

(5) Instalación Sanitario

(A) Instalación Sanitario

1 GENERALIDADES

La presente memoria técnica describe el cálculo, diseño y dimensionamiento de las instalaciones sanitarias, tanto interiores como exteriores de la Estación de Bombeo Severino.

2. ALCANCE DEL PROYECTO

El sistema de abastecimiento de agua para la Estación de Bombeo comprende el suministro de agua potable, agua para uso sanitario y el sistema para protección de incendios.

El agua cruda es obtenida desde la tubería de enfriamiento de la bomba en el nivel 45.000. El equipo de tratamiento consiste de un tanque de filtración, tanque de almacenamiento de agua tratada, bombas de alimentación, tanque hidroneumático y unidades de esterilización instaladas en el nivel 50.000.

El agua para uso doméstico y sanitario, es filtrada a través de filtros de arena, clorinada automáticamente, almacenada en el tanque de agua tratada y distribuida a todos los servicios por medio del conjunto bomba - tanque hidroneumático.

El sistema de protección contra incendios es independiente y funciona a través de su propio sistema de bombeo. El agua para el sistema no es tratada y es suministrada desde el tanque de almacenamiento de agua cruda, ubicado en el nivel 45.000.

El sistema de drenaje y desagüe esta constituido por las aguas de desecho y aguas negras (residuales).

Las aguas negras y de desecho son colectadas en el tanque séptico, y bombeadas al sistema de drenaje de aguas negras después de ser tratadas, descargando a las zanjas de infiltración.

3. SISTEMA DE AGUA POTABLE

3.1 Alimentación del Sistema

La alimentación de agua cruda proveniente del embalse, se realiza a través de una derivación del sistema de suministro de agua de enfriamiento, almacenándose en el tanque

de agua cruda; de este tanque, se bombea hacia la unidad de tratamiento y se almacena en el tanque para agua tratada.

3.2 Tanques de Almacenamiento y Equipos

El volumen del tanque de incendios se determinó en 12.0 m^3 y el volumen del tanque de agua tratada en 4.0 m^3 . Volúmenes que se obtuvieron, en incendios al considerar dos hidrantes funcionando durante 40 minutos con un caudal total de 5.0 l/s y en agua potable dotaciones de $70 \text{ l/hb} \times \text{día}$ para un total máximo de 30 personas.

Los tanques serán metálicos y herméticos con tapas sanitarias y bocas de ventilación para su mejor operación y mantenimiento.

Para el sistema contra incendios será necesaria una bomba centrífuga de eje horizontal que maneje un caudal de 5.0 lit./s a una altura dinámica total de 60 m , acoplada a un motor de 5.5 Vw , de 3500 rpm , corriente trifásica $220/440 \text{ v}$ y 60 ciclos.

En el sistema de agua potable se utilizará el siguiente equipo; dos bombas una de reversa y otra de operación, centrífugas de eje horizontal para un caudal de 1.5 l/s , con una altura dinámica total de 15.0 m , acopladas a un motor de 0.75 kw , de 3500 rpm , 220 v y 60 ciclos, la succión y descarga de la bomba serán de 40 mm de diámetro. Estas bombas alimantarán desde el nivel 45.000 a la unidad de filtración ubicada en el nivel 50.000 .

Una unidad de filtración, con arena como medio filtrante, con capacidad de 50 l/min con una bomba para retrolavado.

Una unidad de clorinación compuesta básicamente por una bomba dosificadora de diafragma y un tanque de almacenamiento para la solución de hipoclorito.

Dos bombas centrífugas (operación y reserva) para un caudal de 1.1 l/s , con una altura dinámica total de 43 m , acopladas a un motor de 3.0 kw , de 3500 rpm , 220 v y 60 ciclos, con succión y descarga de 32 mm de diámetro. La descarga de la bomba irá acoplada a un tanque hidroneumático de 500 l/s de capacidad y 10 bar . de presión de trabajo, con presiones mínimas y máximas de 43 m y 60 m respectivamente.

Finalmente se dispondrá de un compresor de aire, con presión mínima de 6.0 atm , caudal de aspiración de 3900 lit/hora y una potencia de 1.5 kw .

3.3 Red de Agua Potable

La red de distribución se inicia en la salida del tanque hidroneumático, en el nivel 50.000; a partir de este nivel existe una columna principal de 32 mm de diámetro que llega hasta el nivel 70.000, donde se deriva en ramales que dan servicio a todos los aparatos sanitarios de la estación de bombeo.

Para la determinación de caudales de diseño y diámetros en cada una de las tuberías se ha considerado: caudales tipo entre 0.10 l/s y 0.15 l/s para los distintos aparatos, el porcentaje de simultaneidad correspondiente (100%) y que la velocidad en la tuberías se encuentre en el rango de 1.5 a 2.0 m/s.

De acuerdo a las variables anteriormente descritas y considerando las pérdidas de carga tanto localizadas como de fricción, se ha determinado para el uso sanitario más elevado y alejado del punto de alimentación, que la presión mínima necesaria que se debe suministrar es de 43.0 m.

Las tuberías y accesorios serán de hierro galvanizado de acuerdo a las especificaciones.

Para direccionar el flujo en cierto sentido o interrumpir, se ha colocado válvulas check o de paso en diferentes tramos de la red, las mismas que deberán cumplir con las especificaciones respectivas y serán instaladas en la cantidad y sitios indicados en los planos.

3.4 Red de Distribución de Agua Caliente

La temperatura promedio de la zona de 25 °C y un clima cálido - húmedo a determinado que este servicio se preste a las unidades del fregadero de cocina y cuarto de duchas.

El equipo de generación de agua caliente está constituido por dos calentadores eléctricos instantáneos de 7.0 litros y 1.5 kw.

4. SISTEMA CONTRA INCENDIOS

El agua para la red de incendios no será tratada, será agua cruda proveniente del embalse la Esperanza. El tanque de almacenamiento-reserva de agua cruda será de 12.0 m³ y el control del afluente se realizará a través de una llave de flotador.

El sistema tiene una bomba de alimentación independiente, con un ramal de derivación para recirculación; la red de distribución alimenta a todos los niveles de la estación de bombeo, cada nivel está cubierto por dos cojinetes contra incendio. El diámetro de la columna principal es de 65 mm y el de las derivaciones y tomas de 40 mm.

En la determinación de la altura dinámica total, se considera una presión mínima en cajetín de 24.0 m y las pérdidas de carga para el cajetín mas elevado y alejado del punto de alimentación.

Adicionalmente en el sistema contra incendios se considera extinguidores portátiles de incendio que se ubicarán en los ambientes cerrados, como se indica en los planos.

5. SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES Y VENTILACIÓN

Este sistema comprende la tubería, accesorios, ramales, colectores, conexiones, bajantes, tuberías exteriores, cajas de revisión y tuberías de ventilación.

5.1 Red de Aguas Residuales

En el diseño de la red de aguas negras se considera como unidad de desague 0.47 l/s; las unidades de descarga consideradas para los distintos aparatos fluctúan entre 2 y 5, tomadas para uso de oficinas.

Las derivaciones de retretes (wc) tienen un diámetro de 110 mm y los demás desagües provenientes de otros aparatos sanitarios tendrán un diámetro mínimo de 50 mm. La pendiente mínima de los ramales colectores será del 1%. Los ramales colectores descargan a cajas de revisión independientes como se indica en los planos.

Las aguas negras y de desecho son recolectadas en el tanque séptico, una vez tratadas, son bombeadas a la red de drenaje de aguas negras y descargadas a la zanja de infiltración de 42.0 m de longitud.

La red de aguas negras y de desecho estará compuesta en su totalidad de tubería de pvc. y obedecerá a las especificaciones técnicas.

El tanque séptico será de hormigón armado y sus dimensiones exteriores en planta son 2.33 m x 4.51 m y su emplazamiento como se indica en los planos. Esta conformado por una

doble cámara y filtro de material granular, un tanque biodigestor, un depósito de contacto para desinfección y un equipo de bombeo de las aguas tratadas.

5.2 Red de Ventilación

Para evitar pérdidas del sello hidráulico en los desagües de los aparatos sanitarios en la batería de servicios, se ha diseñado un sistema de ventilación sanitaria.

La red de ventilación esta conformada en su totalidad con tuberías de pvc 50 mm de diámetro, y está constituida de ramales de ventilación con pendiente al aparato sanitario de 0.5%, que se conectan a la columna de ventilación; en la parte superior de la columna se ubicará un sombrerete.

(B) Fórmulas

FÓRMULAS

$$1) \quad V = 1.273 * Q/D^2$$

V : Velocidad del flujo (m/s)

Q : Caudal (m³/s)

D : Diámetro de la tubería (m)

$$2) \quad hf = \left(\frac{Q}{0.28 * C * D^{2.63}} \right)^{1.85} * L$$

$$hl = K \frac{V^2}{2g}$$

hf : Pérdidas de carga por fricción (m)

hl : Pérdidas de carga localizadas (m)

Q : Caudal (m³/s)

D : Diámetro (m)

L : Longitud (m)

C : Coeficiente (120 acero)

v : Velocidad (m/s)

g : Gravedad (m/s²)

K : Coeficiente en función del accesorio

| Accesorio | K |
|----------------|-----|
| Codo 90° | 1.0 |
| Reductor | 0.5 |
| Tee | 1.0 |
| Val. compuerta | 1.0 |
| Válvula check | 1.0 |

$$3) \quad P = \frac{\gamma * Q * HDT}{76.2 * \eta}$$

P : Potencia (Hp)

Q : Caudal (m³/s)

γ : Peso específico (1000 kg/m³)

HDT : Altura dinámica total (m)

η : Eficiencia (0.6 adoptada)

$$4) \quad V = Q * \frac{25}{sc} * \left(\frac{p1 + 1}{p1 - p2} \right)$$

V : Volumen tanque hidroneumático (lit)

Q : Caudal máximo absoluto (lit/min)

Sc : Número de disparos máximos por hora (15)

p1 : Presión máxima de trabajo (atm)

p2 : Presión mínima de trabajo (atm)

$$5) \quad V = 1.3 N (C * T + 100 * Lf)$$

V : Volumen útil total del tanque séptico (lit)

N : Número de usuarios (hb)

C : Producción Aguas Negras (50 l/día - hb)

T : Período de detención (1 día)

Lf : Producción de lodo fresco (0.20 l/día - hb)

$$6) \quad L = \frac{N * Q}{2 * D * I}$$

L : Longitud de la zanja de infiltración (m)

N : Número de usuarios (hb)

Q : Contribución (caudal) (lit/hb-día)

D : Profundidad efectiva de la zanja (m)

I : Velocidad de infiltración (18 l/día-m²)

7) Equivalencias

1 hp = 0.746

1 atm = 10 m H₂O

1 Gal = 3.784

1 atm = 14.7 psi

(C) Agua Doméstico Frío y Caliente

1. CONSIDERACIONES GENERALES

- Para el cálculo se adoptan los siguientes caudales en cada grifo de servicio.

| APARATO | CAUDAL | SIMBOLOGÍA |
|-----------|--------|------------|
| SANITARIO | | |
| Lavabo | 0.10 | (L) |
| Ducha | 0.10 | (SH) |
| Inodoro | 0.10 | (WC) |
| Fregadero | 0.15 | SK, S |
| Grifo | 0.10 | (F) |

- Las velocidades en las tuberías se considera comprendidas entre 1.0 y 2.0 m/s.
- Las pérdidas de carga se determinan para el aparato mas alejado y, se considera como carga de agua una altura de 12.0 m.
- En el sistema de agua caliente se considera calentadores automáticos para dar servicio al fregadero de la cocina y al cuarto de duchas.

2. CÁLCULO Y ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE PERSONAS EN LA ESTACIÓN.

| AMBIENTE | ÁREA (m ²) | No. DE PERSONAS personas/m ² | TOTAL PERSONAS |
|------------------------|---------------------------|--|-------------------|
| Cuarto de control | 99.0 | 1/22 m ² | 3.0 |
| Telecomunicaciones | 15.0 | 1/15 m ² | 1.0 |
| Cuarto de conferencias | 40.0 | 1/2 m ² | 20.0 |
| Oficina | 47.0 | 1/10 m ² | 5.0 |
| Manager room | 19.0 | 1/10 m ² | 2.0 |
| Total..... | | | 31.0 |

Se estima que normalmente en la estación de bombeo existirán 11 personas, en un evento especial (máximo) se considera que el cuarto de conferencias albergará 20 personas dando un total de 31 personas.

* Para el diseño se adopta 30 personas.

3. DOTACIONES Y RESERVAS DE AGUA POTABLE

Las dotaciones que se considera, tomando en cuenta que la ocupación del área es para oficinas es la siguiente:

| No. DE PERSONAS (p) | DOTACIÓN lit/p-día | VOLUMEN/día lit/día | DIAS DE RESERVA | VOLUMEN RESERVA lit. |
|------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|----------------------------|
| 11.0 | 70 | 770 | 3.0 | 2310 |
| 19.0 | 70 | 1330 | 1.0 | <u>1330</u> |
| | | | | 3640 l |

* Se adopta para el diseño 40 m³.

4. CÁLCULO DE DIÁMETROS Y CAUDALES

Ramal derecho.

| SH | F | S | L | U | WC | SK | Q. DISEÑO c/s | DIÁMETRO (mm) |
|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|------------------|------------------|
| 0.1 | | | | | | | 0.1 | 20 |
| 0.1 | 0.1 | 0.15 | | | | | 0.35 | 20 |
| 0.1 | 0.1 | 0.15 | 0.2 | | | | 0.55 | 25 |
| 0.1 | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.2 | | | 0.75 | 25 |
| 0.1 | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | | 0.95 | 32 |
| 0.1 | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.15 | 1.10 | 3.2 |

Ramal izquierdo

| S | F | F | Q. DISEÑO | DIAMETRO |
|---------|-----|-----|-------------|----------|
| 0.15 | | | 0.15 | 20 |
| 0.15 | 0.1 | 0.1 | 0.35 | 20 |
| Bajante | | | 1.10 + 0.35 | 3.2 |

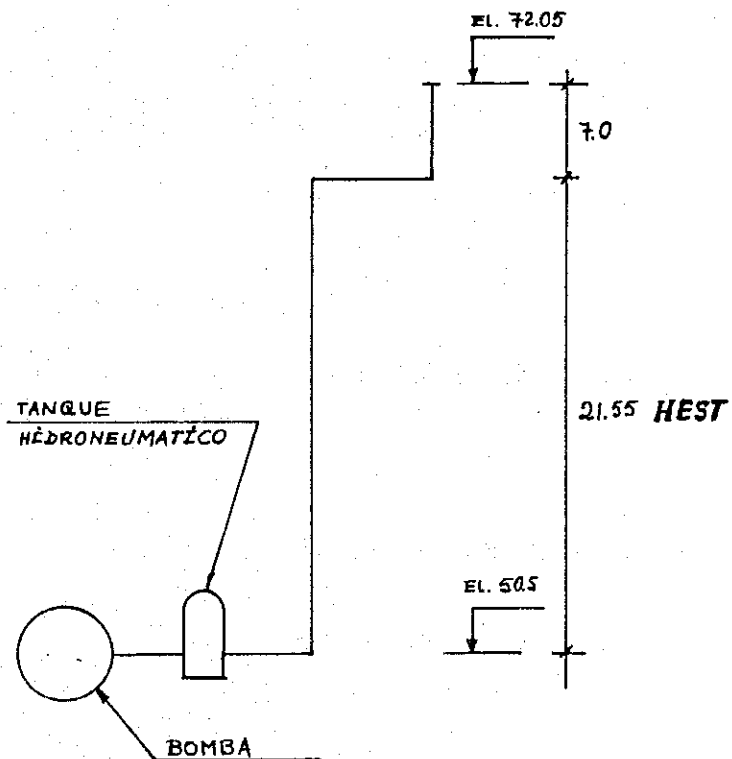
5) **CÁLCULO DE LA BOMBA Y TANQUE HIDRONEUMÁTICO**

- Altura dinámica total (HDT)

$$HDT = HEST + \text{carga sobre el aparato} + HF$$

HEST : Altura estática

HF : Pérdidas de carga



$$HF = h_l + h_f$$

h_l = Pérdidas localizadas

h_f = Pérdidas de fricción.

| DIÁMETRO (mm) | Q caudal (l/s) | J pérdida de carga | L longitud (m) | hf (m) | V velocidad (m/s) | Σk | hl (m) |
|------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|-------------|-------------------------|------------|-------------|
| 20 | 0.10 | 0.0165 | 4.3 | 0.07 | 0.318 | 3.0 | 0.015 |
| 20 | 0.35 | 0.147 | 22.95 | 3.37 | 1.11 | 2.5 | 0.16 |
| 25 | 0.55 | 0.0935 | 2.60 | 0.24 | 1.035 | 3.0 | 0.16 |
| 25 | 0.75 | 0.161 | 2.40 | 0.39 | 1.411 | 1.0 | 0.10 |
| 25 | 0.95 | 0.223 | 0.80 | 0.18 | 1.693 | 1.5 | 0.22 |
| 32 | 1.10 | 0.0765 | 2.50 | 0.19 | 1.144 | 4.0 | 0.27 |
| 32 | 1.45 | 0.13 | 20.05 | <u>2.61</u> | 1.56 | 6.0 | <u>0.74</u> |
| | | | | 7.05 | | | 0.67 |

$$HF = 7.05 + 1.67 = 8.72 \cong 9.0 \text{ m}$$

$$HDT = 21.55 + 12 + 9.0 + = 42.55 \cong \underline{43.0 \text{ m}}$$

- Potencia de la bomba

$$P = \frac{100 * 0.0015 * 43}{76.2 * 0.60} = 1.41 \text{ Hp} * 1.5 = 2.12 \text{ Hp} = 2.84 \text{ Kw} \cong 3.0 \text{ kw}$$

- Características de la bomba

$$Q = 90 \text{ lit/min}$$

$$HDT = 43.0 \text{ m}$$

$$P = 3.0 \text{ kw, } 220 \text{ v, } 60 \text{ Hz, } 3 \text{ Phases}$$

- Cálculo tanque hidroneumático

$$\text{Presión mínima} = 43.0 \text{ m (encendido bomba)}$$

$$\text{Presión máxima} = \frac{4}{3} * 43.0 = 57.33 \text{ (apagado bomba)}$$

$$\text{Caudal máximo simultáneo} = 1.5 \text{ lit/s}$$

$$\text{Caudal máximo absoluto} = 1.5 * \frac{2}{3} * 60 = 60 \text{ lit/min}$$

$$\text{volumen del tanque} = 60 * \frac{25}{15} * \left(\frac{5.7 + 1}{5.7 - 4.3} \right) = 478.61 \cong \underline{126 \text{ galones}}$$

6) **DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS**

* Equipos en nivel 45.0

- Tanque de agua cruda

Volumen = 12000 lit

Sección = rectangular

Dimensiones = 2.0 L * 3.0 w * 2.0 H

- Bomba contra incendios

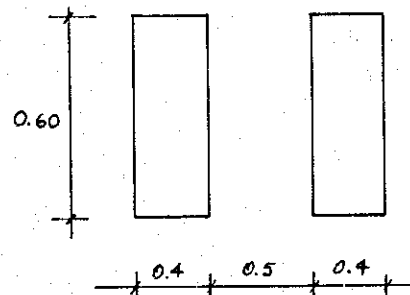
Tipo = Centrífuga - eje horizontal

Dimensiones exteriores totales: 0.40 * 0.60

- Bombas para alimentación de la unidad de filtración

Tipo : Centrífugas - eje horizontal

Dimensiones exteriores totales: 0.40 * 0.60



- Nota: La disposición final de los equipos en el nivel 45.0 será la que se presenta en los planos y en el sitio indicado.

* Equipos en nivel 50

- Tanque de agua tratada

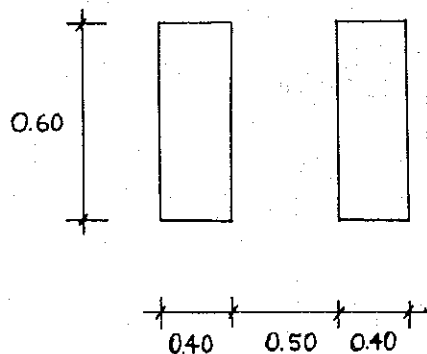
Volumen : 4000 lit
Sección : rectangular
Dimensiones : 1.5 L * 1.5 w * 1.8 H

- Tanque hidroneumático

Volumen : 500 lit
Sección : circular
Dimensiones : 0.60 D * 1.80 H

- Bombas para alimentación a la red de distribución

Tipo : Centrífugas - eje horizontal
Dimensiones exteriores totales: 0.40 * 0.60



- Unidad de filtración

Filtro : arena
Tipo : circular
Dimensiones : 0.50 D * 1.40 H

Bomba de retrolavado

Tipo : centrífuga
Dimensiones exteriores : 0.40 * 0.60

- Bomba para dosificación de hipoclorito

Tipo : De diafragma

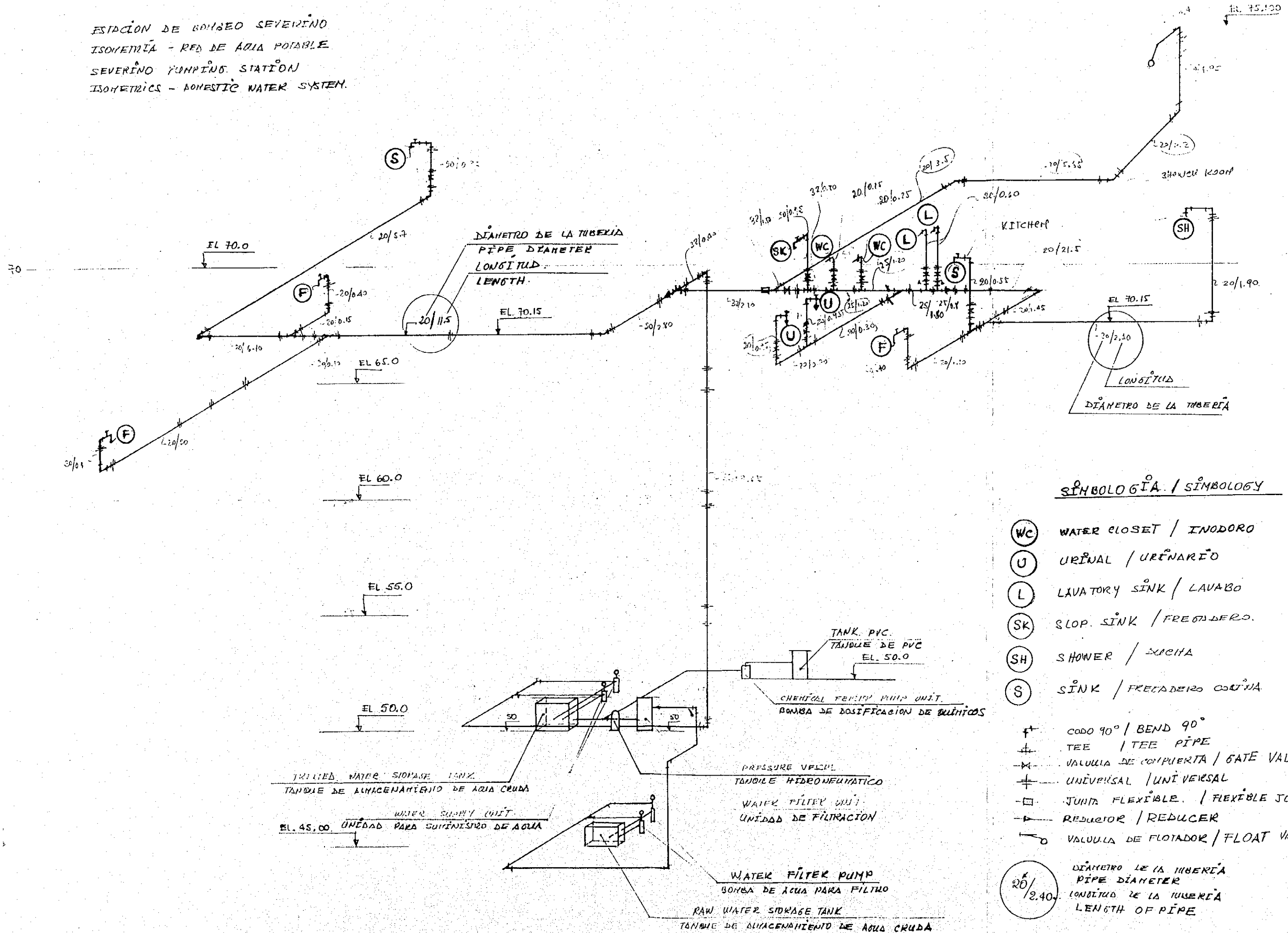
Dimensiones : 0.40 * 0.60

- Tanque para solución de hipoclorito

Volumen : 200 lit (mínimo 50 lit)

Dimensiones : 0.5 L * 0.5 N * 0.8 H

ESTACION DE BOMBEO SEVERINO
 ISOMETRIA - RED DE AGUA POTABLE
 SEVERINO PUMPING STATION
 ISOMETRICS - DOMESTIC WATER SYSTEM



SIMBOLOGIA / SIMBOLOGY

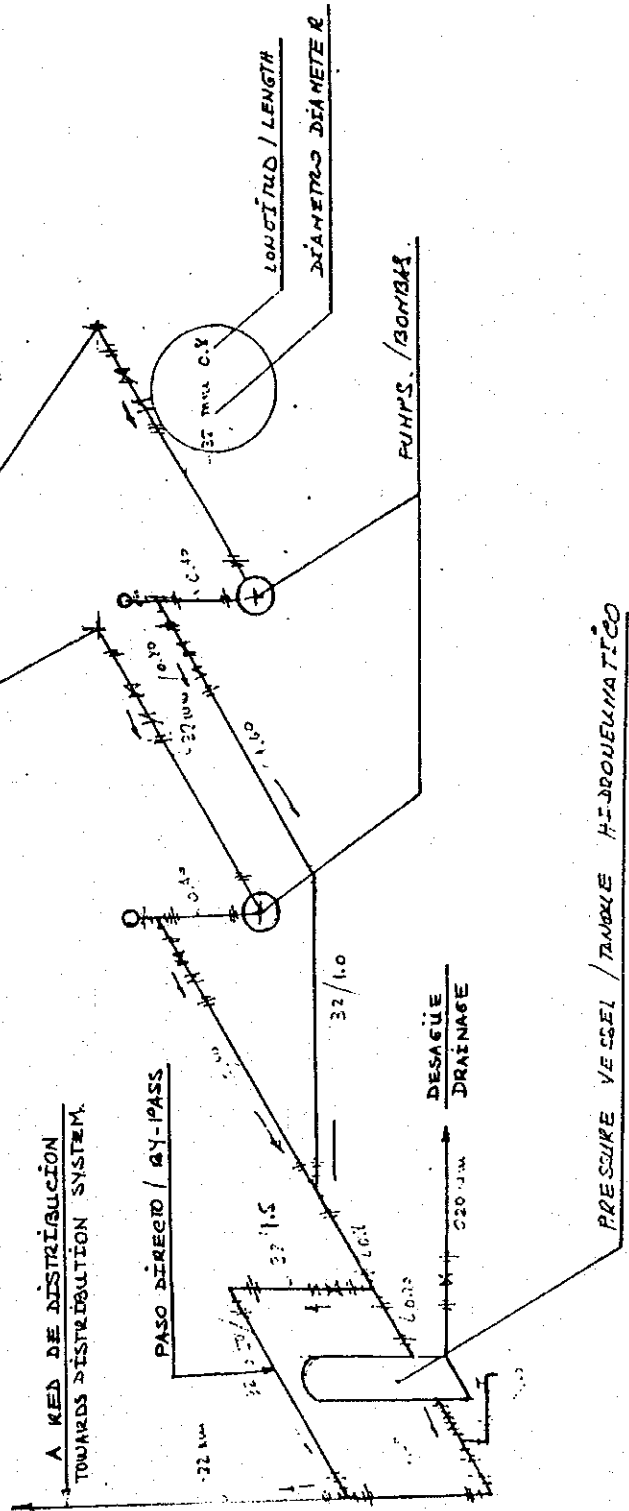
- (WC) WATER CLOSET / INODORO
- (U) URINAL / URINARIO
- (L) LAVATORY SINK / LAVABO
- (SK) SLOP. SINK / FREODDERO.
- (SH) SHOWER / DUCHA
- (S) SINK / FRECADERO COMUNA
- └ CODO 90° / BEND 90°
- ├ TEE / TEE PIPE
- ⊗ VALVULA DE CERRADA / GATE VALVE
- ⊕ UNIVERSAL / UNIVERSAL
- ⊞ JUNTA FLEXIBLE. / FLEXIBLE JOINT
- REDUCTOR / REDUCER
- ⊖ VALVULA DE FLOTADOR / FLOAT VALVE
- 20/2.40 DIAMETRO DE LA TUBERIA / PIPE DIAMETER
 LONGITUD DE LA TUBERIA / LENGTH OF PIPE

INSTALACIONES SANITARIAS / AGUA POTABLE
 CONEXION BOMBA - TANQUE HIDRONEUMATICO.
 SANITARY INSTALLATIONS / DOMESTIC WATER
 CONNECTION PUMP - PRESSURE VESSEL

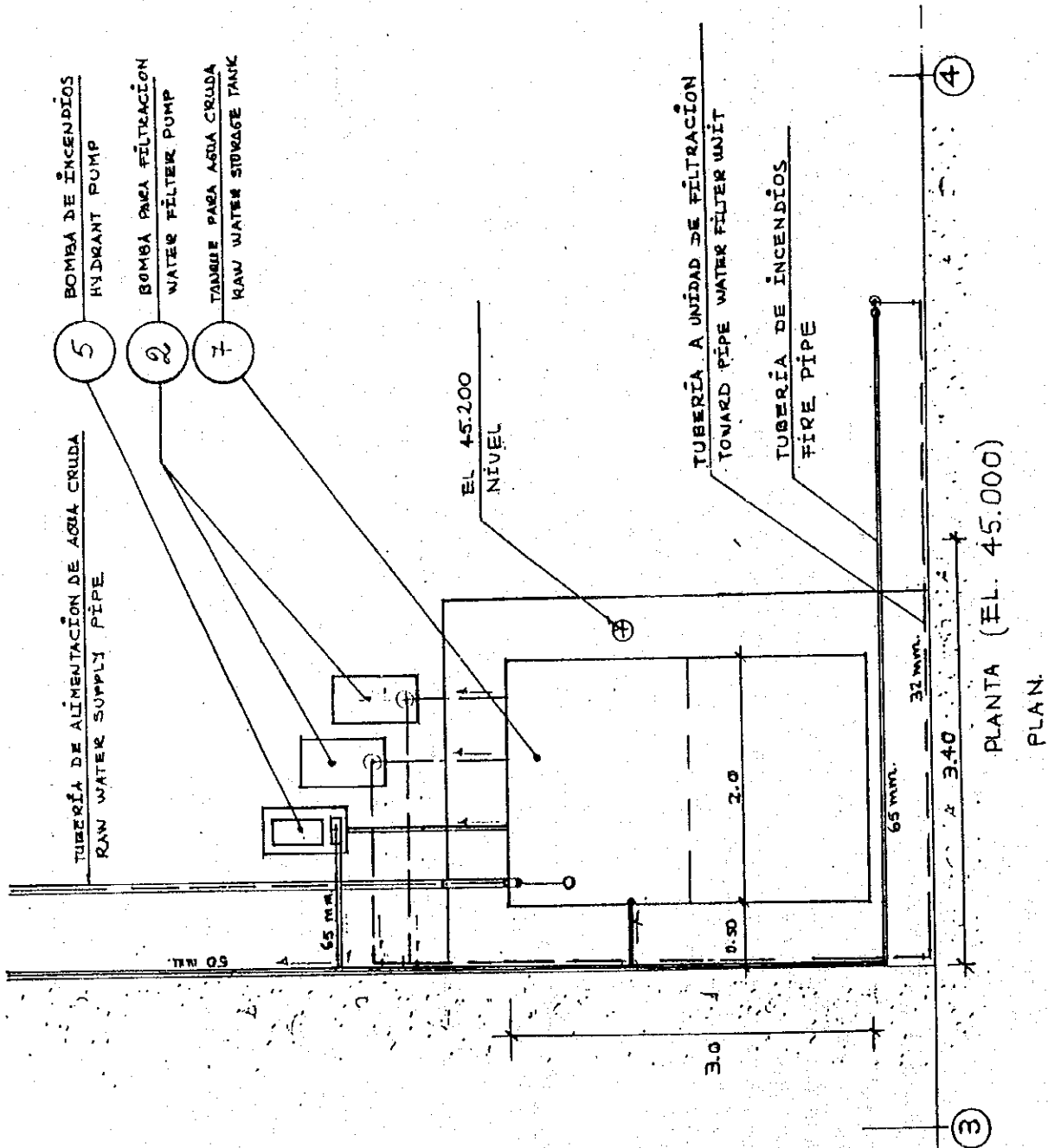
SIMBOLOGIA / SIMBOLOGY

- ∠ CODO 90° / BEND 90°
- ⊥ TEE / TEE
- ⊕ UNIVERSAL / UNIVERSAL
- ⊖ REDUCTOR / REDUCER
- ⊕ VÁLVULA DE COMPUERTA / GATE VALVE
- ⊖ VÁLVULA CHECK / CHECK VALVE
- ⊕ MANÓMETRO. / PRESSURE GAUGE

CONEXION - TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA
 CONNECTION - TREATED WATER STORAGE TANK

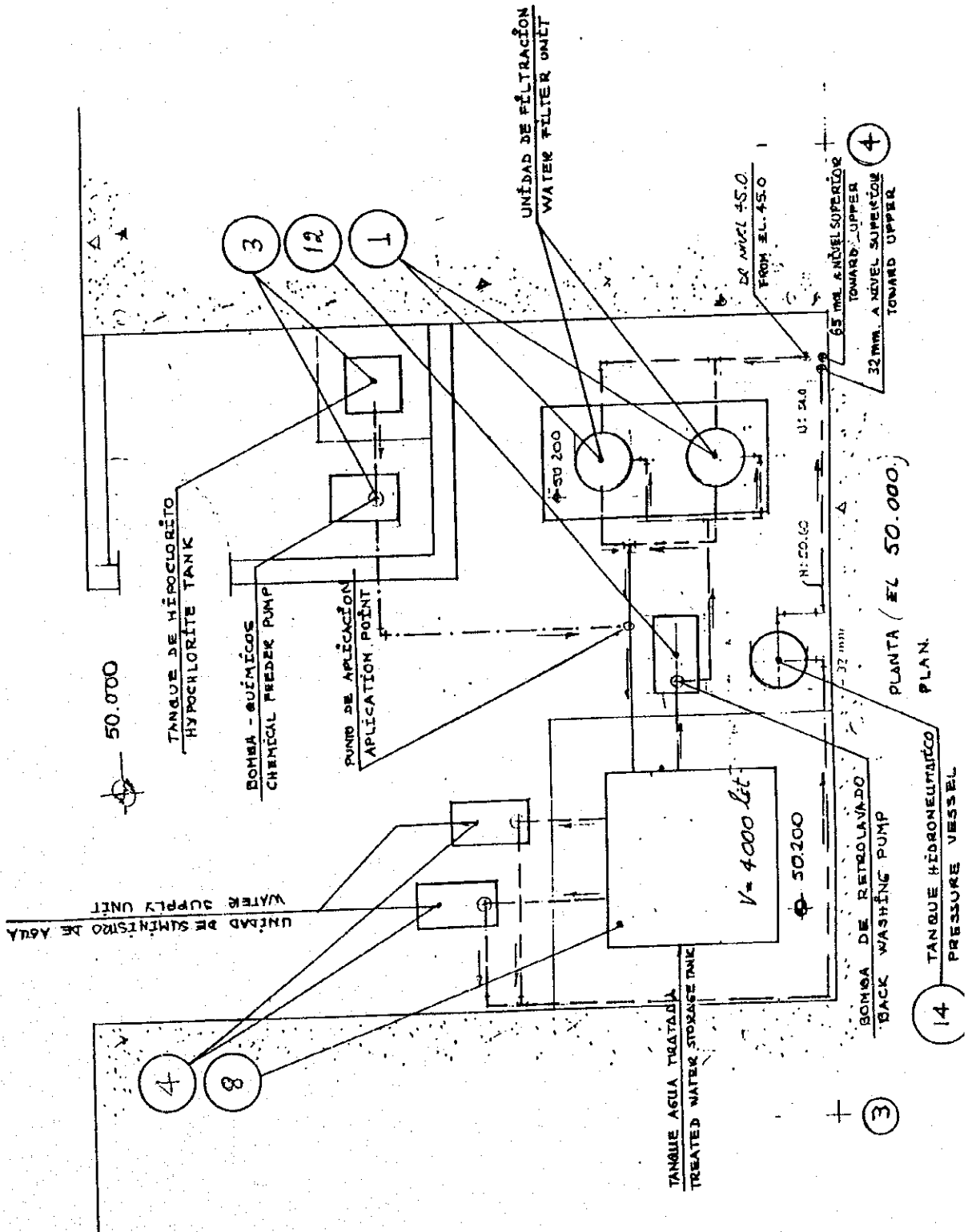


INSTALACIONES SANITARIAS
 DISPOSICION EN PLANTA DE EQUIPOS
 SANITARY INSTALLATIONS
 ARRANGEMENT OF EQUIPMENT PLAN.



1-3-79

INSTALACIONES SANITARIAS
 DISPOSICION EN PLANTA DE EQUIPOS
 SANITARY INSTALLATIONS
 ARRANGEMENT OF EQUIPMENT PLAN.



(D) Incendios

1. CONSIDERACIONES GENERALES

- El agua para la red de incendios no será tratada, será agua cruda proveniente del embalse La Esperanza.
- El diámetro mínimo de las columnas es 65 mm y el de las derivaciones y tomas de 40 mm.
- El número de bocas de incendio (cajetines) se ha estimado considerando un cajetín por cada 625 m² de superficie (2 por cada planta).
- La distancia máxima entre cajetines será entre 30 y 60 metros.
- Las dimensiones de los cajetines será de 900 H * 850 W * 250 D.
- La presión mínima considerada en cajetín es 24.0 m.
- Los extinguidores portátiles de incendios se colocan en los ambientes cerrados, en número y como se indica en los planos.

2. RESERVA DE INCENDIOS

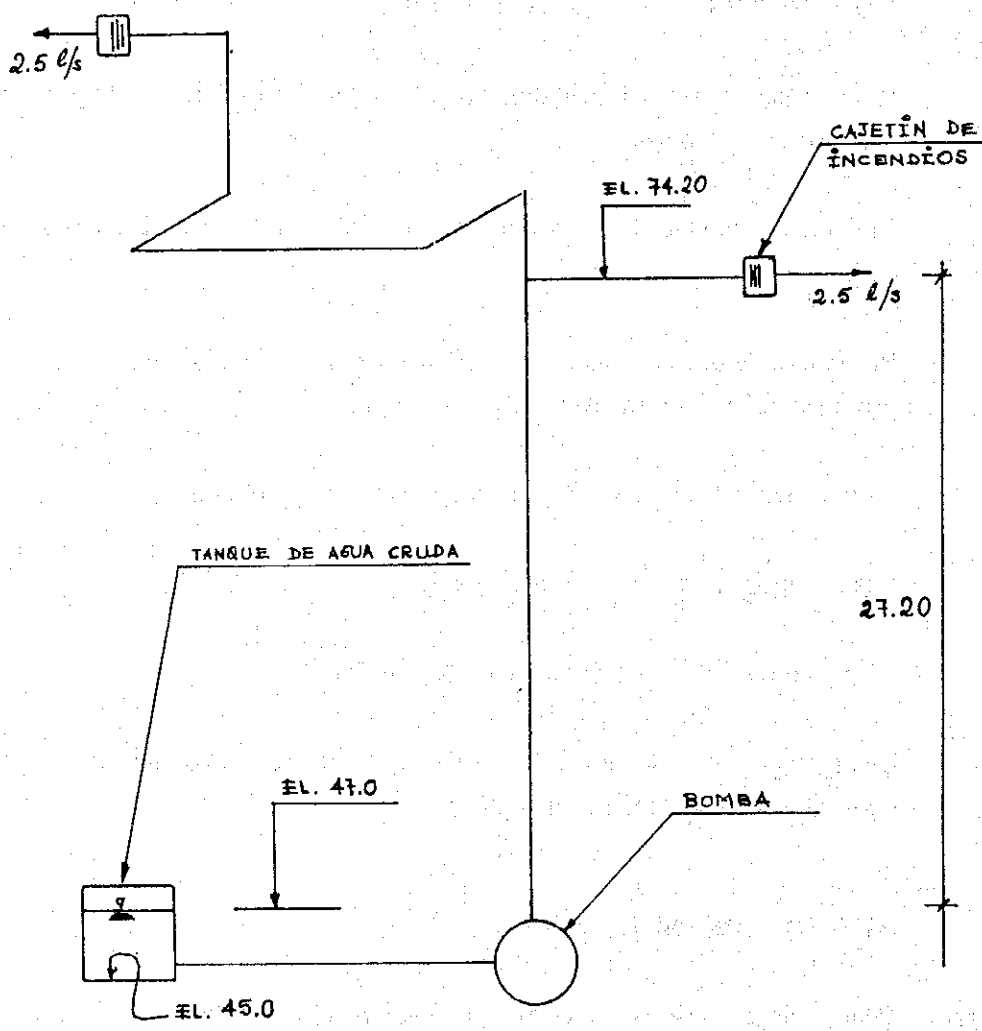
Para el cálculo de la reserva se considera funcionando dos hidrantes simultáneamente durante 40 minutos, con un caudal por hidrante de 2.5 l/s.

$$\text{Volumen de incendios} = 2 * 2.5 \frac{\text{l}}{\text{s}} * 2400 \text{ s} = 12000 \text{ lit}$$

En el Ecuador el volumen de incendios se encuentra entre 8 a 20 m³.

3) CÁLCULO DE SISTEMA DE BOMBEO

- Se considera una sola unidad
- Caudal de diseño total : 5 lit/s ; 2.5 lit/s por cada hidrante.
- Esquema de cálculo.



$$HDT = HEST + CARG + HF$$

$$HF = hf + hl$$

- HDT = Altura dinámica total
- CARG = Presión en cajetín
- HF = Pérdidas de carga
- hf = Pérdidas de fricción
- hl = Pérdidas localizadas

HEST = 27.2 m

CARG = 24.0 m

Calculamos pérdidas (HF)

Pérdidas hasta nivel 69.0

$$h_f = \left(\frac{0.005}{0.28 * 120 * 0.065^{2.63}} \right)^{1.85} * 32.7 = 1.62 \text{ m}$$

| Accesorio | K | Cantidad | Σk |
|------------------|-----|----------|------------|
| Codo 90° | 1.0 | 2.0 | 2.0 |
| Reductor | 0.5 | | |
| Tee | 1.0 | 6.0 | 6.0 |
| Val de compuerta | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Val check | 1.0 | 1.0 | <u>1.0</u> |
| | | | 10.0 |

$$h_l = 10 * \frac{\left[\frac{0.005 * 4}{\pi * (0.065)^2} \right]^2}{19.62} = 1.16 \text{ m //}$$

Pérdidas al hidrante más extremo

Pérdidas de fricción

| Diámetro mm | Longitud m | hf m | v m/s |
|----------------|---------------|---------|----------|
| 65 | 12.4 | 0.17 | 0.75 |
| 50 | 3.9 | 0.19 | 1.27 |
| 40 | 25.9 | 3.80 | 1.99 |

| Dia | Accesorio | K | Cantidad | Σk | hl |
|-----|-----------|-----|----------|------------|--------|
| 65 | Codo 90° | 1.0 | 2.0 | 2.0 | → 0.11 |
| | Tee | 1.0 | 2.0 | <u>2.0</u> | |
| | | | | 4.0 | |
| 50 | Reductor | 0.5 | 2.0 | 1.0 | → 0.25 |
| | Codo | 1.0 | 1.0 | 1.0 | |
| | Tee | 1.0 | 1.0 | <u>1.0</u> | |
| | | | | 3.0 | |
| 40 | Codo 90° | 1.0 | 5.0 | 5.0 | → 1.0 |

$$hf \text{ total} = 1.62 + 0.17 + 0.19 + 3.80 = 5.78$$

$$hl \text{ total} = 1.16 + 0.11 + 0.25 + 1.0 = \underline{2.52}$$

$$HF = hf + hl \quad 8.30 \text{ m}$$

$$HDT = 27.2 + 24.0 + 8.30 = 49.5 \text{ m} \cong 60 \text{ m}$$

- Potencia del motor

$$P = \frac{1000 * 0.005 * 60}{762 * 0.60} = 6.56 \text{ Hp} * 1.1 = 7.22 \text{ Hp} = 5.4 \text{ kw} = \underline{5.5 \text{ kw}}$$

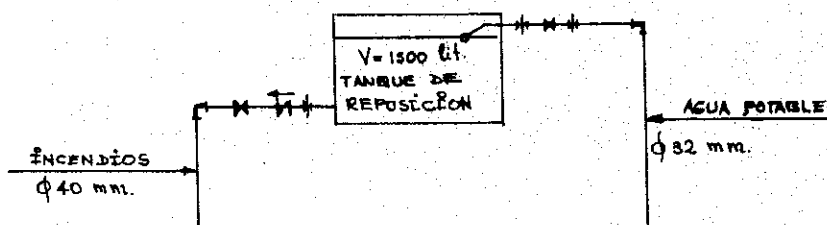
- Características de la bomba

$$Q = 300 \text{ lit/mint}$$

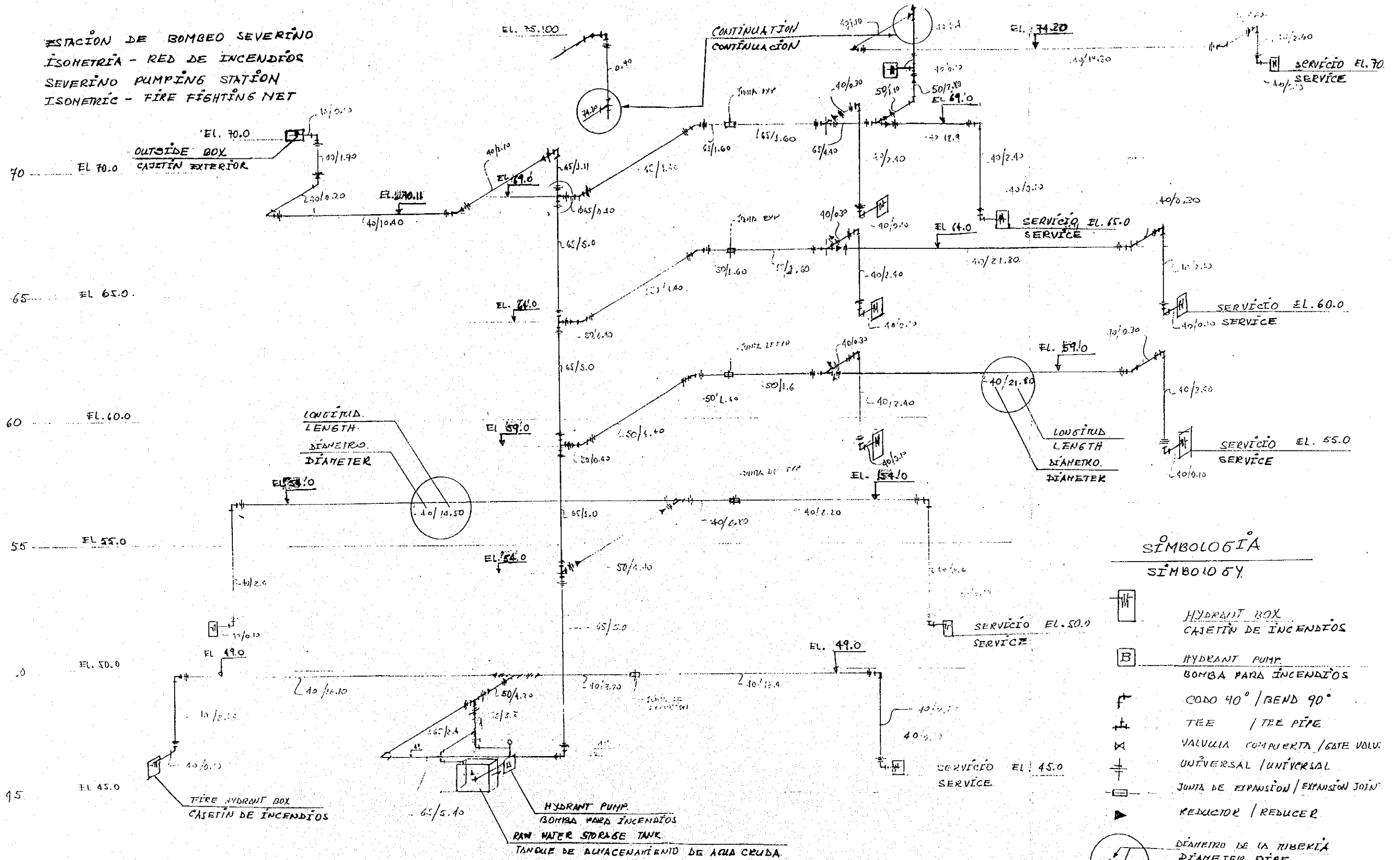
$$HDT = 60 \text{ m}$$

$$P = 5.5 \text{ kw}, 220 \text{ v}, 60 \text{ Hz}, 3 \text{ Phases.}$$

- Esquema de la conexión nivel 75.100



ESTACION DE BOMBEO SEVERINO
 ISOMETRIA - RED DE INCENDIOS
 SEVERINO PUMPING STATION
 ISONETRIC - FIRE FIGHTING NET



SIMBOLOGIA
SIMBOLO SY

| | |
|--|--|
| | HYDRANT BOX CAJETIN DE INCENDIOS |
| | HYDRANT PUMP BOMBA PARA INCENDIOS |
| | CODO 90° / BEND 90° |
| | TEE / TEE PIPE |
| | VALVULA COMPUERTA / GATE VALVE |
| | UNIVERSAL / UNIVERSAL |
| | JUNTA DE EXPANSION / EXPANSION JOINT |
| | REDUCTOR / REDUCER |
| | DIAMETRO DE LA TUBERIA DIAMETER PIPE LONGITUD DE LA TUBERIA LENGTH PIPE |

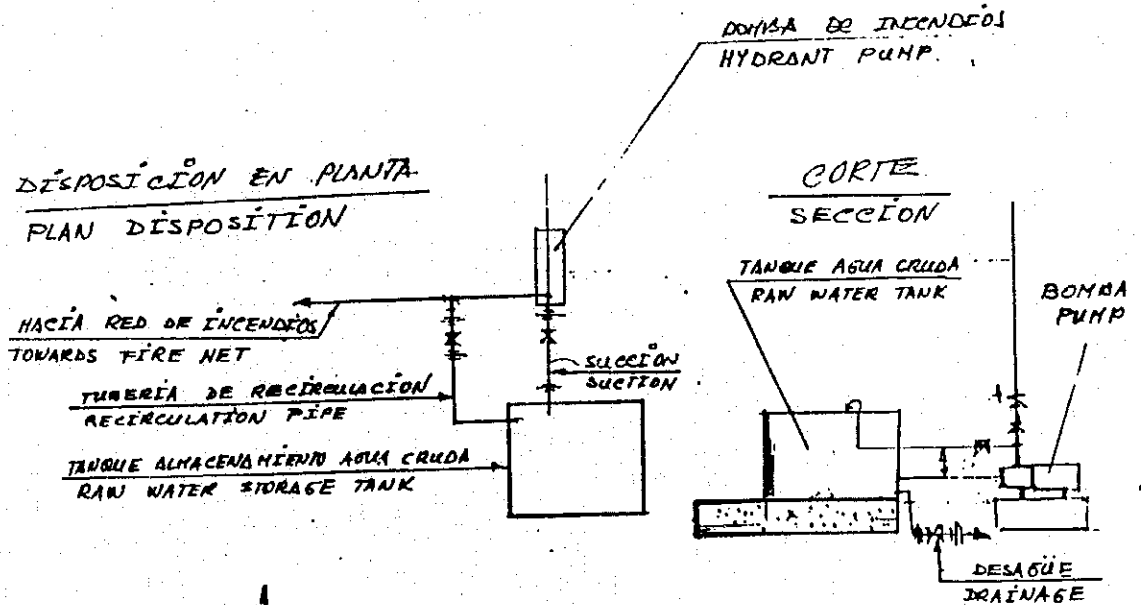
INSTALACIONES SANITARIAS / INCENDIOS

ISOMETRIA Y CONECCION. BOMBA - TANQUE - RED DE DISTRIBUCION

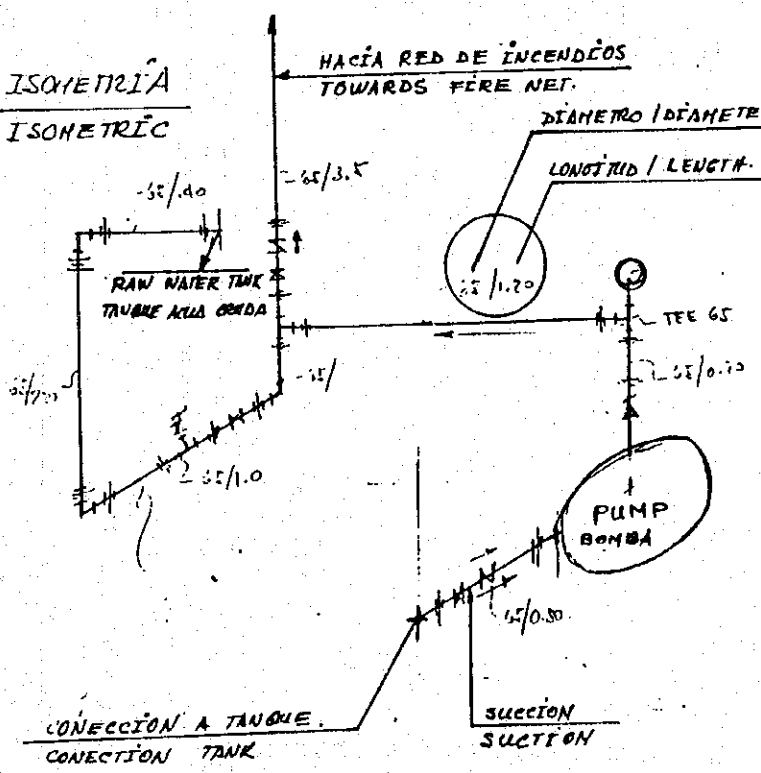
SANITARY INSTALLATIONS / FIRE

ISOMETRIC AND CONNECTION. PUMP - TANK - DISTRIBUTION SYSTEM

DISPOSICION EN PLANTA
PLAN DISPOSITION



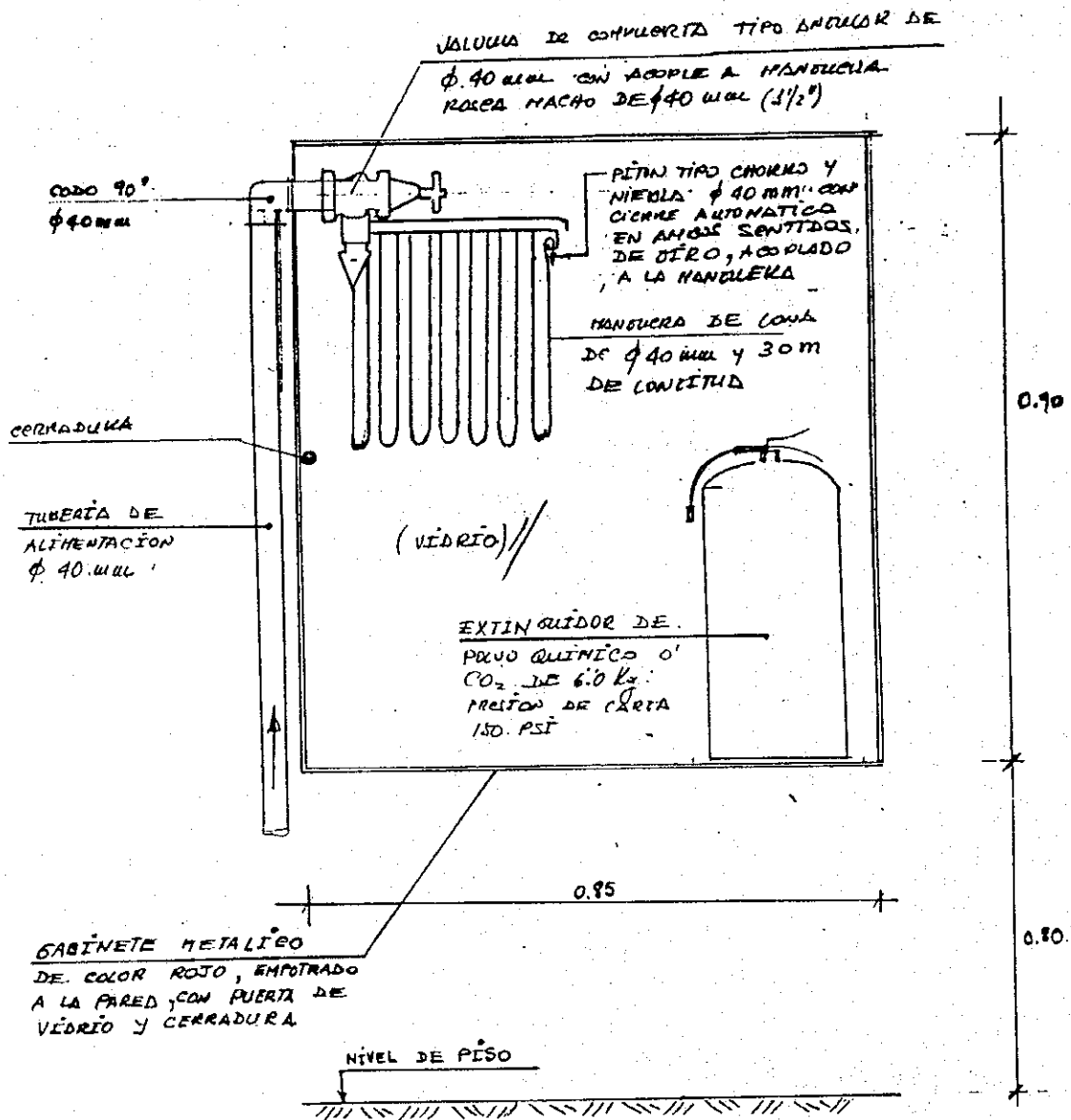
ISOMETRIA
ISOMETRIC



SIKBOLOGIA
SYMBOLOLOGY

- ┌──┴──┐ CODD 90° BEND 90°
- ┌──┴──┐ TEE TEE PIPE
- ┌──┴──┐ UNIVERSAL UNION UNIVERSAL JOINT
- ┌──┴──┐ REDUCTOR. REDUCER
- ┌──┴──┐ VALVULA DE COMPUERTA GATE VALVE
- ┌──┴──┐ VALVULA CHECK CHECK VALVE
- ⊙ MANOMETRO PRESSURE GAUGE

INSTALACIONES SANITARIAS / INCENDIOS
 DETALLE TÍPICO DEL CAJETÍN CONTRA INCENDIOS
 SANITARY INSTALLATIONS / FIRE
 TYPIC DETAIL OF HYDRANT BOX



(E) Sistema de Alcantarillado y Ventilación

1. CONSIDERACIONES GENERALES

- Para el diseño se considera como unidad de desagüe 28 lit/mint (0.47 lit/s).
- Las unidades de desagüe consideradas, para los distintos aparatos utilizados se presentan a continuación:

| Aparato | Simbología | No. Unidades | Diámetro mínimo del desagüe (mm) |
|-----------|------------|--------------|----------------------------------|
| Lavabo | L | 2 | 50 |
| Inodoro | WC | 5 | 100 |
| Ducha | SH | 3 | 50 |
| Fregadero | SK,S | 3 | 50 |
| Sumidero | FD | 3 | 50 |
| Urinario | U | 2 | 50 |

- Las derivaciones de inodoros tienen un diámetro mínimo de 110 mm.
- Los ramales colectores descargan a cajas de revisión independientes.
- La pendiente mínima de los colectores será de 1%.
- Toda la tubería para desagüe y ventilación será en PVC.
- Las uniones entre ramales serán a 45°.

2. CAJAS DE REVISIÓN Y TUBERÍA

| DE. | Tramo A | No. Unidades | Dia mm | Longitud m |
|------|------------|-----------------|-----------|---------------|
| C-1 | C-2 | 6 | 75 | 2.70 |
| C-2 | C-3 | 12 | 110 | 9.0 |
| C-3 | C-4 | 12 | 110 | 9.7 |
| C-5 | C-4 | 6 | 75 | 5.7 |
| C-4 | C-6 | 18 | 110 | 6.7 |
| C-6 | C-7 | 18 | 110 | 3.1 |
| C-7 | T.S. | 18 | 110 | 1.10 |
| CH-1 | T.S. | 17 | 110 | 0.6 |
| T.S. | C-8 | 35 | 110 | 1.0 |
| C-8 | C-9 | 35 | 110 | 3.5 |
| C-9 | C-10 | 35 | 110 | 9.0 |
| C-10 | C-11 | 35 | 110 | 9.0 |
| C-11 | C-12 | 35 | 110 | 9.0 |
| C-12 | C-13 | 35 | 110 | 12.0 |
| C-13 | C14 | 35 | 110 | 13.0 |

Características de las Cajas de Revisión

| Caja No. | Cota entrada | Cota salida | Dimensiones |
|----------|--------------|-------------|-------------|
| C-1 | 69.799 | 69.749 | 0.5 * 0.5 |
| C-2 | 69.722 | 69.672 | 0.5 * 0.5 |
| C-3 | 69.582 | 69.532 | 0.5 * 0.5 |
| C-4 | 69.429 | 69.382 | 0.5 * 0.5 |
| C-5 | 69.799 | 69.486 | 0.5 * 0.5 |
| C-6 | 69.315 | 69.265 | 0.5 * 0.5 |
| C-7 | 69.234 | 69.184 | 0.5 * 0.5 |
| C-8 | 69.500 | 69.450 | 0.5 * 0.5 |
| C-9 | 69.415 | 69.365 | 0.5 * 0.5 |
| C-10 | 69.275 | 69.225 | 0.5 * 0.5 |
| C-11 | 69.135 | 69.085 | 0.7 * 0.7 |
| C-12 | 68.995 | 68.945 | 0.7 * 0.7 |
| C-13 | 68.825 | 68.825 | 0.7 * 0.7 |
| C-14 | 68.645 | 68.595 | 0.7 * 0.7 |
| CM-1 | 69.774 | 69.729 | 0.5 * 0.5 |

3) CÁLCULO TANQUE SÉPTICO

- No. de personas: 30
- Producción de aguas servidas(c) : 50 l/dia-hb
- Producción de lodo fresco (lf) : 0.20 l/dia-hb
- Volumen útil : $1.3 * N * (C * T + 100 * lf)$
- Volumen útil : $1.3 * 30 * (50 * 1 + 100 * 0.2) = 2730 \text{ lts//}$

4) DIMENSIONAMIENTO Y FUNCIONAMIENTO

- Profundidad mínima : 1.10 m
- Doble cámara en serie
- Volumen cámara 1 = $\frac{2}{3} * 2730 = 1.82 \text{ m}^3$
- Volumen cámara 2 = $\frac{1}{3} * 2730 = 0.91 \text{ m}^3$
- Se considera tanque de filtración - con material granular
- Cámara de oxidación
- Depósito de contacto para desinfección
- Equipo de bombeo para las aguas tratadas
- 2 bombas sumergibles
- Q : 250 l/min
- HDT : 8.0 m
- P : 0.75 kw, 3 Φ , 220v, 60 hz, Φ 40 mm.
- Tanque de hormigón armado; rectangular de 2.33 m * 4.51 m
- El emplazamiento, disposición interior y dimensiones se presenta en los planos respectivos.

5

DIMENSIONAMIENTO DE LA ZANJA DE INFILTRACIÓN

$$L = \frac{NQ}{2 * D * I}$$

L : Longitud (m)

N : Número de usuarios

Q : Caudal l/hb-día.

D : Profundidad efectiva (m)

I : Velocidad de infiltración

$$18 \frac{1}{\text{día} * \text{m}^2} \text{ (adoptado en el diseño)}$$

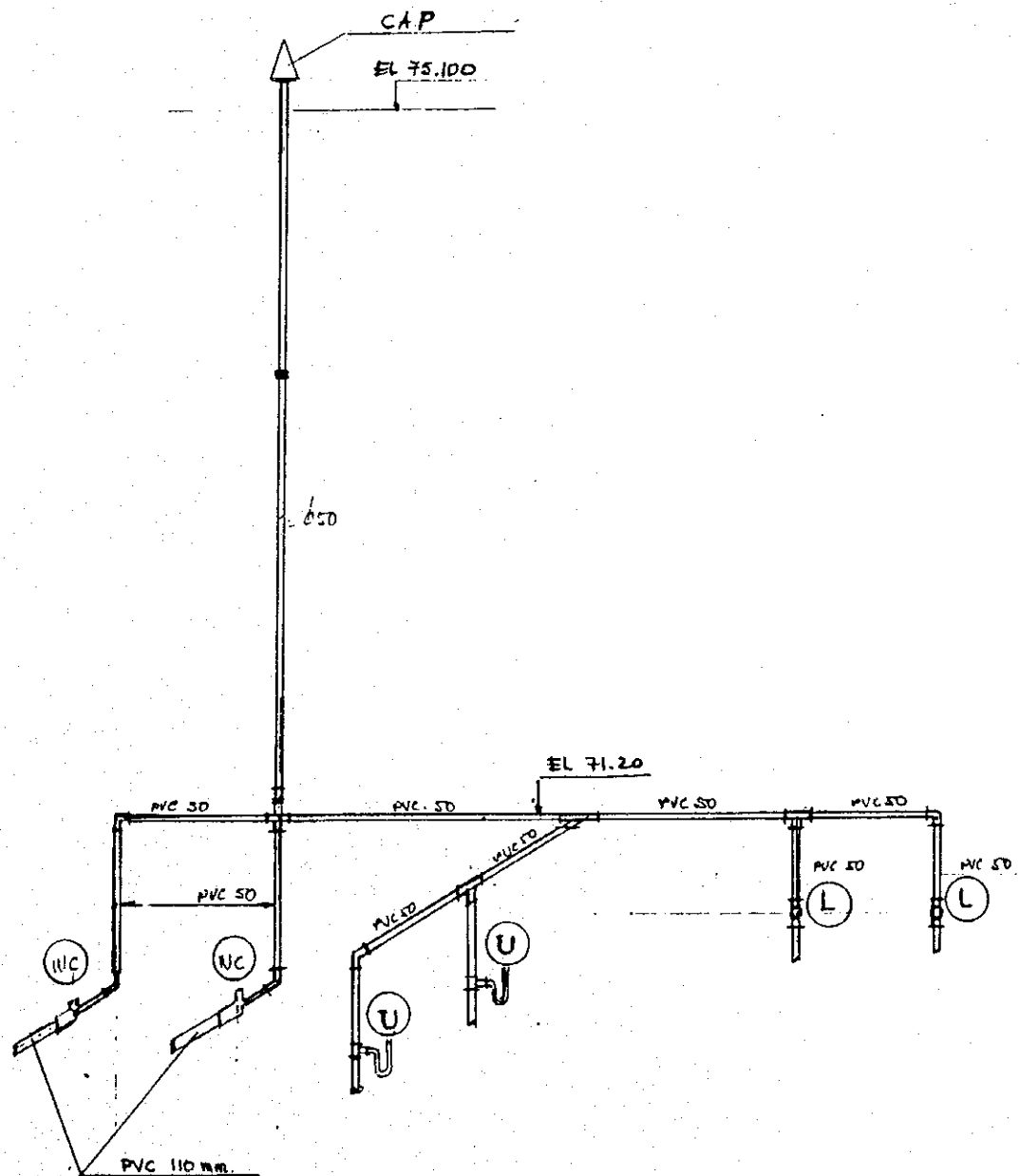
$$L = 30 \text{ hb} \cdot 50 \frac{1}{\text{hb} * \text{día}} * \frac{1}{2} * \frac{1}{1.0} * \frac{1 \text{ día m}^2}{181} = 42 \text{ mm}$$

Diámetro de la tubería Φ 110 mm pvc perforada.

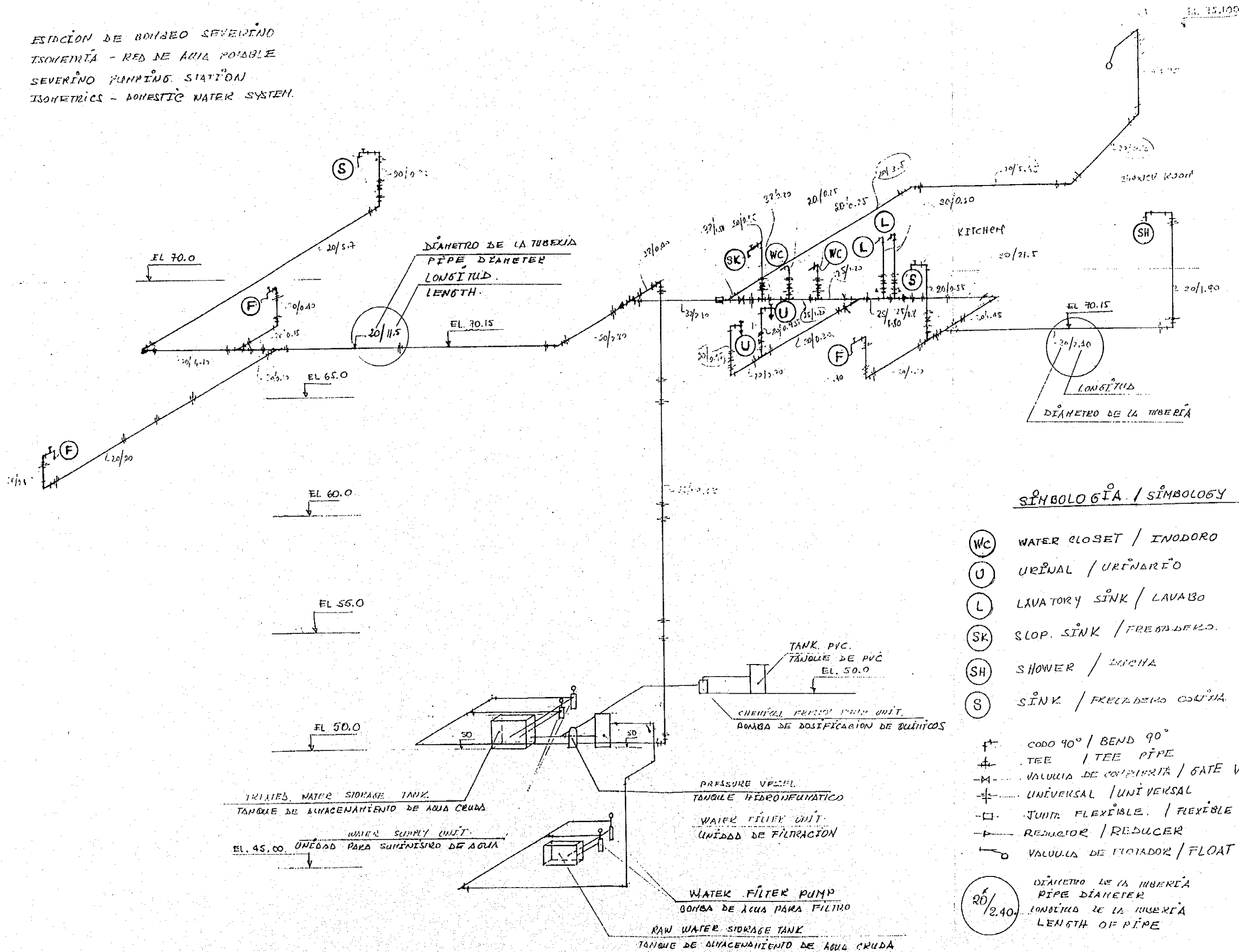
- Detalle tipo de la zanja de infiltración

6) CÁLCULO TUBERÍAS DE VENTILACIÓN

- Todas las tuberías de ventilación serán de PVC y de 50 mm de diámetro.
- La ventilación se ubicará sólo en la batería de servicios.
- Los ramales de ventilación tendrán una pendiente al aparato sanitario de 0.5%, y se conectarán a la columna de ventilación, ubicándose en la parte superior de esta un sombrerete.



ESTACION DE BOMBEO SEVERINO
 ISOMETRÍA - RED DE AGUA POSIBLE
 SEVERINO PUMPING STATION
 ISOMETRICS - DOMESTIC WATER SYSTEM



SIMBOLOGÍA / SIMBOLOGY

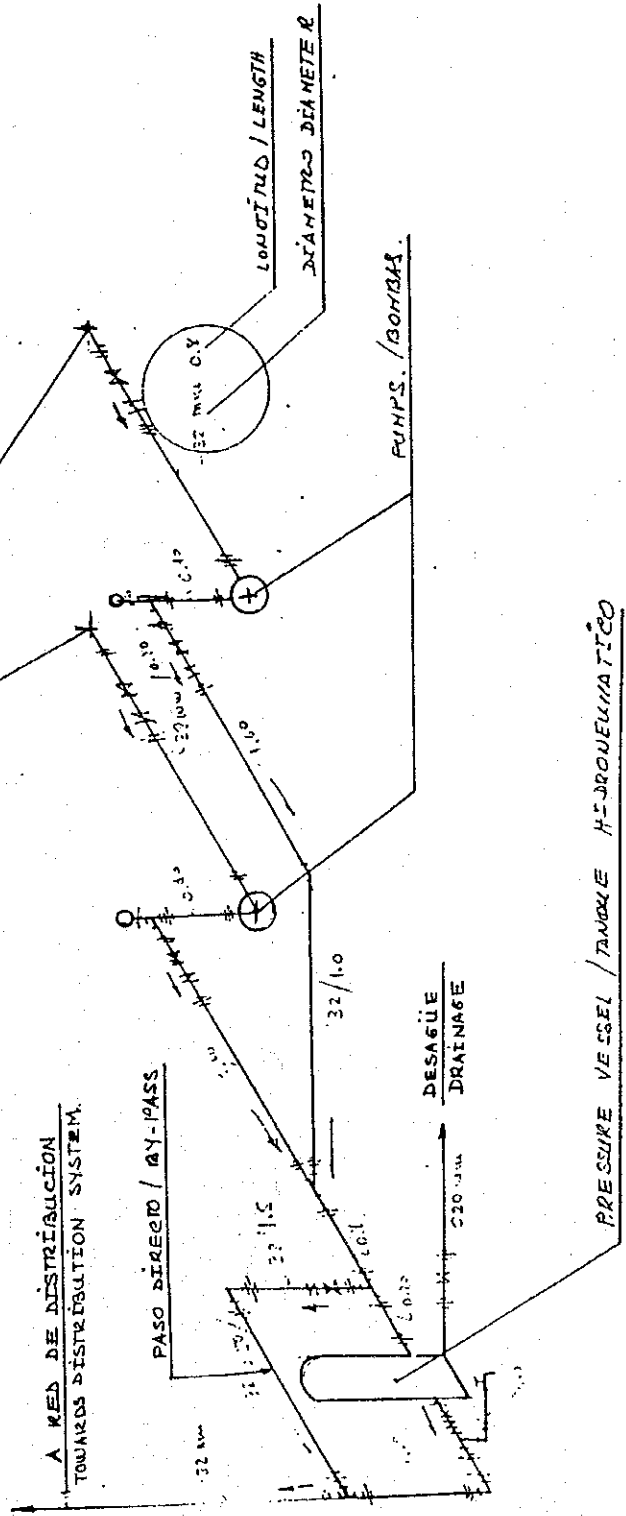
- (WC) WATER CLOSET / INODORO
- (U) URINAL / URINARIO
- (L) LAVATORY SINK / LAVABO
- (SK) SLOP. SINK / FREZADERO
- (SH) SHOWER / BICHA
- (S) SINK / FREZADERO CUCINA
- ┌──┐ CODO 90° / BEND 90°
- ├──┤ TEE / TEE PIPE
- ┌──┐ VALVULA DE COMPENSA / GATE VALVE
- ┌──┐ UNIVERSAL / UNIVERSAL
- ┌──┐ JUNTA FLEXIBLE / FLEXIBLE JOINT
- ┌──┐ REDUCTOR / REDUCER
- ┌──┐ VALVULA DE FLOTADOR / FLOAT VALVE
- (20/2.40) DIÁMETRO DE LA TUBERÍA
 PIPE DIAMETER
 LONGITUD DE LA TUBERÍA
 LENGTH OF PIPE

INSTALACIONES SANITARIAS / AGUA POTABLE
 CONEXION BOMBA - TANQUE HIDRONEUMATICO.
 SANITARY INSTALLATIONS / DOMESTIC WATER
 CONNECTION PUMP - PRESSURE VESSEL

SIMBOLOGIA / SIMBOLGY

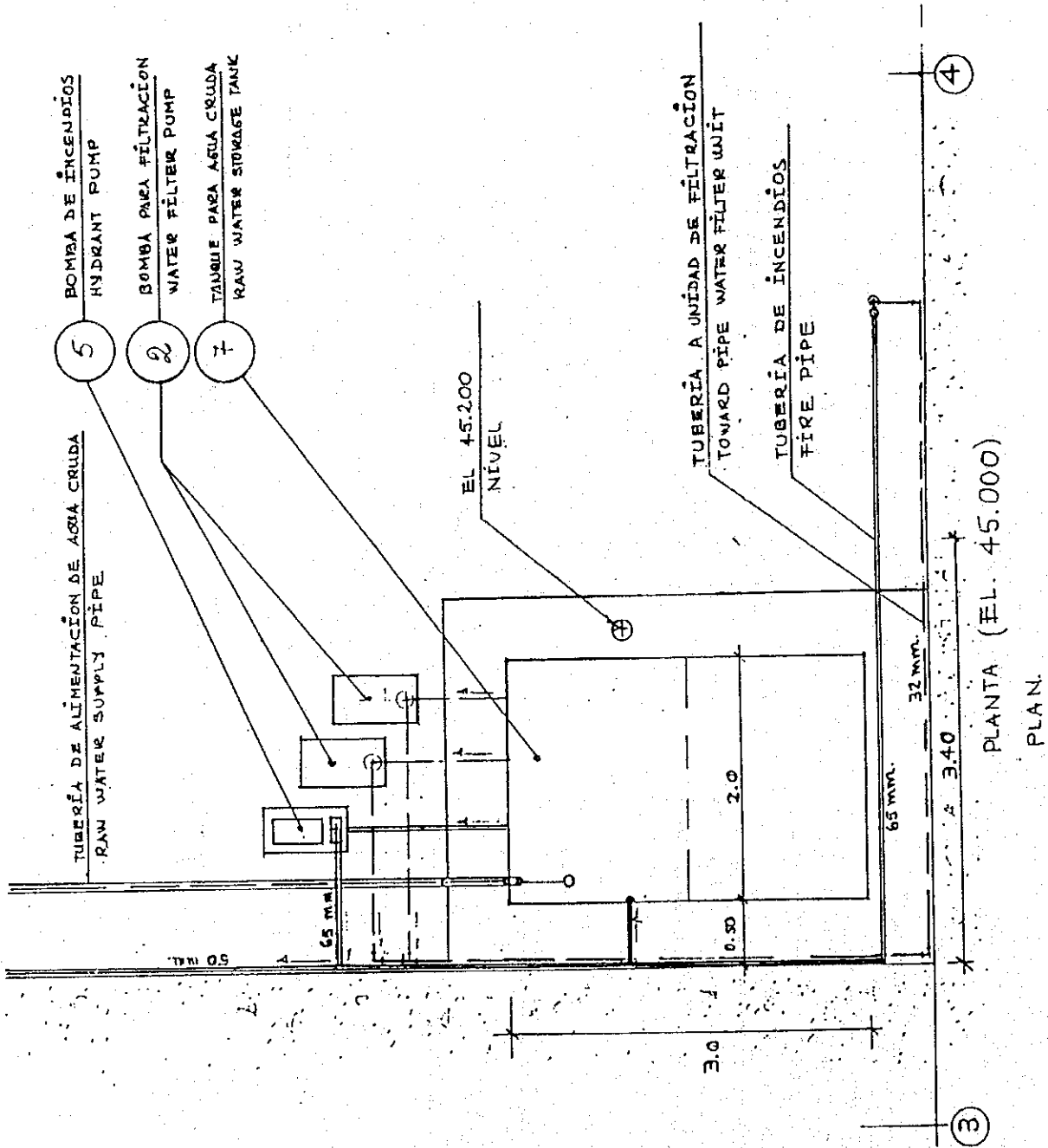
- ┌ CODO 90° / BEND 90°
- └ TEE / TEE
- ┌ UNIVERSAL / UNIVERSAL
- └ REDUCTOR / REDUCER
- ┌ VALVULA DE COMPUERTA / GATE VALVE
- └ VALVULA CHECK / CHECK VALVE
- MANÓMETRO. / PRESSURE GAUGE

CONECCION - TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA
 CONNECTION - TREATED WATER STORAGE TANK



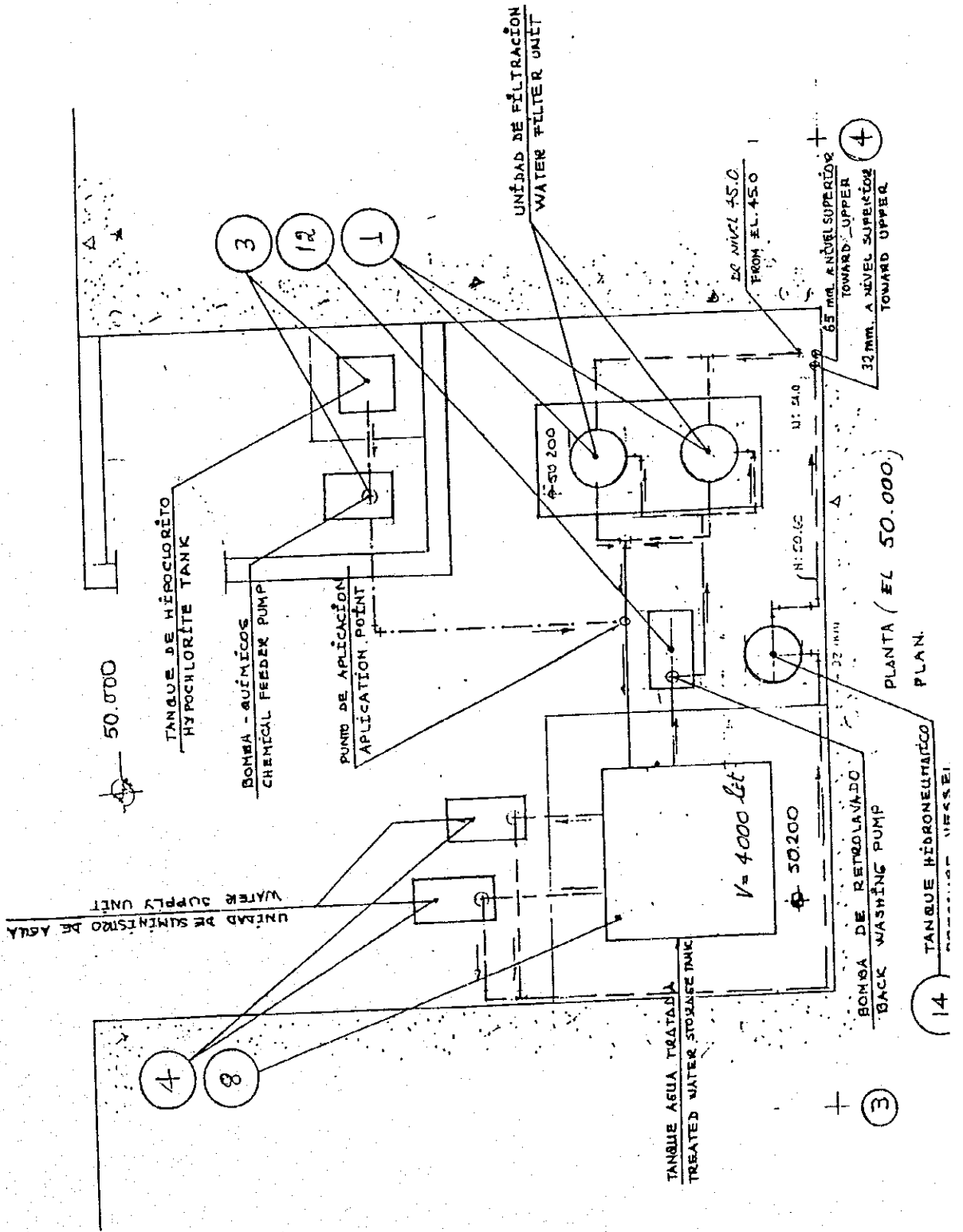
1-2-96

INSTALACIONES SANITARIAS
 DISPOSICION EN PLANTA DE EQUIPOS
 SANITARY INSTALLATIONS
 ARRANGEMENT OF EQUIPMENT PLAN.

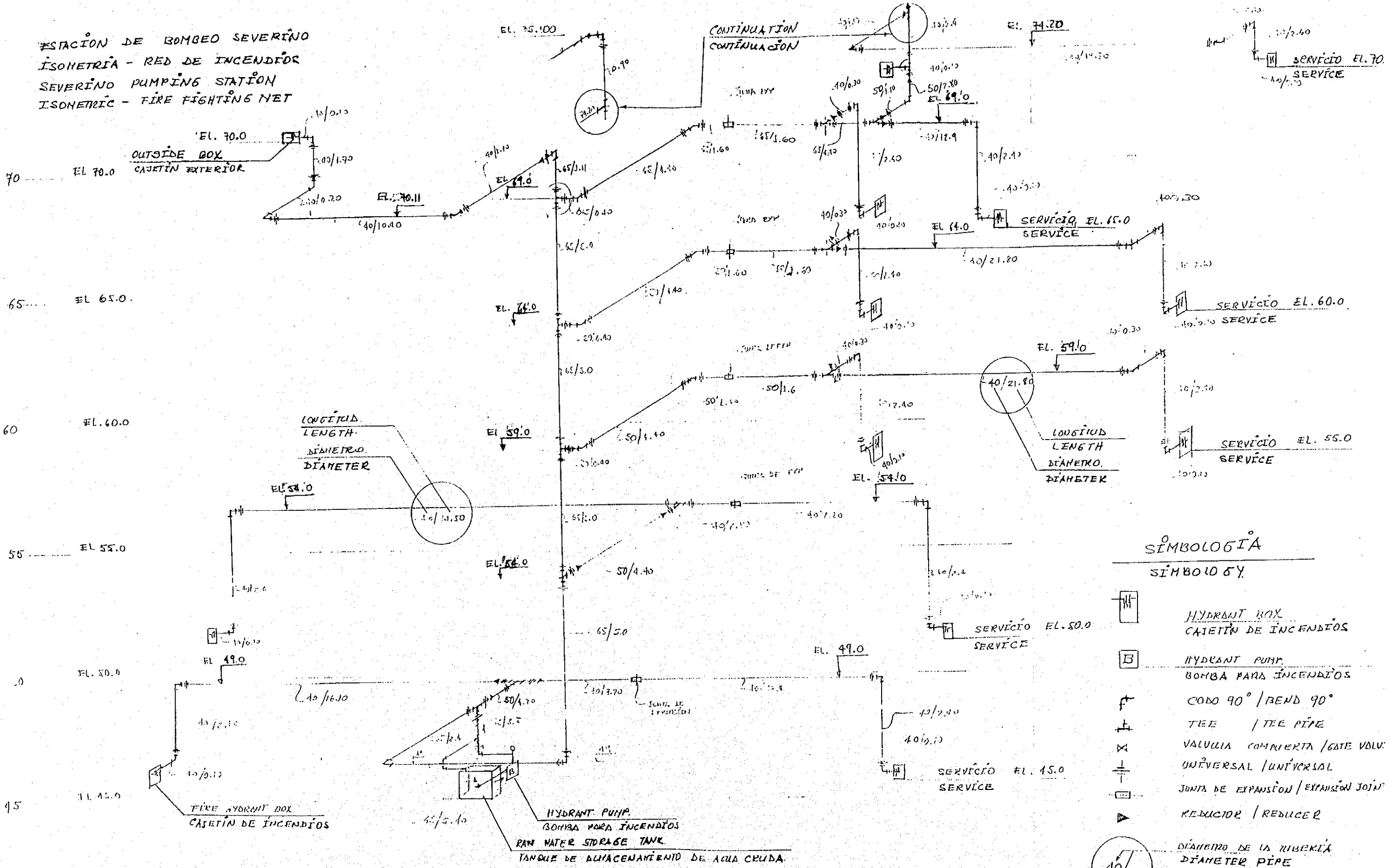


1-3-97










INSTALACIONES SANITARIAS
 DISPOSICION EN PLANTA DE EQUIPOS
 SANITARY INSTALLATIONS
 ARRANGEMENT OF EQUIPMENT PLAN.



ESTACION DE BOMBEO SEVERINO
 ISOHETRIA - RED DE INCENDIOS
 SEVERINO PUMPING STATION
 ISOMETRIC - FIRE FIGHTING NET



SIMBOLOGIA

- SIMBOLO SY
-  HYDRANT BOX
CAJETIN DE INCENDIOS
 -  HYDRANT PUMP
BOMBA PARA INCENDIOS
 -  CODO 90° / BEND 90°
 -  TEE / TEE PIPE
 -  VALVULA COMBIERTA / GATE VALV.
 -  UNIVERSAL / UNIVERSAL
 -  JUNTA DE EXPANSION / EXPANSION JOINT
 -  REDUCTOR / REDUCER
 -  DIAMETRO DE LA TUBERIA
DIAMETER PIPE
LONGITUD DE LA TUBERIA
LENGTH PIPE

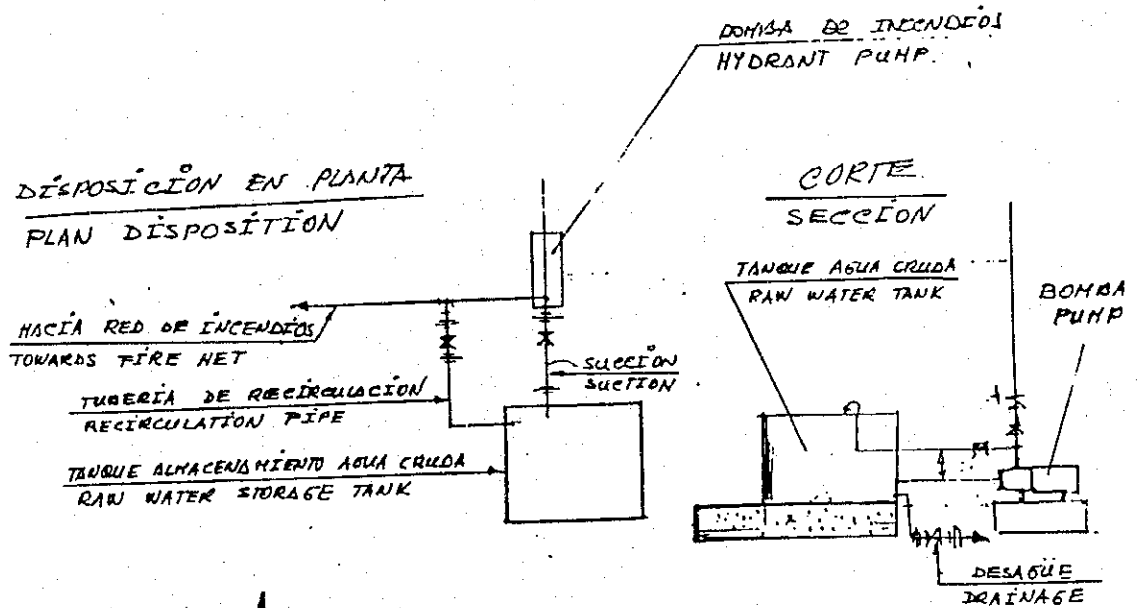
INSTALACIONES SANITARIAS / INCENDIOS

ISOMETRIA Y CONECCION. BOMBA - TANQUE - RED DE DISTRIBUCION

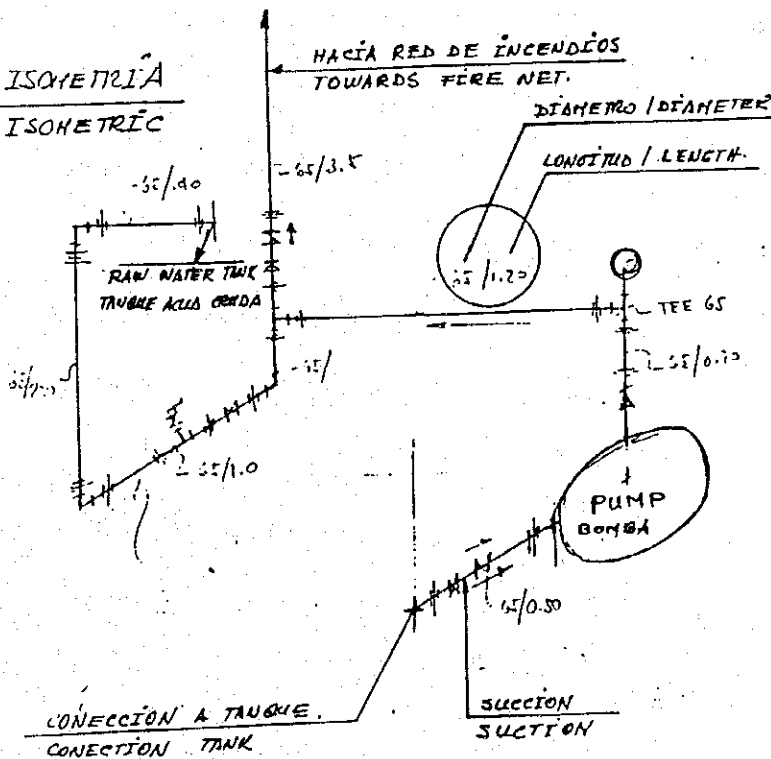
SAUNITARY INSTALATIONS / FIRE

ISOMETRIC AND CONECTION. PUMP - TANK - DISTRIBUTION SYSTEM

DISPOSICION EN PLANTA
PLAN DISPOSITION



ISOMETRIA
ISOMETRIC

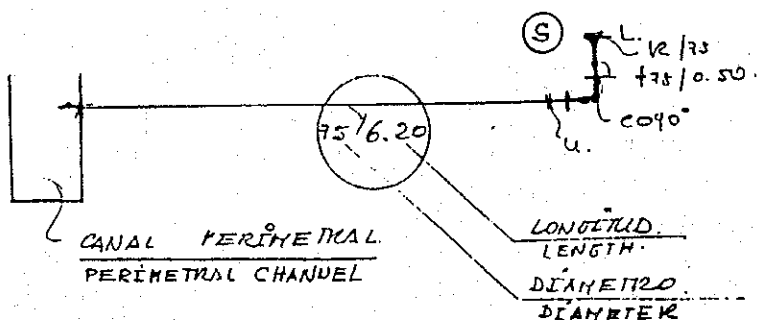


SIHBOLOGIA
SYHMOLOGY.

- ┌──┐ CODO 90°
BEND 90°
- ┌──┴──┐ TEE
TEE PIPE
- ┌──┴──┐ UNIVERSAL UNION
UNIVERSAL JOINT
- ┌──┴──┐ REDUCTOR
REDUCER
- ┌──┴──┐ VALVULA DE COMPUERTA
GATE VALVE
- ┌──┴──┐ VALVULA CHECK
CHECK VALVE
- ⊙ MANOMETRO
PRESSURE GAUGE

INSTALACIONES SANITARIAS / DESAGÜE
 CALCULO DE TUBERIAS / ISOMETRIAS
 SANITARY INSTALLATIONS / DRAINAGE
 CALCULATION OF PIPE DIAMETER / ISOMETRIC.

- BATTERY ROOM / CUARTO DE BATERIAS

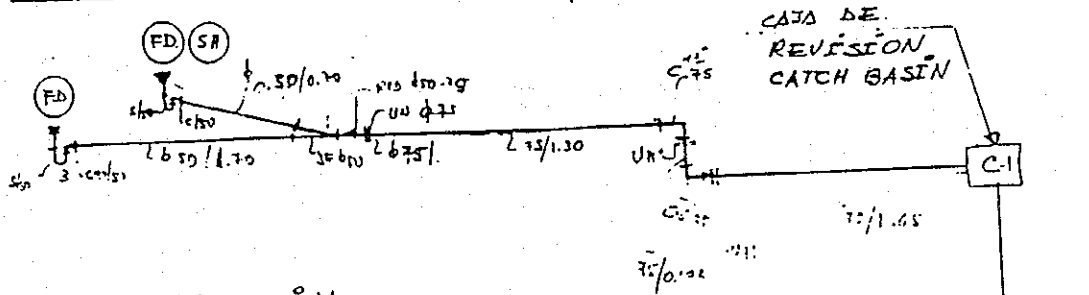


SIMBOLOGIA / SIMBOLOGY

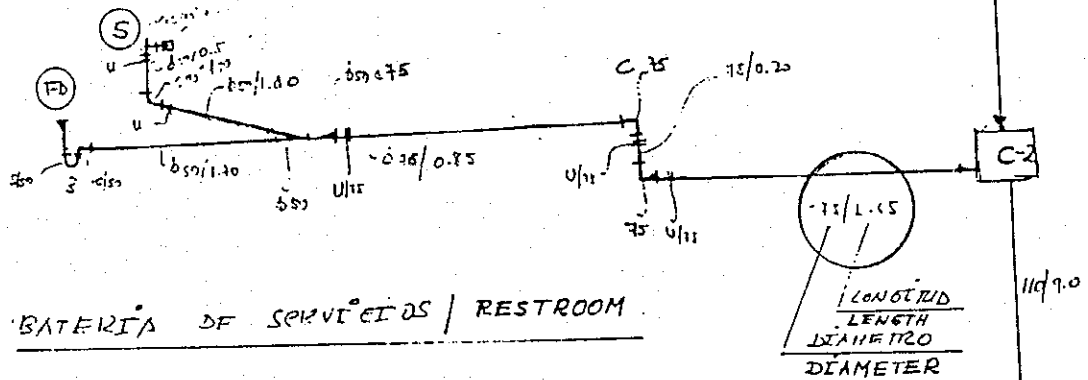
| | | | |
|--|--|--|---|
| | REJILLA Y SIFON / FLOOR TRAP. | | LAUABO / LAVATORY SINK |
| | ADAPTADOR / ADAPTER | | DUCHA / SHOWER |
| | CODO 90° / BEND 90° | | INDUORO / WATER CLOSET |
| | CODO 45° / BEND 45° | | FRECADERO / SLOP. SINK |
| | REDUCTOR / REDUCER | | FRECADERO COSINA / SINK |
| | UNION / JOINT | | TRAMPA DE PISO. / FLOOR TRAP |
| | YEE / YEE | | URINARIO / URINAL |
| | CODO 90° CON RAMAL DE VENTILACION / BEND 90° WITH VENT BRANCH. | | CAJA DE REVISION / CATCH BASIN |
| | | | LONGITUD (m) / LENGTH DIAMETRO (mm) / DIAMETER |

INSTALACIONES SANITARIAS / DESAGÜE
 CALCULO DE TUBERIAS / ISOMETRIAS
 SANITARY INSTALLATIONS / DRAINAGE
 CALCULATION OF PIPE DIAMETER / ISOMETRIC.

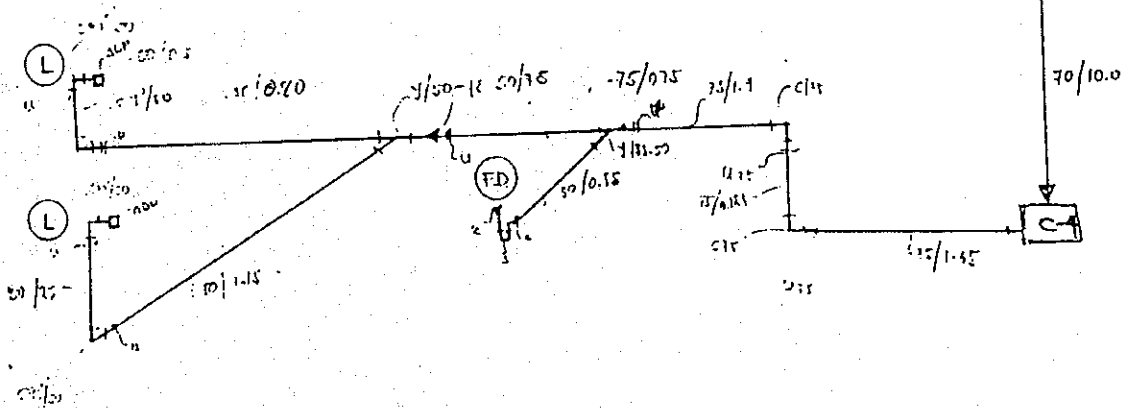
- SHOWER ROOM / CUARTO DE BAÑO



- KITCHEN / COCINA

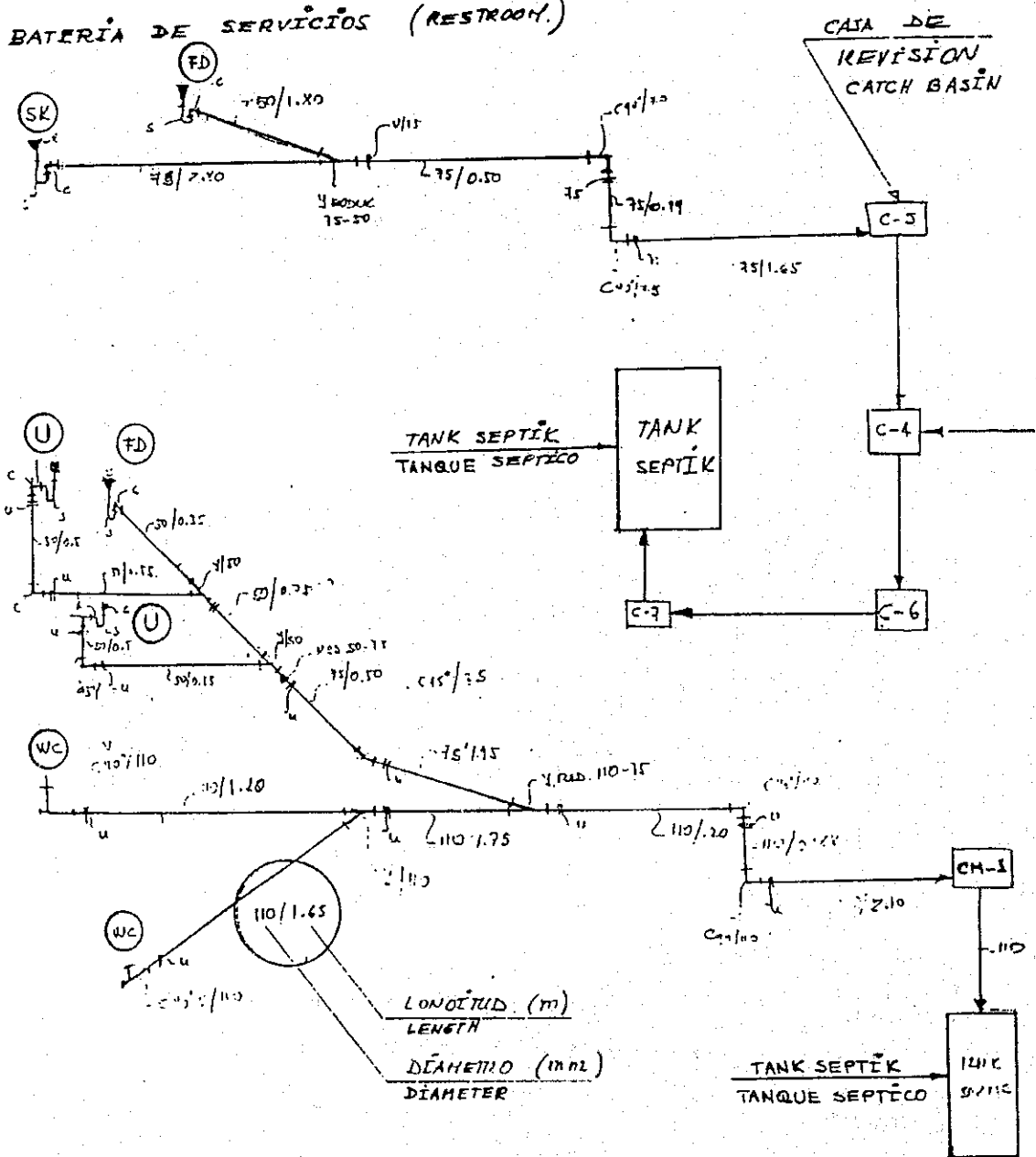


- BATERIA DE SERVICIOS / RESTROOM



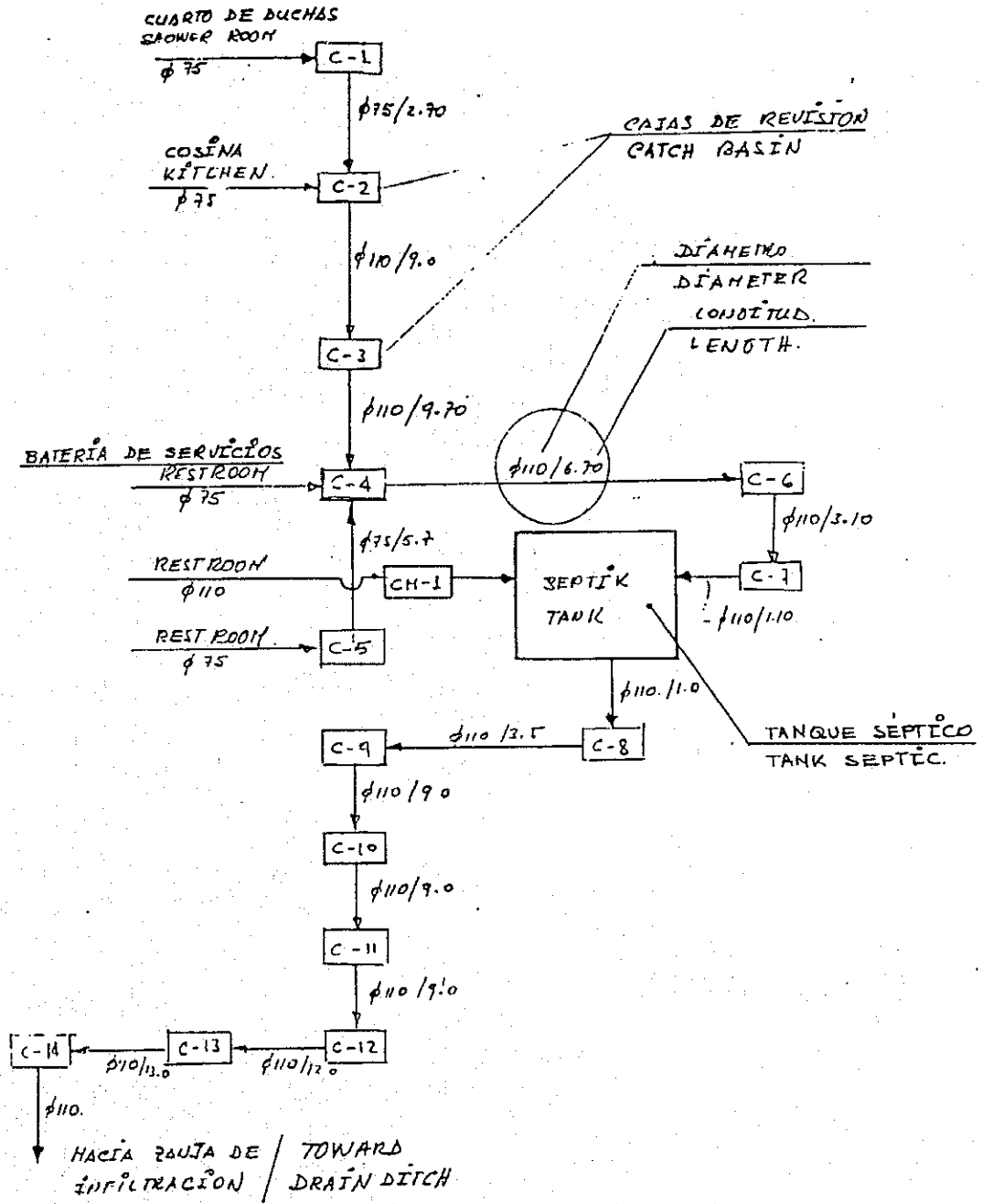
INSTALACIONES SANITARIAS / DESAGÜE
 CALCULO DE TUBERIAS / ISOMETRIAS
 SANITARY INSTALLATIONS / DRAINAGE
 CALCULATION OF PIPE DIAMETER / ISOMETRIC

- BATERIA DE SERVICIOS (RESTROOM)

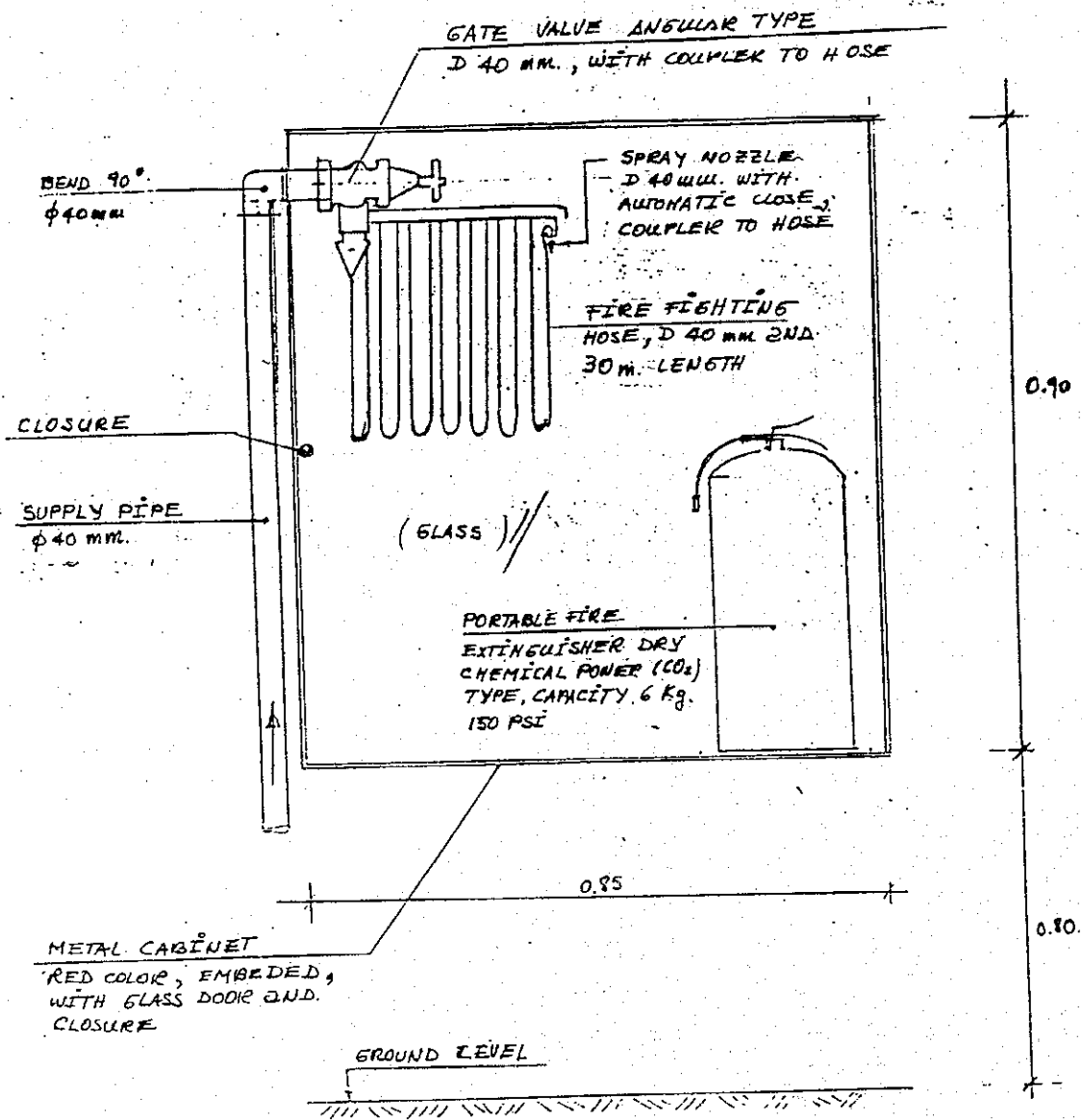


INSTALACIONES SANITARIAS / DESAGUE
 CALCULO DE TUBERIAS / ISOMETRIAS
 SANITARY INSTALLATIONS / DRAINAGE
 CALCULATIONS OF PIPE DIAMETER / ISOMETRIC

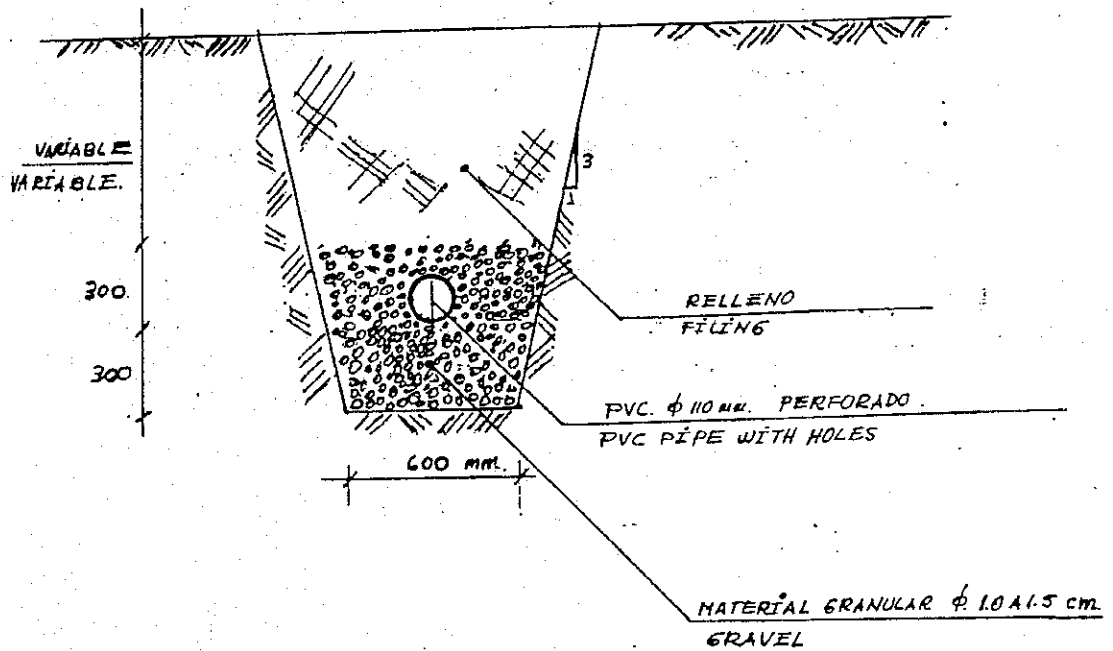
ESQUEMA GENERAL DE LA RED EXTERIOR
 GENERAL ARRANGEMENT OF THE EXTERIOR NET

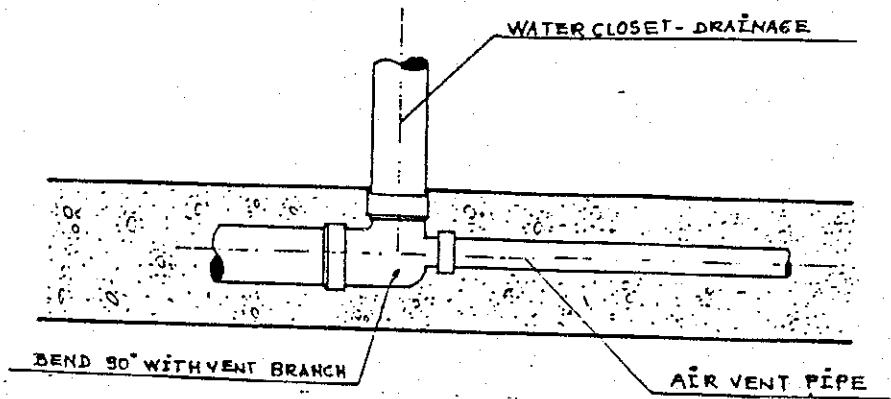


INSTALACIONES SANITARIAS / INCENDIOS
 DETALLE TÍPICO DEL CAJETÍN CONTRA INCENDIOS
 SANITARY INSTALLATIONS / FIRE
 TYPIC DETAIL OF HYDRANT BOX.



DETALLE TÍPICO DE ZANJA DE INFILTRACION
TÍPIC DETAIL OF INFILTRATION TRENCH





CONNECTION DRAINAGE - VENTILATION DETAIL

1-3-107

2. Tuberia de Carga

2. Tubería de Carga

2.1 Análisis de Estabilidad de los Bloques de Anclaje

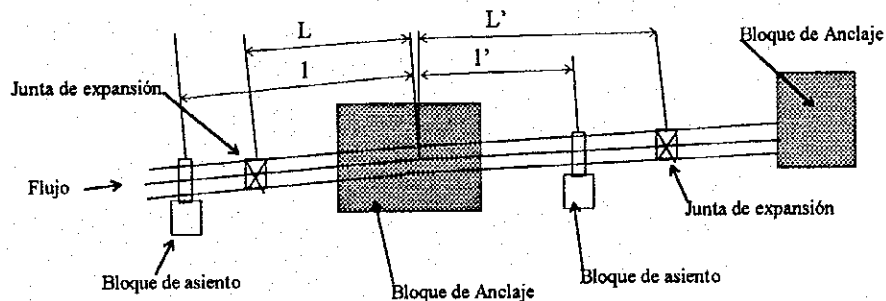
Los bloques de anclaje N° 1-3 y 2-3 son para resistir la fuerza centrífuga causada por los cambios de dirección horizontal de la Tubería de Carga Severino y la fuerza resultante de la presión del agua que actúa en la tubería. Los cálculos de estabilidad son por lo tanto realizados para los bloques de anclaje N° 1-3 y 2-3.

Los cálculos de estabilidad de los bloques IP-1, IP-2 e IP-4 no son considerados ya que estos están empotrados en el subsuelo/embebidos en masa de hormigón y están sometidos a pequeñas fuerzas de empuje.

La Figura 1 muestra las dimensiones de los Bloques de Anclaje N° 1-3 y 2-3

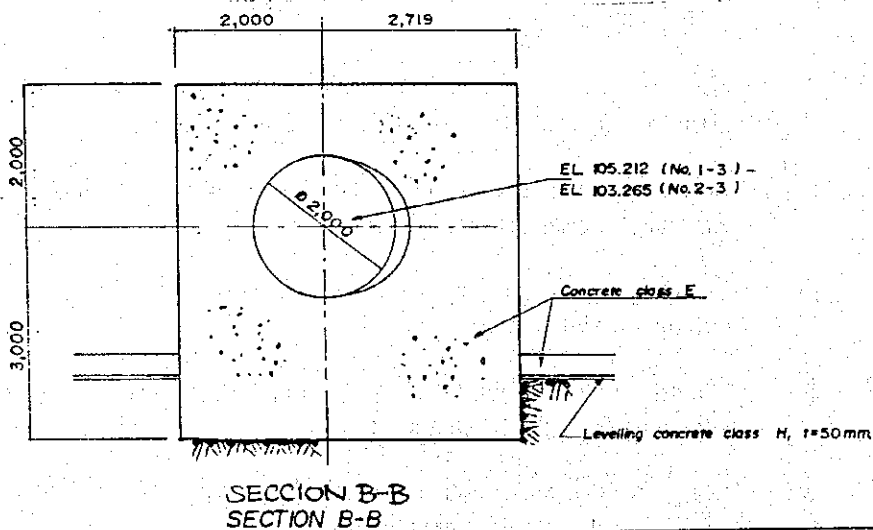
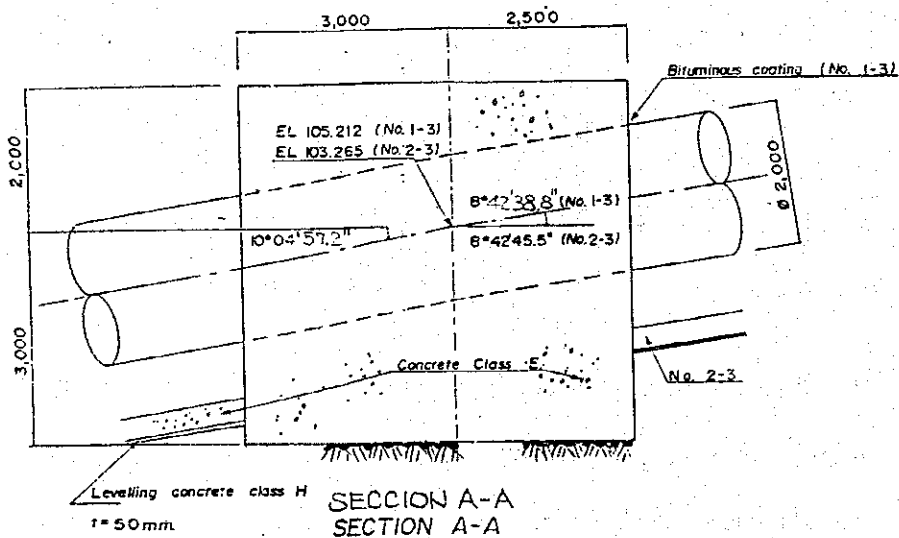
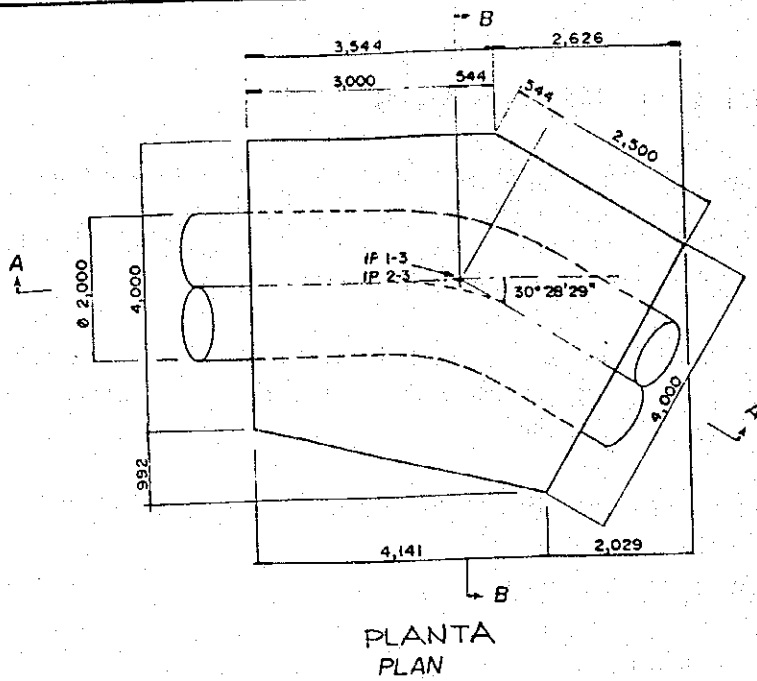
Método de Análisis de Estabilidad

(1) Definición de variables



- ∂ : Angulo vertical del eje de la tubería aguas arriba (grados)
- ∂' : Angulo vertical del eje de la tubería aguas abajo (grados)
- ϕ : Angulo de intersección vertical entre los ejes de las tuberías aguas arriba y aguas abajo $\phi = \partial - \partial'$ (grados)
- θ : Angulo de intersección horizontal entre los ejes de las tuberías aguas arriba y aguas abajo (grados)
- L : Longitud de la tubería entre PI del bloque de anclaje y la junta de expansión aguas arriba (m)
- L' : Longitud de la tubería entre PI del bloque de anclaje y la junta de expansión aguas abajo (m)
- l : Longitud de la tubería entre PI del bloque de anclaje y el bloque adyacente de asiento aguas arriba (m)
- l' : Longitud de la tubería entre PI del bloque de anclaje y el bloque adyacente de asiento aguas abajo (m)

FIGURE 2.1.1



GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF ECUADOR
 CENTRO DE REHABILITACION DE MANABI (CRM)
 THE DETAILED DESIGN STUDY ON THE WATER TRANSBASIN
 SCHEMES FOR CHONE-PORTOVIEJO RIVER BASINS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

TITLE
 Anchor Blocks

| | | |
|----------------|---|----------------------------|
| D | : Diámetro interno de la tubería de carga | (m) |
| A | : Area interna de la tubería de carga | (m ²) |
| t | : Espesor de la tubería de carga aguas arriba | (m) |
| t' | : Espesor de la tubería de carga aguas abajo | (m) |
| H | : Carga de diseño en PI del bloque de anclaje | (m) |
| He | : Carga de diseño en la junta de expansión de aguas arriba | (m) |
| He' | : Carga de diseño en la junta de expansión de aguas abajo | (m) |
| Q | : Caudal máximo de bombeo | (m ³ /seg) |
| s | : Peso de la tubería de carga aguas arriba por 1 m $S = \pi * D * t * r_s$ | (t/m) |
| s' | : Peso de la tubería de carga aguas abajo por 1 m $S = \pi * D * t' * r_s$ | (t/m) |
| r _s | : Densidad del acero | = 7,85 (t/m ³) |
| w | : Peso del agua contenida en la tubería por 1 m | (t/m) |
| c | : Coeficiente de fricción entre la tubería y el asiento | (= 0,25) |
| f | : Coeficiente de fricción entre el agua y el acero | (= 0,02) |
| f _e | : Fuerza de la fricción de la junta de expansión por 1 m | = 0,7 (t/m) |
| w _c | : Peso específico del hormigón simple | = 2,3 (t/m ³) |

(2) Fuerza Actuante sobre el Bloque de Anclaje

- (i) Empuje perpendicular al eje de la tubería debido al peso de la misma y al agua dentro de esta.

Para la tubería aguas arriba $W = 1/2 \cdot (w + s) \cdot l \cdot \cos\theta$

Para la tubería aguas abajo $W' = 1/2 \cdot (w + s') \cdot l' \cdot \cos\theta'$

fuerzas componentes

| Fuerza | dirección x | dirección y | dirección z |
|--------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| W | $W * \sin \theta$ | 0 | $-W * \cos \theta$ |
| W' | $W' * \sin \theta' * \cos \theta$ | $-W' * \sin \theta' * \sin \theta$ | $-W' * \cos \theta'$ |

(ii) Empuje a lo largo del eje de la tubería debido al peso de la misma.

Para la tubería aguas arriba $P_i = s \cdot l \cdot \text{sen} \delta$

Para la tubería aguas abajo $P_i' = s \cdot l' \cdot \text{sen} \delta'$

fuerzas componentes

| Fuerza | dirección x | dirección y | dirección z |
|--------|--|--|----------------------------------|
| P_i | $-P_i \cdot \cos \delta$ | 0 | $-P_i \cdot \text{sen} \delta$ |
| P_i' | $-P_i' \cdot \cos \delta' \cdot \cos \theta$ | $-P_i' \cdot \cos \delta' \cdot \text{sen} \theta$ | $-P_i' \cdot \text{sen} \delta'$ |

Ver Figura 2

(iii) Impulso debido a la fricción del agua en la tubería

para la tubería aguas arriba

$$P_2 = (2 \cdot f \cdot Q^2 / g \cdot \pi \cdot D^3) \cdot L$$

para la tubería aguas abajo

$$P_2' = (2 \cdot f \cdot Q^2 / g \cdot \pi \cdot D^3) \cdot L'$$

fuerza componente

| Fuerza | dirección x | dirección y | dirección z |
|--------|---|--|---------------------------------|
| P_2 | $P_2 \cdot \cos \delta$ | 0 | $P_2 \cdot \text{sen} \delta$ |
| P_2' | $P_2' \cdot \cos \delta' \cdot \cos \theta$ | $-P_2' \cdot \cos \delta' \cdot \text{sen} \theta$ | $P_2' \cdot \text{sen} \delta'$ |

Ver Figura 2

(iv) Fuerza centrífuga que actúa en el punto de quiebre de dirección

Debido al quiebre vertical

$$P_v = 2 \cdot v^2 / g \cdot A \cdot \text{sen}(\delta/2)$$

Debido al quiebre horizontal

$$P_h = 2 \cdot v^2 / g \cdot A \cdot \text{sen}(\theta/2)$$

Fuerza componente

| Fuerza | dirección x | dirección y | dirección z |
|--------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| P_v | $P_v \cdot \text{sen}(\delta/2)$ | 0 | $P_v \cdot \cos(\delta/2)$ |
| P_h | $P_h \cdot \text{sen}(\theta/2)$ | $P_h \cdot \cos(\theta/2)$ | 0 |

Ver Figura 2

(v) Impulso debido a la presión interna que actúa sobre la junta de expansión

Para la tubería aguas arriba

$$P_3 = H_e \cdot \pi \cdot D \cdot t$$

Para la tubería aguas abajo

$$P_3' = H_e' \cdot \pi \cdot D \cdot t'$$

Fuerza componente

| Fuerza | dirección x | dirección y | dirección z |
|--------|---|--|---------------------------------|
| P_3 | $P_3 \cdot \cos \delta$ | 0 | $P_3 \cdot \text{sen} \delta$ |
| P_3' | $P_3' \cdot \cos \delta' \cdot \cos \theta$ | $-P_3' \cdot \cos \delta' \cdot \text{sen} \theta$ | $P_3' \cdot \text{sen} \delta'$ |

(vi) Fuerza fuera de balance debido a la presión de agua que actúa sobre el punto de quiebre

debido al quiebre vertical $P_{rv} = 2 \cdot H \cdot A \cdot \sin(\theta/2)$
 debido al quiebre horizontal $P_{rh} = 2 \cdot H \cdot A \cdot \sin(\theta/2)$
 fuerza componente

| Fuerza | dirección x | dirección y | dirección z |
|----------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| P_{rv} | $-P_{rv} \cdot \sin(\theta/2)$ | 0 | $P_{rv} \cdot \cos(\theta/2)$ |
| P_{rh} | $P_{rh} \cdot \sin(\theta/2)$ | $P_{rh} \cdot \cos(\theta/2)$ | 0 |

(vii) Empuje debido al cambio de temperatura

Para la tubería aguas arriba $F = F_1 + F_2$
 Para la tubería aguas abajo $F' = F_1' + F_2'$

- Empuje debido a la fricción del punto de apoyo

Para la tubería aguas arriba $F_1 = c \cdot (w+s) \cdot (L-l/2) \cdot \cos\theta$
 Para la tubería aguas abajo $F_1' = c \cdot (w+s') \cdot (L'-l'/2) \cdot \cos\theta'$

- Empuje debido a la fricción de la junta de expansión

Para la tubería aguas arriba $F_2 = f_e \cdot \pi \cdot (D+2t)$
 Para la tubería aguas abajo $F_2' = f_e \cdot \pi \cdot (D+2t')$

| Fuerza | dirección x | dirección y | dirección z |
|--------|---|--|------------------------|
| F | $F \cdot \cos\theta$ | 0 | $-F \cdot \sin\theta$ |
| F' | $F' \cdot \cos\theta' \cdot \cos\theta$ | $-F' \cdot \cos\theta' \cdot \sin\theta$ | $F' \cdot \sin\theta'$ |

ver Figura 2

(viii) Peso propio del bloque de anclaje

$W_A = w_c \cdot V$ V : volumen de hormigón del bloque de anclaje

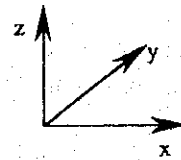
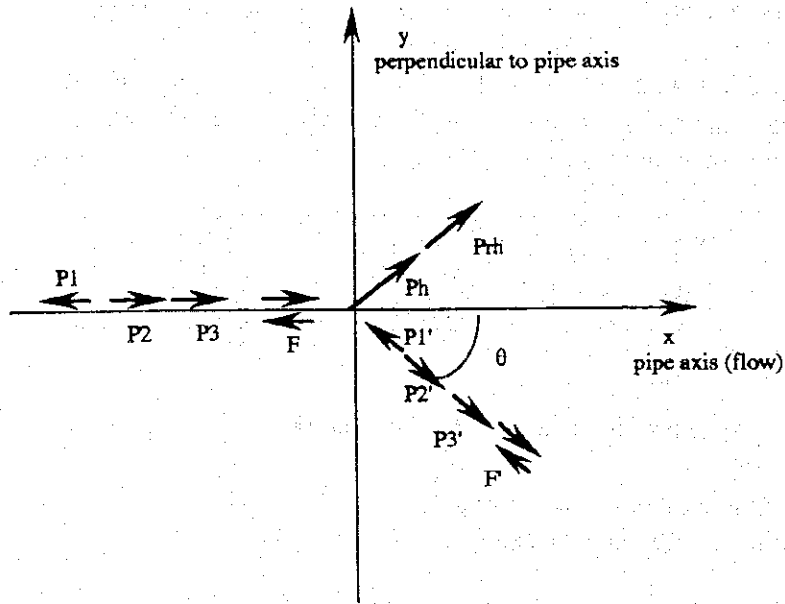
(ix) Fuerza sísmica

$F = F_{WA} + F_p$

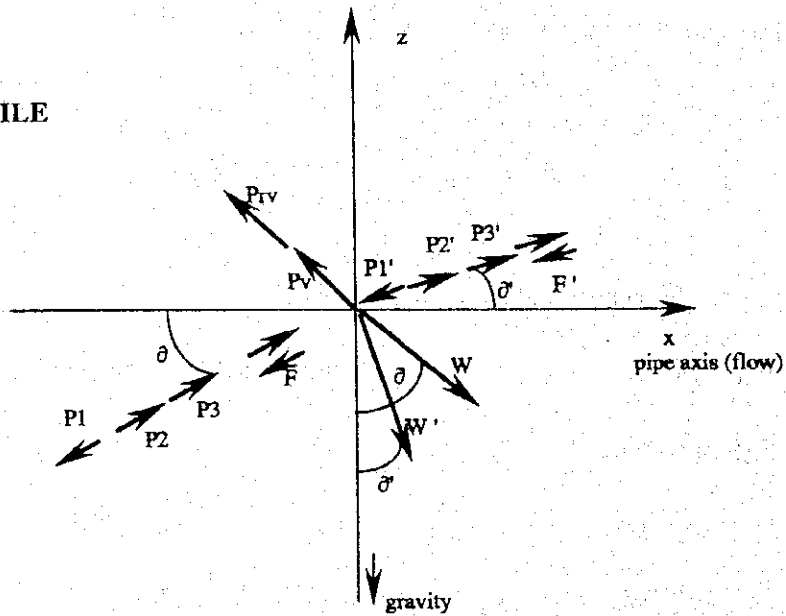
$F_{WA} = K_h \cdot W_A$ $F_p = K_h \cdot [(w+s) \cdot l/2 + (w+s') \cdot l'/2]$

K_h : Coeficiente horizontal de sismicidad (=0.15)

PLAN



PROFILE



GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF ECUADOR
CENTRO DE REHABILITACION DE MANABI (CRM)
THE DETAILED DESIGN STUDY ON THE WATER TRANSBASIN
SCHEMES FOR CHONE-PORTOVIEJO RIVER BASINS

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

TITLE

Direction of Thrust

(3) Chequeo de Seguridad

(i) Seguridad contra volcamiento

La seguridad contra volcamiento puede confirmarse mediante la siguiente ecuación.

$$e = [B/2 - \Sigma M / \Sigma V] < B/6$$

donde, e : excentricidad de la fuerza resultante medida desde el centro de la base

B : longitud de la base del bloque de anclaje

ΣM : momento total

ΣV : fuerza vertical total

(ii) Seguridad contra deslizamiento

$$F_s = \Sigma V \cdot \lambda / \Sigma H > 2.0$$

donde, F_s : factor de seguridad

ΣH : fuerza total horizontal

λ : coeficiente de fricción entre el hormigón y la cimentación = 0.65

(iii) Seguridad para capacidad de soporte

$$\sigma_{\max} = \Sigma V / A \cdot (1 \pm 6 \cdot e / B) < q_a$$

donde, σ_{\max} : máximo esfuerzo de compresión

A : área de la base

q_a : capacidad de soporte de la cimentación

Análisis de Estabilidad

(1) Casos de análisis de estabilidad

La dirección de las fuerzas de empuje debido a los cambios de temperatura (F y F') varían dependiendo de la expansión y encogimiento de la tubería de carga. Otras fuerzas de empuje (sumatoria de otras fuerzas de empuje indicadas como "P") actúan sobre un bloque de anclaje con una dirección constante. Por lo tanto, los siguientes 4 casos son analizados para la estabilidad del bloque de anclaje considerando la combinación de las fuerzas de empuje debido al cambio de temperatura y a otras fuerzas de empuje.

| Caso | Combinación de Fuerzas |
|------|------------------------|
| 1 | P+F+F' |
| 2 | P+F-F' |
| 3 | P-F+F' |
| 4 | P-F-F' |

El análisis se realizó en 2 planos, v.g.: plano x-z (dirección del flujo) y el plano y-z (perpendicular a la dirección del flujo). Además, la fuerza sísmica se ha considerado que actúa en los bloques en ambas direcciones para cada plano, v.g.: direcciones x y -x para el plano x-z, y y para el plano y-z.

Los valores de las componentes de las fuerzas en las direcciones x, y y z (Px, Py y Pz) son calculados y se ilustran en la Tabla 1 con los datos de entrada.

(2) Cálculo del peso propio de los bloques de anclaje, fuerza sísmica y posición del centro de gravedad del bloque de anclaje.

(a) W_A : Peso propio del bloque de anclaje

$$W_A = 2,3 \times \left\{ (4,992 \times 6,17 - 1/2 \times 2,626 \times 1,545 - 1/2 \times 3,447 \times 2,029 - 1/2 \times 0,992 \times 4,141) \times 5,0 - \pi/4 \times 2,0^2 \times 5,5 \right\}$$

$$= 227,302 \text{ ton}$$

(b) F_{WA} : Fuerza sísmica debida al peso propio del bloque de anclaje

$$F_{WA} = 0,15 \times 227,302 = 34,095 \text{ ton}$$

(c) F_p : Fuerza sísmica debida al peso propio de la tubería de carga y del agua dentro de la misma

$$F_p = 0,15 \times (3,142 + 0,395) \times (10 + 12,062)/2 = 5,852 \text{ ton}$$

(d) Distancia al centro de gravedad del bloque de anclaje

plano x-z

$$x = \frac{\sum A \cdot x}{\sum A}$$

$$\begin{aligned} \sum A \cdot x = & 4,992 \times 6,17 \times 6,17/2 \times -1/2 \times 0,0992 \times 4,141 \times 1/3 \times 4,141 - 1/2 \times \\ & 2,626 \times 1,545 \times (3,544 + 2/3 \times 2,626) - 1/2 \times 2,029 \times 3,447 \times (4,141 \\ & + 2/3 \times 2,029) \end{aligned}$$

$$= 62,233 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \sum A = & 4,992 \times 6,17 - 1/2 \times 1,545 \times 2,626 - 1/2 \times 2,029 \times 3,447 - 1/2 \times 0,992 \\ & \times 4,141 \end{aligned}$$

$$= 23,221 \text{ m}^2$$

$$\text{Por lo tanto, } x = 62,233 / 23,221 = 2,689 \text{ m}$$

plano y-z

$$y = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A}$$

$$\begin{aligned} \sum A \cdot y = & 4,992 \times 6,17 \times 2,496 - 1/2 \times 1,545 \times 2,626 \times 1/3 \times 1,545 - 1/2 \times \\ & 2,029 \times 3,447 \times (1,545 + 2/3 \times 3,447) - 1/2 \times 0,992 \times 4,141 \times (4,0 + \\ & 2/3 \times 0,992) \end{aligned}$$

$$= 52,821 \text{ m}^3$$

$$\text{Por lo tanto, } y = 52,821 / 23,221 = 2,275 \text{ m}$$

Las fuerzas externas que actúan sobre los bloques de anclaje se ilustran en la Figura 3.

(3) Resultados de análisis

El resumen de los cálculos realizados se ilustran en la Tabla 2 y se adjuntan las hojas de cálculo.

Table 2.1.1 Thrust Forces

Anchor Block No.1-3

| Input Data | | | Force | component | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------|--|----------------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|
| | | | | x-direction | y-direction | z-direction | | |
| $\delta=$ | 10.0821067 (deg.) | | W | 12.687 | 2.221 | 0.000 | -12.491 | |
| $\delta'=$ | 10.0821067 (deg.) | | W' | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| $\phi = \delta - \delta' =$ | 0 (deg.) | | P1 | 0.403 | -0.397 | 0.000 | -0.071 | |
| $\theta =$ | 30.4747222 (deg.) | | P1' | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| L= | 5.188 (m) | | P2 | 0.078 | 0.076 | 0.000 | 0.014 | |
| L'= | 0.000 (m) | | P2' | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| l= | 7.188 (m) | | Pv | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| l'= | 0.000 (m) | | Ph | 1.573 | 0.414 | 1.518 | 0.000 | |
| D= | 2.000 (m) | | P3 | 0.990 | 0.974 | 0.000 | 0.173 | |
| A= | 3.142 (m ²) | | P3' | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| t= | 0.009 (m) | | Prv | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| t'= | 0.009 (m) | | Prh | 25.596 | 6.727 | 24.696 | 0.000 | |
| H= | 15.500 (m) | | Total of above | | | | | |
| He= | 17.500 (m) | | P | 41.327 | 10.015 | 26.214 | -12.375 | |
| He'= | 0.000 (m) | | | | | | | |
| Q= | 9.6 (m ³ /sec) | | | | | | | |
| s= $\pi \cdot D \cdot t \cdot rs =$ | 0.444 (t/m) | | F1 | 1.407 | | | | |
| s'= $\pi \cdot D \cdot t' \cdot rs =$ | 0.444 (t/m) | | F1' | 0.000 | | | | |
| rs= | 7.85 (t/m ³) | | F2 | 4.438 | | | | |
| w= $\pi \cdot D^2 / 4 =$ | 3.142 (t/m) | | F2' | 4.438 | | | | |
| c= | 0.25 | | F=F1+F2 | 5.845 | 5.754 | 0.000 | -1.023 | |
| f= | 0.02 | | F'=F1'+F2' | 4.438 | 3.766 | -2.216 | 0.777 | |
| fe= | 0.7 | | | | Px= | Py= | Pz= | |
| wc= | 2.3 (t/m ³) | | Case | Total | | | | |
| | | | 1 | P+F+F' | 51.609 | 19.535 | 23.998 | -12.621 |
| | | | 2 | P+F-F' | 42.734 | 12.004 | 28.430 | -14.175 |
| | | | 3 | P-F+F' | 39.920 | 8.027 | 23.998 | -10.575 |
| | | | 4 | P-F-F' | 31.044 | 0.495 | 28.430 | -12.129 |

Anchor Block No.2-3

| Input Data | | | Force | component | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------|--|----------------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|
| | | | | x-direction | y-direction | z-direction | | |
| $\delta=$ | 10.0821067 (deg.) | | W | 14.244 | 2.494 | 0.000 | -14.024 | |
| $\delta'=$ | 10.0821067 (deg.) | | W' | 17.689 | 2.669 | -1.571 | -17.416 | |
| $\phi = \delta - \delta' =$ | 0 (deg.) | | P1 | 0.394 | -0.388 | 0.000 | -0.069 | |
| $\theta =$ | 30.4747222 (deg.) | | P1' | 0.432 | -0.367 | -0.216 | -0.076 | |
| L= | 5.070 (m) | | P2 | 0.076 | 0.075 | 0.000 | 0.013 | |
| L'= | 5.564 (m) | | P2' | 0.083 | 0.071 | 0.042 | 0.015 | |
| l= | 8.070 (m) | | Pv | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| l'= | 10.022 (m) | | Ph | 1.573 | 0.414 | 1.518 | 0.000 | |
| D= | 2.000 (m) | | P3 | 1.159 | 1.141 | 0.000 | 0.203 | |
| A= | 3.142 (m ²) | | P3' | 0.990 | 0.840 | -0.494 | 0.173 | |
| t= | 0.009 (m) | | Prv | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| t'= | 0.009 (m) | | Prh | 30.963 | 8.138 | 29.874 | 0.000 | |
| H= | 18.750 (m) | | Total of above | | | | | |
| He= | 20.500 (m) | | P | 67.604 | 15.085 | 29.153 | -31.181 | |
| He'= | 17.500 (m) | | | | | | | |
| Q= | 9.6 (m ³ /sec) | | | | | | | |
| s= $\pi \cdot D \cdot t \cdot rs =$ | 0.444 (t/m) | | F1 | 0.913 | | | | |
| s'= $\pi \cdot D \cdot t' \cdot rs =$ | 0.444 (t/m) | | F1' | 0.488 | | | | |
| rs= | 7.85 (t/m ³) | | F2 | 4.438 | | | | |
| w= $\pi \cdot D^2 / 4 =$ | 3.142 (t/m) | | F2' | 4.438 | | | | |
| c= | 0.25 | | F=F1+F2 | 5.351 | 5.269 | 0.000 | -0.937 | |
| f= | 0.02 | | F'=F1'+F2' | 4.926 | 4.180 | -2.460 | 0.862 | |
| fe= | 0.7 | | | | Px= | Py= | Pz= | |
| wc= | 2.3 (t/m ³) | | Case | Total | | | | |
| | | | 1 | P+F+F' | 77.881 | 24.534 | 26.694 | -31.256 |
| | | | 2 | P+F-F' | 68.029 | 16.174 | 31.613 | -32.980 |
| | | | 3 | P-F+F' | 67.179 | 13.996 | 26.694 | -29.382 |
| | | | 4 | P-F-F' | 57.327 | 5.637 | 31.613 | -31.107 |

$$\begin{aligned}
\Sigma A \cdot y &= 4.992 \times 6.17 \times 2.496 - 1/2 \times 1.545 \times 2.626 \times 1/3 \times 1.545 \\
&\quad - 1/2 \times 2.029 \times 3.447 \times (1.545 + 2/3 \times 3.447) \\
&\quad - 1/2 \times 0.992 \times 4.141 \times (4.0 + 2/3 \times 0.992) \\
&= 52.821 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

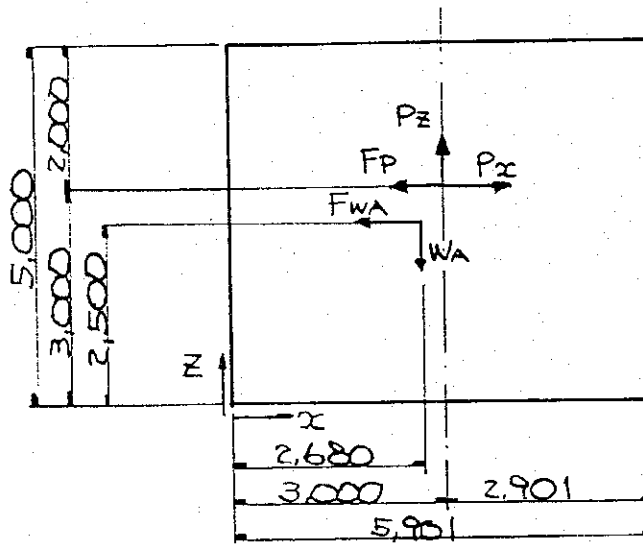
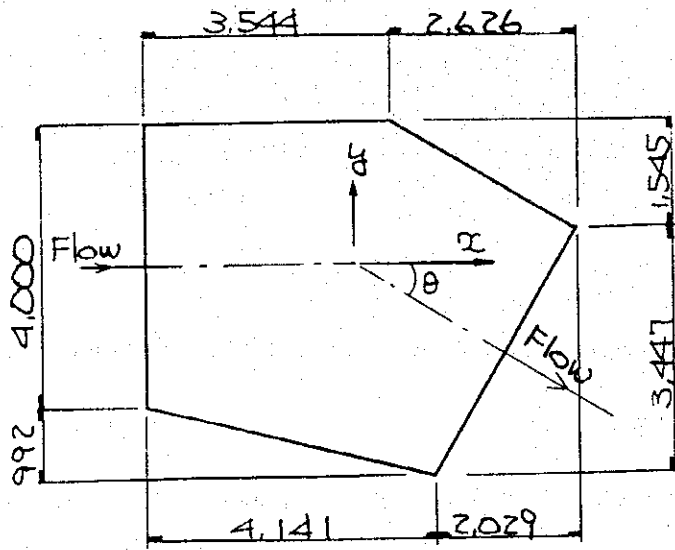
therefore, $y = 52.821 / 23.221 = 2.275 \text{ m}$

External forces acting on the anchor blocks are illustrated in Figure 2.1.3.

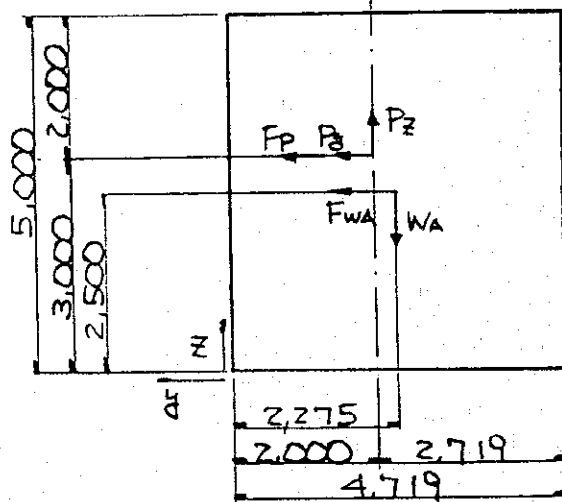
(C) Results of analysis

The summary of the calculation results are shown in Table 2.1.1 and calculation sheets are attached.

FIGURE 2.1.3



x - z plain



y - z plain

GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF ECUADOR
 CENTRO DE REHABILITACION DE MANABI (CRM)
 THE DETAILED DESIGN STUDY ON THE WATER TRANSBASIN
 SCHEMES FOR CHONE-PORTOVIEJO RIVER BASINS

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

TITLE

External Forces

Table 2.1.2 Summary of Results of Stability Analysis

Anchor Block No. 1-3

1. x-z plain

1.1 earthquake -x-direction

| Case | safety for overturning e (m) | safety for sliding Fs | safety for bearing capacity ÓÓmax (t/m2) |
|------|------------------------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 0.389 | 9.46 | 14.42 |
| 2 | 0.480 | 6.53 | 15.47 |
| 3 | 0.538 | 5.52 | 15.85 |
| 4 | 0.628 | 4.38 | 16.90 |
| | <B/6= 0.984 | > 2.0 | <qa =100 t/m2 |

1.2 earthquake x-direction

| Case | safety for overturning e (m) | safety for sliding Fs | safety for bearing capacity ÓÓmax (t/m2) |
|------|------------------------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 0.370 | 2.81 | 14.22 |
| 2 | 0.274 | 3.27 | 13.30 |
| 3 | 0.228 | 3.51 | 12.62 |
| 4 | 0.132 | 4.26 | 11.70 |
| | <B/6= 0.984 | > 2.0 | <qa =100 t/m2 |

2. y-z plain

2.1 earthquake -y-direction

| Case | safety for overturning e (m) | safety for sliding Fs | safety for bearing capacity ÓÓmax (t/m2) |
|------|------------------------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 0.178 | 12.96 | 12.67 |
| 2 | 0.124 | 20.66 | 12.04 |
| 3 | 0.177 | 12.85 | 12.55 |
| 4 | 0.122 | 20.48 | 11.92 |
| | <B/6= 0.787 | > 2.0 | <qa =100 t/m2 |

2.2 earthquake y-direction

| Case | safety for overturning e (m) | safety for sliding Fs | safety for bearing capacity ÓÓmax (t/m2) |
|------|------------------------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 0.581 | 2.60 | 17.96 |
| 2 | 0.630 | 2.44 | 18.72 |
| 3 | 0.589 | 2.58 | 17.91 |
| 4 | 0.638 | 2.41 | 18.68 |
| | <B/6= 0.787 | > 2.0 | <qa =100 t/m2 |

Anchor Block No. 2-3

1. x-z plain

1.1 earthquake -x-direction

| Case | safety for overturning e (m) | safety for sliding Fs | safety for bearing capacity ÓÓmax (t/m2) |
|------|------------------------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 0.333 | 11.65 | 14.91 |
| 2 | 0.427 | 7.42 | 16.08 |
| 3 | 0.459 | 6.68 | 16.22 |
| 4 | 0.553 | 5.04 | 17.38 |
| | <B/6= 0.984 | > 2.0 | <qa =100 t/m2 |

1.2 earthquake x-direction

| Case | safety for overturning e (m) | safety for sliding Fs | safety for bearing capacity ÓÓmax (t/m2) |
|------|------------------------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 0.439 | 2.65 | 16.10 |
| 2 | 0.340 | 3.07 | 15.08 |
| 3 | 0.319 | 3.15 | 14.64 |
| 4 | 0.220 | 3.77 | 13.62 |
| | <B/6= 0.984 | > 2.0 | <qa =100 t/m2 |

2. y-z plain

2.1 earthquake -y-direction

| Case | safety for overturning e (m) | safety for sliding Fs | safety for bearing capacity ÓÓmax (t/m2) |
|------|------------------------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 0.194 | 13.70 | 13.88 |
| 2 | 0.139 | 23.03 | 13.18 |
| 3 | 0.193 | 13.60 | 13.77 |
| 4 | 0.137 | 22.86 | 13.07 |
| | <B/6= 0.787 | > 2.0 | <qa =100 t/m2 |

2.2 earthquake y-direction

| Case | safety for overturning e (m) | safety for sliding Fs | safety for bearing capacity ÓÓmax (t/m2) |
|------|------------------------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 0.578 | 2.56 | 19.32 |
| 2 | 0.629 | 2.40 | 20.17 |
| 3 | 0.585 | 2.54 | 19.28 |
| 4 | 0.636 | 2.38 | 20.12 |
| | <B/6= 0.787 | > 2.0 | <qa =100 t/m2 |

Stability Analysis
x-z plain B= 5.901 m
Case-1 earthquake : -x-direction

| Vertical Force (ton) | x (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|--------------------|----------------------------|
| WA | 2.680 | -609.169 |
| Pz | 3.000 | -37.864 |
| ΣV | $\Sigma V \cdot x$ | $\Sigma V \cdot x \cdot z$ |
| | | -647.034 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|--------------------|--------------------|
| FwA | 2.500 | -85.238 |
| Fp | 3.000 | -5.799 |
| Px | 3.000 | 58.606 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z$ | $\Sigma H \cdot z$ |
| | | -32.431 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x \cdot \Sigma H \cdot z = -614.603$

Safety for overturning e= 0.389 < 0.984

Safety for sliding Fs = 9.46 > 2.0

Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 14.42 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
x-z plain B= 5.901 m
Case-3 earthquake : -x-direction

| Vertical Force (ton) | x (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|--------------------|----------------------------|
| WA | 2.680 | -609.169 |
| Pz | 3.000 | -31.725 |
| ΣV | $\Sigma V \cdot x$ | $\Sigma V \cdot x \cdot z$ |
| | | -640.895 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|--------------------|--------------------|
| FwA | 2.500 | -85.238 |
| Fp | 3.000 | -5.799 |
| Px | 3.000 | 24.080 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z$ | $\Sigma H \cdot z$ |
| | | -66.957 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x \cdot \Sigma H \cdot z = -573.938$

Safety for overturning e= 0.538 < 0.984

Safety for sliding Fs = 5.52 > 2.0

Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 15.85 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
x-z plain B= 5.901 m
Case-2 earthquake : -x-direction

| Vertical Force (ton) | x (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|--------------------|----------------------------|
| WA | 2.680 | -609.169 |
| Pz | 3.000 | -42.525 |
| ΣV | $\Sigma V \cdot x$ | $\Sigma V \cdot x \cdot z$ |
| | | -651.695 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|--------------------|--------------------|
| FwA | 2.500 | -85.238 |
| Fp | 3.000 | -5.799 |
| Px | 3.000 | 36.012 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z$ | $\Sigma H \cdot z$ |
| | | -55.025 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x \cdot \Sigma H \cdot z = -596.670$

Safety for overturning e= 0.480 < 0.984

Safety for sliding Fs = 6.53 > 2.0

Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 15.47 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
x-z plain B= 5.901 m
Case-4 earthquake : -x-direction

| Vertical Force (ton) | x (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|--------------------|----------------------------|
| WA | 2.680 | -609.169 |
| Pz | 3.000 | -36.387 |
| ΣV | $\Sigma V \cdot x$ | $\Sigma V \cdot x \cdot z$ |
| | | -645.556 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|--------------------|--------------------|
| FwA | 2.500 | -85.238 |
| Fp | 3.000 | -5.799 |
| Px | 3.000 | 1.486 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z$ | $\Sigma H \cdot z$ |
| | | -89.551 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x \cdot \Sigma H \cdot z = -556.005$

Safety for overturning e= 0.628 < 0.984

Safety for sliding Fs = 4.38 > 2.0

Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 16.90 < 100 \text{ t/m}^2$

YIF

Anchor Block No.1-3 Calculation Sheet

Stability Analysis
 x-z plain B= 5.901 m
 Case-1 earthquake : x-direction
 Vertical Force (ton) x (m) Moment (ton·m)

WA -227.302 2.680 -609.169
 Pz -12.621 3.000 -37.864
 $\Sigma V = -239.923$ $\Sigma V \cdot x = -647.034$

Horizontal Force (ton) z (m) Moment (ton·m)
 FwA 34.095 2.500 85.238
 Fp 1.933 3.000 5.799
 Px 19.535 3.000 58.606
 $\Sigma H = 55.564$ $\Sigma H \cdot z = 149.643$

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -796.677$
 Safety for overturning $e = 0.370 < 0.984$
 Safety for sliding $F_s = 2.81 > 2.0$
 Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 14.22 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
 x-z plain B= 5.901 m
 Case-2 earthquake : x-direction
 Vertical Force (ton) x (m) Moment (ton·m)

WA -227.302 2.680 -609.169
 Pz -14.175 3.000 -42.525
 $\Sigma V = -241.477$ $\Sigma V \cdot x = -651.695$

Horizontal Force (ton) z (m) Moment (ton·m)
 FwA 34.095 2.500 85.238
 Fp 1.933 3.000 5.799
 Px 12.004 3.000 36.012
 $\Sigma H = 48.032$ $\Sigma H \cdot z = 127.049$

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -778.744$
 Safety for overturning $e = 0.274 < 0.984$
 Safety for sliding $F_s = 3.27 > 2.0$
 Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 13.30 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
 x-z plain B= 5.901 m
 Case-3 earthquake : x-direction
 Vertical Force (ton) x (m) Moment (ton·m)

WA -227.302 2.680 -609.169
 Pz -10.575 3.000 -31.725
 $\Sigma V = -237.877$ $\Sigma V \cdot x = -640.895$

Horizontal Force (ton) z (m) Moment (ton·m)
 FwA 34.095 2.500 85.238
 Fp 1.933 3.000 5.799
 Px 8.027 3.000 24.080
 $\Sigma H = 44.055$ $\Sigma H \cdot z = 115.117$

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -756.012$
 Safety for overturning $e = 0.228 < 0.984$
 Safety for sliding $F_s = 3.51 > 2.0$
 Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 12.62 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
 x-z plain B= 5.901 m
 Case-4 earthquake : x-direction
 Vertical Force (ton) x (m) Moment (ton·m)

WA -227.302 2.680 -609.169
 Pz -12.129 3.000 -36.387
 $\Sigma V = -239.431$ $\Sigma V \cdot x = -645.556$

Horizontal Force (ton) z (m) Moment (ton·m)
 FwA 34.095 2.500 85.238
 Fp 1.933 3.000 5.799
 Px 0.495 3.000 1.486
 $\Sigma H = 36.524$ $\Sigma H \cdot z = 92.523$

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -738.079$
 Safety for overturning $e = 0.132 < 0.984$
 Safety for sliding $F_s = 4.26 > 2.0$
 Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 11.70 < 100 \text{ t/m}^2$

2-15

Anchor Block No.1-3 Calculation Sheet

Stability Analysis
y-z plain Case-1

| Vertical Force (ton) | earthquake : y-direction | B= 4.719 m | Moment (ton·m) |
|----------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------|
| WA | -227.302 | 2.275 | -517.112 |
| Pz | -12.621 | 2.000 | -25.243 |
| ΣV | -239.923 | $\Sigma V \cdot x$ | -542.355 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|--------------------|-------------------|
| FwA | 2.500 | -85.238 |
| Fp | 3.000 | -5.799 |
| Py | 3.000 | 71.994 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z$ | -19.043 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -523.312$

Safety for overturning $e = 0.178 < 0.787$

Safety for sliding $F_s = 12.96 > 2.0$

Safety for bearing capacity $OO_{max} = 12.67 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
y-z plain Case-2

| Vertical Force (ton) | earthquake : -y-direction | B= 4.719 m | Moment (ton·m) |
|----------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|
| WA | -227.302 | 2.275 | -517.112 |
| Pz | -14.175 | 2.000 | -28.350 |
| ΣV | -241.477 | $\Sigma V \cdot x$ | -545.462 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|--------------------|-------------------|
| FwA | 2.500 | -85.238 |
| Fp | 3.000 | -5.799 |
| Py | 3.000 | 85.290 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z$ | -5.747 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -539.715$

Safety for overturning $e = 0.124 < 0.787$

Safety for sliding $F_s = 20.66 > 2.0$

Safety for bearing capacity $OO_{max} = 12.04 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
y-z plain Case-3

| Vertical Force (ton) | earthquake : -y-direction | B= 4.719 m | Moment (ton·m) |
|----------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|
| WA | -227.302 | 2.275 | -517.112 |
| Pz | -10.575 | 2.000 | -21.150 |
| ΣV | -237.877 | $\Sigma V \cdot x$ | -538.262 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|--------------------|-------------------|
| FwA | 2.500 | -85.238 |
| Fp | 3.000 | -5.799 |
| Py | 3.000 | 71.994 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z$ | -19.043 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -519.220$

Safety for overturning $e = 0.177 < 0.787$

Safety for sliding $F_s = 12.85 > 2.0$

Safety for bearing capacity $OO_{max} = 12.55 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
y-z plain Case-4

| Vertical Force (ton) | earthquake : -y-direction | B= 4.719 m | Moment (ton·m) |
|----------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|
| WA | -227.302 | 2.275 | -517.112 |
| Pz | -12.129 | 2.000 | -24.258 |
| ΣV | -239.431 | $\Sigma V \cdot x$ | -541.370 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|--------------------|-------------------|
| FwA | 2.500 | -85.238 |
| Fp | 3.000 | -5.799 |
| Py | 3.000 | 85.290 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z$ | -5.747 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -535.623$

Safety for overturning $e = 0.122 < 0.787$

Safety for sliding $F_s = 20.48 > 2.0$

Safety for bearing capacity $OO_{max} = 11.92 < 100 \text{ t/m}^2$

41/2

Anchor Block No.1-3 Calculation Sheet

Stability Analysis
y-z plain Case-1

B= 4.719 m
earthquake : y-direction

| Vertical Force (ton) | y (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|-------|----------------|
| WA | 2.275 | -517.112 |
| Pz | 2.000 | -25.243 |
| $\Sigma V \cdot x =$ | | -542.355 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|----------------------|----------------|
| FwA | 2.500 | 85.238 |
| Fp | 3.000 | 5.799 |
| Py | 3.000 | 71.994 |
| $\Sigma H =$ | $\Sigma H \cdot z =$ | 163.031 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -705.386$

Safety for overturning $e = 0.581 < 0.787$

Safety for sliding $F_s = 2.60 > 2.0$

Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 17.96 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
y-z plain Case-2

B= 4.719 m
earthquake : y-direction

| Vertical Force (ton) | y (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|-------|----------------|
| WA | 2.275 | -517.112 |
| Pz | 2.000 | -28.350 |
| $\Sigma V \cdot x =$ | | -545.462 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|----------------------|----------------|
| FwA | 2.500 | 85.238 |
| Fp | 3.000 | 5.799 |
| Py | 3.000 | 85.290 |
| $\Sigma H =$ | $\Sigma H \cdot z =$ | 176.327 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -721.789$

Safety for overturning $e = 0.630 < 0.787$

Safety for sliding $F_s = 2.44 > 2.0$

Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 18.72 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
y-z plain Case-3

B= 4.719 m
earthquake : y-direction

| Vertical Force (ton) | y (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|-------|----------------|
| WA | 2.275 | -517.112 |
| Pz | 2.000 | -21.150 |
| $\Sigma V \cdot x =$ | | -538.262 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|----------------------|----------------|
| FwA | 2.500 | 85.238 |
| Fp | 3.000 | 5.799 |
| Py | 3.000 | 71.994 |
| $\Sigma H =$ | $\Sigma H \cdot z =$ | 163.031 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -701.294$

Safety for overturning $e = 0.589 < 0.787$

Safety for sliding $F_s = 2.58 > 2.0$

Safety for bearing capacity

Stability Analysis
y-z plain Case-4

B= 4.719 m
earthquake : y-direction

| Vertical Force (ton) | y (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|-------|----------------|
| WA | 2.275 | -517.112 |
| Pz | 2.000 | -24.258 |
| $\Sigma V \cdot x =$ | | -541.370 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|----------------------|----------------|
| FwA | 2.500 | 85.238 |
| Fp | 3.000 | 5.799 |
| Py | 3.000 | 85.290 |
| $\Sigma H =$ | $\Sigma H \cdot z =$ | 176.327 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -717.697$

Safety for overturning $e = 0.638 < 0.787$

Safety for sliding $F_s = 2.41 > 2.0$

Safety for bearing capacity

Stability Analysis
x-z plain B= 5.901 m
Case-1 earthquake : -x-direction

| Vertical Force (ton) | x (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|----------------------|----------------|
| WA | 2.680 | -609.169 |
| Pz | 3.000 | -93.767 |
| ΣV | $\Sigma V \cdot x =$ | -702.936 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|----------------------|----------------|
| FwA | 2.500 | -85.238 |
| Fp | 3.000 | -14.595 |
| Px | 3.000 | 73.601 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z =$ | -26.233 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -676.703$

Safety for overturning $e = 0.333 < 0.984$

Safety for sliding $Fs = 11.65 > 2.0$

Safety for bearing capacity $\bar{\sigma}_{max} = 14.91 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
x-z plain B= 5.901 m
Case-2 earthquake : -x-direction

| Vertical Force (ton) | x (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|----------------------|----------------|
| WA | 2.680 | -609.169 |
| Pz | 3.000 | -98.941 |
| ΣV | $\Sigma V \cdot x =$ | -708.110 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|----------------------|----------------|
| FwA | 2.500 | -85.238 |
| Fp | 3.000 | -14.595 |
| Px | 3.000 | 48.522 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z =$ | -51.312 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -656.798$

Safety for overturning $e = 0.427 < 0.984$

Safety for sliding $Fs = 7.42 > 2.0$

Safety for bearing capacity $\bar{\sigma}_{max} = 16.08 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
x-z plain B= 5.901 m
Case-3 earthquake : -x-direction

| Vertical Force (ton) | x (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|----------------------|----------------|
| WA | 2.680 | -609.169 |
| Pz | 3.000 | -88.146 |
| ΣV | $\Sigma V \cdot x =$ | -697.315 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|----------------------|----------------|
| FwA | 2.500 | -85.238 |
| Fp | 3.000 | -14.595 |
| Px | 3.000 | 41.989 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z =$ | -57.845 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -639.471$

Safety for overturning $e = 0.459 < 0.984$

Safety for sliding $Fs = 6.68 > 2.0$

Safety for bearing capacity $\bar{\sigma}_{max} = 16.22 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
x-z plain B= 5.901 m
Case-4 earthquake : -x-direction

| Vertical Force (ton) | x (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|----------------------|----------------|
| WA | 2.680 | -609.169 |
| Pz | 3.000 | -93.320 |
| ΣV | $\Sigma V \cdot x =$ | -702.489 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|----------------------|----------------|
| FwA | 2.500 | -85.238 |
| Fp | 3.000 | -14.595 |
| Px | 3.000 | 16.910 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z =$ | -82.923 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -619.566$

Safety for overturning $e = 0.553 < 0.984$

Safety for sliding $Fs = 5.04 > 2.0$

Safety for bearing capacity $\bar{\sigma}_{max} = 17.38 < 100 \text{ t/m}^2$

2-10

Anchor Block No.2-3 Calculation Sheet

Stability Analysis
x-z plain B= 5.901 m
Case-1 earthquake : x-direction

| Vertical Force (ton) | x (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|--------------------|----------------|
| WA | 2.680 | -609.169 |
| Pz | 3.000 | -93.767 |
| ΣV | $\Sigma V \cdot x$ | -702.936 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|--------------------|----------------|
| FwA | 2.500 | 85.238 |
| Fp | 3.000 | 14.595 |
| Px | 3.000 | 73.601 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z$ | 173.434 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -876.370$

Safety for overturning e= 0.439 < 0.984

Safety for sliding $F_s = 2.65 > 2.0$

Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 16.10 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
x-z plain B= 5.901 m
Case-2 earthquake : x-direction

| Vertical Force (ton) | x (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|--------------------|----------------|
| WA | 2.680 | -609.169 |
| Pz | 3.000 | -98.941 |
| ΣV | $\Sigma V \cdot x$ | -708.110 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|--------------------|----------------|
| FwA | 2.500 | 85.238 |
| Fp | 3.000 | 14.595 |
| Px | 3.000 | 48.522 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z$ | 148.356 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -856.466$

Safety for overturning e= 0.340 < 0.984

Safety for sliding $F_s = 3.07 > 2.0$

Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 15.08 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
x-z plain B= 5.901 m
Case-3 earthquake : x-direction

| Vertical Force (ton) | x (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|--------------------|----------------|
| WA | 2.680 | -609.169 |
| Pz | 3.000 | -88.146 |
| ΣV | $\Sigma V \cdot x$ | -697.315 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|--------------------|----------------|
| FwA | 2.500 | 85.238 |
| Fp | 3.000 | 14.595 |
| Px | 3.000 | 41.989 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z$ | 141.823 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -839.138$

Safety for overturning e= 0.319 < 0.984

Safety for sliding $F_s = 3.15 > 2.0$

Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 14.64 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
x-z plain B= 5.901 m
Case-4 earthquake : x-direction

| Vertical Force (ton) | x (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|--------------------|----------------|
| WA | 2.680 | -609.169 |
| Pz | 3.000 | -93.320 |
| ΣV | $\Sigma V \cdot x$ | -702.489 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|--------------------|----------------|
| FwA | 2.500 | 85.238 |
| Fp | 3.000 | 14.595 |
| Px | 3.000 | 16.910 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z$ | 116.744 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -819.233$

Safety for overturning e= 0.220 < 0.984

Safety for sliding $F_s = 3.77 > 2.0$

Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 13.62 < 100 \text{ t/m}^2$

2-10

Anchor Block No.2-3 Calculation Sheet

| Stability Analysis | | | | Stability Analysis | | | |
|---|--------------|--------------------|----------------|---|--------------|--------------------|----------------|
| y-z plain | B= | 4.719 m | | y-z plain | B= | 4.719 m | |
| Case-1 | earthquake : | -y-direction | | Case-2 | earthquake : | -y-direction | |
| Vertical Force (ton) | (ton) | y (m) | Moment (ton·m) | Vertical Force (ton) | (ton) | y (m) | Moment (ton·m) |
| WA | -227.302 | 2.275 | -517.112 | WA | -227.302 | 2.275 | -517.112 |
| Pz | -31.256 | 2.000 | -62.511 | Pz | -32.980 | 2.000 | -65.960 |
| ΣV | -258.558 | $\Sigma V \cdot x$ | -579.623 | ΣV | -260.282 | $\Sigma V \cdot x$ | -583.072 |
| Horizontal Force (ton) | | | | Horizontal Force (ton) | | | |
| FwA | -34.095 | 2.500 | -85.238 | FwA | -34.095 | 2.500 | -85.238 |
| Fp | -4.865 | 3.000 | -14.595 | Fp | -4.865 | 3.000 | -14.595 |
| Py | 26.694 | 3.000 | 80.081 | Py | 31.613 | 3.000 | 94.839 |
| ΣH | -12.267 | $\Sigma H \cdot z$ | -19.753 | ΣH | -7.348 | $\Sigma H \cdot z$ | -4.995 |
| $\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -559.870$ | | | | $\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -578.077$ | | | |
| Safety for overturning e= 0.194 < 0.787 | | | | Safety for overturning e= 0.139 < 0.787 | | | |
| Safety for sliding Fs = 13.70 > 2.0 | | | | Safety for sliding Fs = 23.03 > 2.0 | | | |
| Safety for bearing capacity Omax= 13.88 < 100 t/m2 | | | | Safety for bearing capacity Omax= 13.18 < 100 t/m2 | | | |

| Stability Analysis | | | | Stability Analysis | | | |
|---|--------------|--------------------|----------------|---|--------------|--------------------|----------------|
| y-z plain | B= | 4.719 m | | y-z plain | B= | 4.719 m | |
| Case-3 | earthquake : | -y-direction | | Case-4 | earthquake : | -y-direction | |
| Vertical Force (ton) | (ton) | y (m) | Moment (ton·m) | Vertical Force (ton) | (ton) | y (m) | Moment (ton·m) |
| WA | -227.302 | 2.275 | -517.112 | WA | -227.302 | 2.275 | -517.112 |
| Pz | -29.382 | 2.000 | -58.764 | Pz | -31.107 | 2.000 | -62.213 |
| ΣV | -256.684 | $\Sigma V \cdot x$ | -575.876 | ΣV | -258.409 | $\Sigma V \cdot x$ | -579.325 |
| Horizontal Force (ton) | | | | Horizontal Force (ton) | | | |
| FwA | -34.095 | 2.500 | -85.238 | FwA | -34.095 | 2.500 | -85.238 |
| Fp | -4.865 | 3.000 | -14.595 | Fp | -4.865 | 3.000 | -14.595 |
| Py | 26.694 | 3.000 | 80.081 | Py | 31.613 | 3.000 | 94.839 |
| ΣH | -12.267 | $\Sigma H \cdot z$ | -19.753 | ΣH | -7.348 | $\Sigma H \cdot z$ | -4.995 |
| $\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -556.123$ | | | | $\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -574.330$ | | | |
| Safety for overturning e= 0.193 < 0.787 | | | | Safety for overturning e= 0.137 < 0.787 | | | |
| Safety for sliding Fs = 13.60 > 2.0 | | | | Safety for sliding Fs = 22.86 > 2.0 | | | |
| Safety for bearing capacity Omax= 13.77 < 100 t/m2 | | | | Safety for bearing capacity Omax= 13.07 < 100 t/m2 | | | |

Anchor Block No.2-3 Calculation Sheet

Stability Analysis
y-z plain B= 4.719 m
Case-1 earthquake : y-direction

| Vertical Force (ton) | y (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| WA | 2.275 | -517.112 |
| Pz | 2.000 | -62.511 |
| ΣV | $\Sigma V \cdot x$ | $\Sigma V \cdot z$ |
| | | -579.623 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|--------------------|----------------|
| FwA | 2.500 | 85.238 |
| Fp | 3.000 | 14.595 |
| Py | 3.000 | 80.081 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z$ | 179.915 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -759.538$
 Safety for overturning $e = 0.578 < 0.787$
 Safety for sliding $F_s = 2.56 > 2.0$
 Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 19.32 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
y-z plain B= 4.719 m
Case-2 earthquake : y-direction

| Vertical Force (ton) | y (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| WA | 2.275 | -517.112 |
| Pz | 2.000 | -65.960 |
| ΣV | $\Sigma V \cdot x$ | $\Sigma V \cdot z$ |
| | | -583.072 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|--------------------|----------------|
| FwA | 2.500 | 85.238 |
| Fp | 3.000 | 14.595 |
| Py | 3.000 | 94.839 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z$ | 194.672 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -777.745$
 Safety for overturning $e = 0.629 < 0.787$
 Safety for sliding $F_s = 2.40 > 2.0$
 Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 20.17 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
y-z plain B= 4.719 m
Case-3 earthquake : y-direction

| Vertical Force (ton) | y (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| WA | 2.275 | -517.112 |
| Pz | 2.000 | -58.764 |
| ΣV | $\Sigma V \cdot x$ | $\Sigma V \cdot z$ |
| | | -575.876 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|--------------------|----------------|
| FwA | 2.500 | 85.238 |
| Fp | 3.000 | 14.595 |
| Py | 3.000 | 80.081 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z$ | 179.915 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -755.791$
 Safety for overturning $e = 0.585 < 0.787$
 Safety for sliding $F_s = 2.54 > 2.0$
 Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 19.28 < 100 \text{ t/m}^2$

Stability Analysis
y-z plain B= 4.719 m
Case-4 earthquake : y-direction

| Vertical Force (ton) | y (m) | Moment (ton·m) |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| WA | 2.275 | -517.112 |
| Pz | 2.000 | -62.213 |
| ΣV | $\Sigma V \cdot x$ | $\Sigma V \cdot z$ |
| | | -579.325 |

| Horizontal Force (ton) | z (m) | Moment (ton·m) |
|------------------------|--------------------|----------------|
| FwA | 2.500 | 85.238 |
| Fp | 3.000 | 14.595 |
| Py | 3.000 | 94.839 |
| ΣH | $\Sigma H \cdot z$ | 194.672 |

$\Sigma M = \Sigma V \cdot x - \Sigma H \cdot z = -773.998$
 Safety for overturning $e = 0.636 < 0.787$
 Safety for sliding $F_s = 2.38 > 2.0$
 Safety for bearing capacity $\sigma_{max} = 20.12 < 100 \text{ t/m}^2$

21/2