

## **APÉNDICE – 1**

### **MANUAL PARA PROYECTO PILOTO**

## MANUAL PARA PLANTAS MÓVILES

Este manual pretende ser una guía para el suministro, tratamiento y distribución de agua a la población en casos de emergencia. El manual se enfoca en los aspectos específicos relacionados con el traslado de plantas móviles, su operación con agua subterránea y sistemas de tratamiento de agua.

Este manual se ha desarrollado adicionalmente a las instalaciones convencionales de tratamiento de agua de tipo fijo, para el proyecto del Grupo de Estudio JICA. Para esto, se propone para los Proyectos Pilotos, instalaciones de tratamiento móviles compuestas por una planta de tratamiento, generadores diesel y tanques de almacenamiento, entre otros. Si este método resulta más eficiente que las plantas de tratamiento de tipo fijo, se empleará en otros proyectos propuestos en el estudio de factibilidad (E/F) en el futuro.

### 1. Personal Encargado

#### (a) Planeación de Emergencia a nivel local

El DPAE (Departamento de Prevención y Atención de desastres) en conjunto con el Acueducto y otros organismos locales, deben realizar planes locales para prevenir, reducir, controlar o mitigar los efectos de emergencias y tomar otras acciones en tales eventos.

Estos planes deben basarse en manejo de riesgos y deben prevenir, informar y avisar al público en el momento de una emergencia. Los planes deben tener procedimientos para determinar si una emergencia ha ocurrido, entrenamiento para personal y practica del plan para asegurar su eficiencia. Los procedimientos también deben asegurar que el plan sea periódicamente revisado y actualizado.

#### (b) Personal Del Acueducto

Al menos dos personas entrenadas y dos turnos con experiencia en purificación y distribución de agua potable deben ser asignados a cada ubicación dependiendo de donde la emergencia haya ocurrido. El personal que se encuentre en vacaciones será contactado para que lleven a cabo sus obligaciones. Estos profesionales serán quienes coordinen el personal del DPAE y voluntarios de la Cruz Roja, entre otros.

#### (c) Capacitación del Personal

El Acueducto debe preparar el programa de capacitación para el personal que estará siempre listo para atender las emergencias y debe probar la efectividad de sus capacitaciones de emergencia llevando a cabo ejercicios, asegurando que el personal involucrado en la planeación de la respuesta a una emergencia reciba el entrenamiento apropiado. Las capacitaciones de entrenamiento también deben considerar otras personas que tengan un rol en los planes de emergencia como contratistas y operadores en concesión. Los planes deben identificar explícitamente la naturaleza y la frecuencia de entrenamientos y ejercicios requeridos.

Los técnicos deben ser entrenados en la operación de las bombas, generadores eléctricos, unidades de desinfección móviles, plantas de tratamiento móviles, manejo de mangueras, tanques de almacenamiento plásticos y tanques móviles.

Se deben realizar prácticas *in situ* en una base regular para aprender y entender los procedimientos cuando la emergencia ocurra. Es importante que todo el personal sea debidamente capacitado para saber como proceder en cualquier sitio propuesto en este estudio, aunque cada sitio específico sea asignado a dos personas. De ser posible, es preferible que el personal seleccionado viva en la zona del Acueducto donde el pozo está ubicado, de manera que se encuentren lo más cerca posible en caso de emergencia.

Un inventario de todos los equipos y suministros debe realizarse y mantenerse en cada sitio de almacenamiento. Los operadores deben mantener las herramientas en una caja donde estén a salvo y no se puedan extraviar. Estas personas serán responsables del mantenimiento seguro y uso correcto de los equipos y herramientas.

#### (d) Coordinación con otras Organizaciones

El DPAE debe coordinar con el Acueducto, DAPD (Departamento Administrativo de Planeación Distrital), CLOPAD (Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres), CREPAD (Comité Regional para la Prevención y Atención de Desastres) y la Cruz Roja Colombiana, entre otras entidades.

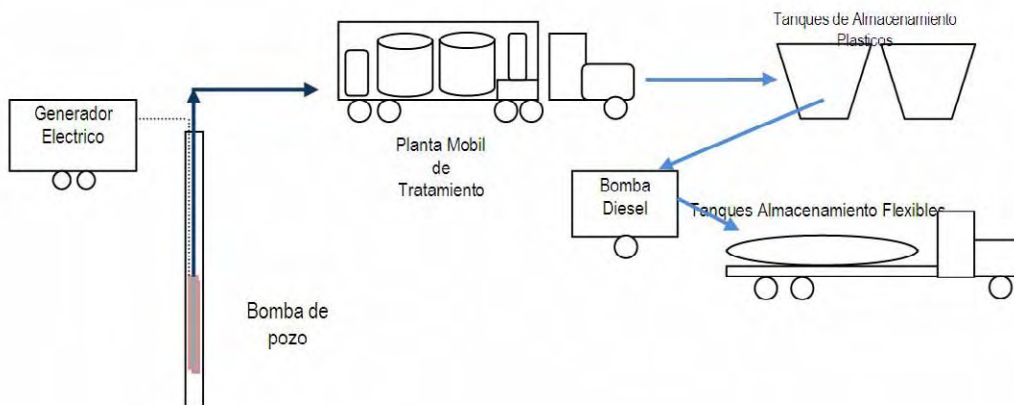
#### 2. Accesorios Móviles

El Grupo de Estudio de JICA recomienda el uso de plantas de tratamiento de agua móviles (PTAM) y unidades de desinfección móviles para acondicionar el agua proveniente de los pozos y así poder distribuir el agua a la población. Estas PTAM también serán capaces de tratar agua contaminada de las tuberías principales de la ciudad.

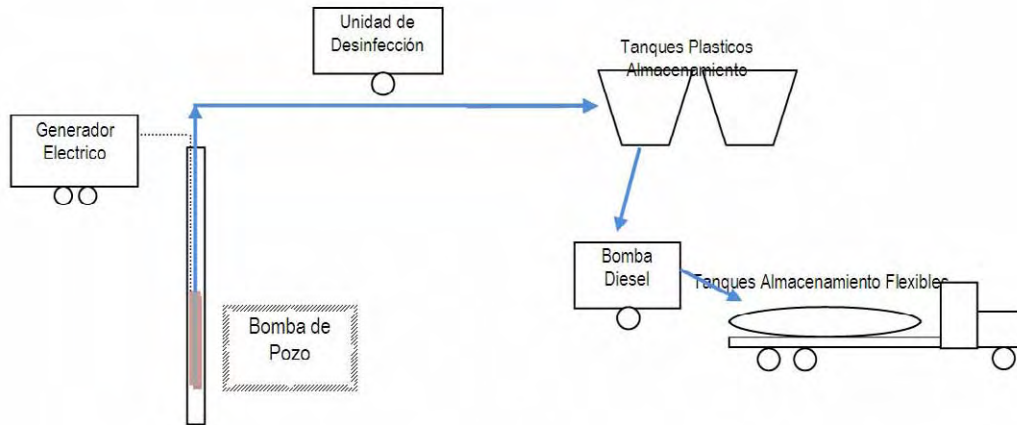
Estas plantas incluyen:

- Trailer con sistema de filtración doble montado.
- Trailer con sets de generadores eléctricos diesel montados.
- Trailer con unidades de desinfección montados.
- Tanques de almacenamiento de agua flexibles móviles
- Tanques de almacenamiento de agua plásticos.
- Trailer con unidad de bombeo diesel.
- Conexiones de tuberías rápidas

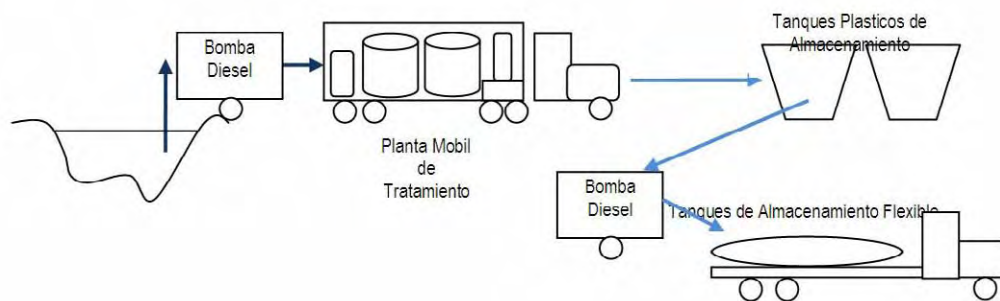
Los equipos de tratamiento de agua en emergencia pueden ser usados en cualquier combinación, de acuerdo a la necesidad de cada situación. El traslado de estas unidades será decidido por el Comité de Emergencias del Acueducto. Unos ejemplos de posibles combinaciones son ilustrados en las siguientes Figuras:



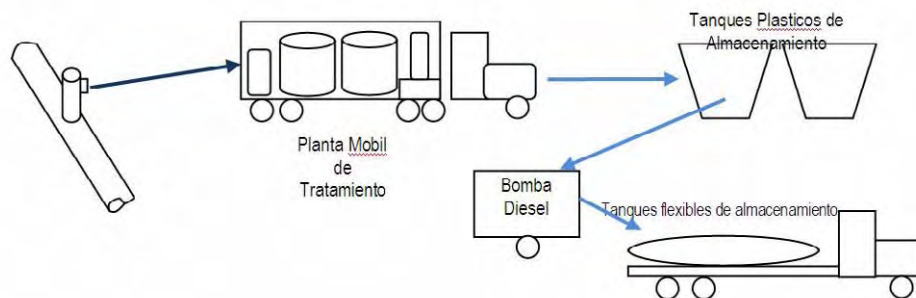
**Figura-1 Tratamiento de Agua de Pozo Profundo (cuando aireación no es requerido)**



**Figura-2 Tratamiento de Agua de pozo con baja turbiedad y color, sin presencia de Fe o Mn.**



**Figura-3 Tratamiento de Agua de arroyo superficial.**



**Figura-4 Tratamiento de Agua proveniente de tuberías en la Ciudad utilizando hidrantes.**

### 3. Procedimiento de Emergencia

El personal asignado realizará el trabajo de operador durante la emergencia. Los dos operadores llegarán al sitio del pozo con la planta de tratamiento móvil, el generador móvil, la bomba sumergible, la tubería de producción, el tanque de almacenamiento de lodos, las herramientas necesarias y accesorios hídricos. Los dos operadores deben conocer la ubicación exacta de estos ítems dentro del almacenamiento del Acueducto. Para un transporte eficiente se recomienda almacenar todos los ítems descritos anteriormente en un mismo lugar. De esta forma, en caso de emergencia los operadores solo necesitan revisar que tengan todo con ellos y proceder con su transporte en el remolque o camión.

Es responsabilidad del personal encargado tener con ellos todas las llaves correspondientes a su sitio de trabajo. Estas llaves corresponden a la cubierta del pozo, el acceso al sitio, el acceso al hidrante, entre otras.

Los operadores asegurarán que tengan todas las herramientas necesarias y equipos para producir y distribuir agua desde su ubicación asignada.

Los procedimientos principales que deben ser considerados para tener este sistema listo operando cuando ocurra una emergencia son los siguientes:

**(a) Almacenamiento de los Equipos**

Todos los equipos deben ser almacenados luego de asegurar su adecuada condición operativa y todas las herramientas y equipos requeridos para una operación y mantenimiento apropiado.

Los suministros para operar los equipos, tales como combustible, coagulantes, desinfectantes, entre otros deben ser también almacenados apropiadamente.

Todos estos ítems deben ser inventariados y una base de datos central debe ser mantenida ubicando donde estos equipos y suministros se encuentran en todo momento.

El acceso a los cuartos de almacenamiento debe ser accesible para el personal autorizado. Acceso electrónico o un código PIN de bloqueo debe ser utilizado.

Un inventario del equipo requerido para cada ubicación debe ser generado y mantenido a disposición como se muestra en la Tabla-1 .

**(b) Traslado de los Equipos e Inicio de Operaciones**

El equipo será desplegado en campo como lo decida el Comité de Emergencia del Acueducto. Es preferible posponer el despliegue hasta que se realice la valoración y evaluación de daños y el Comité tenga clara las necesidades de cada sector y determine el equipo idóneo a utilizar.

El personal capacitado en el transporte y despliegue del equipo debe participar.

Las condiciones de las vías de cada sitio y la capacidad de carga de las vías y puentes deberán ser anteriormente inspeccionadas y valoradas utilizando vehículos pequeños, antes de enviar maquinaria pesada u otros remolques.

El comienzo de las operaciones será supervisada por ingenieros entrenados. La dosificación de químicos y el acondicionamiento del agua deberán ser ajustados y la calidad del agua analizada para asegurar que cumpla con los estándares de agua segura.

**(c) Operación de los Equipos**

Los proveedores de los equipos deben entregar un manual de instrucciones fácil de seguir para sus equipos. Los equipos deben estar debidamente etiquetados permitiendo que una operación sencilla.

La planta piloto debe estar muy bien instrumentada, de manera que se pueda recolectar información para mejorar el modelo en el futuro.

**Bomba Sumergible**

Los pozos profundos normalmente tendrán la bomba instalada con anterioridad. Si es necesario instalar una bomba en el pozo el personal del Acueducto debe instalar la bomba sumergible y conectarla a la tubería de producción. La tubería de producción recomendada esta hecha de acero al carbón SHC 40, y con una longitud de 90 -120 m y de 4” de diámetro. Se conectará a la parte superior de la tubería de producción una manguera de plástico resistente a presiones altas y que conduzca el agua a la planta de tratamiento móvil cuando sea necesario. El operador debe revisar que los medidores de presión y de flujo estén correctamente instalados. Los dos operadores deben estar

capacitados en instalación de bombas sumergibles, motores, tuberías de producción y mangueras de conducción a la planta de tratamiento móvil.

### **Plantas de Tratamiento de Agua (PTA)**

La planta de tratamiento de agua móvil para cada pozo se diseñará de acuerdo a la calidad de agua del pozo. Para los pozos Cretáceos estudiados, el tratamiento de agua requerido puede variar entre una cloración simple a una clarificación por absorción utilizando filtración y cloración, u oxidación de hierro y manganeso y remoción usando filtración de arena verde. El equipo debe ser capaz de ejecutar cualquiera de estos tratamientos.

La planta portátil propuesta debe ser eficiente en cuanto al consumo de energía, ya que en caso de emergencia habrá una limitación de la misma.

### **Preparación de los Reactivos Químicos**

Los operadores deberán transportar los tanques de almacenamiento de reactivos químicos (coagulación y desinfección) si no han sido instalados en el sitio. La capacidad de estos tanques debe ser para por lo menos 30 días de operación. Adicional a los tanques de almacenamiento, los operadores necesitarán tanques extras para preparar las soluciones de coagulación y desinfección.

### **Retrolavado**

Es esencial realizar el mantenimiento de las PTAs. En caso que haya filtros de presión en la PTA, estos deben ser retrolavados periódicamente si están en operación. Se requieren sistemas de retrolavado automáticos. La mejor indicación es un aumento en la turbiedad de los efluentes o pérdida de presión a través de los filtros. Se instalan medidores de presión para este propósito. El lodo residual debe ser retirado por un camión de tipo Vector ó ser arrojado al alcantarillado si sus características satisfacen los estándares de la ley. Si los filtros presentan arena de manganeso verde, se debe reciclar este material de vez en cuando.

Sin embargo si la planta ha estado en uso por un periodo corto, antes de almacenar la PTA los operadores deben realizar un retrolavado para garantizar el funcionamiento óptimo para la próxima emergencia.

Los sistemas de tratamiento deben ser muy eficientes en el consumo de agua para el retrolavado, de igual forma que el consumo de energía, ya que el combustible será una comodidad preciosa

### **Operación Automática de la Planta**

La planta debe tener una operación automática. Debe encenderse/apagarse dependiendo del flujo disponible del pozo y en el nivel de los tanques de almacenamiento de agua tratada. La planta debe tener la posibilidad de ser operada manualmente en caso de una falla en el sistema.

La planta piloto debe estar debidamente instrumentada y debe ser de operación automática, incluyendo el lavado de los filtros. Un operador es necesario para preparar las soluciones químicas y supervisar el proceso.

### **Conexión de Mangueras**

Se utilizaran principalmente mangueras planas de conexión rápida.

### **Monitoreo del Cloro Residual y Otros**

Los operadores deben medir la concentración de cloro residual en el agua tratada y controlar que la concentración no sea mayor a 2 ppm, ya que durante la emergencia, los recipientes que utiliza la gente para recoger el agua no están necesariamente limpios.

Además del cloro residual, otras variables del agua tratada a ser monitoreadas por los operadores utilizando una sonda multi-parámetros son: Tasa de flujo y volumen acumulado, presión y turbiedad.

En la planta de tratamiento debe haber un monitoreo y control adicional al flujo y la presión de captación.

Los operadores deben llevar un laboratorio portátil pequeño en el cual se pueden medir parámetros *in situ* tales como: pH, color, conductividad, turbiedad, hierro, manganeso, alcalinidad y dureza.

#### **Caso donde se Dispone de Fluido Eléctrico**

El cable eléctrico de la bomba sumergible debe tener 20 ó 30 metros más que la longitud de la tubería de producción, para que alcance el panel de control del pozo. Si se cuenta con fluido eléctrico normal se pueden hacer conexiones desde el poste eléctrico al transformador con todo el alambrado requerido y las conexiones para proveer electricidad a la bomba.

#### **Caso donde No se Dispone de Fluido Eléctrico**

En caso que el fluido eléctrico se vea interrumpido, el generador móvil de la planta deberá ser operado con diesel. También se recomienda transportar un tanque diesel para almacenar el combustible necesario para 30 días.

#### **Generador Móvil y Panel de Control**

Los generadores para la operación de emergencia de los pozos no se deben preparar para todos los pozos (= 64), solo para aproximadamente el 30%. Los generadores requieren mantenimiento regular, por lo cual no se recomienda instalarlos, de manera fija, en los sitios de los pozos donde no recibirían mantenimiento ni serían operados por largo tiempo. Por lo tanto, los generadores deberán ser almacenados no en el sitio del pozo sino en una bodega de un contratista específico, donde pueden recibir mantenimiento y ser despachados al sitio del pozo cuando sea necesario.

#### **Comunicaciones**

El Acueducto debe suministrar radios de comunicación a sus equipos de respuesta a emergencias e idealmente debe ser compatible con los de otras agencias.

#### **(d) Logística para la Distribución del Agua**

La ración básica de agua por persona es de 5 L para cocinar y beber a 30 L para bañarse y lavar algunas ropas. El racionamiento y el esquema de distribución será decidido por el personal del sitio, de acuerdo a la disponibilidad y la necesidad de agua potable entre la población. Seguramente se tendrá que lidiar con acumulación de personas. Se debe contar con colaboración de la policía en caso de un racionamiento crónico.

La distribución usando carrotanques y tanques flexibles es muy efectiva. Los tanques flexibles necesitan una bomba de pequeñas cantidades de gasolina para distribuir los contenedores de agua. Los contenedores también deben ser inspeccionados, lavados y desinfectados antes de ser llenados. Los operadores deben olfatear los contenedores para asegurar que no se ha almacenado gasolina u otras sustancias en los contenedores.

De ser posible, la distribución de agua por parte del Acueducto se puede realizar en bolsas plásticas de 1L.

#### **(e) Logística de Suministro de Material**

Los ítems principales que deben ser suministrados a cada sitio son:

- Coagulante y Desinfectante
- Diesel y combustible (gasolina)
- Contenedores de agua y bolsas
- Alimento y suministros para los operadores. De ser posible se sugiere que los suministros para los operadores sean arreglados con los residentes locales, de modo que la amenaza al sistema de respuesta de emergencia sea minimizado.
- Repuestos para cada pieza del equipo
- El equipo debe ser enviado al sitio con químicos y combustible para por lo menos 15 días.

- Los operadores deben reportar su consumo diario, suministros almacenados y necesarios, de modo que se puede programar el envío de suministros.

**(f) Soporte Técnico durante el Despliegue, Inicio y Operación**

El Acueducto tendrá un grupo de ingenieros experimentados senior como consejeros para ayudar a los operadores locales con problemas específicos en la operación del equipo o en la distribución del agua. Ellos estarán disponibles par consulta por teléfono o radio y deberán visitar los sitios cuando se requiera.

**(g) Revisión del Equipo y Preparación para la Siguiente Emergencia**

Un serio problema con el equipo de emergencia es que se vandalice el equipo, sus herramientas y repuestos una vez termine la emergencia. Los operadores deben hacerse responsables de estos ítems.

Los operadores deben llenar un reporte completo del estatus del equipo y cualquier daño, de manera que puedan ser reparados.

Se debe realizar un inventario completo y revisar cada pieza que tenga el equipo antes de almacenarlo y dejarlo listo para la próxima emergencia. Se debe colocar un sello que certifique que el equipo ha sido inspeccionado.

**4. Proyecto Piloto – La Salle**

La calidad del agua en La Salle es excelente. Solo requiere desinfección para su abastecimiento.

**Tipo de Tratamiento del Agua – Inyección de Cloro**

- El sistema de tratamiento para La Salle consiste de una unidad portátil sobre un remolque para la inyección de hipoclorito de sodio líquido. Los operadores deben conectar la inyección al tanque de almacenamiento.
- La unidad de desinfección portátil debe ser capaz de operar automáticamente por lo menos por seis días. Debe tener un generador de energía pequeño con su tanque de almacenamiento de combustible, una bomba dosificadora, una bomba de respaldo y un tanque de almacenamiento de químicos para inyectar la solución, previo al tanque de almacenamiento de agua tratada. Sin embargo, el equipo debe operar con fluido eléctrico y debe tener la posibilidad de una transferencia manual a otras fuentes.
- Se requiere que los operadores preparen la solución de hipoclorito de sodio en un tanque apropiado y desde este tanque conecten el sistema de inyección al tanque de almacenamiento.

En La Salle se pueden instalar el sistema de cloración y el generador en el mismo remolque. Los operadores deben ubicar este remolque en el punto de parqueo seleccionado, el cual se encuentra entre el pozo y los tanques de abastecimiento de agua. La mezcla del cloro con el agua debe hacerse entre la PTA y el tanque de almacenamiento en el extremo opuesto para tener suficiente tiempo de contacto. Además de los puntos de parqueo seleccionados habrá 280 m<sup>2</sup> de parqueo adicional de ser necesario.

**Tanque Móvil**

Antes de comenzar operaciones en La Salle, se debe transportar y conectar adecuadamente a las tuberías cinco tanques móviles cada uno de 20 m<sup>3</sup> para agua tratada. El operador debe abrir o cerrar las válvulas correspondientes para su operación.

**Bomba para la Distribución de Agua en el Sitio**

Una bomba centrífuga eléctrica y una de diesel deben ser instaladas en La Salle para bombear agua con la presión suficiente desde el tanque de almacenamiento de agua tratada a los carrotanques. Cerca de 1 m<sup>3</sup>/min debe ser introducido, al mismo tiempo, a los tres carrotanques a través de los tres hidrantes.

**Conexión de Tuberías entre las Instalaciones**



Los operadores deben arreglar y revisar la conexión desde el pozo a la PTA y de la PTA a los tanques de almacenamiento, usando las mangueras correspondientemente marcadas.

#### **Ubicación de los Hidrantes y de los Grifos**

- El abastecimiento de agua mediante grifos para la gente que pueda acceder a La Salle se realizará en un área separada a la de los carrotanques. Los operadores deberán guiar a las personas y controlar la situación.
- Los hidrantes instalados en los andenes del área externa de La Salle estarán habilitados para llenar tres carrotanques al mismo tiempo. Para esto los operadores deben revisar que la bomba centrífuga funcione correctamente generando la cabeza hidráulica necesaria. Se debe conectar una manguera a cada uno de los tres hidrantes para llenar los carrotanques.
- Los operadores deben saber donde se encuentran los interruptores para la operación nocturna.

### **5. Proyecto Piloto – Vitelma**

#### **Unidad de Tratamiento Móvil**

- Los dos operadores encargados del pozo de Vitelma manejarán una planta de tratamiento modular con una capacidad inicial de tratamiento de 2000 m<sup>3</sup>/día. Esta planta será montada sobre un remolque para su transporte y movimiento. La ubicación de la PTA será cercana al casino de la Planta de Tratamiento de Agua Vitelma.
- La unidad móvil de tratamiento de agua debe tener un sistema de conexión de energía rápido y fácil. Los sistemas de agua cruda, tratada y de retrolavado deben conectarse con facilidad para entrar en operación en un tiempo máximo de tres horas.
- Dada la calidad del agua en Vitelma, se requiere de un sistema de filtrado por presión para tratar los excesos de hierro y manganeso y para su desinfección. El filtrado por presión se realizará con un medio de filtro a base de arena de manganeso verde. El agua también será dosificada con coagulante e hipoclorito de sodio.
- La unidad de tratamiento portátil debe incluir por lo menos una bomba diesel y una eléctrica que permitan realizar el tratamiento y el retrolavado de los filtros.
- El sitio debe contar con iluminación nocturna, la cual debe funcionar con el mismo panel de control que la bomba eléctrica.
- Las válvulas de desagüe para los tanques y contenedores deben instalarse de manera que permitan vaciar su contenido para ser transportadas. En caso que el peso de la planta exceda el peso que puede cargar el remolque, se deben instalar soportes ajustables con actuadores hidráulicos que aliviaran el peso de las llantas.

#### **Suministro de Energía**

En el sitio del pozo (Delirio), se puede utilizar la fuente de energía disponible. Si el fluido eléctrico es interrumpido los operadores deben llevar un generador diesel móvil al sitio. Delirio se ubica a unos 1,5 Km de la PTA Vitelma. El combustible para el suministro de energía puede ser almacenado en la edificación existente al lado del estanque de sedimentación. Esta edificación es utilizada actualmente por los guardias.

#### **Limpieza de los Filtros**

Los filtros comenzarán su sistema de limpieza automáticamente, idealmente cuando la presión aumente como consecuencia de la coagulación del medio del filtro.

### **6. Lista de Revisión**

Una lista de revisión se muestra en la Tabla-1. La idea es usar la lista como guía en cada sitio de pozo y revisar y confirmar que los ítems requeridos están listos para ser usados en emergencias.

**Tabla 1 Lista de Revisión para el Abastecimiento de Agua en caso de Emergencia.**

Lista de Revisión		
Descripción \ Sitio	La Salle	Vitelma
PTA móvil	Cloración	Filtración/Cloración
Bomba Sumergible	Instalada	Instalada
Motor Sumergible con Cableado Eléctrico	Instalado	Instalado
Tubería de Producción	Instalada	Instalada
Medidor de Flujo	1	1
Medidores de Presión	1	1
Cabezal Hidráulico	1	1
Tubería extra/Conexiones de Mangueras		
Manguera del Cabezal a la PTA		
Manguera de la PTA al Tanque de Almacenamiento		
Caja de Herramientas		
Generador Diesel Móvil	1	1
Panel de Control	1	1
Juego de Llaves		
Tanque de Lodos	No Necesario	1
Tanque de Almacenamiento de Coagulante	No Necesario	1
Tanque de Almacenamiento de Desinfectante para 30 días	1	1
Bomba Dosificadora de Coagulante	No Necesario	1
Bomba Dosificadora de Desinfectante	1	1
Bomba dosificadora de Respaldo	1	1
Tanque de Almacenamiento de Diesel	1	1
Tanque para la Dilución del Desinfectante para 7 días	1	1
Tanque para la Dilución del Coagulante para 7 días	No Necesario	1
Kit de Laboratorio Móvil (midiendo cloro residual y turbiedad)	1	1
Bomba Centrífuga Eléctrica	1	No Necesario
Bomba Centrífuga de Diesel	1	No Necesario
Mangueras con Cabezal para llenar los carrotanques	3	3
Tanques de Almacenamiento de Vinilo Móviles	5	No Necesario
Remolque para la PTA Móvil	1	1
Remolque para el Generador Diesel Móvil	No Necesario	1
Sanitarios Móviles	1	No Necesario
Camión tipo Vactor	No Necesario	1

## 7. Etapas de Emergencia

Dependiendo en los daños causados por los desastres naturales, se deben considerar diferentes etapas de emergencia en donde los estándares de abastecimiento de agua potable sean diferentes para cada etapa. Es recomendable que el Acueducto junto con otras entidades modifique los estándares de agua potable actuales de acuerdo a la entidad gubernamental correspondiente y expida un estándar especial de agua segura en situaciones de emergencia.

**Tabla 2 Etapas de Emergencia**

Etapa	Periodo
Primera Etapa	Inmediatamente después del terremoto, hasta una o dos semanas después
Segunda Etapa	Inmediatamente después de la primera etapa hasta uno o dos meses después
Tercera Etapa	Etapa de reconstrucción la cual puede durar un año o más

Fuente: Presentación del Sr. Jorge Arboleda, Seminario JICA 21-01-2009

## Pautas para Estándares Menores de Agua Segura Durante Emergencias

Inicialmente, los estándares recomendados para casos de emergencia son:

**Tabla 3 Estándares de Calidad de Agua en caso de Emergencia**

Microbiológico	Valor Máximo en Emergencia	Resolución 2115 de 2207	Anotaciones
Bacteria	0 CFU/100 cm <sup>3</sup>	0 CFU/100 cm <sup>3</sup>	Siempre requiere un tratamiento de descontaminación en las tres etapas
<b>Físico - Químicas</b>			
Arsénico	0.1 mg/L	0.01 mg/L	
Mercurio	0.01 mg/L	0.001 mg/L	
Plomo	0.10 mg/L	0.01 mg/L	
Cianuros	0.50 mg/L	0.05 mg/L	
THM	0.2 mg/L	2 mg/L	
Alcalinidad	-	200 mg/L	
Cloro	500 mg/L	250 mg/L	
Dureza	500 mg/L	300 mg/L	
Hierro Total	1.5 mg/L	0.3 mg/L	
Manganeso	1 mg/L	0.1 mg/L	
Turbiedad	5 UNT	2 UNT	
Cloro Residual	3 mg/L	2 mg/L	
<b>Otros</b>			
DBO	10 mg/L		
DO	5 mg/L		

Fuente: Presentación del Sr. Jorge Arboleda, Seminario JICA 21-01-2009

## 10. Escenarios de Emergencia

Se han proyectado diferentes escenarios con sus costos aproximados como se muestra en la Tabla-4.

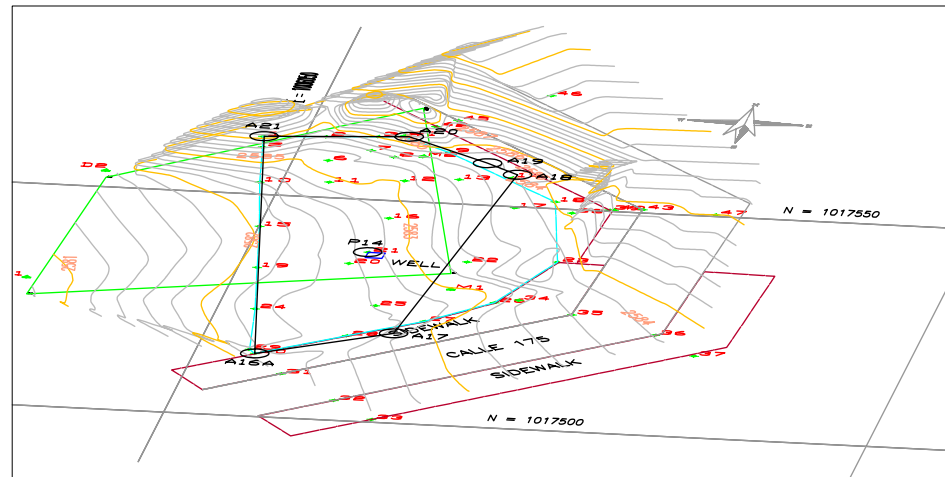
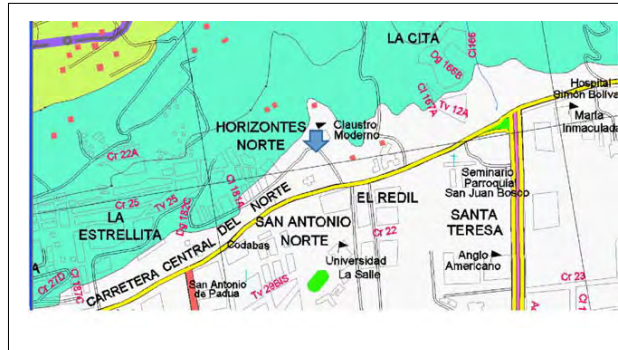
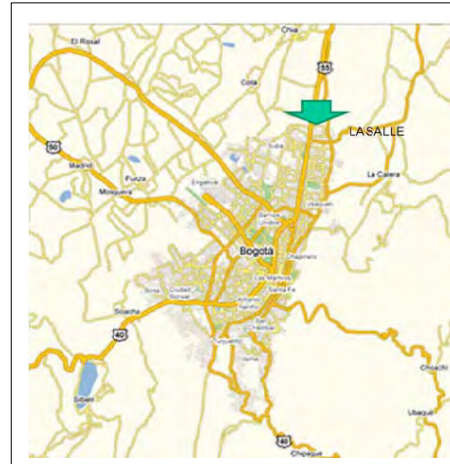
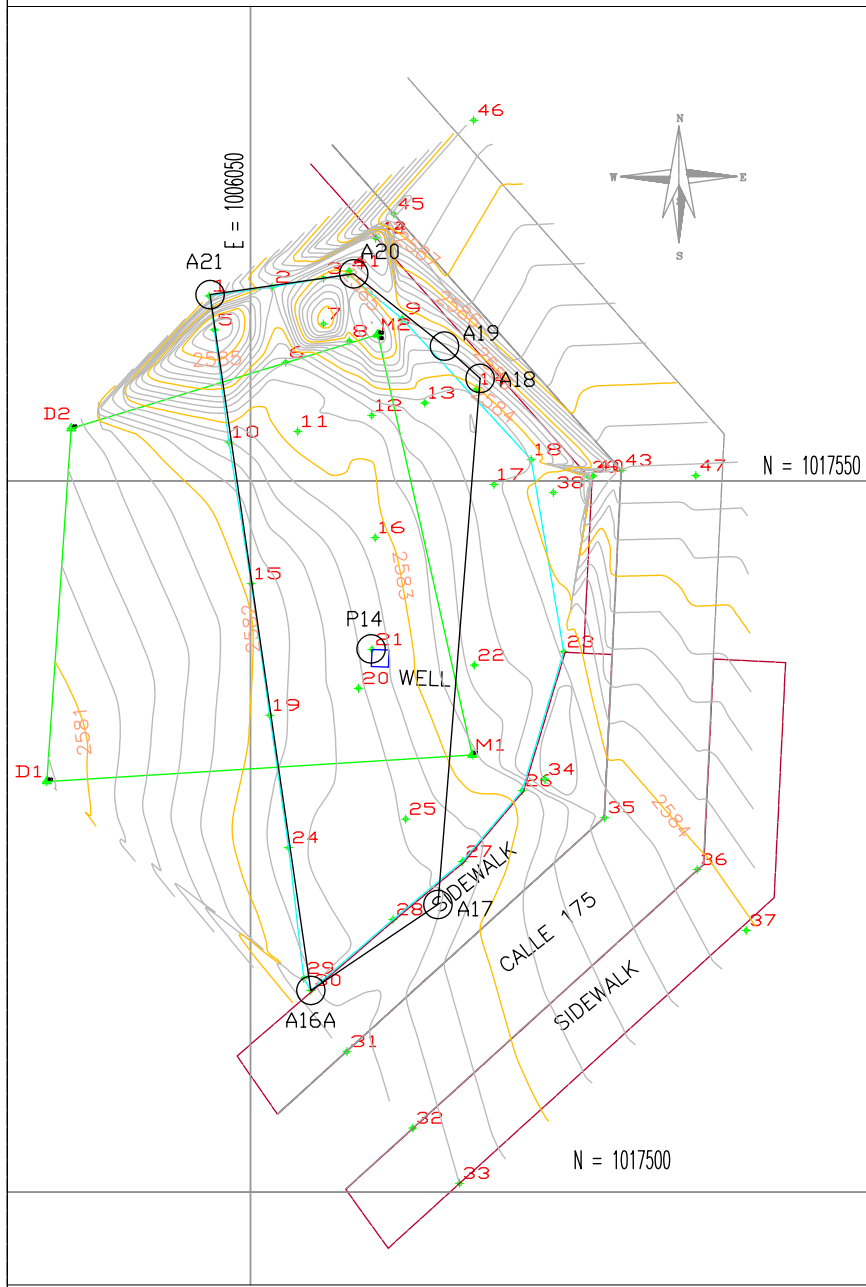
**Tabla 4 Costos de los Diferentes Escenarios**

Escenario	1	2 (La Salle & Vitelma)	3	4	5	6	TOTAL
Año Objetivo	2000-2008	2009-2010	2011	2013	2015	2020	
Pozos Perforados	7	2	1	10	20	24	64
Pozos en Producción	0	2	3	5	10	10	30
Infraestructura y adecuación de predios para el suministro (Vias, Cerramiento, Casa O&M)	0	2	3	5	5	5	20
Instalaciones Hidráulicas	0	2	3	5	5	5	20
Unidad Movil de Cloración	0	1	1	2	2	2	8
2 Plantas de 12.5 Lt/Seg. Modulares	0	1	2	3	3	3	12
<b>COSTO ESCENARIO</b>	\$ 3.974.690.370	\$ 2.880.878.538	\$ 3.503.791.987	\$ 10.359.360.895	\$ 16.777.859.995	\$ 19.049.111.635	\$ 56.545.693.419

Nota: 1) La estimación no incluye el costo de adquisición de terrenos. 2) Precios del 2009.

## **APÉNDICE – 2**

### **DIBUJOS PROYECTO PILOTO**



General Notes



The Study on Sustainable Water Supply for the Bogotá City and its Surrounding Area Based on the Integrated Water Resources Management in the Republic of Colombia

TOPOGRAPHIC SURVEY

Surveyor: Andrés Esneider Vera  
Register: 01-10885

Signature

No.	Revision/Issue	Date

Firm Name and Address  
Ing. Gustavo CALDERON  
Diagonal 61C No. 26A-28  
Oficina 201  
Bogotá, Colombia

Project Name and Address  
LA SALLE  
Calle 175 No. 6-67  
Bogotá

Project	LA SALLE	Sheet	1 / 1
Date	Sep. 2008		
Scale	1/250		



LOGOTIPO FIRMA URBANIZADORA  
NÚMERO DE CONTRATO O NÚMERO CARTA DE COMPROMISO

DISEÑADOR :  
REVISOR :  
REPRESENTANTE O PROPIETARIO :

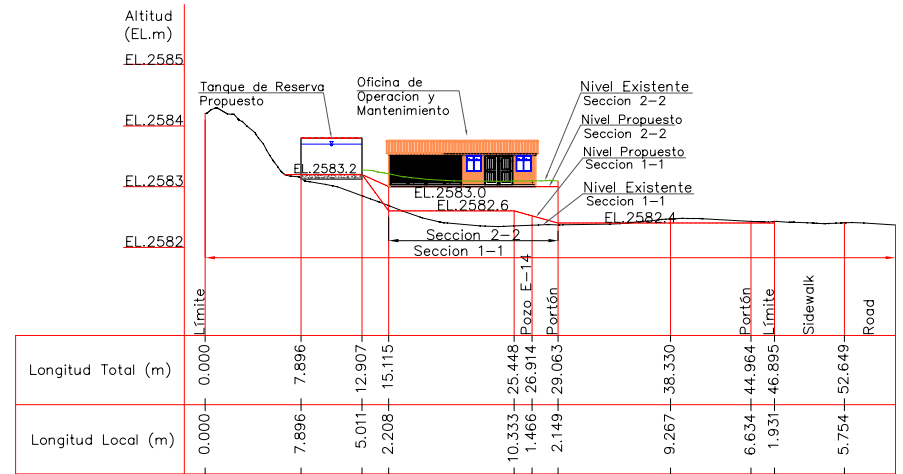
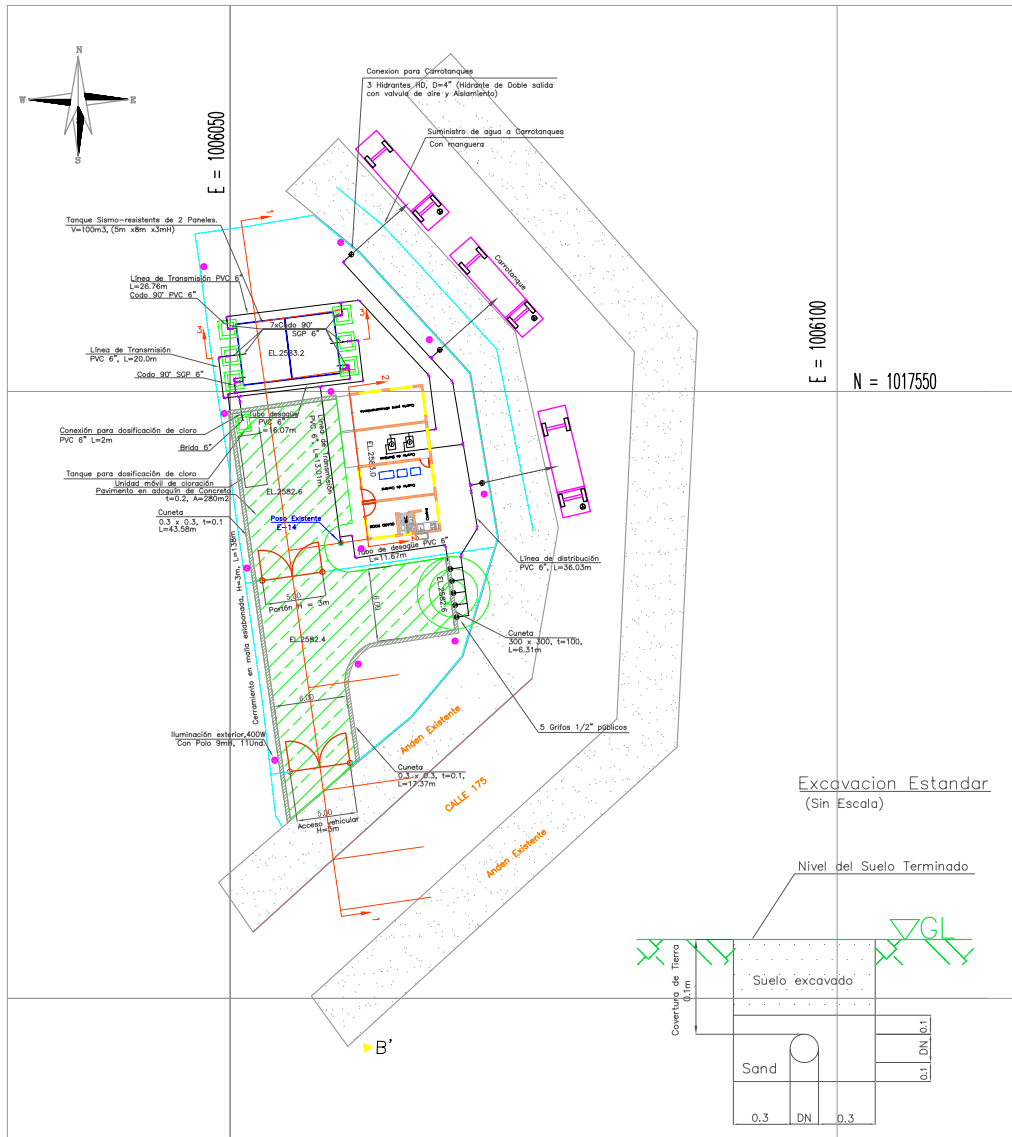
<b>scueducto</b> AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ		LOCALIZACIÓN ESC:
REVISOR:	ACUEDUCTO:	
APROBO:		

PUNTO DE AMARRE IGAC:	MODIFICACIONES:
NORTE:	FECHA:
ESTE:	FECHA:
COTA:	NOMBRE ING. RESPONSABLE:
Coordenadas Medas E:	FIRMA:
PLANCHA:	

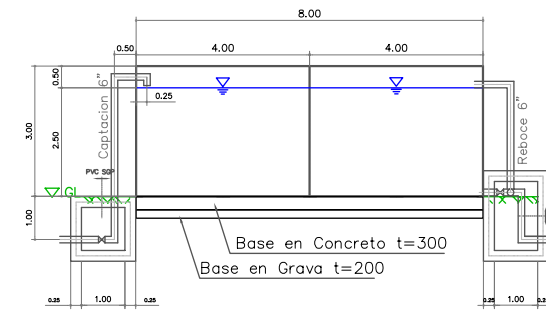
<b>acueducto</b> AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ	
GERENCIA	
DIRECCION	
PLANO DE DISEÑO DE REDES DE ACUEDUCTO	

NOMBRE DE LA OBRA/URBANIZACION/BARRIO LOCALIDAD	
CONTIENE:	
PLANTA LA SALLE	
ESCALA:	NOMBRE DEL ARCHIVO:

PROYECTO N°:	FECHA: ENERO 2009
PLANO No. 1/1	

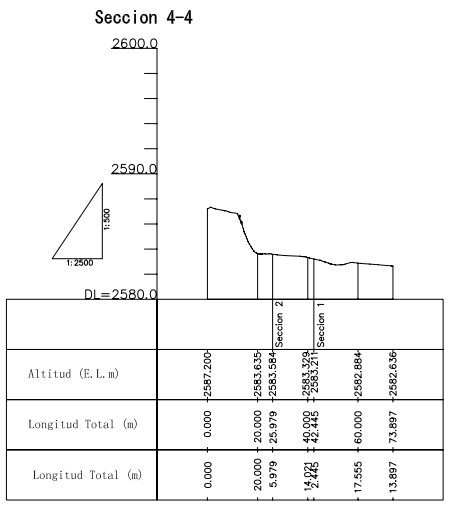
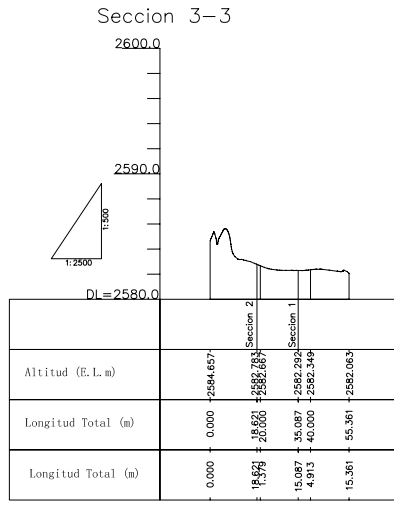
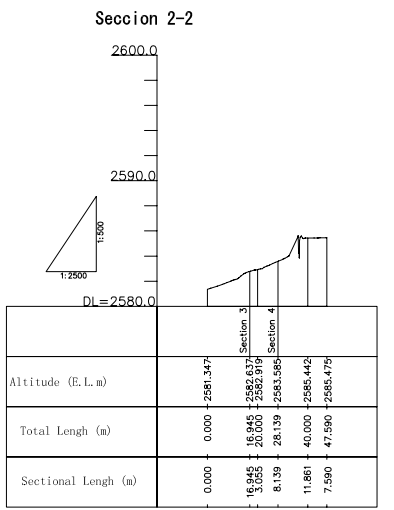
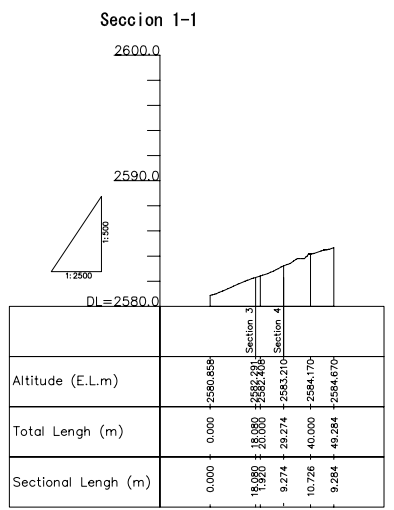
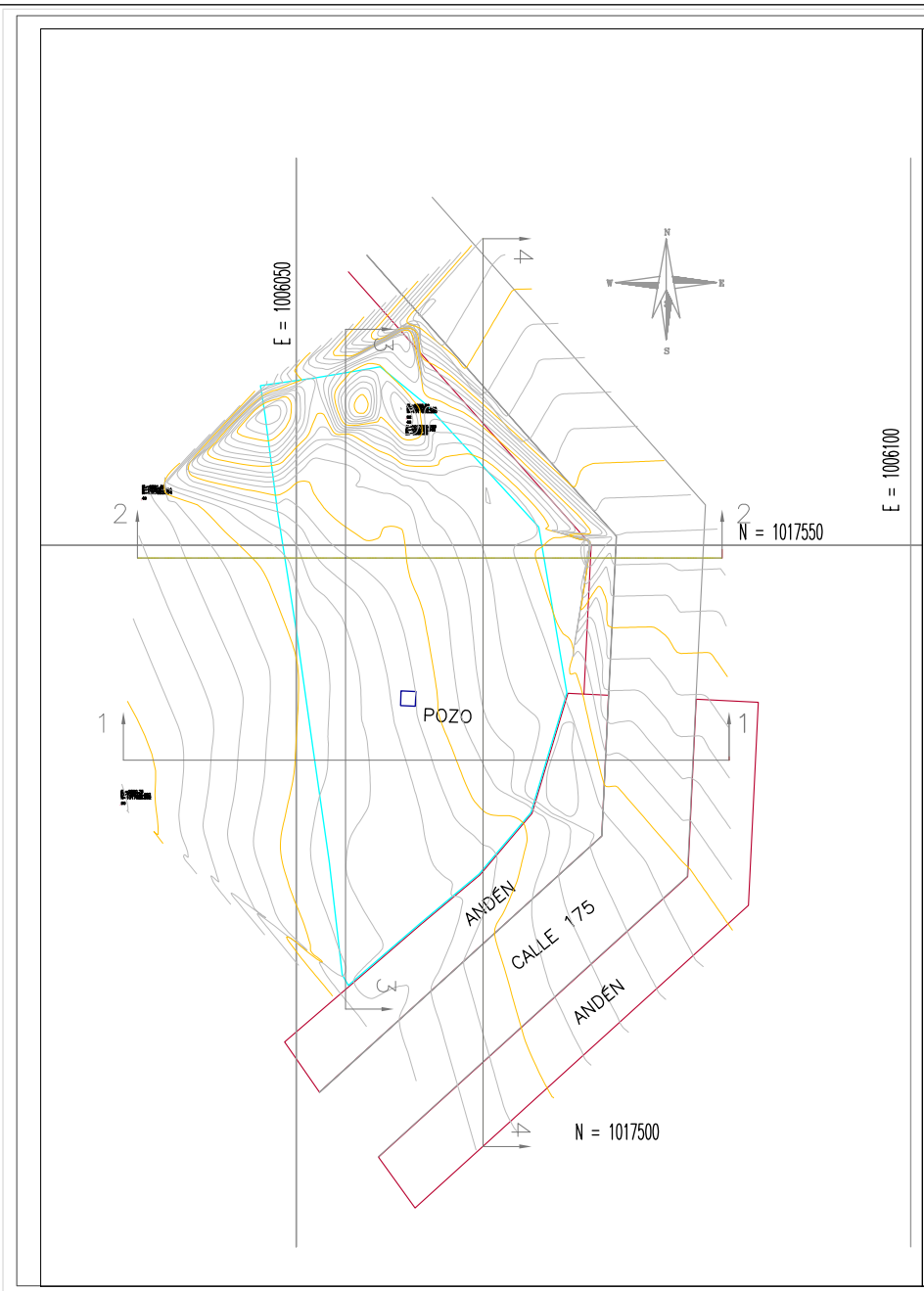


Seccion 1-1 y 2-2



Seccion 3-3

<b>LOGOTIPO FIRMA URBANIZADORA</b> NÚMERO DE CONTRATO O NÚMERO CARTA DE COMPROMISO		<b>acueducto</b> URBANIZACIÓN DE LA SALLE		<b>LOCALIZACIÓN</b> ESC:		<b>PUNTO DE AMARRE</b> IGAC NORTE: ESTE: COTA: Coordenadas Medias E PLANCHA		<b>MODIFICACIONES</b> FECHA MODIFICACION NOMBRE ING. RESPONSABLE FIRMA		<b>acueducto</b> AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ GERENCIA		<b>NOMBRE DE LA OBRA/URBANIZACIÓN/BARRIO</b> LOCALIDAD		<b>PROYECTO N°:</b>	
<b>DISEÑADOR:</b>		<b>REVISION</b> Nombre: MOP/Edo Profesional:		<b>ACUEDUCTO:</b> RECIBO: INGENIEROS M.P. No. REGISTRO No.		FECHA:		NOMBRE ING. RESPONSABLE:		<b>CONTIENE:</b> PLANTA Y SECCIONES PARA LA SALLE		<b>FECHA:</b> ENERO 2009		<b>PLANO No.:</b> 1/2	
<b>REPRESENTANTE O PROPIETARIO</b> Nombre: C.E. O NIT:		<b>APROBO:</b> INGENIEROS M.P. No. REGISTRO No.		Vo.Bo. INGENIEROS M.P. No. REGISTRO No.		PLANCHA		DIRECCION:		<b>ESCALA:</b> SIN ESCALA		<b>NOMBRE DEL ARCHIVO:</b> LA SALLE			



LOGOTIPO, FIRMA URBANIZADORA  
 NÚMERO DE CONTRATO O NÚMERO CARTA DE COMPROMISO

**REVISION**  
**ACUEDUCTO:**

REVISOR: \_\_\_\_\_  
 INGENIERO M.P. No. \_\_\_\_\_

RECIBO: \_\_\_\_\_  
 INGENIERO REGISTRO No. \_\_\_\_\_

REPRESENTANTE LEGAL O PROPIETARIO: \_\_\_\_\_  
 INGENIERO C.E. O N.T. \_\_\_\_\_

APROBO: \_\_\_\_\_  
 INGENIERO M.P. No. \_\_\_\_\_

Vo.Bo. \_\_\_\_\_  
 INGENIERO REGISTRO No. \_\_\_\_\_

LOCALIZACION ESC:

PUNTO DE AMARRE IGAC NORTE: ESTE: COTA: Coordenadas Medias E PLANCHA

MODIFICACIONES

FECHA	MODIFICACION	NOMBRE ING. RESPONSABLE	FIRMA

**acueducto**  
 AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

GERENCIA - - - - -

DIRECCION - - - - -

PLANO DE DISEÑO DE REDES DE ACUEDUCTO

NOMBRE DE LA OBRA/URBANIZACION/BARRIO LOCALIDAD

CONTIENE: PLANTA Y SECCIONES TOPOGRAFICAS PARA LA SALLE

ESCALA: VARIAS

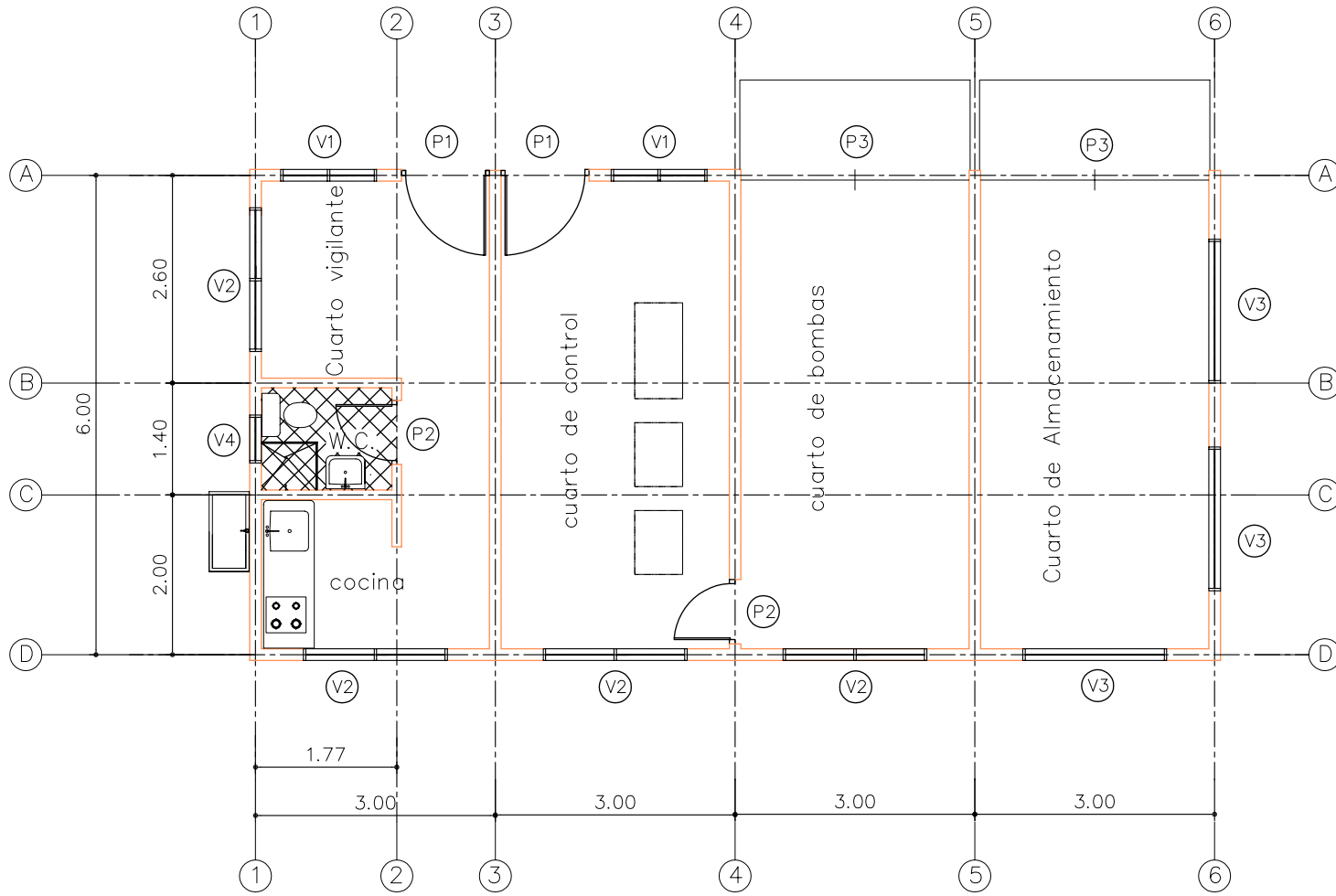
NOMBRE DEL ARCHIVO: LA SALLE

PROYECTO N°: \_\_\_\_\_

FECHA: ENERO 2009

PLANO No. 2/2



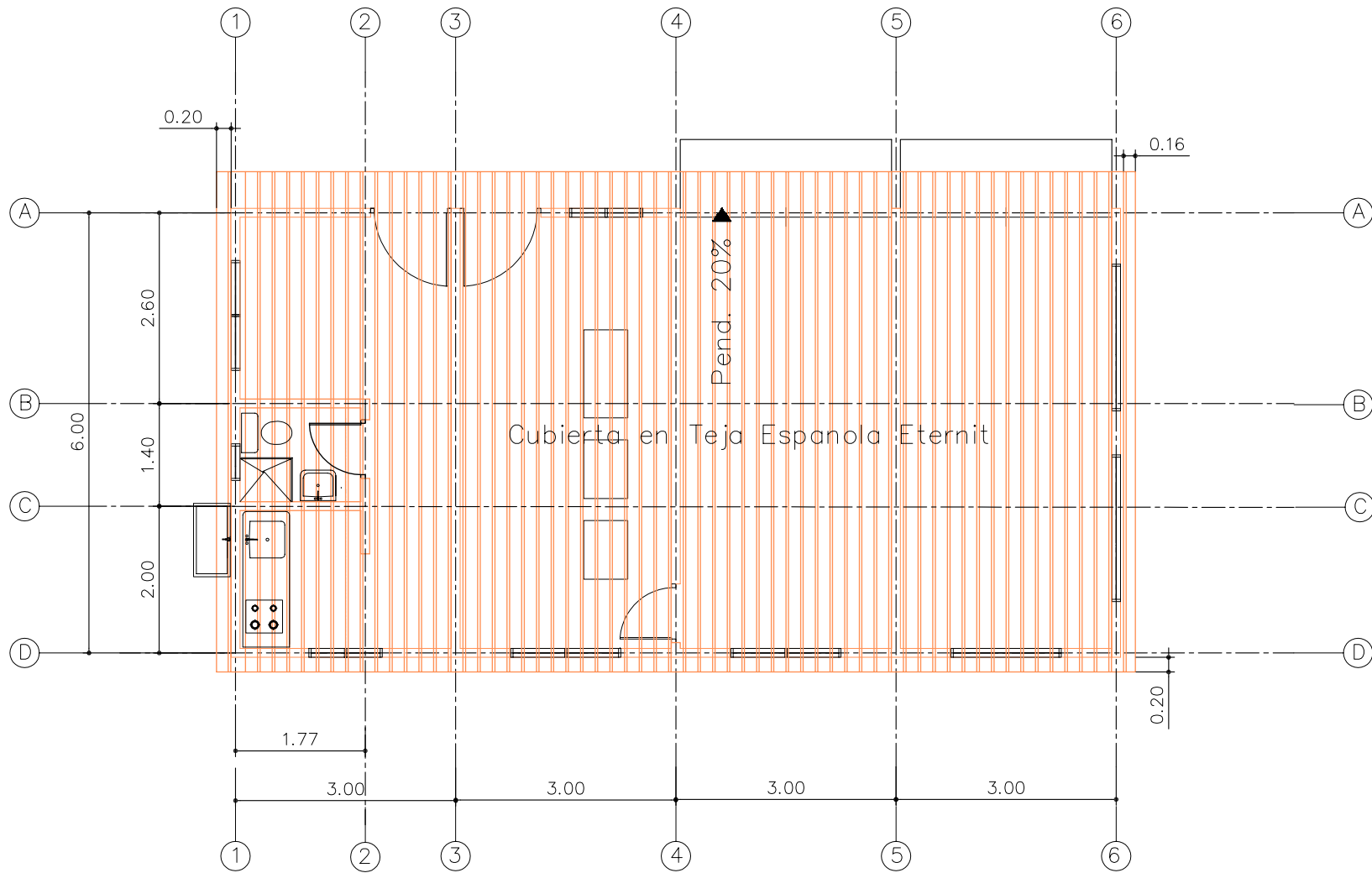


CUADRO DE PUERTAS Y VENTANAS

TIPO	ESPECIFICACIONES
(P1)	Puerta, Marco Metalico y Lamina 1.00 x 2.40
(P2)	Puerta, Marco Metalico y Lamina 0.7 x 2.10
(P3)	Puerta, Cortina Metalica 3,00 x 2.4 Operacion Manual
(V1)	Ventana Tipo Aluminio con Reja 1.20 x 1.30 Vidrio t=5
(V2)	Ventana Tipo Aluminio con Reja 1.80W x 1.30H Vidrio t=5
(V3)	Ventana Tipo Aluminio con Reja 1.80 x 0.4 Vidrio t=5
(V4)	Ventana Tipo Aluminio con Reja 0.60 x 0.40 Vidrio t=5

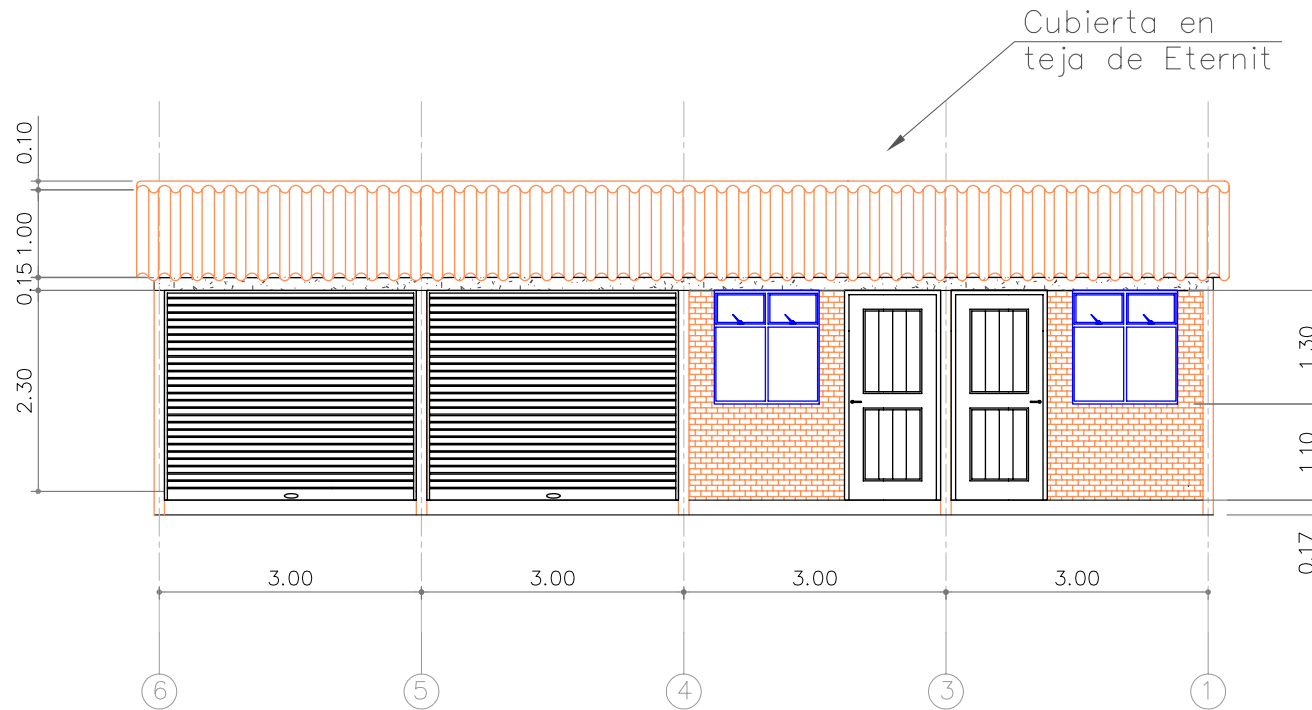
PLANTA ARQUITECTONICA  
ESCALA: 1:100

LOGOTIPO, FIRMA URBANIZADORA NÚMERO DE CONTRATO O NÚMERO CARTA DE COMPROMISO		<b>acueducto</b> INGENIEROS M.P. No.		LOCALIZACION ESC.:		PUNTO DE AMARRAR IGAC: NORTE: ESTE: COTA: Coordenadas M. Medios E.		MODIFICACIONES FECHA   MODIFICACION   NOMBRE ING. RESPONSABLE   FIRMA		NOMBRE DE LA OBRA/URBANIZACION/BARRIO LOCALIDAD PROYECTO N°:	
DISEÑADOR:		REVISION ACUEDUCTO:		RECIBO: INGENIERO M.P. No.		INGENIERO M.P. No.		GERENCIA		CONTIENE: PLANTA ARQUITECTONICA	
REPRESENTANTE LEGAL O PROPIETARIO:		APROBO: INGENIERO M.P. No.		Vo.Bo. INGENIERO M.P. No.		DIRECCION:		PLANO DE DISEÑO DE REDES DE ACUEDUCTO		ESCALA: 1:100 NOMBRE DEL ARCHIVO: LA SALLE	
										FECHA: ENERO 2009 PLANO No. 1/5	



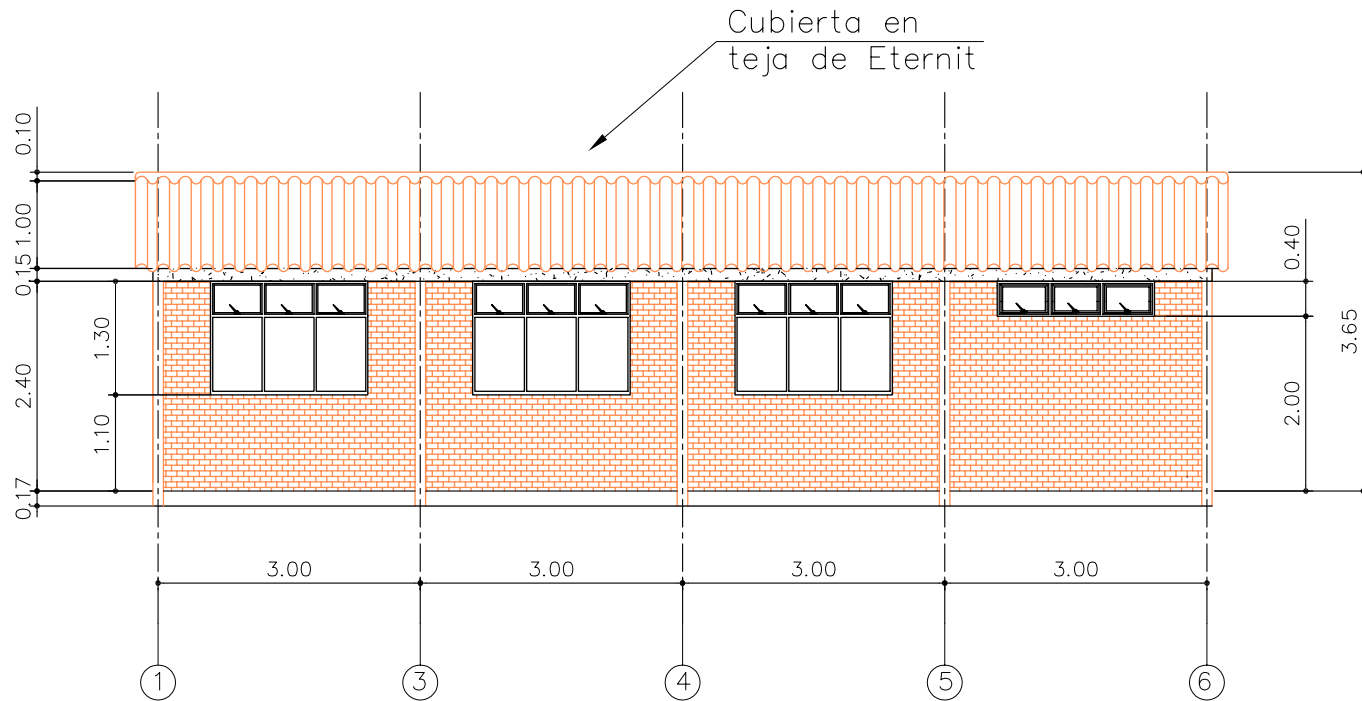
PLANTA ARQUITECTONICA TECHOS  
 ESCALA: 1:100

LOGOTIPO, FIRMA URBANIZADORA NÚMERO DE CONTRATO O NÚMERO CARTA DE COMPROMISO		<b>acueducto</b> <small>AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ</small>		LOCALIZACIÓN ESC:		PUNTO DE AMARRADO IGAC: NORTE: ESTE: COTA: Coordenadas: Medios E: M PLANCHA		MODIFICACIONES <table border="1"> <thead> <tr> <th>FECHA</th> <th>MODIFICACION</th> <th>NOMBRE ING. RESPONSABLE</th> <th>FIRMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		FECHA	MODIFICACION	NOMBRE ING. RESPONSABLE	FIRMA					NOMBRE DE LA OBRA/URBANIZACION/BARRIO LOCALIDAD		PROYECTO N° :	
FECHA	MODIFICACION	NOMBRE ING. RESPONSABLE	FIRMA																		
DISEÑADOR :		REVISION ACUEDUCTO:		RECIBO: INGENIERO M.P. No.: REGISTRO No.:		FECHA: ENERO 2009		CONTIENE: PLANTA ARQUITECTONICA TECHOS		PLANO No. 2/5											
REPRESENTANTE LEGAL O PROPIETARIO		APROBO: INGENIERO M.P. No.: REGISTRO No.:		Vo.Bo.		DIRECCION:		ESCALA: 1:100		NOMBRE DEL ARCHIVO: LA SALLE											
GERENCIA ----- PLANO DE DISEÑO DE REDES DE ACUEDUCTO								LA SALLE													





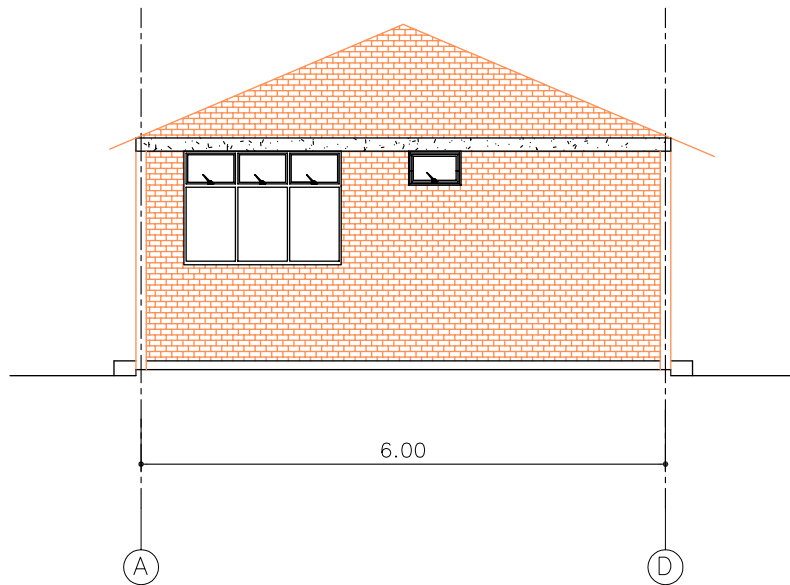
CORTE A-A  
ESCALA: 1:100

LOGOTIPO, FIRMA URBANIZADORA NÚMERO DE CONTRATO O NÚMERO CARTA DE COMPROMISO				LOCALIZACIÓN ESC:	PUNTO DE AMARRE IGAC NORTE: ESTR: COTA: Coordinadas, Medios E PLANCHA	MODIFICACIONES FECHA MODIFICACION NOMBRE ING. RESPONSABLE FIRMA		 AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ GERENCIA	NOMBRE DE LA OBRA/URBANIZACIÓN/BARRIO LOCALIDAD	PROYECTO N°:
DISEÑADOR:	REVISOR:	ACUEDUCTO:							CONTIENE:	FECHA: ENERO 2009
REPRESENTANTE O PROPIETARIO	APROBO:	Vo.Bo.						CORTES	PLANO No. 3/5	
DIRECCION						PLANO DE DISEÑO DE REDES DE ACUEDUCTO		ESCALA: ESCALA: 1:100	NOMBRE DEL ARCHIVO: LA SALLE	

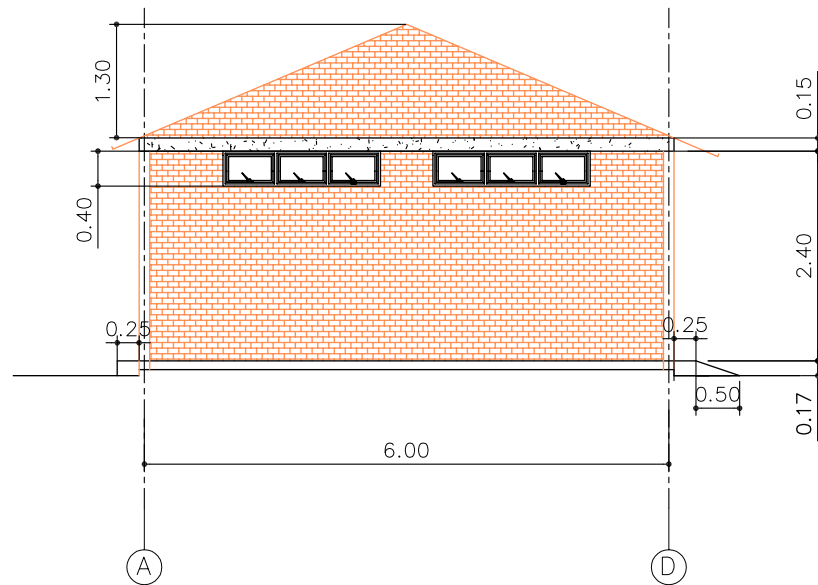


CORTE D-D  
ESCALA: 1:100



LOGOTIPO, FIRMA URBANIZADORA NÚMERO DE CONTRATO O NÚMERO CARTA DE COMPROMISO		 <b>acueducto</b> <small>AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ</small>		LOCALIZACIÓN ESC:	PUNTO DE AMARRA IGAC	MODIFICACIONES			 <b>acueducto</b> <small>AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ</small> GERENCIA	NOMBRE DE LA OBRA/URBANIZACIÓN/BARRIO LOCALIDAD	PROYECTO N°:
DISEÑADOR:	REVISOR:	RECIBO:	ACUEDUCTO:	ESC:	FECHA	MODIFICACION	NOMBRE ING. RESPONSABLE	FIRMA		CONTIENE:	FECHA: ENERO 2009
REPRESENTANTE O PROPIETARIO	APROBO:	Vo.Bo.	INGENIERO REGISTRO No.	LOCALIZACIÓN ESC:	FECHA	MODIFICACION	NOMBRE ING. RESPONSABLE	FIRMA	CORTES	PLANO No. 4/5	
INGENIERO M.P. No.	INGENIERO M.P. No.	INGENIERO REGISTRO No.	INGENIERO REGISTRO No.	LOCALIZACIÓN ESC:	FECHA	MODIFICACION	NOMBRE ING. RESPONSABLE	FIRMA	ESCALA: 1:100	NOMBRE DEL ARCHIVO: LA SALLE	
DIRECCION: PLANO DE DISEÑO DE REDES DE ACUEDUCTO											



CORTE 1-1  
ESCALA: 1:100



CORTE 6-6  
ESCALA: 1:100

LOGOTIPO, FIRMA URBANIZADORA NÚMERO DE CONTRATO O NÚMERO CARTA DE COMPROMISO		 <b>acueducto</b> <small>AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ</small>		LOCALIZACIÓN ESC:	PUNTO DE AMARRE IGAC NORTE: ESTR: COTA: Coordenadas, Medias E PLANCHA	MODIFICACIONES			 <b>acueducto</b> <small>AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ</small> GERENCIA ----- DIRECCION ----- PLANO DE DISEÑO DE REDES DE ACUEDUCTO	NOMBRE DE LA OBRA/URBANIZACIÓN/BARRIO LOCALIDAD		PROYECTO N°:
DISEÑADOR :	REVISOR:	ACUEDUCTO:			FECHA	MODIFICACION	NOMBRE ING. RESPONSABLE	FIRMA		CONTIENE:	FECHA: ENERO 2009	
REPRESENTANTE O PROPIETARIO	APROBADO:	REVISOR:							CORTES	PLANO No. 5/5		
Nombre: Matrícula Profesional: LEGAL C.C. O NIT:	INGENIERO M.P. No.:	RECIBO:	INGENIERO REGISTRO No.:						ESCALA: 1:100	NOMBRE DEL ARCHIVO: LA SALLE		