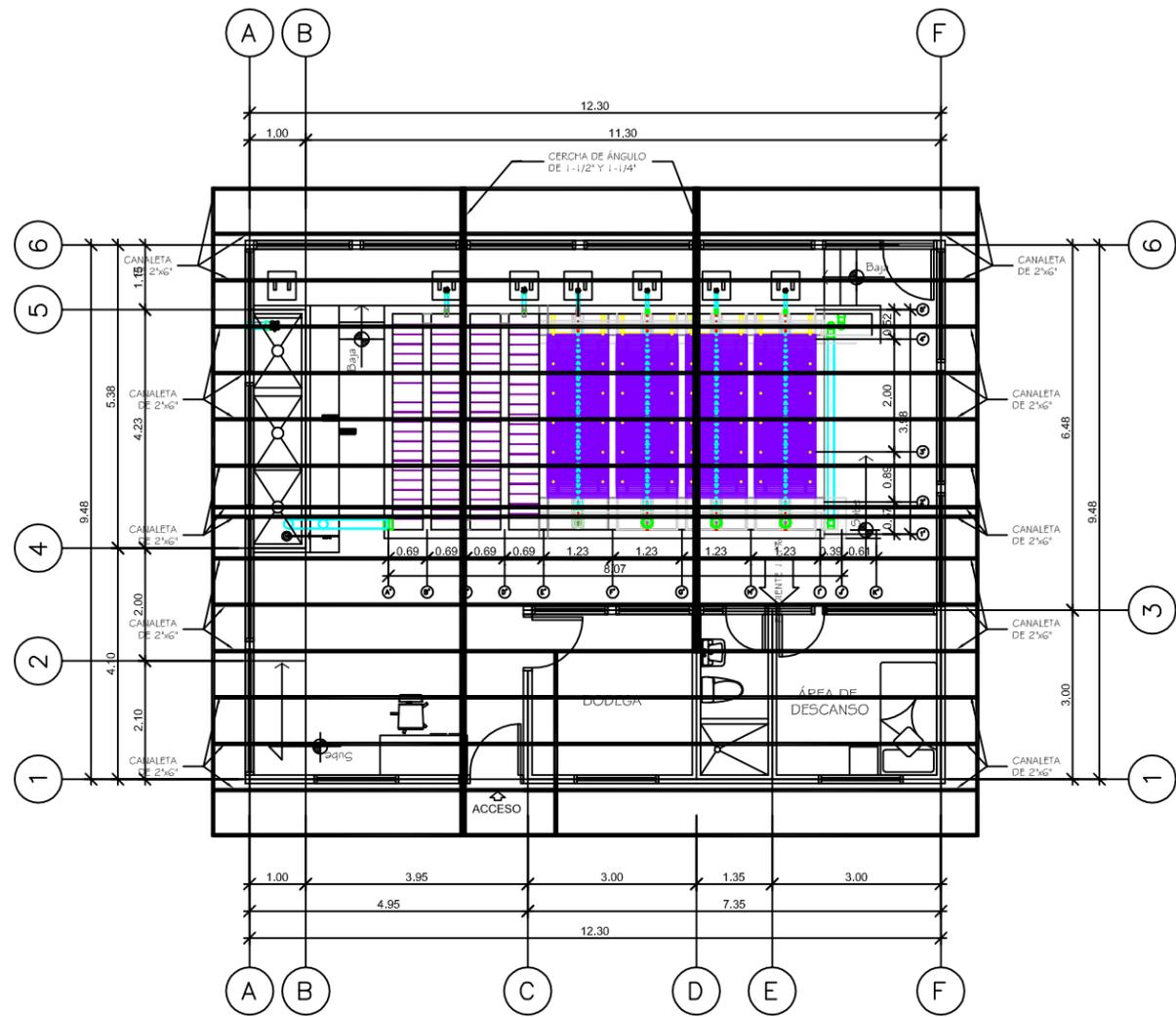


PROYECTO: PLANTA AGUA CLARA ALAUCA
UBICACIÓN: ALDEA MATA PALO, ALAUCA, EL PARAISO

CONTENIDO: PLANTA DE CIMENTACIÓN

CALCULO Y DISEÑO: AquaClara e Ing. Santiago Alberto García
AÑO: CARE - FORMADAS

FECHA: Febrero de 2011
ESCALA: LAS INDICADAS
HOJA: 3
TOTAL: 13



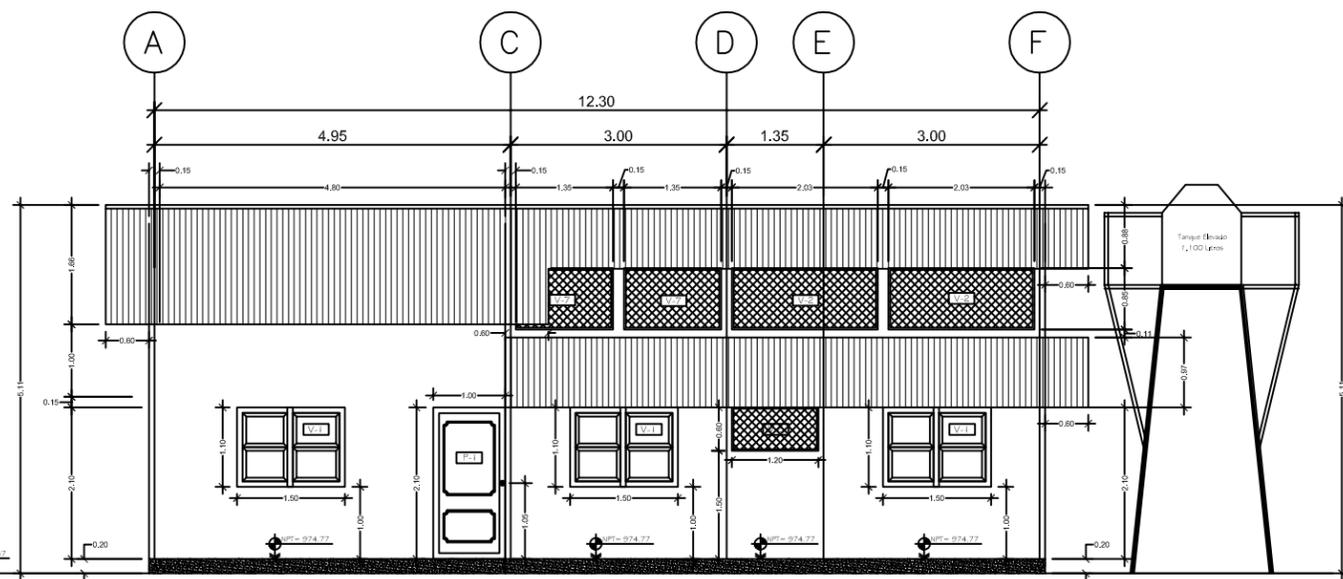
PROYECTO: PLANTA AGUACLARA ALAUCA
 UBICACIÓN: ALDEA MATA PALO, ALAUCA, EL PARAISO

CONTENIDO: PLANTA DE TECHO

CALCULO Y DISEÑO: AquaClara e Ing. Santiago Alberto García
 ANEXO: CARE - FORMADAS

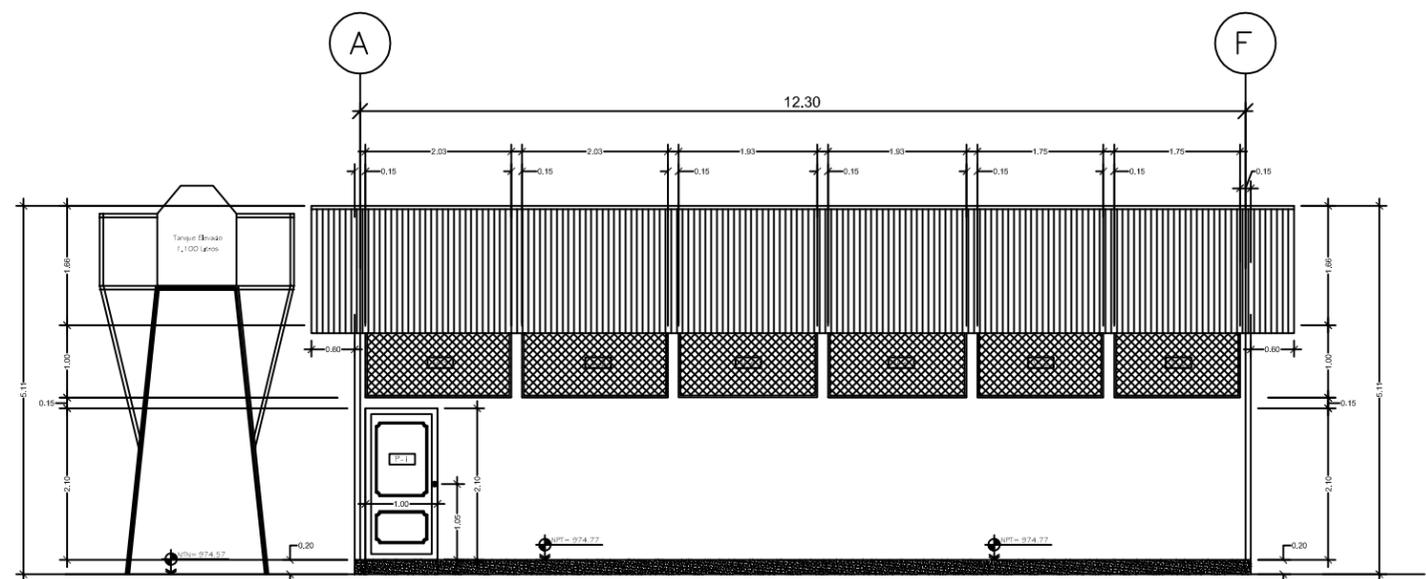
FECHA: Febrero de 2011
 ESCALA: LAS INDICADAS

HOJA: 4
 # TOTAL: 13



FACHADA FRONTAL

ESCALA 1:100



FACHADA POSTERIOR

ESCALA 1:100

PROYECTO: PLANTA AGUACLARA ALAUCA

UBICACION: ALDEA MATA PALO, ALAUCA, EL PARAISO

CONTENIDO: FACHADA FRONTAL Y FACHADA POSTERIOR

CALCULO Y DISEÑO: AguaClara e Ing. Santiago Alberto García

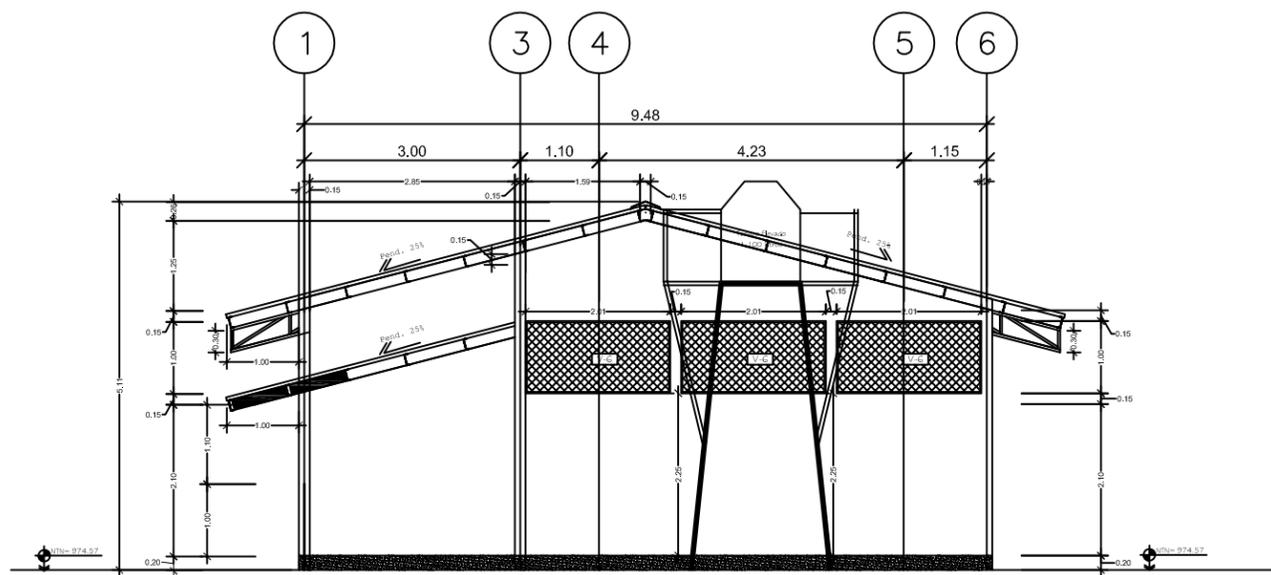
ÁMBITO: CARE - FORMADAS

FECHA: Febrero de 2011

ESCALA: LAS INDICADAS

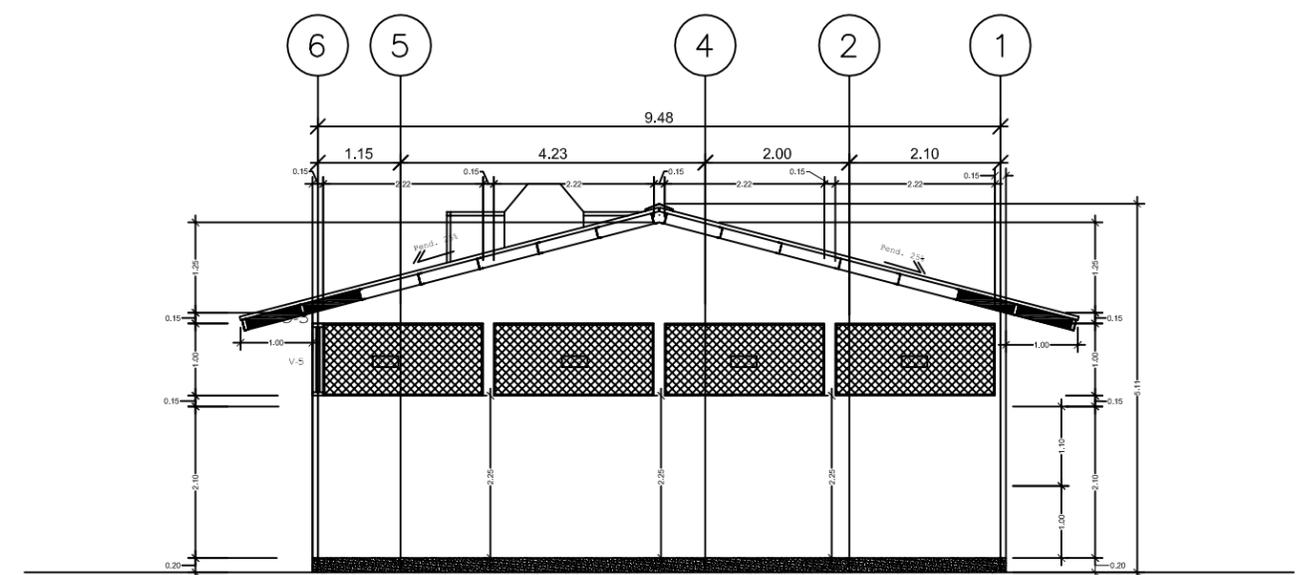
HOJA: 5

TOTAL: 13



FACHADA LATERAL DERECHA

ESCALA 1:100



FACHADA LATERAL IZQUIERDA

ESCALA 1:100

PROYECTO: PLANTA AGUACLARA ALAUCA

UBICACION: ALDEA MATA PALO, ALAUCA, EL PARAISO

CONTENIDO: FACHADA LATERAL DERECHA Y LATERAL IZQUIERDA

CALCULO Y DISEÑO: AquaClara e Ing. Santiago Alberto García

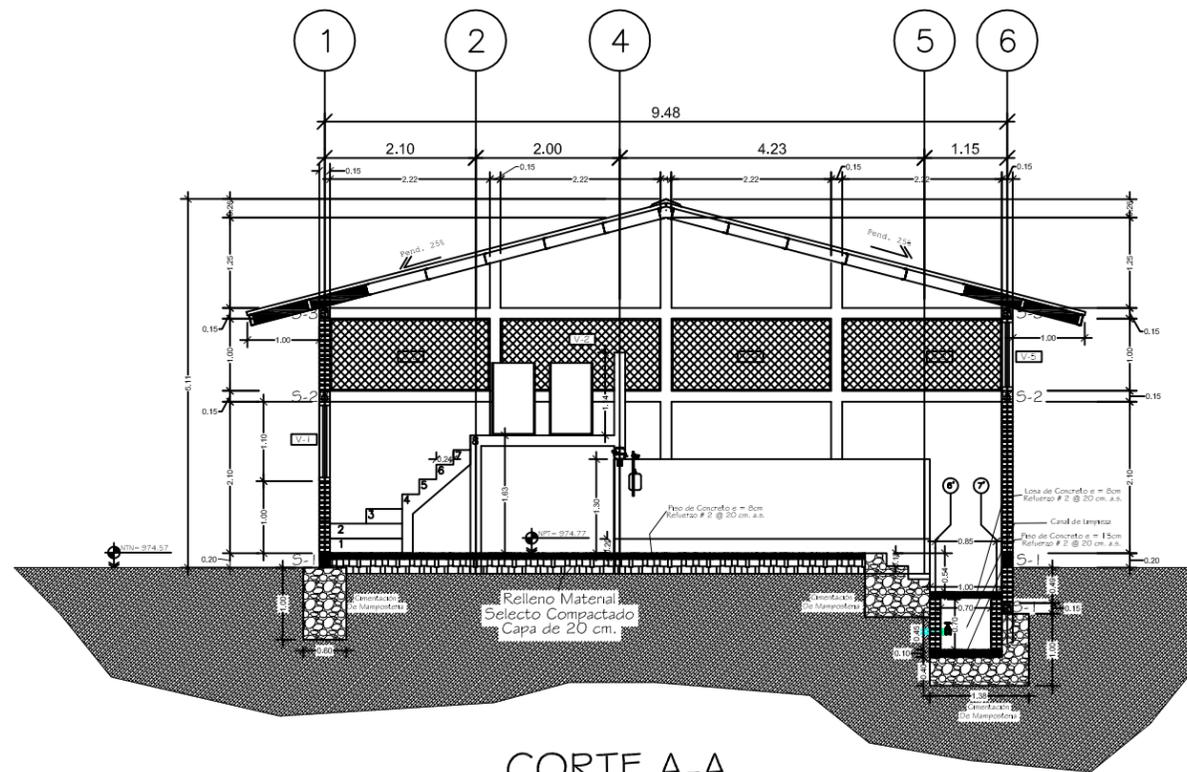
ÁMBITO: CARE - FORMADAS

FECHA: Febrero de 2011

ESCALA: LAS INDICADAS

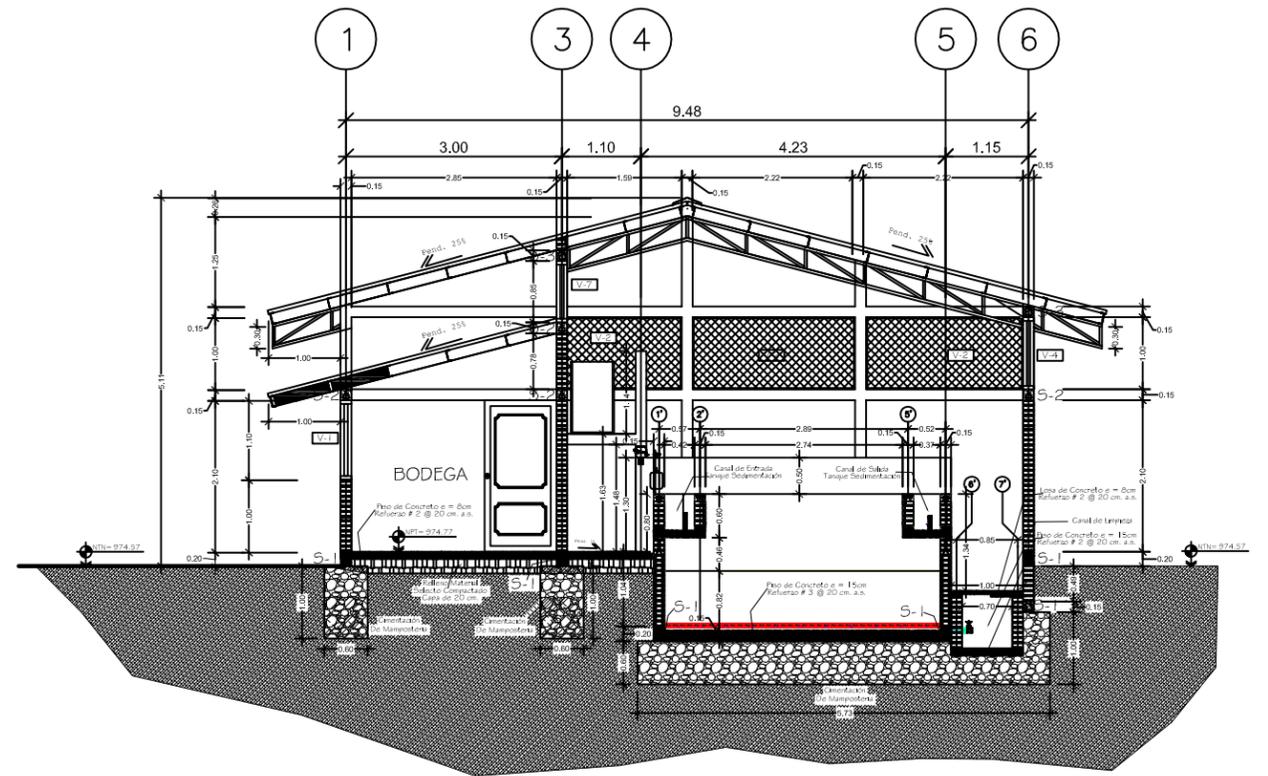
HOJA: 6

TOTAL: 13



CORTE A-A

ESCALA 1:100



CORTE B-B

ESCALA 1:100

PROYECTO: PLANTA AGUACLARA ALAUCA

UBICACION: ALDEA MATA PALO, ALAUCA, EL PARAISO

CONTENIDO: CORTE A-A Y CORTE B-B

CALCULO Y DISEÑO: AguaClara e Ing. Santiago Alberto García

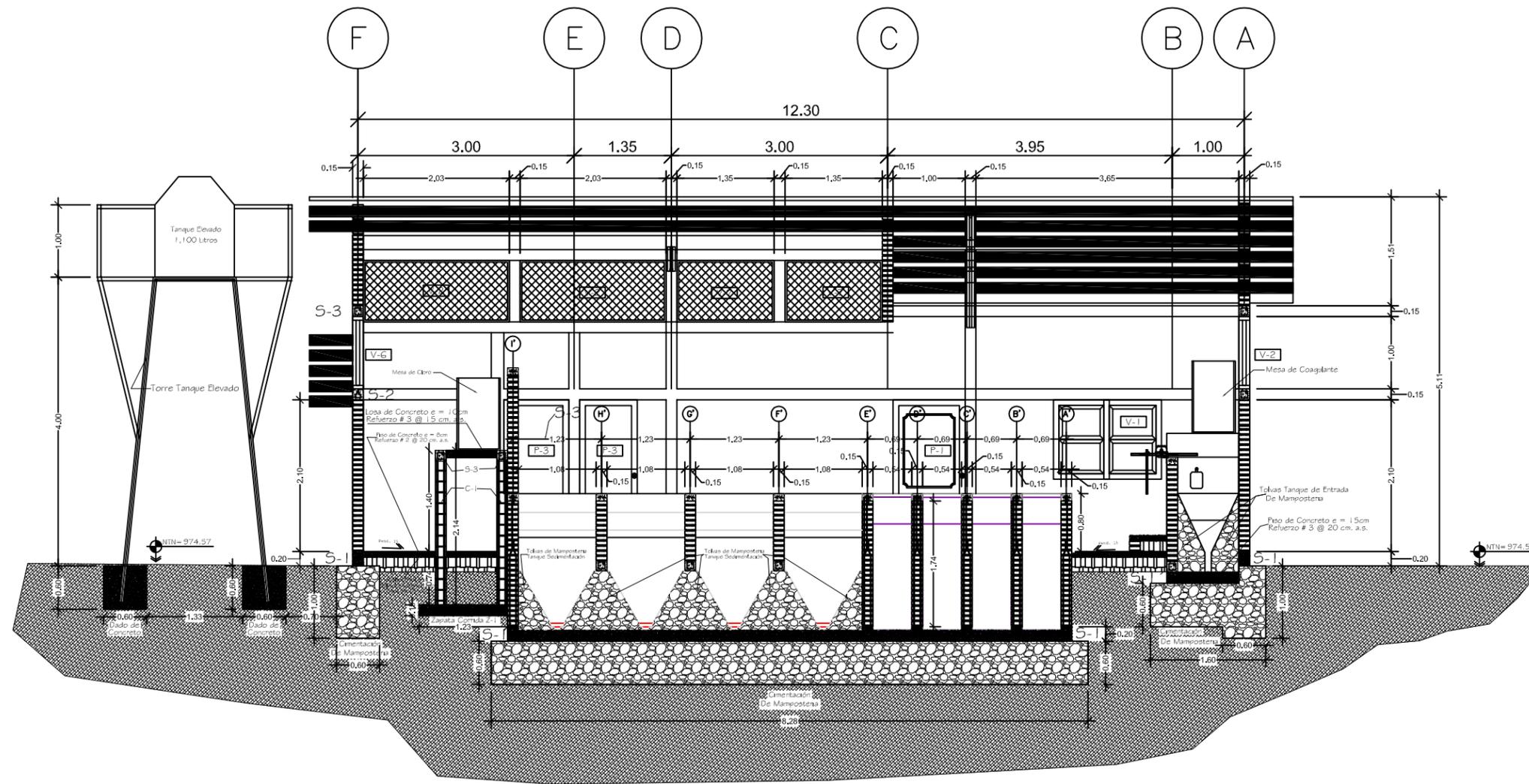
ARQUITECTO: CARE - FORMADAS

FECHA: Febrero de 2011

ESCALA: LAS INDICADAS

HOJA: 7

TOTAL: 13



CORTE C-C

ESCALA 1:75

PROYECTO: PLANTA AGUA CLARA ALAUCA

UBICACIÓN: ALDEA MATA PALO, ALAUCA, EL PARAISO

CONTENIDO:
CORTE C - C

CALCULO Y DISEÑO: AquaClara e Ing. Santiago Alberto García

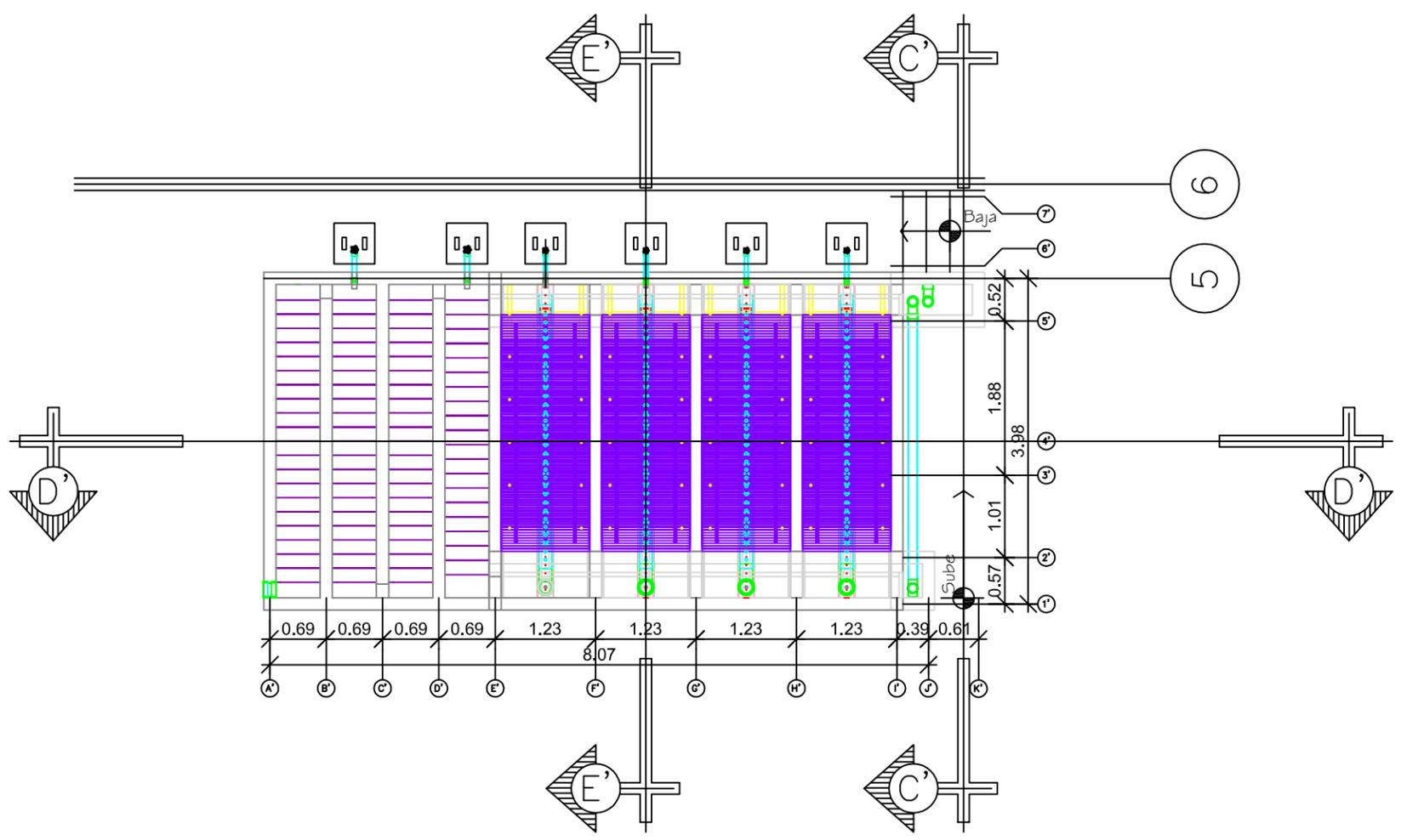
PROYECTO: CARE - FORMADAS

FECHA: Febrero de 2011

ESCALA: LAS INDICADAS

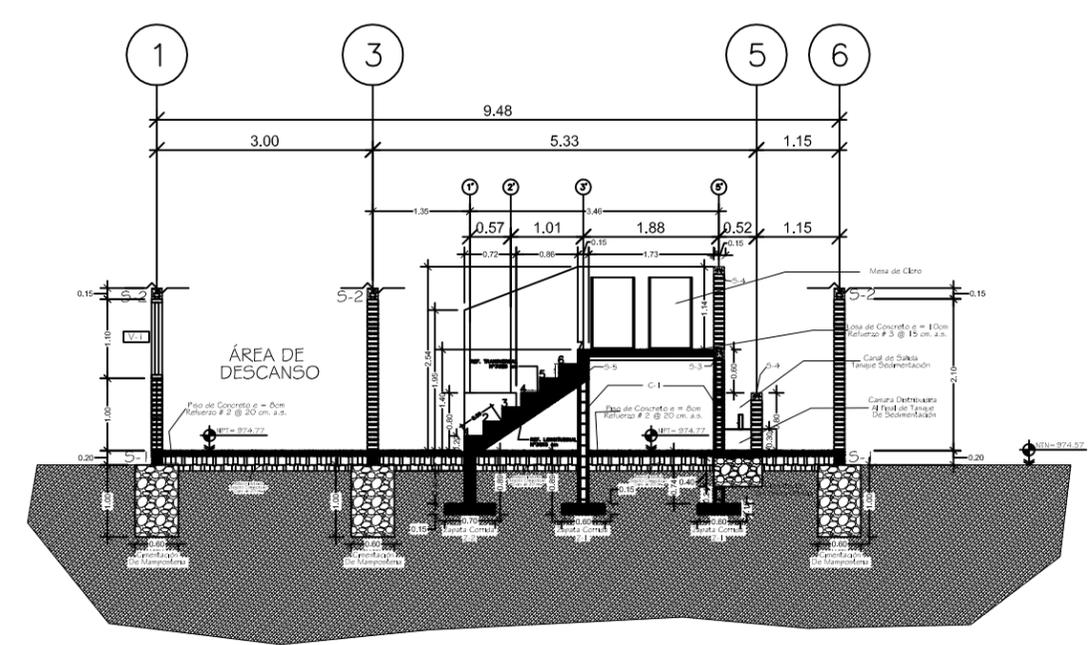
HOJA: 8

TOTAL: 13

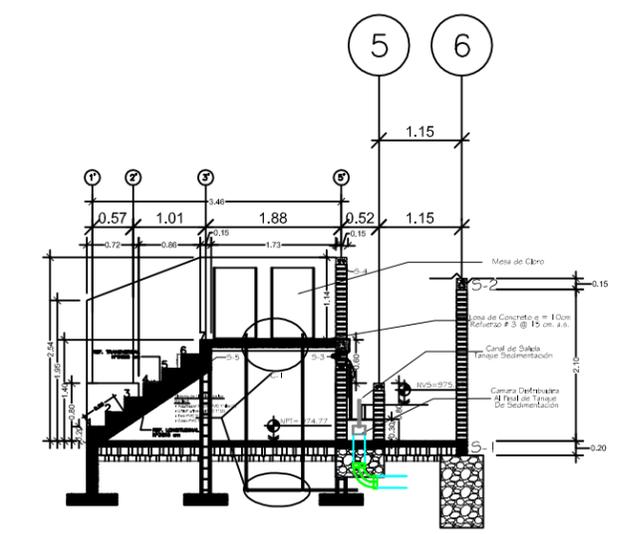


PLANTA ARQUITECTÓNICA
TANQUE FLOCULACION Y SEDIMENTACIÓN

ESCALA 1:75



CORTE C'-C' MESA DE CLORO
ESCALA 1:100



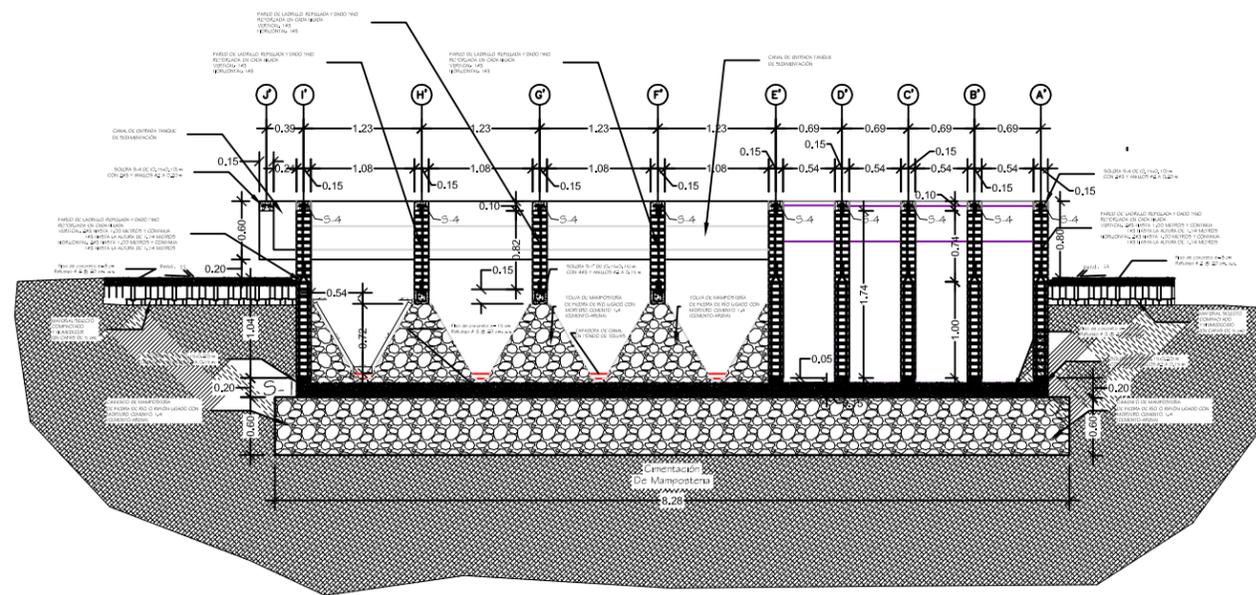
CORTE C'-C'
Detalles de los tambos de cloro
ESCALA 1:100

PROYECTO:	PLANTA AGUA CLARA ALAUCA
UBICACIÓN:	ALDEA MATA PALO, ALAUCA, EL PARAISO

CONTENIDO:	CORTE D'-D' Y CORTE E'-E' TANQUE DE FLOCULACION Y SEDIMENTACIÓN
------------	---

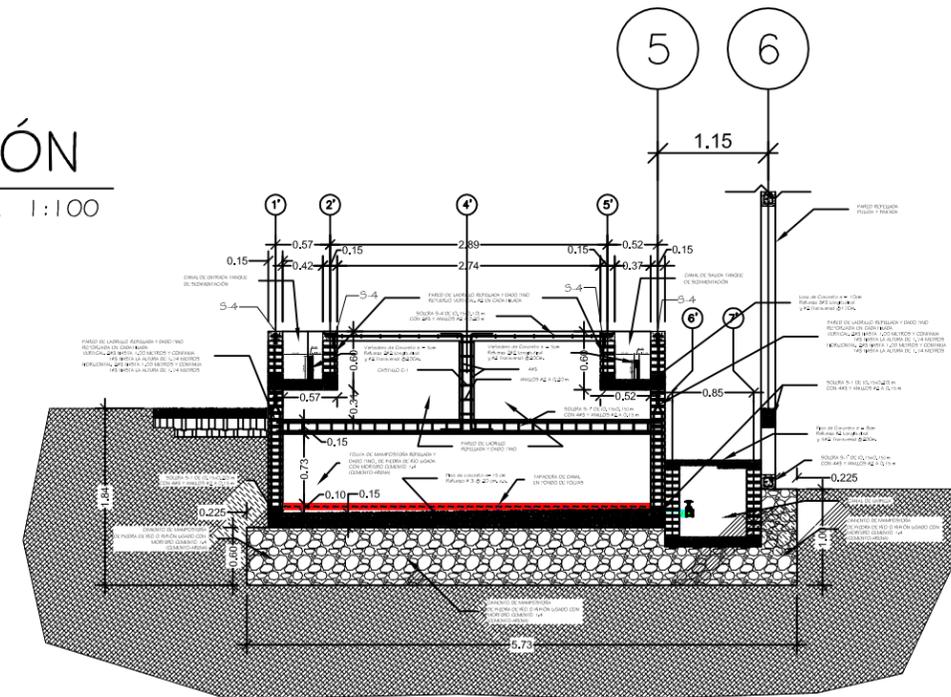
CALCULO Y DISEÑO:	AguaClara e Ing. Santiago Alberto García
AYUDANTE:	CARE - FORMADAS

FECHA:	Febrero de 2011	# HOJA:	9
ESCALA:	LAS INDICADAS	# TOTAL:	13



CORTE D'-D' TANQUE DE FLOCULACION Y SEDIMENTACIÓN

ESCALA 1:100



CORTE E'-E' TANQUE DE FLOCULACION Y SEDIMENTACIÓN

ESCALA 1:75

PROYECTO: PLANTA AGUA CLARA ALAUCA

UBICACIÓN: ALDEA MATA PALO, ALAUCA, EL PARAISO

CONTENIDO:

CORTE D'-D' Y CORTE E'-E' TANQUE DE FLOCULACION Y SEDIMENTACIÓN

CALCULO Y DISEÑO:

Agua Clara e Ing. Santiago Alberto García

AMBIENTE:

CARE - FORMADAS

FECHA:

Febrero de 2011

ESCALA:

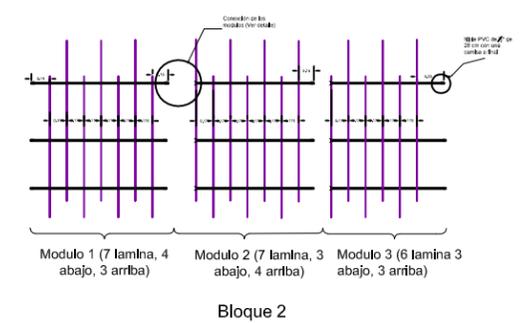
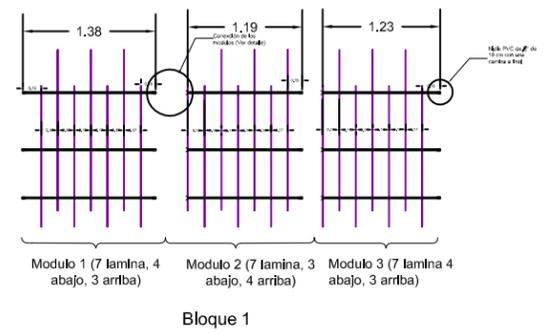
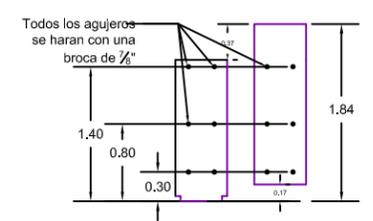
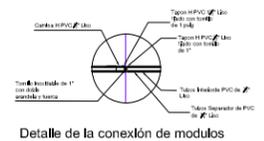
LAS INDICADAS

HOJA:

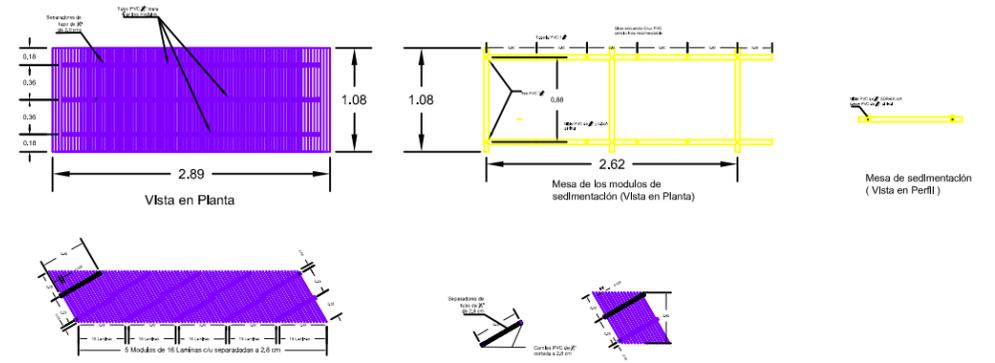
10

TOTAL:

13

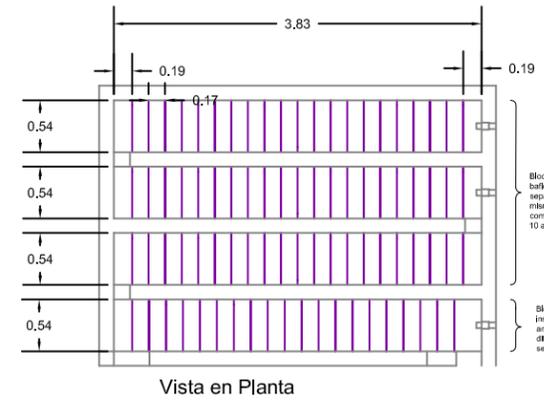


Detalles de la construcción de los módulos



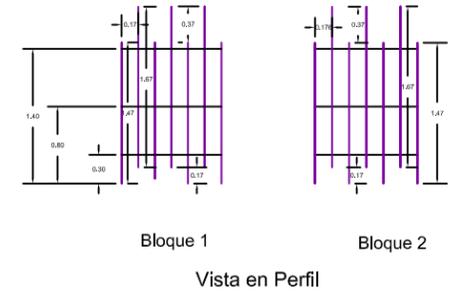
Nota:
La Planta consta de 4 tanques de sedimentación cada uno tendrá dos líneas de módulos, y cada módulo tendrá 5 módulos de 16 láminas o separadas a 2.8 cm.

Detalles de los módulos de sedimentación

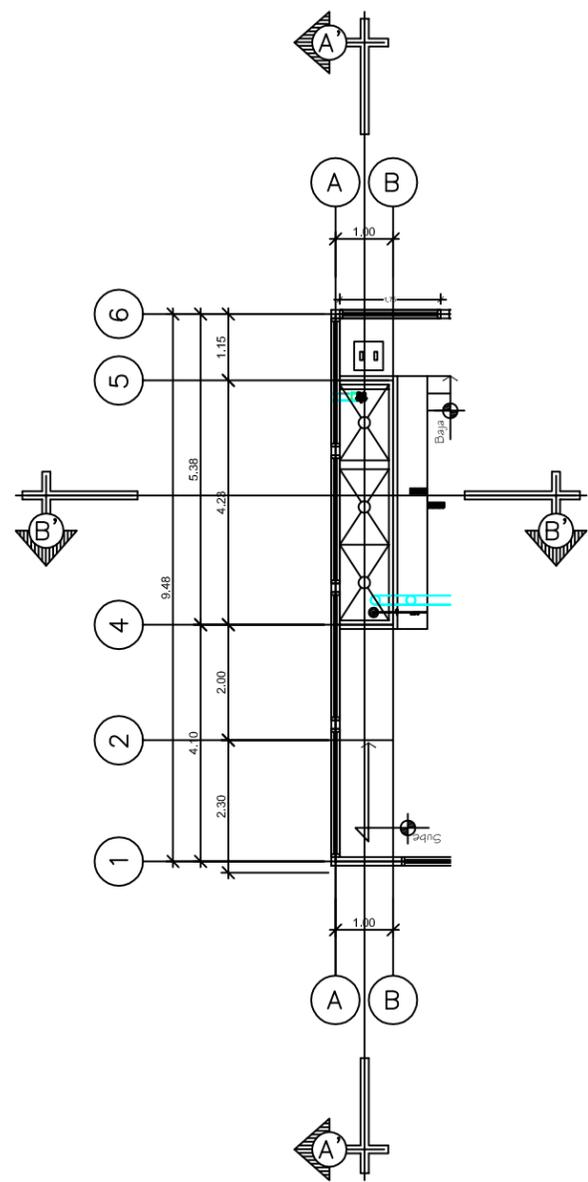


Bloque 1: Todos estos baffles, tienen la misma separación de 17 cm y el mismo alineamiento, compuesto por 21: 10 arriba y 11 abajo

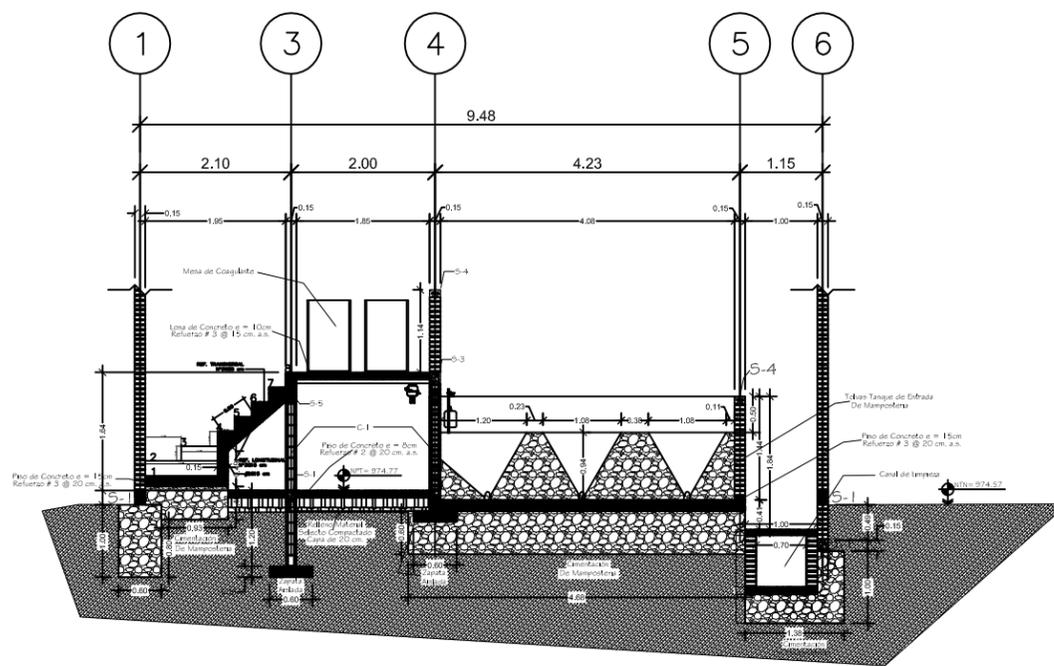
Bloque 2: 20 baffles, la instalación es igual a los anteriores con la diferencia que están separados a 17.6 cm



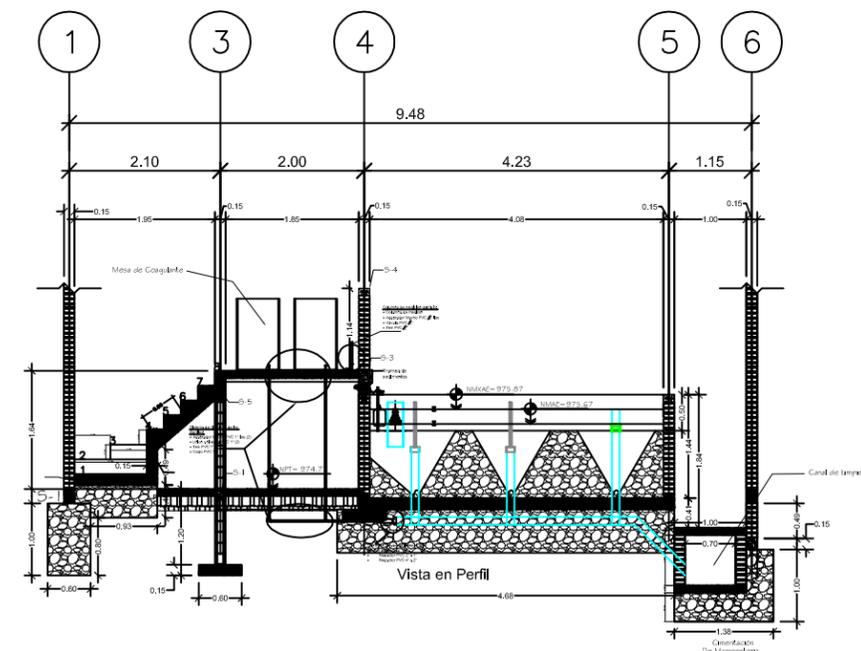
Detalles de los módulos de floculación



PLANTA ARQUITECTÓNICA
TANQUE DE ENTRADA
ESCALA 1:125



CORTE A'-A' TANQUE DE ENTRADA
Y MESA PARA COAGULANTES
ESCALA 1:50



CORTE A'-A'
Detalles de los tambos de coagulante
ESCALA 1:50

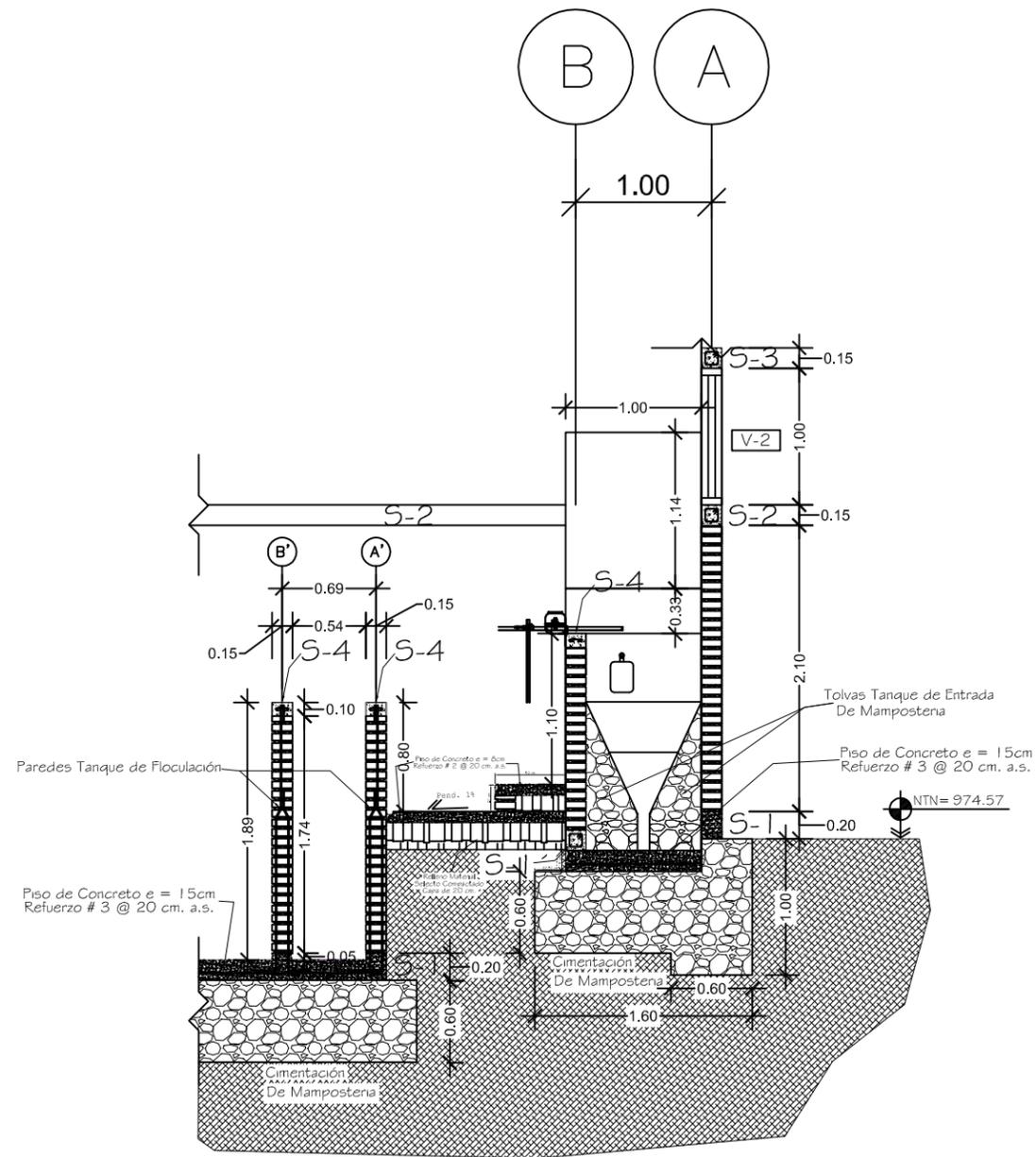
PROYECTO: PLANTA AGUA CLARA ALAUCA
UBICACIÓN: ALDEA MATA PALO, ALAUCA, EL PARAISO

CONTENIDO: PLANTA ARQUITECTONICA TANQUE DE ENTRADA Y CORTE A'-A'

CALCULO Y DISEÑO: AguaClara e Ing. Santiago Alberto García
AUTOR: CARE - FORMADAS

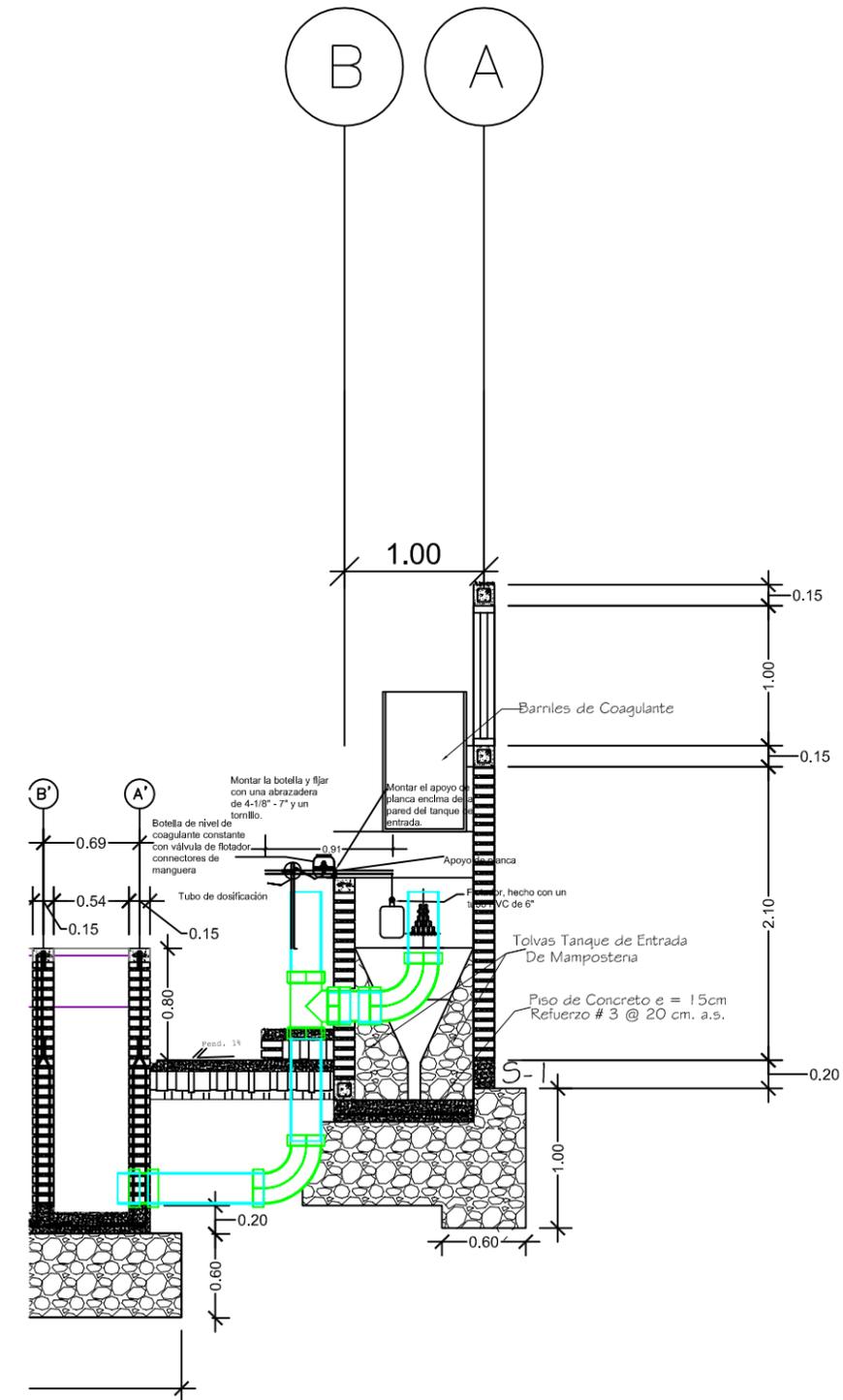
FECHA: Febrero de 2011
ESCALA: LAS INDICADAS

HOJA: 12
TOTAL: 13



CORTE B'-B' TANQUE DE ENTRADA

ESCALA 1:50



PROYECTO: PLANTA AGUA CLARA ALAUCA

UBICACIÓN: ALDEA MATA PALO, ALAUCA, EL PARAISO

CONTENIDO: PLANTA ARQUITECTONICA TANQUE DE ENTRADA Y CORTE A'-A'

CALCULO Y DISEÑO: AguaClara e Ing. Santiago Alberto García

ARMADO: CARE - FORMADAS

FECHA: Febrero de 2011

ESCALA: LAS INDICADAS

HOJA: 13

TOTAL: 13