

(E/CEPAL/Conf. 73/S/S No. 18)

Original: Castellano

BIBLIOTECA NACIONES UNIDAS MEXICO

**ESTRATEGIAS Y TECNOLOGIAS DISPONIBLES PARA IMPLEMENTAR PROGRAMAS
RURALES DE BIOGAS EN AMERICA LATINA**

Serie: Documentos OLADE
Segunda Edición No. 11

Sin discutir la concentración (densidad) de la fuente, deben señalarse varios puntos:

- Es una fuente descentralizada de energía y nutrientes.
- Permite el uso intensivo de mano de obra local en su construcción. Optimiza la mano de obra rural en su operación.
- No produce gastos de energía humana en "tirar desechos", sin dispendio de la misma al manejar bajos concentrados de "desechos" agropecuarios, para mejorar suelos; recupera, concentra, finaliza, localiza y aplica estos fertilizantes orgánicos, en los sitios requeridos (en donde se extraen más nutrientes por la vía de las cosechas permanentes).
- Evita los tiempos muertos en las actividades rurales de la mayoría de campesinos (monocultivos, pastoreo, etc.).
- Es el único sistema de producción de energía que coadyuva a proteger varias de las otras fuentes de energía.

Al proteger y recuperar la cubierta vegetal por mejora nutricional del suelo reduce la deforestación y erosión, evitando se pierda el recurso hidroeléctrico a gran velocidad, tanto por no contar con atracción electrostática que fije nubes, como por la sustitución de agua por tierra (azolve).

Al sustituir la pérdida de árboles por:

- a) Energía (leña y carbón)
- b) Tiempos desocupados (pastoreo, generalmente excesivo)
- c) Agricultura extensiva y que avanza

así, podrán permanecer los bosques y su fertilidad para hacer "cultivos de energía" por las varias formas no convencionales (gasificación, levaduras, etc.). Otros cultivos serían aquellos que producen alcohol, como:

- Caña de azúcar
- Algas
- Yuca
- Jacinto de agua

De otra manera, solo se consumirán en degradación aeróbicamente, sin poder contribuir más que a la contaminación. Así mismo, seguirá perdiéndose la energía de los pobres, y avanzará sobre la de los ricos: metanol, hidroelectricidad, etanol, etc. y, consecuentemente el petróleo y derivados.

b] Mejoramiento de las condiciones económicas

Como ya se dijo, el reciclaje de nutrientes (otra forma en que existe energía) permite mejoras sustanciales en los suelos:

- a) Conservación y Mejoramiento de Suelos
Materia orgánica para:

- Buen pH
- Retención de humedad

- Asiento de micro flora y fauna degradadora
- Aniones y cationes para disponer de ciertos nutrientes de otra manera no asimilables.
- Protección a la interperie
- Nutrientes a largo plazo

Nutrientes, fertilizantes:

- No se pierde N volátil tanto por estar encerrado, como por tener baja temperatura, como también poder fijarse en compuestos orgánicos.
- No se lixivian las hormonas, los micronutrientes, etc en líquidos no recuperables.
- No se "queman" las vitaminas, las hormonas, etc., en reacciones termofílicas (como la aeróbica).
- No se oxidan otros compuestos que al hacerlo se destruyen.

Mueren huevos de larvas que son plagas (gallina ciega, palomillas, nemátodos, etc.); con la fermentación aeróbica no se logra destruir los huevos de nemátodos y otros.

Al estar nutridas las plantas en forma balanceada (pues no se pierde lo que se extrae del suelo) son más resistentes y rendidoras.

Ciertas esporas, bacterias, etc. son esterilizadas

Así mismo, permite el uso intensivo en lugar del extensivo del suelo (y agua); de policultivos que mantengan niveles más permanentes de producción y ocupación; aumentando, así la productividad (no solo el espejismo de "La Producción") y diversificación.

El suelo y las plantas son mejores y proveen de más nutrientes y de mejor calidad, a su vez para optimizar dietas de animales y humanos.

Finalmente liberan gastos de divisas, internas y externas, crean fuentes amplias de trabajo, produciendo con tecnología adecuada fertilizantes con el valor adicional de producir energía, en lugar de gastar en una tecnología tradicional.

c] Contaminación

Sustituye problemas en recursos al aprovechar la mayoría de los contaminantes actuales y potenciales, estableciendo un eslabón básico entre la muerte y la generación de vida nueva: la vida que ya no ocupa en sí a los "desechos", la disgregación (muerte) en el digestor y la disponibilidad que prevee para que la nueva vida de plantas y animales se nutra de la anterior.

Evita los sofismas que existen en los supuestos sistemas de "tratamientos" de aguas negras y basura de tipo aerobio, en el que se gasta energía para "quemar" la que tienen.

Desde el punto de vista sanitario, disminuye sensiblemente el contenido bacterial, la viabilidad de huevos, larvas, etc., así como la de semillas de malezas, (que en cierto modo contaminan cultivos por excesiva proliferación y entonces abuso en roturación del suelo y uso de herbicidas).

Evita el arrastre de fertilizantes químicos lixiviados o erosionados superficialmente con el consiguiente desequilibrio en dietas y crecimiento, aumento en DBO, etc.

Al aumentar la resistencia de las plantas evita el abuso de insecticidas, fungicidas, etc.

Al permitir el uso intensivo del suelo, en policultivos perennes, aumenta la diversidad vegetal y la animal, mejorando las defensas naturales de los ecosistemas. Así, al no requerir pesticidas: existen bichos para todas las especies y se establece un autocontrol biológico (cada bicho y su depredador en cadena).

d] Depredación

Se ha abundado en el enfoque particular de cada subtema en ejemplos acerca de este último de ellos. Tan sólo cabe recapitular lo general del tema y señalar algunos de otros ejemplos que enfatizan la factibilidad de la recuperación de recursos y así la no depredación.

Los digestores son pieza esencial en el esquema de recuperación de recursos vitales como el agua y los nutrientes. Cabe asegurar que en el caso de las aguas de "desechos" del uso (abuso) humano existe un doble absurdo: a través de las aguas tiramos varios recursos y, al hacerlo, contaminamos (agredimos, matamos) ríos, lagos, mares.

Tanto en comunidades rurales, a escala casera (por ejemplo el SUTRANE Mexicano) como a gran escala en drenajes urbanos (bremen, Alemania, Filipinas con acuicultura, U.S.A. y Planta Dual, mexicana, entre muchos a señalar), los digestores han probado ser insustituibles para tratar agua y producir energía (incluyendo nutrientes).

Virtualmente, son un seguro contra la sequía, pues ciertos tipos de ellos permiten hacer un uso óptimo y escalonado de una misma dotación de agua.

Por consiguiente, atendiendo a todo el planteamiento anterior desde el punto de vista ecológico, la estrategia más adecuada para implementar programas de biogas es.

- a) Iniciar el programa a pequeña escala con moradores de área rural que demanden consumo de leña para la cocción de sus alimentos y que trabajen la agricultura (con necesidad de uso de fertilizantes aunque no tengan costumbre).
- b) Principalmente en regiones cuya masa boscosa está siendo depredada, para estos fines, y que los pobladores empiecen a sentir crisis en la obtención de este recurso.
- c) En regiones agrícolas, cuya contaminación ambiental (ríos, suelo y aire) está ocasionando problemas vivenciales.
- d) En regiones agroproductivas con suelos degradados y que muestren problemas en su capacidad de retención de nutrientes y/o agua.

- e) En áreas con abundante producción de desechos no utilizados o subutilizados (personas o comunidades con costumbres de compostar, para mejorar las condiciones nutritivas de los abonos orgánicos).

2. ASPECTOS SOCIALES Y ECONOMICOS

La justificativa social y económica de este programa es muy diversa pero, por todos es conocida la característica fundamental de las áreas rurales en los países en desarrollo, principalmente La mayoría de las personas del medio rural se dedican a la actividad agrícola y muchos de ellos habitan en poblaciones aisladas, dispersas y sin recursos productivos (entre los cuales la energía y los fertilizantes son de gran importancia) además, sus condiciones culturales los mantienen alejados de tecnologías sofisticadas que permiten mejorar su nivel de vida.

Las costumbres tradicionales de las personas que habitan el área rural son muy variadas, pero en muchos de estos casos es difícil de convencerlos de cambios radicales en sus tradiciones, a menos que el convencimiento sea realizado usando medios prácticos, simples y eficientes de demostración de resultados.

El aspecto económico de los pobladores de esta región implica limitantes, por lo que se conoce que cualquier cambio de actitud en sus tradiciones se logra más fácilmente cuando los beneficios que obtengan sean con bajo costo de inversión (con participación activa de la mano de obra) y que mejore sus condiciones de vida.

Por consiguiente, estrategias convenientes que permitan la implantación de programas nacionales de biogas en áreas rurales, deben contemplar los distintos aspectos siguientes:

- a) A pesar de que la mayoría de personas se considerarían como usuarios potenciales, atendiendo a sus necesidades, para iniciar un programa de esta naturaleza, es necesario detectar el tipo de usuario idóneo, que garantice una difusión exitosa. Algunas veces este tipo de personas no es el más necesitado, sino más bien la que más se preocupa por ayudar a servir a sus comunidades
- b) Es importante detectar centros de enseñanza, familias, grupos y comunidades susceptibles de aceptar e implementar programas de biogas, que tengan las facilidades, la organización y el apoyo necesario.
- c) Garantizar campañas sencillas y directas para educar y capacitar a los moradores de áreas rurales, a fin de que por su propio incentivo e interés puedan involucrarse en el mediano y largo plazo.
- d) Apoyar a grupos campesinos para que se organicen en actividades productivas para que usen digestores en forma integral.
- e) Capacitar equipos de trabajo nacionales dedicados a promover desarrollo rural, que puedan coordinar y organizar a los grupos de interés o que demanden servicio.

- f) Establecer unidades demostrativas reales en lugares estratégicos que respondan a la solución de necesidades comunes o manifiestas.
- g) Demostrar el impacto socio-económico de los digestores.
- h) Involucrar al gobierno u organismos colaterales y privados para garantizar el efecto multiplicador del programa. Este efecto se logra convenciendo a las comunidades en los mecanismos de autogestión, autoconstrucción, mediante el señalamiento de necesidades y la difusión de tecnología apropiada a sus condiciones.
- i) Establecer convenios con usuarios para implementar y dar seguimiento a los programas. Es el único medio que permite comprometer la participación del usuario.
- j) Establecer el área macro-económica de trabajo con el apoyo:
 - Gobierno, en la construcción de plantas demostrativas
 - Empresa Privada, en función de cooperación
 - Instituciones de Servicio Comunal, para reforzar programas de capacitación y difusión.

3. ASPECTOS TECNICOS

La tecnología del biogas es, sin lugar a duda, casi totalmente desconocida por la mayoría de moradores del área rural de Latinoamérica. Sin embargo, conociendo la experiencia obtenida en programas de pequeña escala, y aislados, al momento de demostrar resultados, se compromete el interés de los habitantes. Dicha tecnología es básicamente adaptable a cualquier nivel cultural y técnico. No requiere de aspectos complejos ni compromete dependencia técnica económica foránea.

Sin embargo, en la fase inicial (plantas piloto demostrativas), la construcción de las plantas requiere de conocimientos básicos y materiales, posiblemente difíciles de obtener en determinadas áreas rurales, principalmente las marginadas (varillas de hierro, ladrillos, cemento, tubería de PVC, etc.) Además, con el objeto de transmitir los detalles básicos de construcción es conveniente que su diseño se realice con estos materiales convencionales, pero en todos los casos queda la alternativa de que para construcciones sucesivas éstas se puedan realizar con materiales locales y tecnologías apropiadas, lo importante es conocer las estructuras básicas de diseño y operación.

La tecnología de operación o manejo de las plantas es igualmente simple, sin embargo existen distintos grados de dificultad para fermentar diferentes materias primas (principalmente desechos vegetales cuyas composiciones orgánicas tengan elevados contenidos en resinas o materiales complejos).

Atendiendo a los aspectos anteriores las estrategias básicas para implementar programas de esta naturaleza en su fase inicial deben de contemplar los siguientes aspectos:

- a) Desarrollar programas simples y directos que capaciten a grupos de trabajo rurales que puedan diseminar la tecnología (construcción, operación y utilización).

- b) Crear equipos de construcción que presten su apoyo al ser requeridos.
- c) Prestar asistencia gratuita a todo nivel, para el medio rural.
- d) Debido a que existen diferentes tipos de tecnología, con distintas aplicaciones, es conveniente difundir más de una sola tecnología en cada país con el objeto de reducir la aplicación inapropiada de tecnología con lo que se puede incidir en pérdida de confianza en este programa, al no obtener resultados satisfactorios
- e) Tener en consideración la necesidad del usuario tanto en relación al biogas como al bioabono.
- f) Es conveniente conocer los materiales necesarios de construcción locales, tipo de suelo, nivel freático y disponibilidad de mano de obra
- g) Elaborar material audiovisual y manuales prácticos sobre el tema
- h) Llevar un record convencional de los problemas operacionales que se presenten a nivel de usuario, para corregir fallas futuras
- i) Utilizar, en la fase inicial, aspectos que simplifiquen el proceso de digestión anaeróbica (preferiblemente climas cálidos, desechos vegetales de cereales, desechos animales, principalmente estiércol vacuno, caballar y porcino) y recurrir al uso de mezclas preferiblemente aquellas que garanticen una rápida fermentación
- j) Indispensable que el bioabono (líquido, lodoso y/o sólido) sea utilizado en la agricultura para evitar que se acumule y entre en desuso volviéndose a constituir en desecho sin completar su ciclo.
- k) Garantizar programas de gobierno que den seguimiento a las plantas piloto demostrativas, por que de lo contrario, sin haberse arraigado la tecnología dentro de la costumbre vital del usuario, existe la tendencia a abandonar el uso de las plantas con la consecuente desvalorización de un programa de beneficios observables hasta su implementación. En las plantas piloto se harán actividades demostrativas acerca del uso eficiente del gas en quemadores de cocinas y hornos, lámparas para iluminación, refrigeración, secamiento de productos agrícolas, motores estacionarios, etc.
- l) Es necesaria la ejecución de programas de investigación y desarrollo, por parte de instituciones dedicadas a este tipo de trabajo (Institutos de Investigación Tecnológica, Universidades, etc.), con la finalidad de conocer las variables más importantes del proceso de fermentación anaeróbica y ligar estos resultados a las plantas piloto de biogas. Estos trabajos deben aplicarse a mediano plazo, evitando posibles duplicaciones de esfuerzos

A nivel nacional el beneficio que representa el uso de esta tecnología, sólo se logrará sentir cuando su implementación sea de carácter masivo. Por consiguiente la fase de seguimiento es de suma importancia.

4. ASPECTOS GUBERNAMENTALES O NACIONALES

La diversidad de actitud de los distintos gobiernos latinoamericanos, hace difícil sostener estrategias comunes. Sin embargo, este documento hace planteamientos de tipo general con el objeto de que dependiendo la naturaleza de los intereses desarrollistas de los países, se pueden contemplar posiciones concretas para el apoyo a un programa que protege la ecología y la salud humana, animal y vegetal, así como también, libera la dependencia de energía en el área rural y garantiza la producción de fertilizantes orgánicos de óptimas condiciones, incidiendo directamente en la producción de más y mejores alimentos.

Es definitivo el hecho que programas destinados al sector rural deben ser canalizados a través del gobierno central dependiente la estructura estatal, es muy importante el papel que juega la empresa privada y los organismos de servicio o grupos comunales que no son centralizados al gobierno. La iniciativa privada generalmente, poco puede hacer en el desarrollo de programas de esta naturaleza en el área rural, principalmente por tratarse de que, tanto mano de obra, como materiales de construcción, preferiblemente son producto de la localidad en cuestión. Sin embargo, dentro del sector comercial siempre existirá, en algunos de los casos, demanda de material y equipo, que podrían mediante concesiones especiales con el gobierno, garantizar un suministro eficiente y con lucro reducido, a fin de coadyuvar con programas destinados a este sector (hierro, tubería PVC, bombas de agua, motores de combustión interna, generadores eléctricos, etc.)

Las principales estrategias que deben considerarse a nivel nacional son las siguientes:

- a) Considerar la participación que OLADE pueda ofrecer en el sector energético correspondiente, en su calidad de organismo regional responsable del desarrollo de este tipo de programas.
- b) El gobierno actuando como entidad rectora, debe establecer mecanismos que integren la actividad de sus distintas instituciones (energía, agricultura, desarrollo rural, educación, salud y crédito) para permitir la participación integral de sus fuerzas de acción en un programa, que como este, abarca distintos campos de acción.
- c) Es conveniente que en la medida que los gobiernos comprendan la posibilidad de esta tecnología, después del establecimiento de plantas piloto demostrativas, implanten un programa nacional de biogas para garantizar el buen éxito. Además, canalizar en forma coordinada las acciones que un conjunto de organismos o instituciones internacionales están intentando desarrollar en América Latina.
- d) Se recomienda una relación entre el gobierno y aquellas instituciones privadas que puedan servir de apoyo al programa.
- e) Formación de Consejos Nacionales sobre energéticos no convencionales, en el caso de no existir un Ministerio de Energía respectivo, es también conveniente para facilitar la acción de estos organismos internacionales que, como OLADE, requieren enlace con las fuerzas de poder decisivo en los gobiernos.

- f) Se recomienda que los gobiernos seleccionen una de sus Instituciones, que sea la que coordine las actividades de producción y usos de biogas a nivel nacional, así mismo esta oficina de coordinación se encargará de coleccionar y difundir información sobre este tema.
- g) Después de estas fases los gobiernos podrán tener una mayor visión de la situación real en sus propios países, y así poder definir políticas crediticias nacionales e internacionales que garanticen desarrollo masivo de tecnologías de esta naturaleza.

Es casi seguro que en la medida que los problemas energéticos se intensifiquen tarde o temprano, ofertas de esta naturaleza tendrán que ser integradas entre los programas nacionales de desarrollo, por considerar todas las innumerables cualidades descritas anteriormente.

En tal sentido, es imperioso que los gobiernos empiecen a evaluar mediante el uso de plantas piloto demostrativas, los distintos sectores en los que puede utilizarse esta tecnología, para que cuando la conciencia en relación al uso de energía renovables y no convencionales sea una necesidad, se tengan definidos los parámetros de acción, conociéndose todas las limitantes en relación al mismo.

II. DISTINTOS TIPOS DE TECNOLOGIA DE BIOGAS CON APLICACION EN AMERICA LATINA

La situación del desarrollo tecnológico al que en la actualidad ha llegado el Biogas permite ofrecer soluciones comprobadas en el medio rural de la región latinoamericana. Las experiencias desarrolladas masivamente por los Chinos, Hindúes y otros en relación a la adecuación de esta tecnología de elevado desarrollo para ser aplicada bajo las condiciones culturales, sociales y económicas de los habitantes rurales en esas regiones garantiza su éxito masivo. Además América Latina también ha desarrollado tecnologías propias adecuadas a condiciones también particulares.

Habiendo realizado un profundo análisis de los distintos tipos de plantas de Biogas que existen, se ha considerado básico el exponer aquellas que tienen un mayor respaldo en cuanto a simpleza de operación. Todas las tecnologías son de diferentes aplicaciones. En condiciones ideales todas son de elevada eficiencia. Los defectos se presentan al ser mal utilizadas, con inadecuados manejos y mal establecidas. No existe una técnica universal. Tampoco existe una necesidad común.

Los usuarios (familias, comunidades, pequeñas explotaciones agropecuarias) difieren mucho en cuanto a los aspectos que desean obtener de esta tecnología. Además, si contemplamos que el impacto fundamental de su acción se siente en distintos sectores (energético, agropecuario, alimentario, salud, ecológico, etc.), también es imposible criticar o comparar las distintas tecnologías. Los patrones de comparación tampoco pueden ser los económicos, debido a que sus impactos son en distintas direcciones, muchas veces difíciles de evaluar.

OLADE ha considerado útil iniciar un planteamiento reforzado por la participación de distintos expertos en cada tecnología exponiendo las características generales de cada una de aquellas que pueden ser un punto de partida para la apertura al conocimiento fuera del alcance de muchas naciones y personas relacionadas o por interesar.

1. PLANTA DE BIOGAS TIPO OLADE-GUATEMALA

1.1 DISEÑO BASICO

Generalidades

Esta planta consiste en una batería de digestores y un gasómetro separado. El objetivo de disponer de más de un digestor consiste en tener siempre uno de ellos en carga o descarga, mientras el resto se encuentra en producción. Se entiende por gasómetro a una campana invertida sumergida en un tanque de agua, que sirve para almacenar, medir y ejercer presión al gas, para distribuirlo a las líneas de consumo.

Forma

Digestor: Los digestores tienen forma cilíndrica: eje vertical, con altura preferentemente igual al diámetro. Su ubicación es sobre el nivel del suelo, apoyada sobre una base, preferentemente bajo el nivel del suelo, cuyo fin es el de aislar la cámara de digestión de los cambios térmicos del suelo, principalmente afectados por la humedad. La carga se realiza por la parte superior del digestor, provisto de una tapadera de inspección con sello hidráulico. La descarga del líquido se efectúa por un tubo de drenaje colocado en la parte lateral inferior del digestor. La descarga de sólidos se hace tanto por la tapadera de inspección como por una compuerta lateral prevista para este fin.

Gasómetro: El tanque de agua es un depósito cilíndrico superficial o subterráneo con un diámetro similar a su altura y cuyo tamaño corresponde al tamaño de la campana colectora de gas, que va invertida sobre éste. La capacidad de almacenamiento debe considerarse de acuerdo a la necesidad de consumo, pero como término general se sugiere que su volumen sea equivalente al de la mitad de la producción diaria promedio de gas.

Tubería de conducción de gas: El gas circula desde los digestores al gasómetro, o de éste a las líneas de consumo por tubería que preferiblemente debe ser un material anticorrosivo y provista de válvulas de cierre colocadas estratégicamente tanto a la salida de los digestores, como a la entrada y salida del gasómetro. En el punto previo al acceso al gasómetro, la tubería debe estar provista de una trampa de agua de condensación, y principalmente con una pendiente conveniente para poder captar la misma.

Alimentación: El tipo de carga y descarga de este digestor es por lotes (carga discontinua), con el material orgánico, sólido, seco. Es decir esta operación se realiza en una sola tanda, descargándose hasta el momento en que un ciclo de digestión finaliza.

Localización: Debido a que este digestor es destinado a pequeñas y grandes explotaciones agropecuarias, su uso a escala doméstica es poco práctico, su localización se hará próximo al establo o fuente de materia prima. Sin embargo, el gasómetro podría localizarse próximo al lugar de consumo para permitir una fácil visualización de la disponibilidad de gas.

1.2. MATERIALES DE CONSTRUCCION

Estos pueden ser muy variados, dependiendo de disponibilidad de materiales de construcción en la localidad. Se puede realizar con hormigón (concreto reforzado), ladrillos, hasta ferrocemento. Incluso si se construyera en una zona rural muy alejada de la distribución de materiales de hierro, se podría recurrir al uso de caña de bambú u otros materiales vegetales de fibra dura.

A continuación se presenta un ejemplo tipo para una planta de tamaño pequeño que consiste en dos digestores de 9m³ cada uno y un gasómetro de 4.8 m³ de capacidad de almacenamiento; que podría destinarse para una pequeña explotación agropecuaria que disponga de 10 cabezas de ganado mayor estabulado en la noche y volúmenes proporcionales de desechos agrícolas. Los materiales están calculados para una zona sísmica y con construcción en ferrocemento.

Es conveniente mencionar que los límites de seguridad aquí contemplados se pueden reducir considerablemente con el fin de bajar costos en la construcción, principalmente en zonas con poco riesgo sísmico. Se puede disminuir el grosor de las paredes, usar tubería de PVC en lugar de tubería galvanizada; las tapaderas y el gasómetro se pueden construir de lámina galvanizada reforzada con anillos de hierro, de fibra de vidrio, de ferrocemento, de plástico, etc. (Tomando en cuenta que uno de los objetivos del gasómetro es generar presión de consumo, es decir, suministrar peso adicional con el fin de alcanzar la presión equivalente).

LISTA DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DE UN DIGESTOR DE 8.50 m³ EN FERROCEMENTO

MATERIAL	CANTIDAD
Cemento	50 bolsas
Arena de Río	3.00 m ³
Piedrín 1/2'' t 3/6''	3.00 ''
Piedra Canto Rodado	1.00 ''
Material Selecto (refractaria)	0.50 ''
Ceniza	0.50 ''
Hierro 3/8''	4.00 qq
Hierro 1/4''	0.50 ''
Alambre de Amarre No. 16	0.20 lbs.
Alambre Fino Galvanizado No. 32	0.25 ''
Blocks 0.5 x 0.20 x 0.40	200.00 unidades
Malla de Gallinero 1/2''	50.00 y2
Plástico Polietileno	25.00 m ²
Impermeabilizante (Galones	3 unidades

PLOMERIA ENTRE DIGESTORES Y GASOMETRO

MATERIAL	CANTIDAD
Tubos Permatex	2 unidades
Coplas 1"	6 "
Coldos 1"	12 "
Uniones Univ. 1"	6 "
Tees 1"	4 "
Niples 1" x 4"	12 "
Tapones Magnos 1"	2 "
Reductor campana 1/2" C/1"	1 "
Llaves de Paso 1"	4 "
Tubos Galv. 1"	4 "
Tubo Galv. 1 1/2"	1 "
Tubo Galv. 2"	1 "
Niples 4" x 12"	2 "
Llaves de paso 4"	2 "
Niples Rosca Corrida 4'	2 "

qq = quintales (1 qq = 100 libras = 45 Kg.)

lbs. = libra = 459 gms

y² = yarda cuadrada 91 x 91 cm.

TAPADERA PARA UN DIGESTOR

MATERIAL	CANTIDAD
Láminas negras 4' x 8' x 1/16	3 unidades
Varillas hierro (Platinas o hembras) 1' 2" x 3/16" x 20'	2 "
Refuerzos para anclaje	4 "
Soldadura	

GASOMETRO

Láminas 4' x 8' x 1/8"	5 unidades
Varillas hierro plano (platinas o hembras) 1' 2" x 3/16" x 20'	4 "
Soldadura	

PILA GASOMETRO

Cemento	10 sacos
Arena de río	1 m ³
Piedrin 1/2'' y 3/4''	0.75 m ³
Hierro 3/8''	1.00 qq
Alambre cal. No. 16	2 lbs.
Blocks 0.15 x 0.20 x 0.40	150 unidades

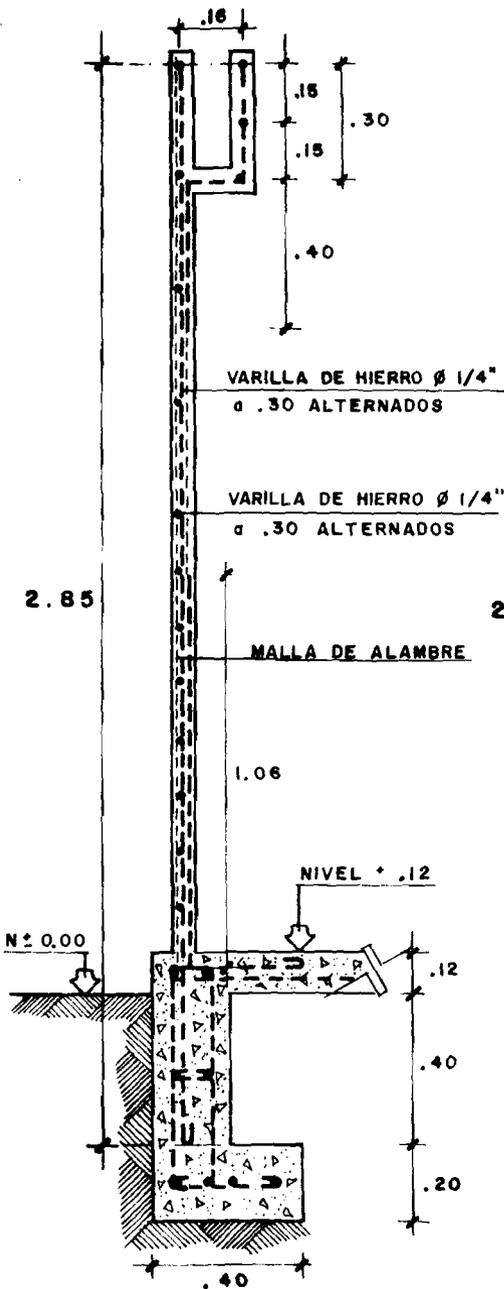
1.3 TECNICAS DE CONSTRUCCION

Estas son variables dependiendo del tipo de construcción elegico. Son aspectos básicos:

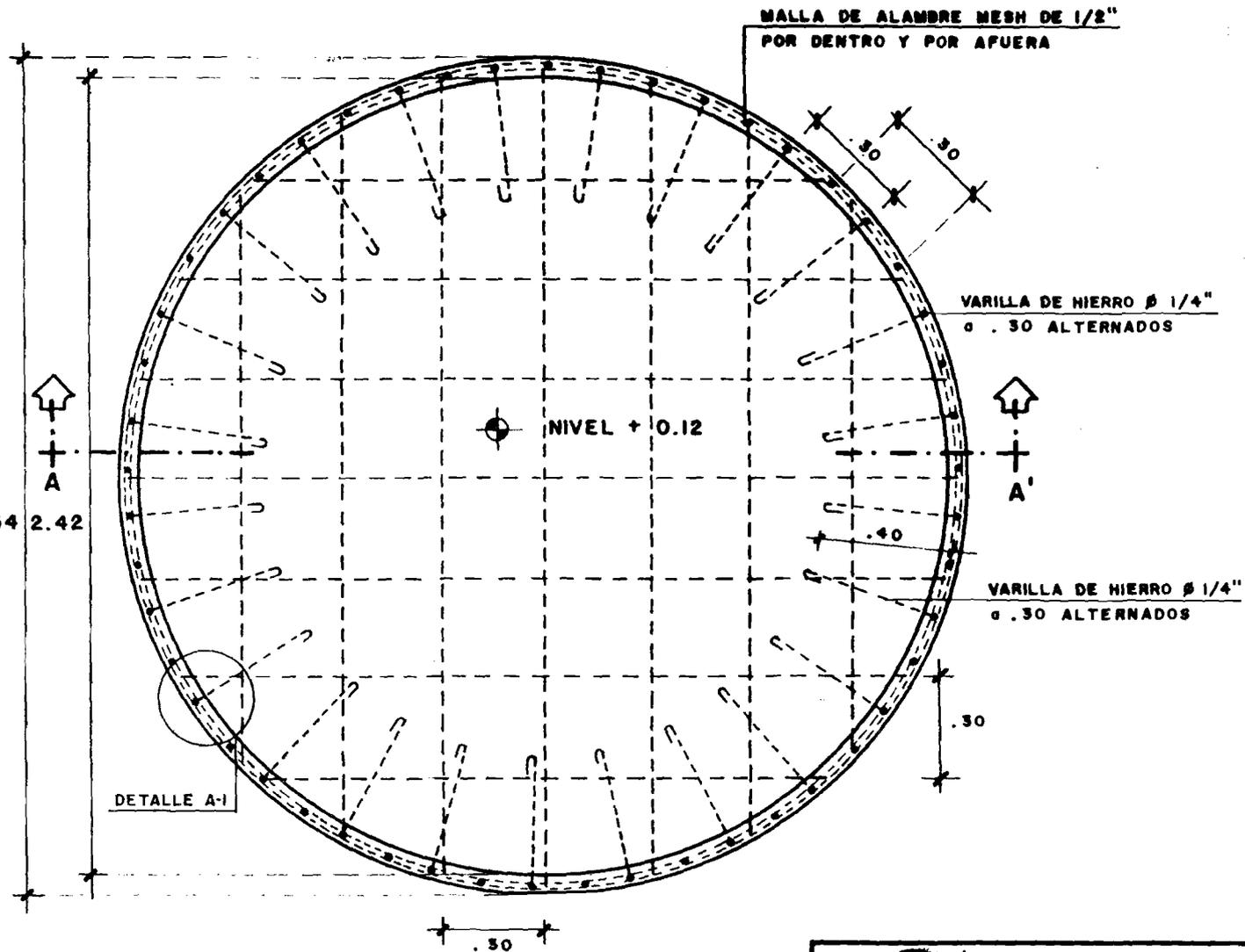
- a) Base del digestor:** su objetivo es impedir el contacto directo con la humedad del suelo para actuar como aislante térmico
- b) Impermeabilización:** se hace necesario impermeabilizar la parte interior del digestor con el objeto de impedir fugas de humedad y gas; igualmente la parte interior del tanque de agua del gasómetro para evitar filtraciones de agua. Esta impermeabilidad se puede hacer con distintos tipos de materiales, dependiendo de la disponibilidad local, pero es imprescindible que cumplan con su cometido.
- c) Otros acabados:** la tubería de conducción de gases, es muy importante que en las partes que se unan a las llaves, niples, etc., estén perfectamente selladas y herméticas, para evitar cualquier fuga que impediría el funcionamiento del digestor por pérdidas de presión.
- d) Gasómetro:** la presión que debe vencer el gasómetro, en ningún caso excede de 30 cm. de columna de agua. Los sellos de agua previstos tanto en las tapaderas de los digestores como en la trampa de agua de condensación, es equivalente a 30 cm., lo que nos da un margen de seguridad amplio. Sin embargo, es muy importante evitar cualquier fricción en el libre movimiento de la campana, lo que impediría su desplazamiento, pudiendo ocasionar presiones internas en los digestores y que en casos extremos ocasionarían rajaduras en la construcción.

En el caso que la campana del gasómetro no tenga el suficiente peso para efectuar la presión de consumo necesaria, éste se puede adicionar con materiales pesados como piedras, ladrillos, etc., hasta alcanzar la presión requerida.

Los planos para la construcción del digestor y gasómetro con la técnica de ferrocemento se detallan a continuación.



DETALLE A-1 ESC. 1:20



ARMADURA DEL HIERRO

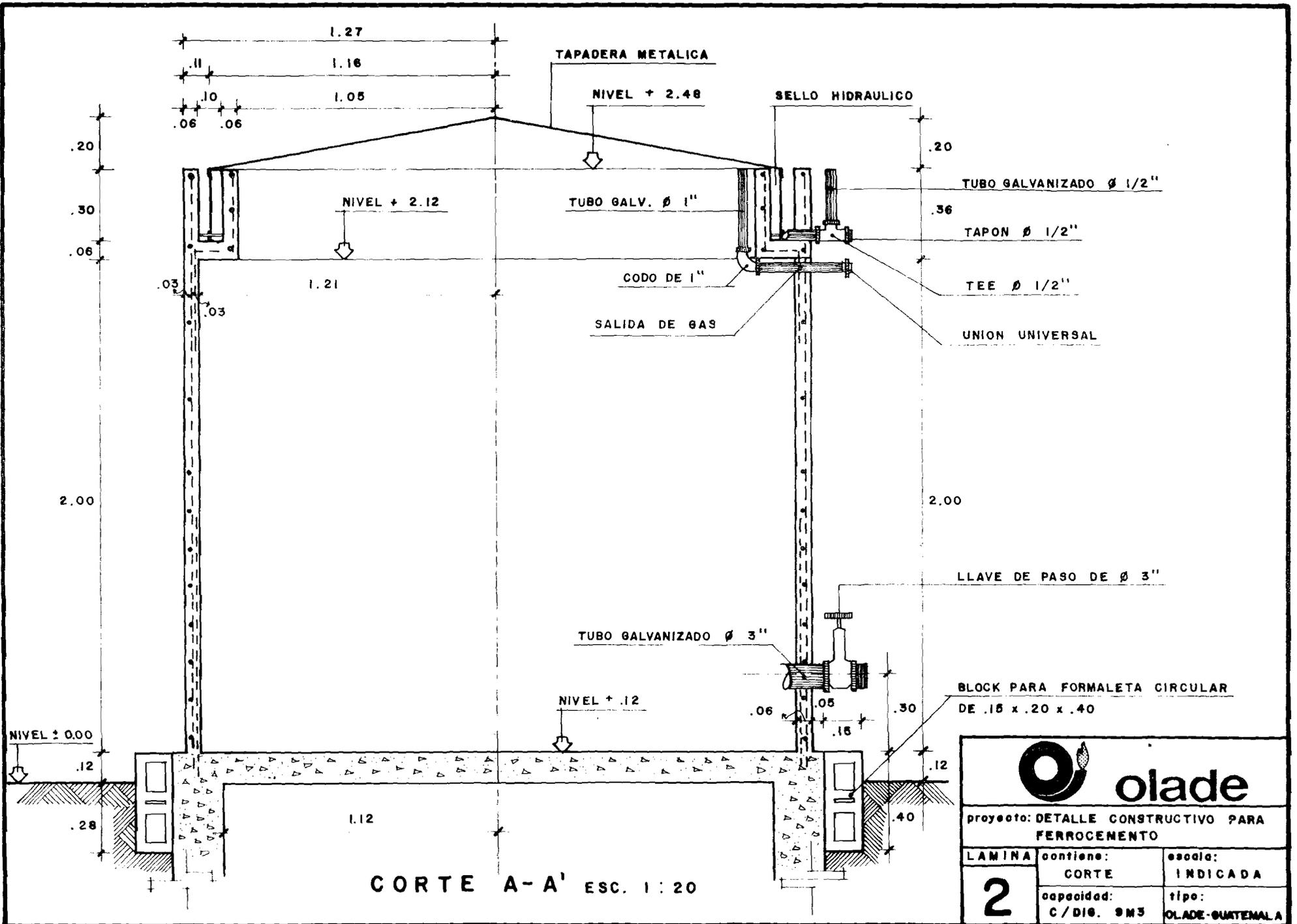
(PLANTA BASE) ESC. 1:20

DIGESTOR

olade

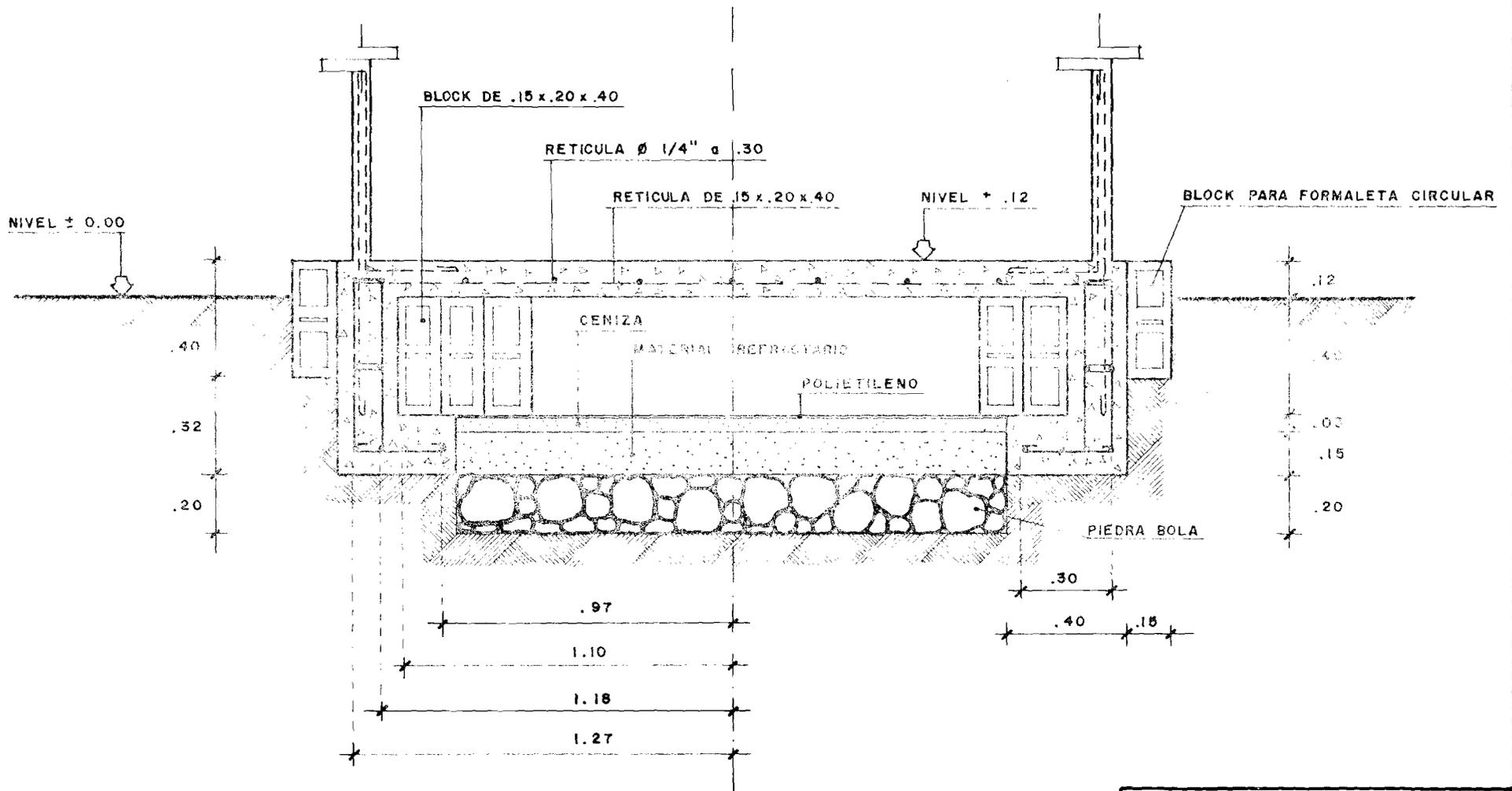
proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCENMENTO

LAMINA	contiene:	escala:
1	PLANTA-DETALLE	INDICADAS
	capacidad:	tipo:
	C/916. 9 MS	OLADE-GUATEMALA



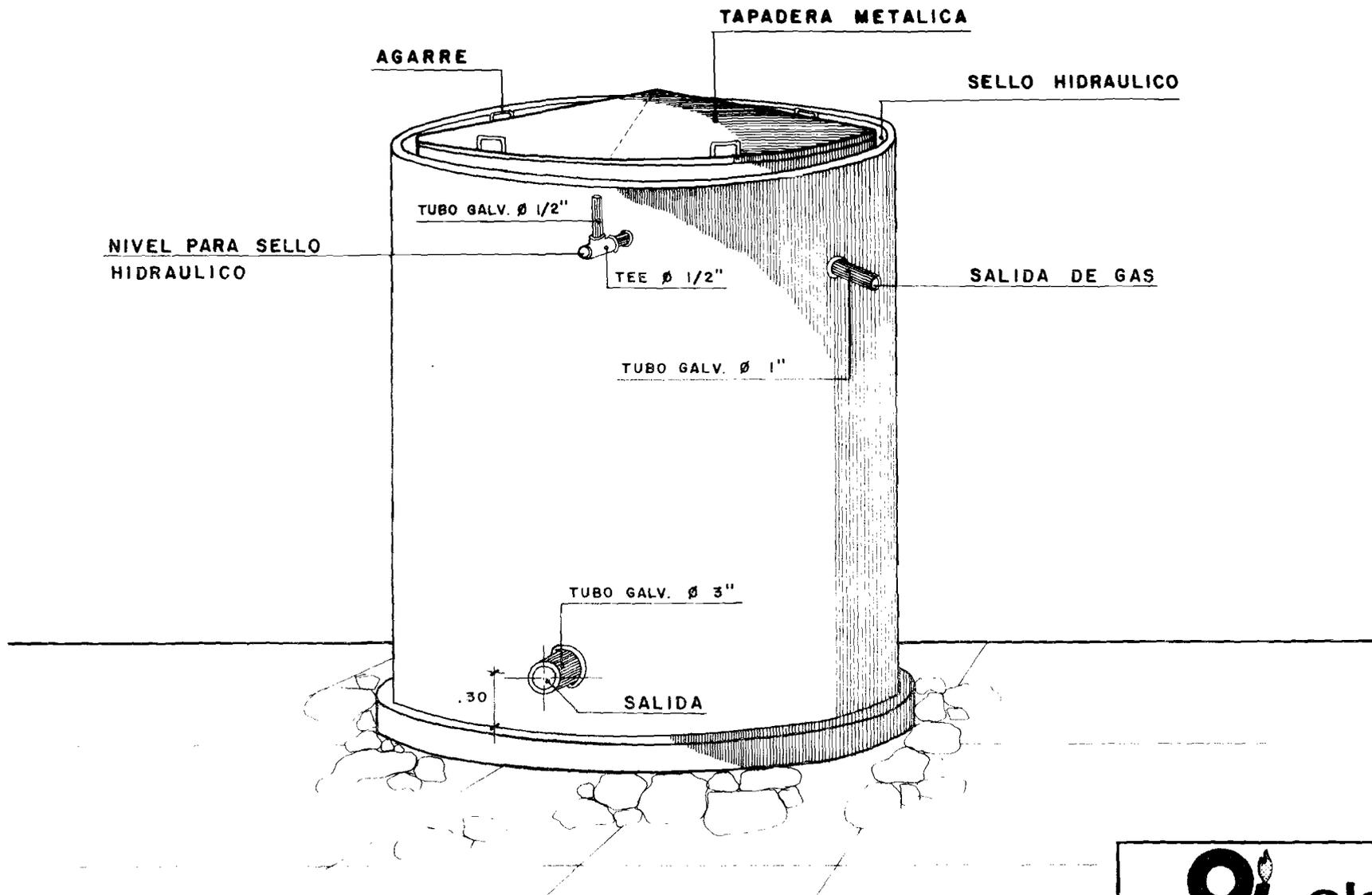
CORTE A-A' ESC. 1:20

 olade		
proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCENENTO		
LAMINA	contiene:	escala:
2	CORTE	INDICADA
	capacidad:	tipo:
	C/DIG. 9M3	OLADE-GUATEMALA



CORTE A-A' ESCALA. 1:20
 (CONTINUACION)

 olade		
proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO		
L A M I N A	contiene:	escala:
3	CORTE	INDICADA
	capacidad:	tipo:
	C / DIS. 9M3	OLADE-GUATEMALA

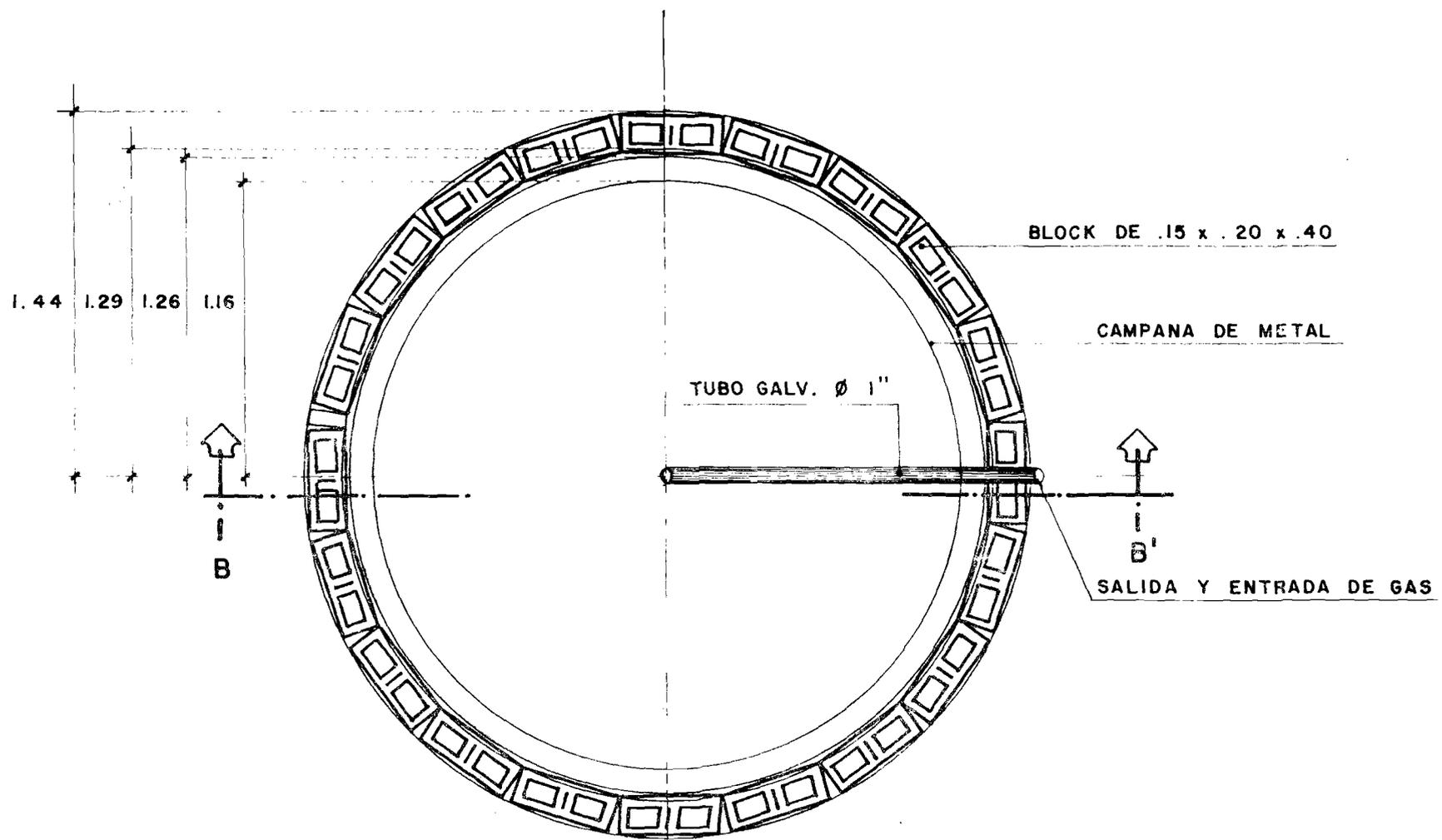


PERSPECTIVA DEL DIGESTOR



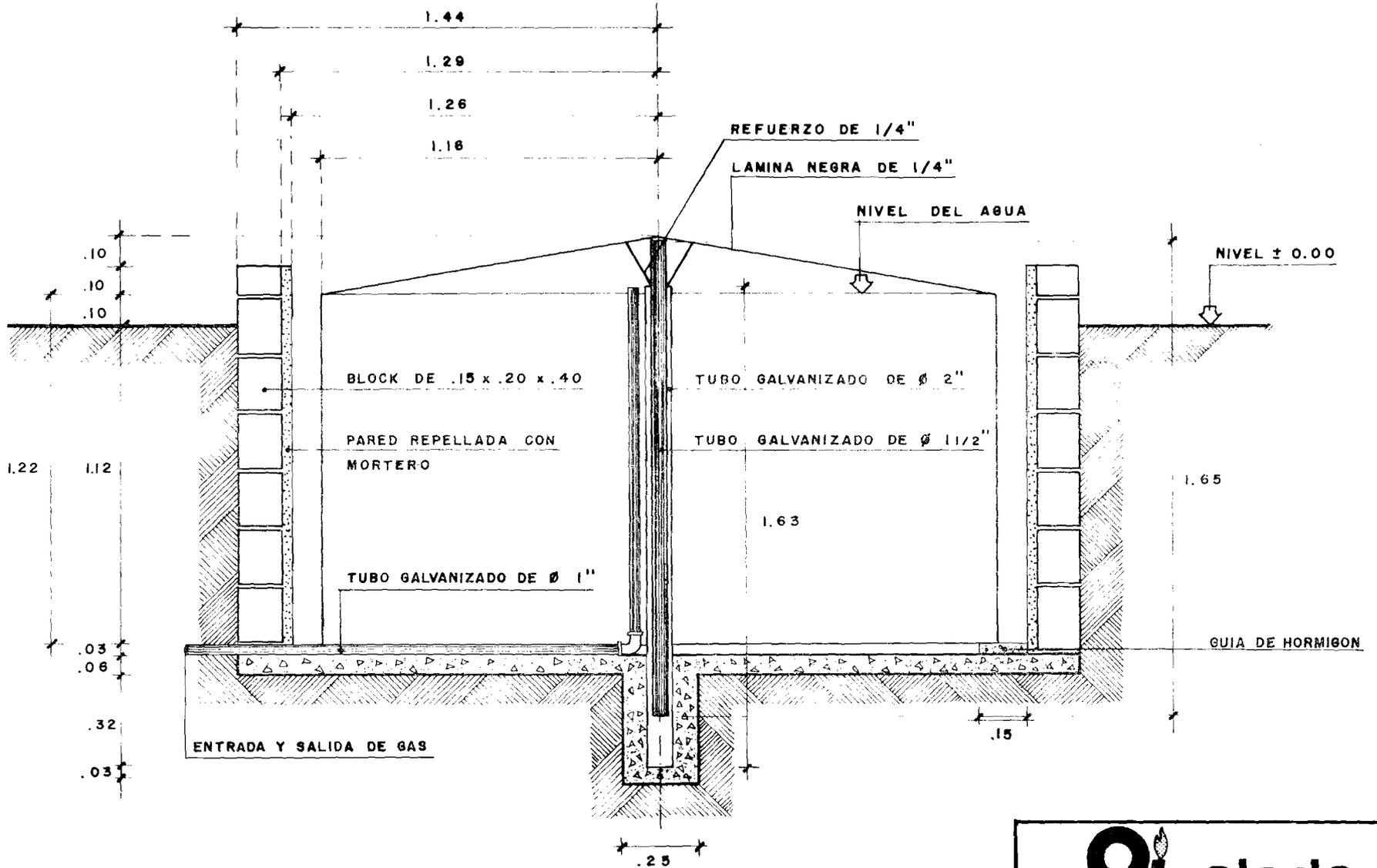
proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO

LAMINA	contiene:	escala:
4	PERSPECTIVA	
	capacidad:	tipo:
	C/DIG. 9M3	OLADE-GUATEMALA



PLANTA GENERAL ESCALA. 1 : 25
 (VISTA DE LA PILA CON CAMPANA)
 GASOMETRO

 olade		
proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO		
LAMINA	contiene:	escala:
5	PLANTA	INDICADA
	capacidad:	tipo:
	GASOMETRO 5M3	OLADE-GUATEMALA

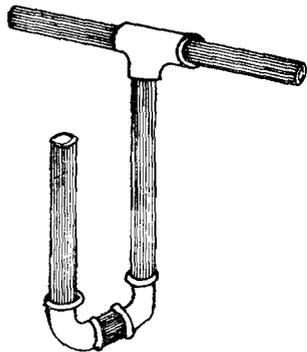


CORTE B-B' ESCALA. 1:20



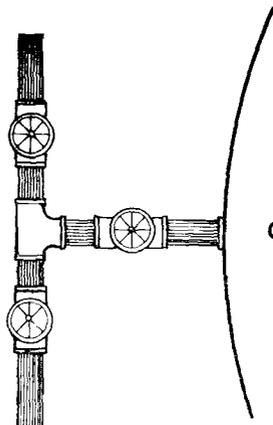
proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO

LAMINA	contiene:	escala:
6	CORTE	INDICADA
	capacidad:	tipo:
	GASOMETRO 5M3	OLADE-GUATEMALA



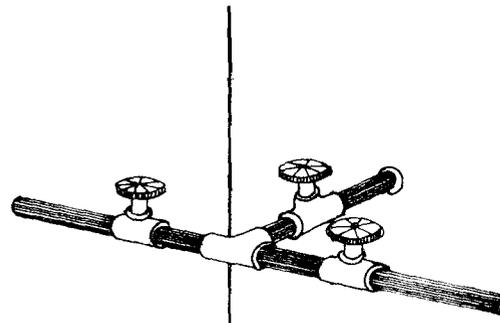
PERSPECTIVA

DETALLE DE TRAMPA DE AGUA DE CONDENSACION



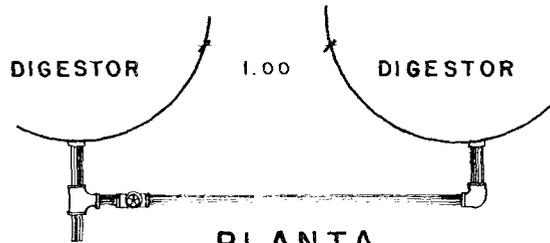
PLANTA

GASOMETRO

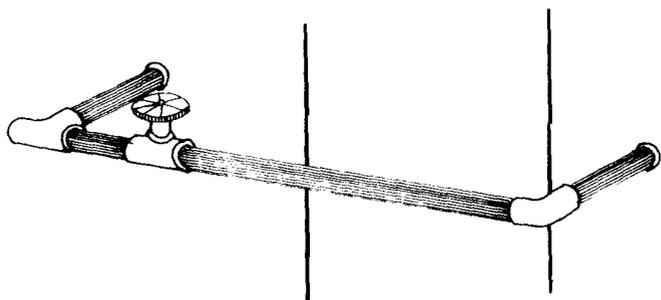


PERSPECTIVA

DETALLE DE TUBERIA (ACCESO AL GASOMETRO)

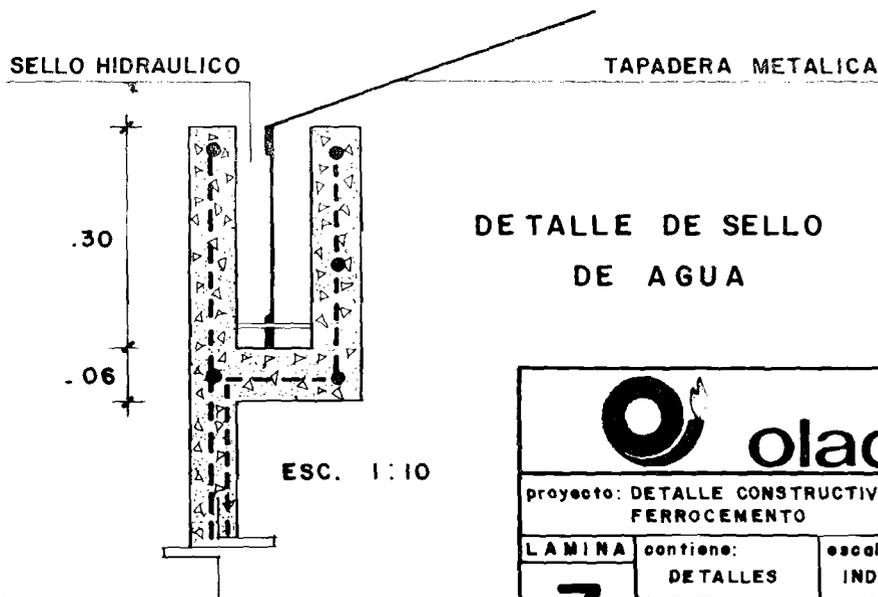


PLANTA



PERSPECTIVA

DETALLE DE TUBERIA (INTERCONEXION ENTRE DIGESTORES)



DETALLE DE SELLO DE AGUA

 olade		
proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO		
LAMINA	contiene:	escala:
7	DETALLES	INDICADA
	capacidad:	tipo:
		OLADE-GUATEMALA

El período de digestión, contemplando mezclas adecuadas y condiciones climáticas convenientes, puede tener duración aproximada de 35 a 45 días, con producciones útiles de gas.

Al momento de observarse una disminución en la producción de gas, (y alcanzar éstos niveles poco útiles), es el momento de proceder a la descarga. Se debe cerrar la válvula de salida de gas en este digestor. La siguiente operación se realiza destapando el digestor (vaciando previamente el sello de agua) y posteriormente abriendo el tubo de drenaje para permitir el escape de bioabono líquido, el que drena hasta completar la decantación (extracción completa de agua) en 48 horas aproximadamente. Al final de este proceso, se procede a la extracción del bioabono sólido y la consecuente limpieza del digestor para que quede listo a ser cargado nuevamente.

1.6 UTILIZACION DE LOS PRODUCTOS DE LA DIGESTION

La finalidad más importante de esta tecnología es la de producir elevados volúmenes de bioabono de alto contenido orgánico con niveles muy confiables en la reducción de huevos y otros elementos contaminantes de la salud tanto humana como del suelo. Para demostración se puede mencionar el ejemplo de la planta descrita anteriormente. Sus volúmenes de producción corresponden a 6 toneladas de bioabono sólido y 4 m³ de bioabono líquido en cada descarga y una producción máxima diaria de biogas de 10 m³ (dependiendo de las condiciones de la mezcla y de las ambientales).

1.4 MATERIA PRIMA PARA LOS DIGESTORES

Los materiales usados en esta tecnología de baja dilución (40 a 60% de sólidos en solución, dependiendo de la densidad del material) son muy variables. Con este sistema se logra digerir metabólicamente, con alguna variedad, incluso a materiales de muy difícil tratamiento con tecnologías de alta dilución y de carga continua o semicontinua. Preferentemente se mezclan desechos animales con desechos vegetales para lograr una relación variable de carbono-nitrógeno y obtener un bioabono de mejores características orgánicas.

Se ha comprobado una digestión eficiente con desechos de cereales (maíz, arroz, trigo), bagazo de caña, pulpa o cascarilla de café, acuáticas de banano, tabaco, frijoles, estiércoles animales en general y basura orgánica compostada.

La proporción en que se puede mezclar el estiércol animal es conveniente que no se amenore a 1/3 parte del volumen, pudiéndose aumentar con vegetales de contenidos muy bajos en materia orgánica y elevados niveles de celulosa. Es también conveniente considerar la adición de nitrógeno mineral (urea) para mejorar la cantidad del nitrógeno que requieren las bacterias para su acción en el medio.

1.5 OPERACION DEL DIGESTOR

Esta fase se inicia con la carga. El material usado debe ser previamente compostado al aire libre por 10 o 15 días, lo que además de permitir una fácil iniciación de la digestión, reduce el contenido de humedad de los materiales frescos. Esta acción es necesaria (aunque no indispensable) para facilitar la compactación de la carga dentro del digestor antes de su completa llenada.

En el caso de llenar el digestor con un solo tipo de material, la operación se debe realizar por capas de 30 cm. de espesor compactadas sucesivamente.

En el caso de que la carga se realice con mezcla de materiales, ésta se debe hacer también por capas, alternando los materiales a depositarse.

La compactación requerida permite eliminar las bombas de aire que quedan en su interior y a su vez aumentar la capacidad de carga de sólidos.

Una vez llenado el digestor se satura de agua (preferiblemente con una parte líquido residual de cargas anteriores) hasta sobrepasar el nivel del sólido en unos 10 cm.

Es importante mencionar que antes de tapar el digestor se debe esperar que el agua se infiltre en el medio para evitar descensos inesperados del nivel de agua, lo que no es deseable.

Terminada esta operación se tapa el digestor, se sella herméticamente, agregando agua al sello respectivo y el proceso de digestión se inicia.

Bajo condiciones ambientales favorables, la producción de gas combustible se observa entre 4 y 10 días después de ser tapado.

2.

DIGESTOR TIPO CHINO

2.1. DISEÑO BASICO

El digestor anaeróbico de tipo chino es de operación semi-continua y reúne las siguientes características de diseño:

- a) No tiene partes móviles
- b) Sección circular, eje vertical: paredes cilíndricas
- c) Achatado: relación altura/diámetro pequeña
- d) Techo y fondo dómicos: sectores esféricos
- e) Construcción bajo el nivel del suelo: enterrado
- f) Cámaras de entrada y salida laterales: diametralmente opuestas.
- g) Tapa removible en la parte superior del domo, perforada con el tubo de salida de gas.

La combinación de estas características permite obtener una estructura altamente resistente, con menor consumo de materiales de construcción para un determinado volumen interno y capaz de ser construida con materiales diversos de costo reducido.

El digestor de diseño chino puede ser construido de capacidades diversas, dependiendo de la demanda de biogas y fertilizante requerido, así como de los desechos orgánicos disponibles. Es particularmente adaptado a tamaños familiares (6, 8, 10 o 12 m³ de volumen interno), aunque logran gran aceptación hasta tamaños de uso comunal (50, 100 y 200 m³ de volumen interno). Este diseño se adapta a climas variados, incluso en zonas templadas o frías, por su gran capacidad de aislamiento térmico que amortigua las variaciones de temperatura entre estaciones y entre el día y la noche.

El almacenamiento de gas se produce en su interior en el espacio previsto para tal fin.

2.2 MATERIALES DE CONSTRUCCION

Puede ser construido con materiales muy diversos, dependiendo de la naturaleza del terreno, nivel de napa freática y materiales locales disponibles.

- a) Bloques de concreto pre-fabricados y mortero
- b) Ladrillos de arcilla cocida y mortero
- c) Ladrillos de "cemento puzzolánico" (cal-puzzolana)
- d) Canto rodado y mortero
- e) Concreto común (cemento, arena, grava)
- f) Gravado directo de bóveda en terreno rocoso

Para digestores de 50 m³ o mayores se requiere además, varillas de hierro 1/4" (alambrón) para el reforzamiento del anillo de unión domo-pared. Se requiere de tubería pre-fabricada de concreto de 25-30 cm. de diámetro para el ducto de entrada y la unión entre la cámara de fermentación y la salida del efluente.

**MATERIAL USADO EN CONSTRUCCION PLANTA DE BIOGAS TIPO CHINO
[12 m3] CON LA TECNICA DE LADRILLOS**

MATERIAL	CANTIDAD
1. Ladrillos 2 x 4 x 8''	1.500 unidades
2. Sacos cemento gris (45 Kg)	29 ''
3. Sacos de cal (22 Kg)	22 ''
4. Arena fina	4 m3
5. Grava de 1/2''	2 m3
6. Tubos de cemento 10'' x 3'	2 unidades
7. Tubos de cemento 8'' x 3'	''
8. Tablas 1 x 4 x 10'	3 ''
9. Tablas 1 x 6 x 12'	2 ''
10. Impermeabilizante (tarros c/u 5 gl)	2 ''
11. Tubos PVC de 1/2''	10 pies
12. Tubos PVC 1 1/2''	18 pies
13. Tubos PVC de 2''	1/2''
14. Cadena de 3/8''	3 1/4''
15. Planchas Playwood	2 unidades
16. Llave de paso de 1/2''	1 ''
17. Llave de paso de 1/2''	1 ''
18. Tubo de cobre de 1/2''	4 pies
19. T galvanizada de 1/4'' (unión)	1 unidad
20. Niples de 1/4 x 6''	2 unidades
21. Fittings A-850 (coples de reducción con boca anillada)	6 ''
22. Anillos galvanizados de 1/4''	2 ''
23. Manguera de 1/8''	2 pies
24. Soga de pita	8 libras
25. Cubetas plásticas	3 unidades
26. Grapitas de alambre eléctrico de pared	10 ''
27. Tubo, de sellador de juntas (permatex)	1 unidad

2.3 TECNICAS DE CONSTRUCCION

Aquí nos referimos a tres de ellas.

a] Construcción con bloques prefabricados:

En primer lugar se fabrica, artesanal o semi-industrial los bloques prefabricados de concreto según moldes de dimensiones adecuadas a cada tamaño de digestor y a cada parte del mismo (pared-domo), luego se realiza la excavación integral del pozo hasta alcanzar el diámetro y la profundidad deseada, más una tolerancia para el material de relleno (o de base). Se coloca piedra de cantos rodados en forma y tamaño regular sobre todo el fondo de tierra previamente apisonado, se vierte concreto para formar el fondo del digestor, haciendo uso de plantillas de madera especiales para

cada tamaño. Enseguida se procede al levantamiento de la pared cilíndrica de bloques fila por fila, relleno el espacio de tolerancia con tierra fuertemente compactada. Una vez alcanzada la altura deseada se construye un anillo de bloques como soporte del domo, relleno la cuña circular con mortero (esta cuña estará reforzada con varilla de hierro de 1/4" para digestores comunales). La construcción del domo puede hacerse con encofrado (formaleta) de bambú y esteras (petates), o parcialmente sin encofrado, pero con ayuda de ganchos (pinzas) de sostén de hierro. Este tipo de construcción es el más rápido y se recomienda para terrenos con napa freática relativamente elevada

b) Construcción con ladrillos:

La construcción es similar al caso anterior hasta el vaciado del fondo. Luego, la pared se construye con 4 hileras de ladrillo (tamaño familiar). El anillo de soporte del domo es similar al caso anterior excepto con ladrillos, y el domo se construye sin necesidad de encofrado (formaleta), con ayuda de ganchos de sostén de hierro. Esta técnica siendo la más sencilla, es lenta, siendo recomendable para terrenos con bajo nivel freático.

c) Construcción por vaciado integral de concreto usando armazón de tierra:

En primer lugar se realiza el marcado del terreno con cal mediante proyección del plano de vista superior del digestor. Luego se procede a excavar un hoyo de aproximadamente 60 cm de diámetro y 2 m. de profundidad en el eje central. Enseguida se realiza una excavación parcial de tierra hasta alcanzar un perfil de profundidad exactamente igual a la parte interna del domo, lo cual se logra moldeando la tierra con ayuda de plantillas especiales. Se inicia luego la excavación de una zanja (trincheras circular con el espesor y profundidad adecuados para formar el encofrado (formaleta) de tierra natural). Se vacía concreto en la zanja por capas de 20 cm. compactando frecuentemente para eliminar aire y agua hasta completar la pared. A continuación se procede a vaciar el concreto sobre el domo de tierra siguiendo el espesor de una plantilla, procediéndose radialmente hasta completar el domo. Una vez fraguados el domo y pared (mínimo 8 días), un albañil penetra en el hoyo central y va retirando poco a poco, de manera circular y de arriba hacia abajo la tierra del interior, hasta alcanzar la profundidad deseada para el fondo, vaciándose finalmente en éste el concreto con ayuda de otra plantilla especial. La tierra extraída sirve de material de relleno sobre el domo.

Esta técnica de construcción requiere de una destreza especial, la cual, una vez lograda permite obtener los digestores más económicos, por economía de materiales y mano de obra. Ser recomendada para suelos consistentes y niveles freáticos bajos.

d) Notas sobre las técnicas de construcción:

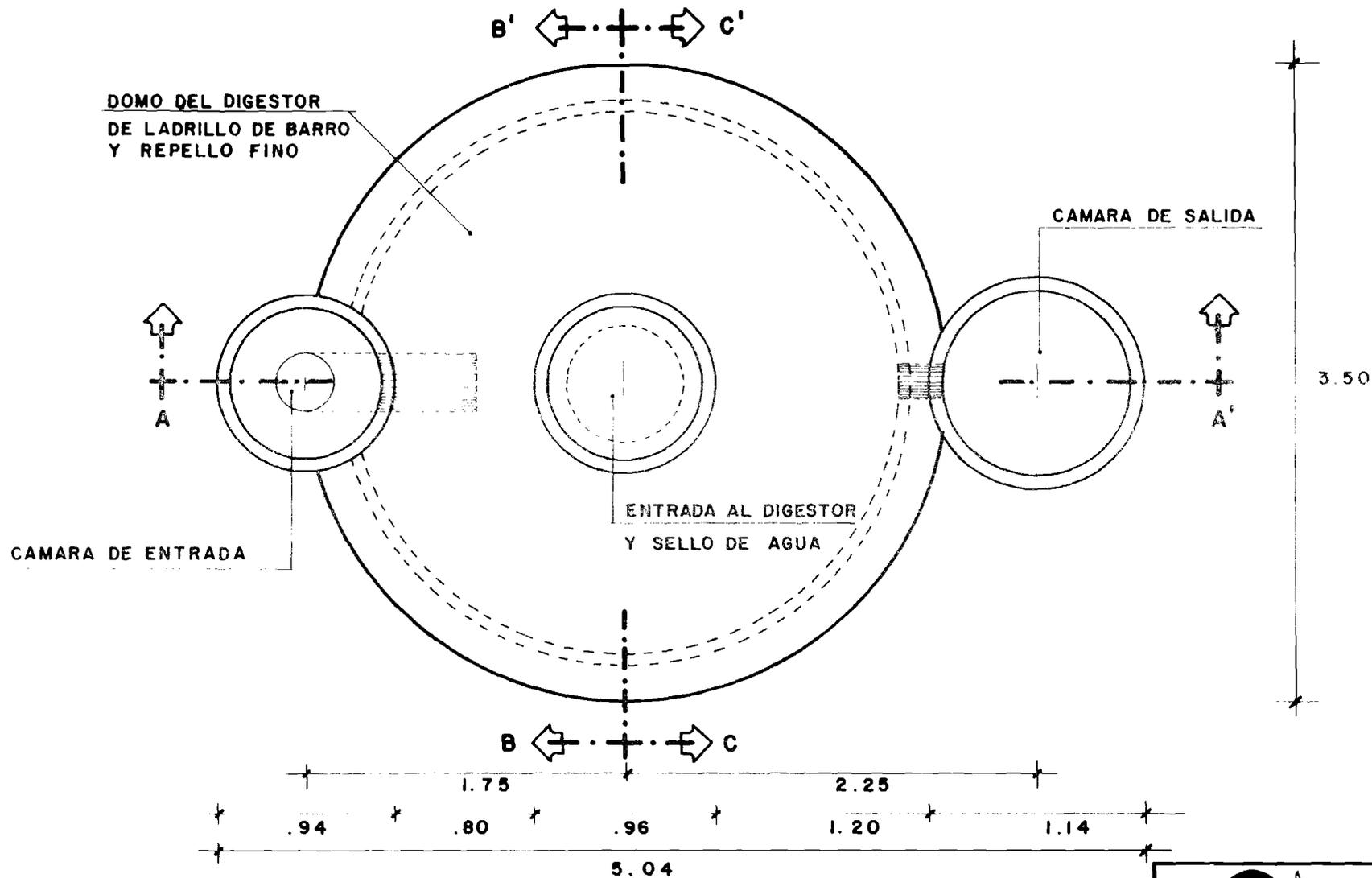
- El brocal o boca en todos los casos es construido con encofrado de madera u otro material.
- El tubo de entrada y el de unión entre tanque y cámara de salida se colocan siempre antes de terminar la pared y antes de comenzar el domo.
- Las cámaras de entrada y salida se construyen ya sea de ladrillos, bloques o con concreto vaciado

- Los digestores de ladrillos y bloques requieren de 6 capas internas de recubrimiento (repello) para evitar fugas. Los digestores de concreto vaciado necesitan sólo una capa de mortero mezclado con silicio de sodio.
- Antes de fundir la base, se coloca una capa de piedrín y se compacta (hasta acercarse al 90% protor), luego se coloca una cama de piedra (pequeñas) de unos 0.10 a 0.15 cm. de espesor, al compactar humedezca el suelo.
- Los ladrillos a utilizarse, se deben mojar (por inmersión) unos dos días antes, pero al usarlos ver que superficialmente estén secos.
- Pasta de cal: 3 días antes de usarse, se ponen los trozos de cal con 30-40% de agua, y se muele, 24 horas después se tamiza a 1 mm. mesh. protegerlo con un plástico del exceso de agua y sol.
- La inclinación de la base de la concha superior se hace prolongando, el radio (con pita) hacia el último ladrillo del cilindro.
- El tubo de la cámara de entrada debe ser repellido, con brocha, a tres aplicaciones (capas) con pasta de cemento puro.
- Las dos primeras hiladas del brocal deben ser de 1/2 ladrillo, colocados verticalmente.
- Para determinar la forma de la concha se usan: un eje central y una pita que mazca el radio de la concha o del cilindro (con nivel).
- El tamaño del grano de arena, no debe ser mayor de 0.35 mm.
- La cara interior de cada ladrillo, debe estar en contacto directo y fuerte con la cara interior del ladrillo vecino, el resto rellenarlo completamente con mortero y con algunos trozos de piedrín para presionar aún más.
- Repellar la parte superior del domo, haciéndolo cada vez que se completen tres filas (anillos) y luego se va rellenando con tierra.
- La consistencia del repello con (21-24% de contenido de agua) se calcula, haciendo una bola en la mano que se mantenga al abrir la mano, pero que al tirarlo al suelo se rompa en pedazos

TABLA DE PROPORCIONES DE MEZCLAS Y MORTEROS

MEZCLA	GROSOR	C.M.T.O.	CAL	PASTA CAL	CENIZA DE CARBON	ARENA MED.	ARENA FINA	PASTA DE ARCILLA	BILICHO DE SODIO	CLORURO FERROSO	CLORURO CALCIO
BASE	6 MM	1/2	1			3				2%	CEMT.
MORTERO	2.01	1		1.5		5.5				2%	
REPELLO		1	2			4					
REFELLO INTERIOR	1 2 MM	1							20%	2%	
	2 7 MM			1	2		3				
	3 .5 MM	1		1						2%	
	4 4 MM	1		1	2		2	3		2%	CEMT
	5 .5 MM	1							20%	2%	
	6 FELDOLUF	1								9%	20%





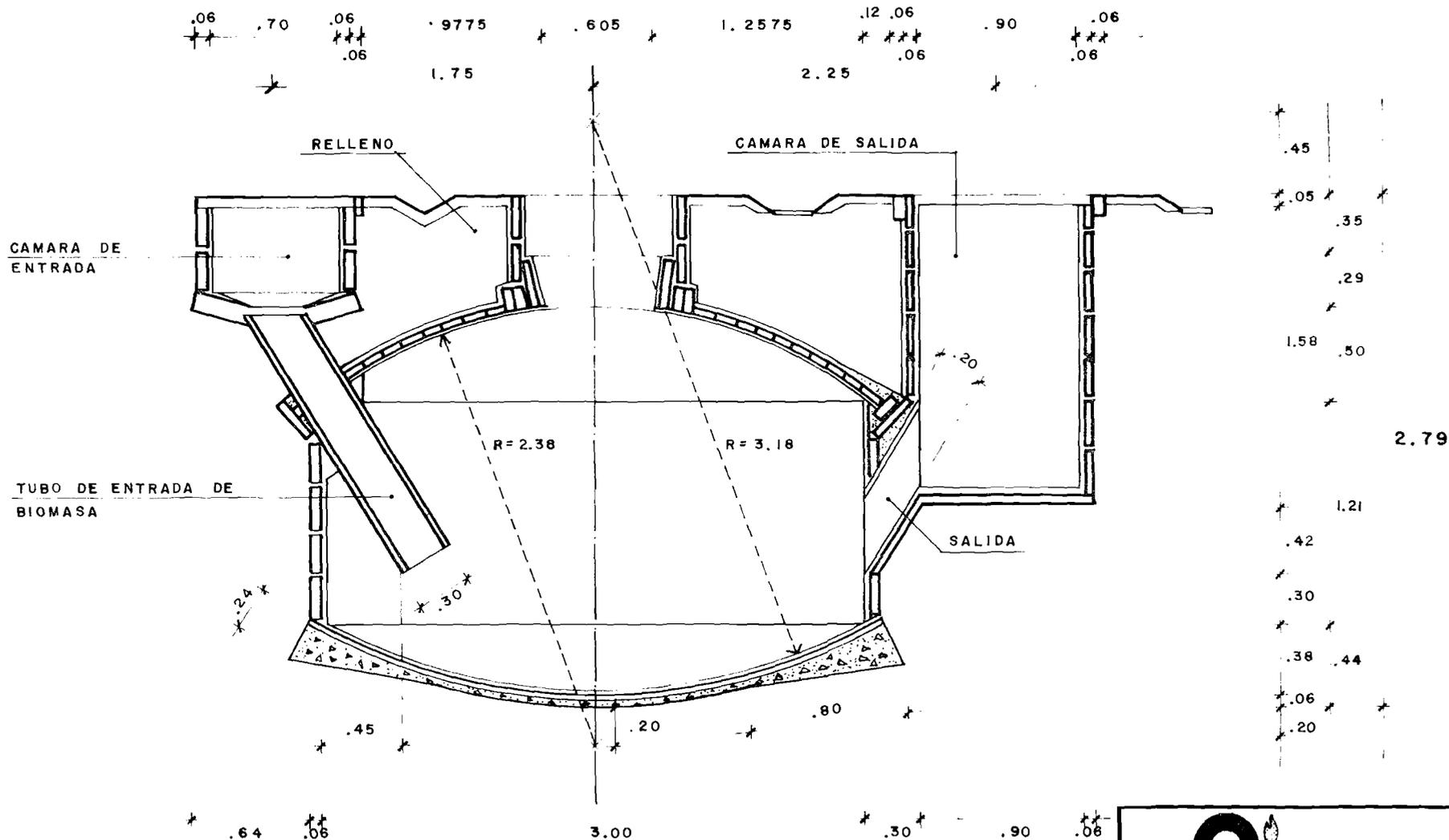
PLANTA GENERAL ESCALA. 1: 33 1/3



olade

proyecto: DIGESTOR DE BIO-GAS EN LADRILLO DE BARRO

LAMINA	contiene:	escala:
1	PLANTA	INDICADA
	capacidad: 12 M3	tipo: CHINO



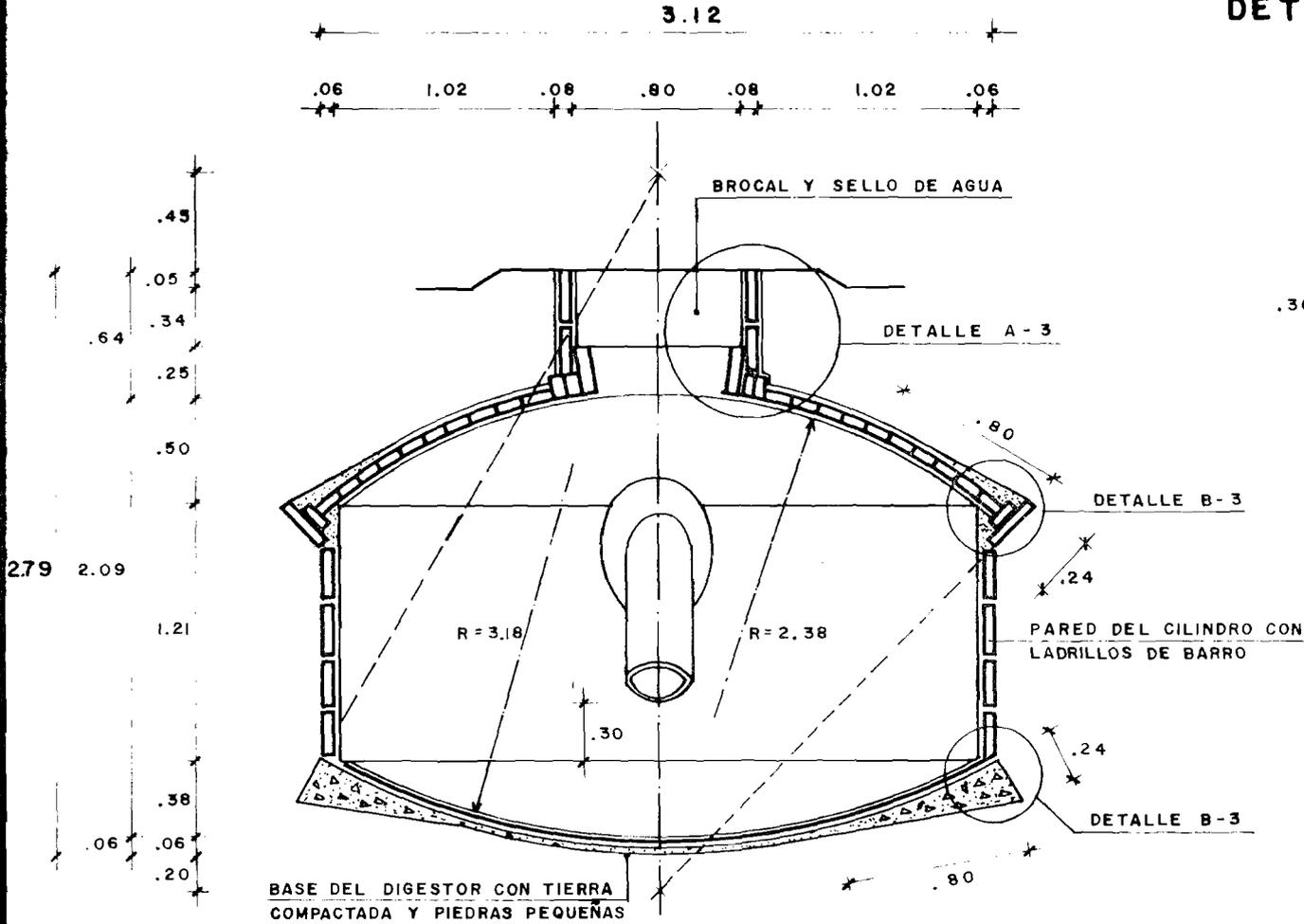
CORTE A-A' ESCALA. 1: 33 1/3



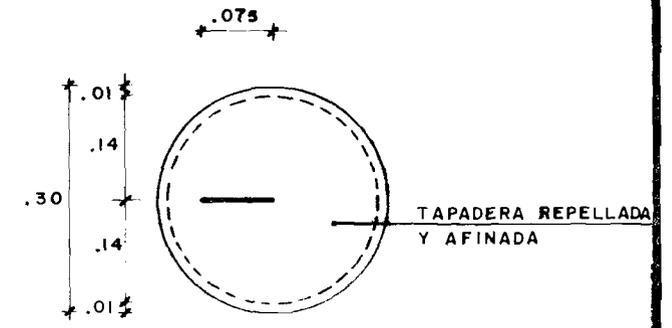
proyecto: DIGESTOR DE BIO-GAS EN LADRILLO DE BARRO

LAMINA	contiene	escala:
2	CORTE	INDICADA
	capacidad:	tipo:
	12 M3	CHINO

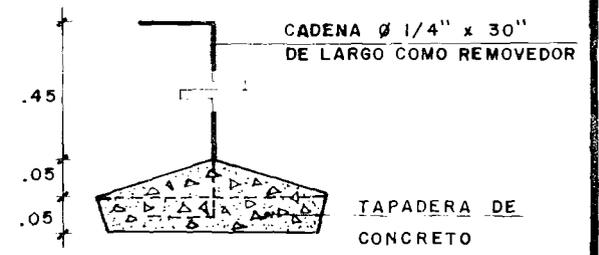
DETALLE DE TAPADERA



CORTE B-B' ESCALA. 1: 33 1/3



PLANTA ESC. 1:10



ELEVACION ESC. 1:10

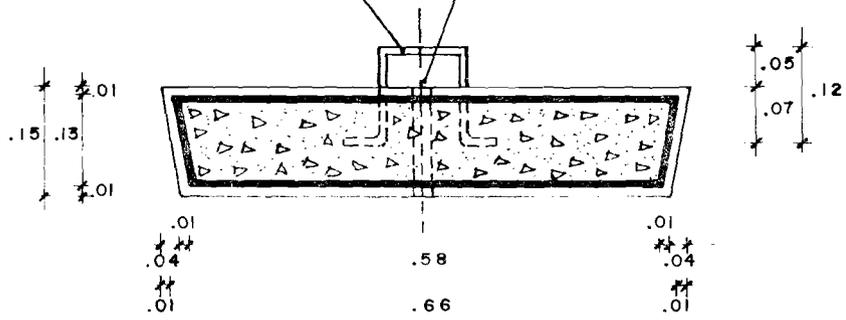
olade

proyecto: DIGESTOR DE BIO-GAS DE LADRILLO DE BARRO

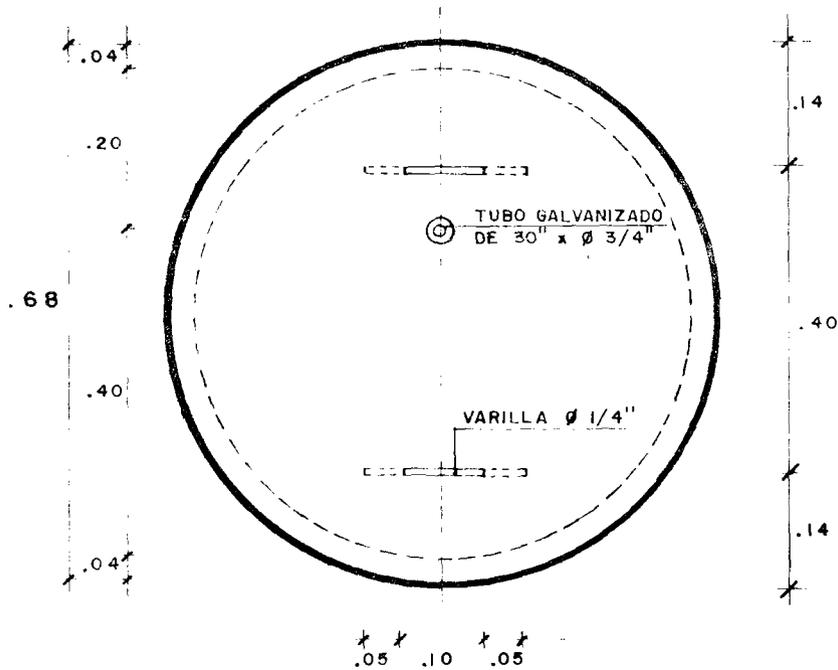
LAMINA	contiene:	escala:
3	CORTE-DETALLES	INDICADAS
	capacidad:	tipo:
	12 M3	CHINO

DETALLE DE TAPADERA

AGARRADOR DE HIERRO DE 18" x ϕ 1/4"
 CONECTAR MANGUERA DE ϕ 3/4" DE PLASTICO AL TUBO DE SALIDA DE GAS

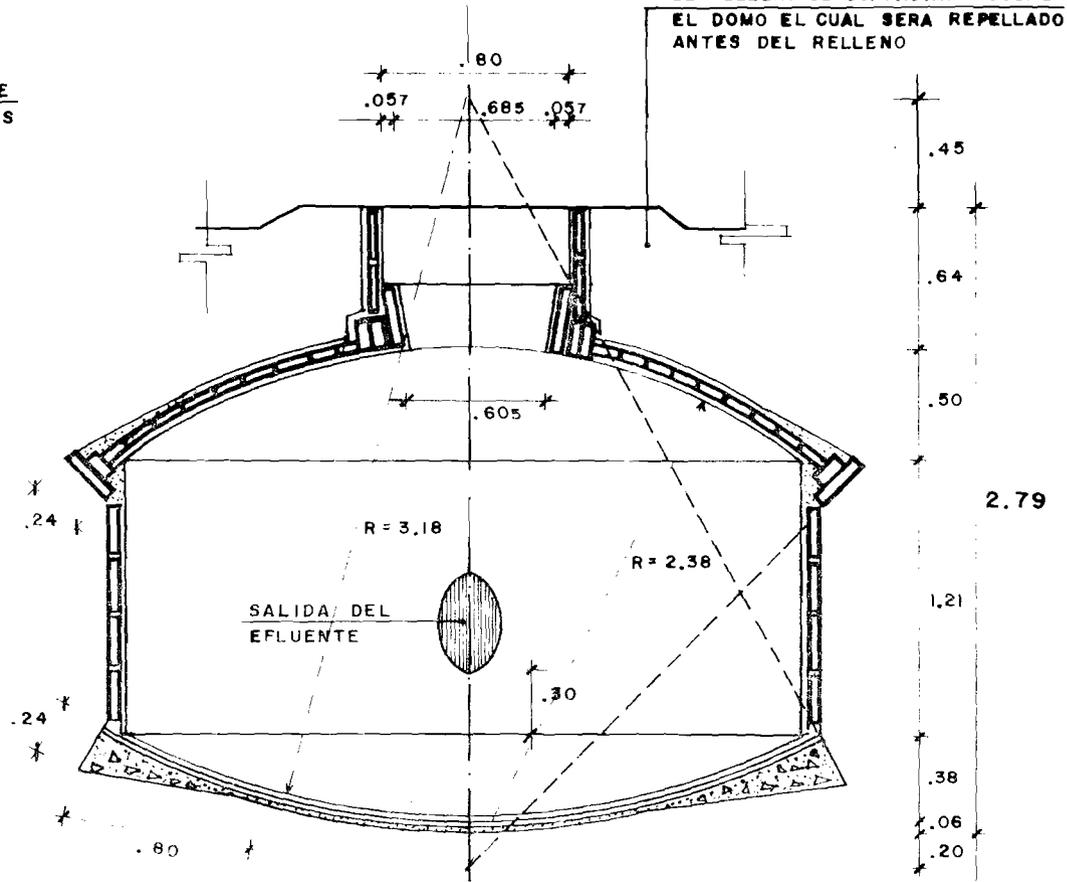


ELEVACION ESC. 1:10



PLANTA ESC. 1:10

EL RELLENO SE COMPACTARA SOBRE EL DOMO EL CUAL SERA REPELLADO ANTES DEL RELLENO

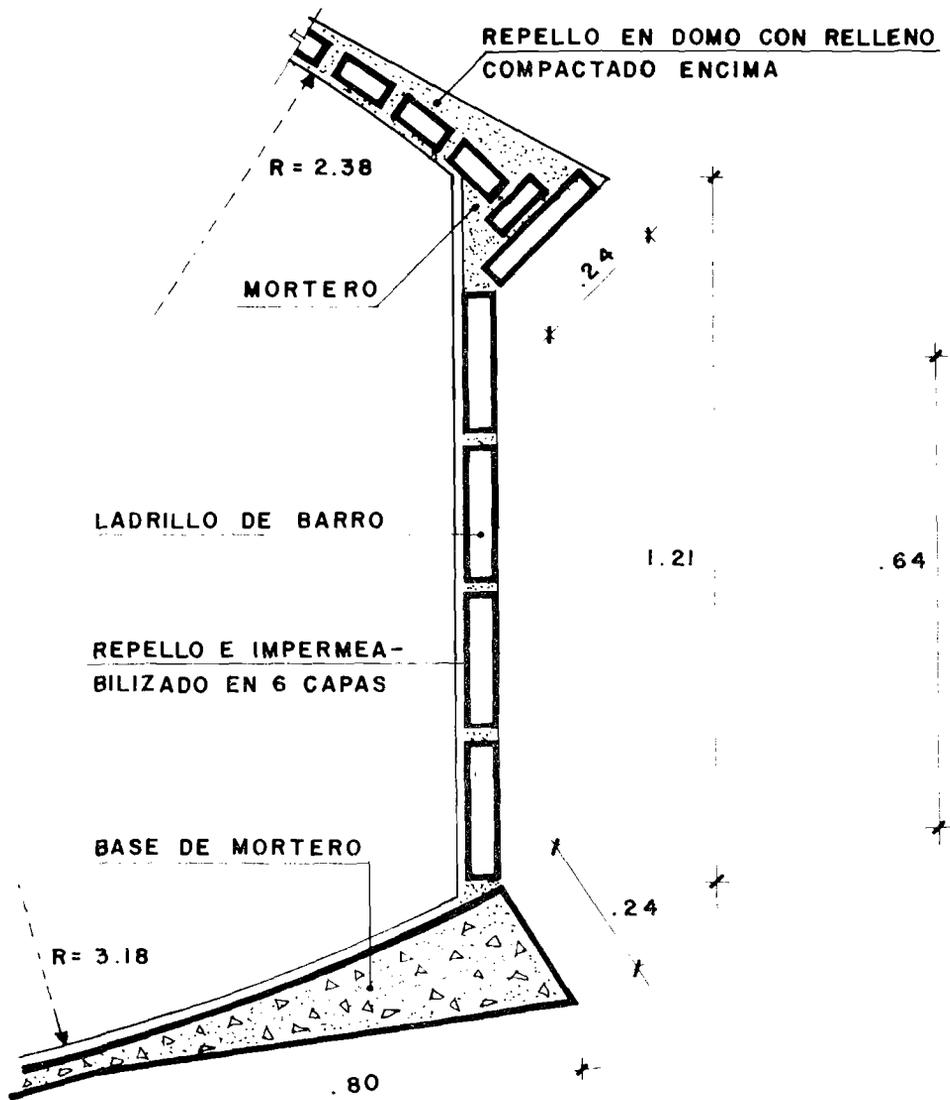


CORTE C-C' ESC. 1:33 1/3



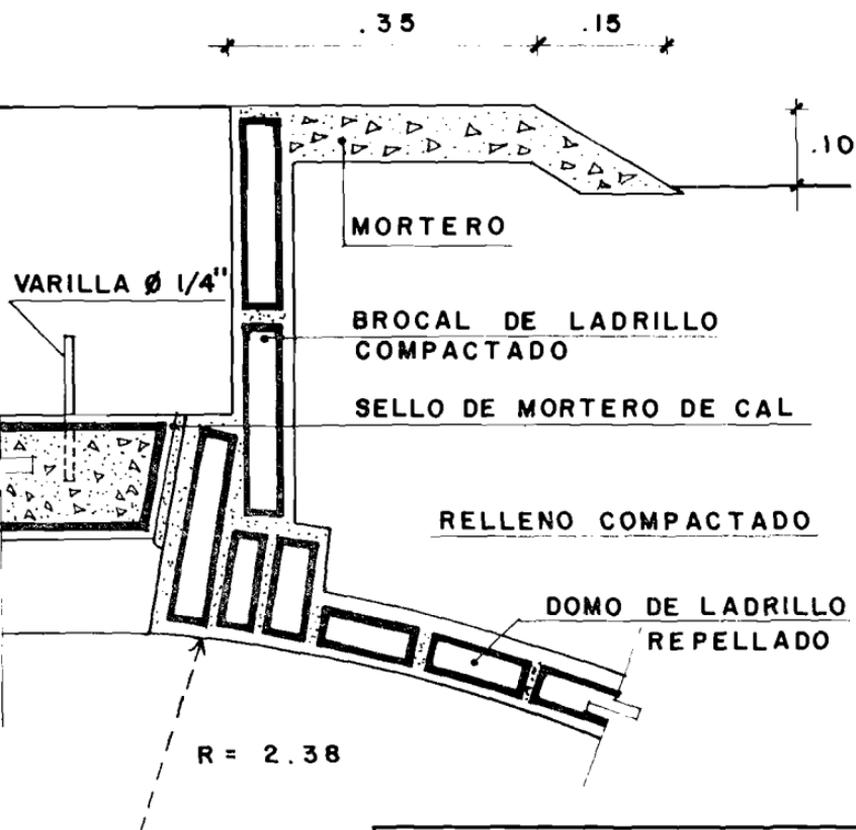
proyecto: DIGESTOR DE BIO-GAS DE LADRILLO DE BARRO

LAMINA	contiene:	escala:
4	DETALLE-CORTE	INDICADAS
	capacidad:	tipo:
	12 M ³	CHINO



DETALLE B - 3 ESC. 1 : 10

DETALLE A-3 ESC. 1:10



olade

proyecto: DIGESTOR DE BIO-GAS EN LADRILLO DE BARRO

LAMINA	contiene: DETALLES	escala: INDICADAS
5	capacidad: 12 M3	tipo: CHINO

2.4 MATERIA PRIMA PARA LOS DIGESTORES

El digestor tipo chino utiliza todo tipo de desechos agropecuarios, incluyendo excreta humana, recomendándose siempre el uso de mezclas de materiales. La técnica de operación china permite la digestión de material celulósico tal como pajas de cereales, pastos, hojas, etc., a condición de cargar el digestor con material pre-compostado aeróbicamente. La técnica de pre-compostado esta descrita en la figura. Es importante enfatizar que gran parte del éxito de la tecnología china del biogas depende del pre-compostado, ya que proporciona las siguientes ventajas:

- a) Temperatura adecuada para la multiplicación de bacterias aeróbicas y anaeróbicas.
- b) Generación de calor (60-70 C) que libera a las pajas de la capa cerosa superficial permitiendo la degradación parcial de la celulosa y lignina hasta su disgregación homogénea en el líquido en digestión, evitando la formación de espumas (natas).
- c) Calor que es responsable de la muerte del mayor porcentaje de parásitos inicialmente presentes.
- d) Calor que sirve para elevar la temperatura de la solución inicial de carga.
- e) Degradación parcial de la materia prima inicial, lo cual acelera la producción de biogas combustible.
- f) Obtención de efluentes y lodos más homogéneos y accesible a las plantas.

Además, es muy importante añadir lodo activado (inóculo) de diverso origen en la carga inicial hasta un volumen de 10% del total líquido.

2.5 OPERACION DEL DIGESTOR

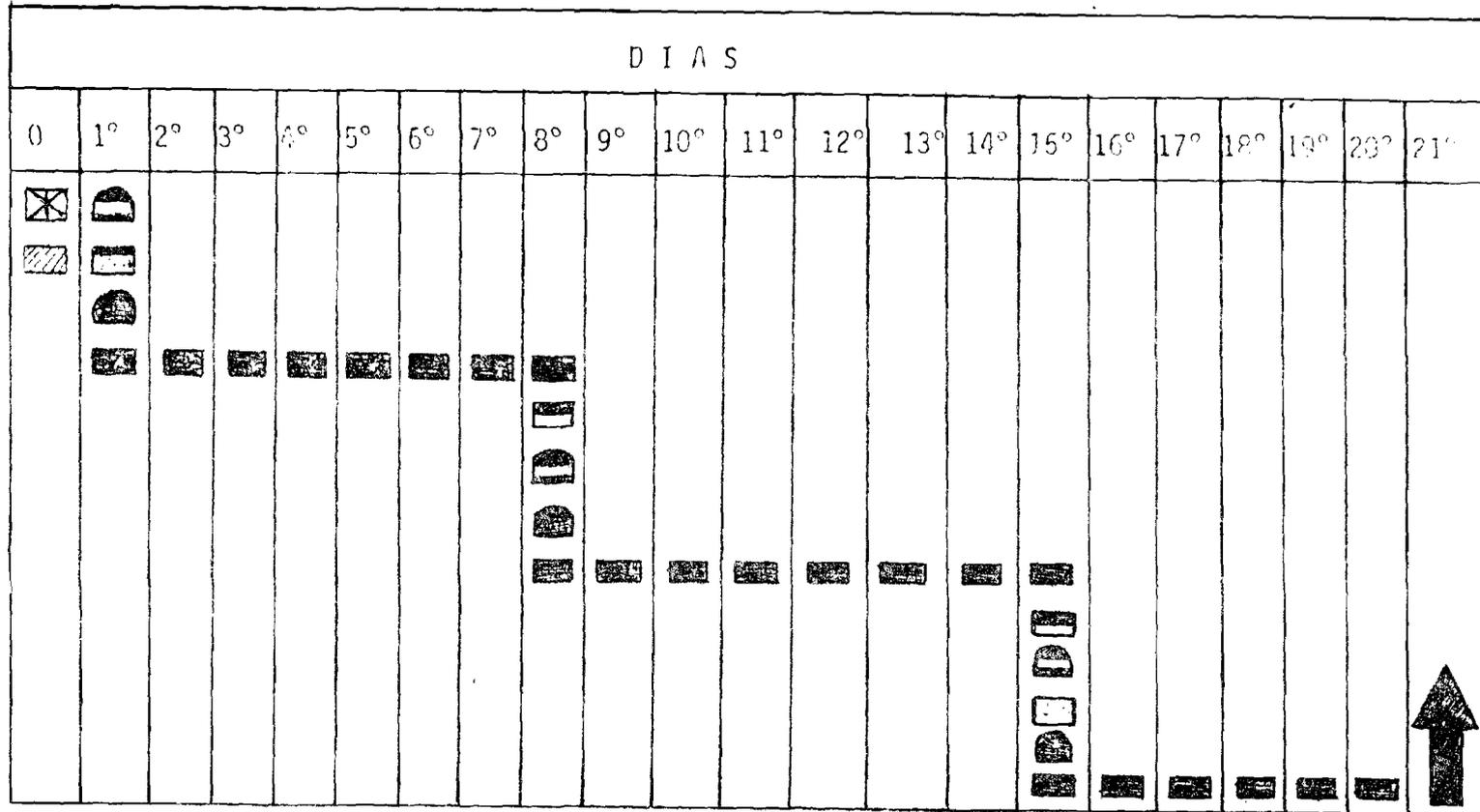
El digestor tipo chino es de funcionamiento semi-continuo. Se carga en forma inicial con material pre-compostado a una concentración de 7-15% de sólidos totales en suspensión y reposición periódica (diaria, días alternos o semanalmente) de materia prima de preferencia pre-compostada de una cantidad equivalente al gas producido. Se recomienda recirculación del efluente líquido frecuentemente.

2.6 UTILIZACION DE LOS PRODUCTOS DE LA DIGESTION

El gas es llevado por tubería de Plástico directamente a las cocinas, lámparas, motores u otros dispositivos de combustión. Este diseño no permite obtener biogas a presión constante, por lo que se recomienda mantener regularidad en el consumo, a fin de evitar fluctuaciones grandes de presión.

El efluente debe ser retirado simultáneamente con la carga periódica, para ser utilizado con fines agrícolas o de acuicultura. Cada 6 meses, mas o menos, el digestor chino debe ser vaciado a fin de retirar los lodos sedimentados y el efluente líquido, dejándose un décimo del volumen inicial de este último en el digestor como inóculo de la nueva carga.

CRONOGRAMA DE PRE-FERMENTACION



27



Selección del material



Corte del material fibroso



Apilado del estiércol y la paja



Cubrir la pila con 80 Kg. de es-
tiércol fresco.



Días de reposo



Mezclado del material apilado



Rociado con agua de cal al 2%



Alimentación al digestor.

**EXPERIENCIAS LATINOAMERICANAS CONOCIDAS CON DIGESTORES CHINOS
TIPO DOMESTICO HASTA JUNIO DE 1980**

Información Disponible	COLOMBIA	JAMAICA	GUATEMALA	PERU
ENTIDAD	Granja Experimental "Providencia"	Scientific Reseach Council	CEMAT	ITINTEC
Responsable	J. Correa Bulla	K.C. Lee	R. Cáceres	J. Verástegui
Número de digestores	1	(en construcción)	9	3
Tamaño de digestores m3	12	67	12	10
Ubicación	Bogotá	Kingston	Altiplano	Altiplano
Altitud (M/nivel del mar)	2.600	100	1.600-2.000	2.600-4.000
Temperatura ambiente C	12-17	22-28	10-22	10-18
Técnica constructiva	Hormigón	Bloque prefabricado	Ladrillo puzzolánico	concreto vaciado
Producción de biogas	3m3/ día	150 m3*	2-4 hr/día	2-3 m3/día
Materia prima inicial	Estiércol	Gallinaza compostada	Estiércol y paja pre- compostada	Estiércol y pajas pre- compostada
Materia prima periódica	Estiércol	Gallinaza-agua	Heces humanas frescas compost y agua	Estiércol ovino fres- co
Usos del biogas	Cocción	Cocción	Cocción y alumbrado	Cocción y alumbrado
Usos de los afluentes	Agricultura	Agricultura	Agricultura	Agricultura
Usos de lodos	Agricultura	Agricultura	Agricultura	Agricultura
Datos sanitarios			10-4 coliformes/ml 500 huevos viables	Mortandad del 95% de parásitos

*Datos estimados o esperados

3.

DIGESTOR TIPO XOCHICALLI-MEXICO

3.1 DISEÑO BASICO

Generalidades

El digestor consiste en una cantera en forma rectangular, horizontal, bajo el nivel del suelo, con gasómetro separado. Su carga se realiza por un extremo y la descarga de líquidos efluentes y lodos digeridos por el extremo opuesto. Las salidas en este extremo son 4: biogas, espuma y nata sobrenadante, bioabono líquido, y bioabono semilíquido en forma de lodo.

La construcción del gasómetro es similar a la descrita en la planta de biogas tipo OLADE-Guatemala, con campana construída en lámina galvanizada calibre 26 con protección de pintura anticorrosiva y tubería de interconexión de polietileno.

Operación

Carga continua o semicontinua. Su descarga será a intervalos cortos o largos, según conveniencia.

Localización

Cercana a la fuente de materia prima, de preferencia bajo el lecho de los animales aportantes. La topografía del terreno puede ser cualquiera en razón de las condiciones de la obra.

3.2 MATERIALES DE CONSTRUCCION

Puede usarse cualquier clase de material, pero se recomienda el ferrocemento de bajo costo. La versatilidad del sistema permite que la obra se haga por autoconstrucción.

LISTA DE MATERIALES PARA EL DIGESTOR TIPO XOCHICALLI DE 16 m³

1.	Cemento	30 sacos de 42 1/2 Kg.
2.	Arena de río	3 m ³
3.	Alambrón de 1/4"	36 varillas de 12 m.
4.	Cimbra mínima (formaletas) Polines de 4' x 4' 10'	2 piezas
	Tabla de 3/4 x 6' x 1.60 m	4 piezas
5.	Válvula 2"	1 pieza
6.	Válvula 4" (compuerta)	1 pieza
7.	Alambre recocido (de amarre)	20 Kg.
8.	Malla de gallinero (hexagonal) Cal. 22 x 25 x 1.75 m ó 20 x 38 x 1.75 m.	120 m ²
9.	Polietileno laminado (cal. 200)	20 m ²

10.	Compuerta desnatado de placa metálica de 1/8 ó fibra de vidrio con resina poliester de 0.29 x 0.79 m	1 pieza
11.	Grava o piedrín (aprox. 1'' diámetro)	1.5 m3
12.	Angular de hierro de 1 1/2 x 1 1/2 y 1/8'' ó 3/16'' de grueso	2.25 m
13.	Tornillos (soldados al ángulo de 1/4'' x 21'' 2'', cabeza hexagonal c/tuerca	14 piezas
14.	Niple cuerda corrida de 2'' x 6'', PVC para roscar	1 pieza
15.	Tuercas presión 2''	2 piezas
16.	Arandelas planas 2''	21 piezas
17.	Arandeles hule (junta) 2''	2 piezas
18.	Tubo HDP (polietileno alta densidad) negro de 3/4''	suficiente
19.	Gasómetro doble de lámina galvanizada o fibra de vidrio resina poliester de 1.5 m3 de capacidad	

**LISTA DE MATERIALES PARA EL DIGESTOR TIPO XOCHICALLI
DE 12 m3**

1.	Cemento	23 sacos de 42 1/2 Kg.
2.	Arena de río	2.5 m3
3.	Alambrón de 1/4''	25 varillas de 12 m.
4.	Cimbra mínima (formaletas) polines de 4'' x 4' x 10' Tabla de 3/4 x 6' x 1.60 m.	4 piezas 2 piezas
5.	Válvula 2''	1 pieza
6.	Válvula 4'' (compuerta)	1 pieza
7.	Alambre recocido (de amarre)	20 Kg.
8.	Malla de gallinero (hexagonal cal. 22 x 25 x 1.75 m ó 20 x 38 x 1.75 m	86 m2
9.	Polietileno laminado (cal. 200)	20 m2
10.	Compuerta desnatado de placa metálica de 1/8 ó fibra de vidrio resina polieter de 0.29 x 0.79 m.	1 pieza
11.	Grava o piedrín (aprox. 1'')	1 m3
12.	Angulo de hierro de 1. 1/2 x 1 1/2 y 1/8'' ó 3/16'' de grueso	2.25
13.	Tornillos (soldados al ángulo de 1/4'' x 21'' 2'', cabeza hexagonal c/tuerca	14 piezas
14.	Niple cuerda corrida de 2'' x 6'', PVC para rosca	1 pieza
15.	Tuercas presión 2''	2 piezas
16.	Arandeles planas 2''	2 piezas
17.	Arandeles hule (junta) 2''	2 piezas
18.	Tubo HDP (polietileno alta densidad) negro de 3/4''	suficiente
19.	Gasómetro doble de lámina galvanizada o fibra de vidrio resina poliester de 1.5 m3 de capacidad	

Citamos como ejemplo un digestor de 16 m³ de capacidad y otro de 12 m³ que puede procesar el estiércol de 5 y 8 vacas lecheras estabilizadas, respectivamente. El primer digestor produce entre 8 y 12 m³ de biogas por día y el segundo de 4 a 8 m³.

Este tipo de digestor tiene aplicación desde una pequeña familia, hasta tamaño industrial

De todas maneras se recomienda el uso de materiales de construcción de consecución local para fines de bajar lo costos, tales como tierra compacta, adriillo, piedra o ferroconcreto.

3.3 TECNICAS DE CONSTRUCCION

Existen infinidad de variantes, adecuables a cada situación de sitio, subsuelo, topografía, clima, uso, materiales, mano de otra etc

Se relatará un caso típico y señalarán opciones:

Fases:

- a) Selección sitio
- b) Cálculos, escogimiento tamaño (s) y trazo
- c) Técnica a seguir
- d) I Excavación y armado
II Corte y armado tanque (caso sea de ferrocemento y no mayor de unos 20 m³) y excavación del mismo.
- e) Fundación, colado, etc., de base y muros.
- f) Preparación para la tapa-piso
- g) Terminación y dispositivos de carga-descarga.
- h) Accesorios.

A. Selección de sitio

Existen diferentes factores que pueden también variar el escogimiento. Enumeraremos:

- Donde exista pesebre o granja
- Donde existirá pesebre o granja
- Donde se obtenga algún producto biodegradable (concentración humana, basura, aserrín, agroindustrias, jacinto de agua, rastro, pescadería, etc.).
- Donde exista buen desnivel (topografía)
- Terreno adecuado (consistencia de suelo, nivel de agua subterránea)
- Otros

B. Cálculos, escogimiento tamaño [s] y trazo

Una vez conocida la cantidad de materia orgánica a digerirse, así como su calidad, se calcula el volumen necesario. En este momento, se determina si se hace un tanque, dos o más, según dispo-

nibilidad del terreno, etc. Por ejemplo si el tanque que diera el volumen, fuera muy largo para el terreno disponible (por ejemplo habiéndose escogido una relación largo-ancho de 6 a 1), se harán dos que consecuentemente serán más cortos, aunque ocuparán más a lo ancho y costarán un poco más, a su vez, simplifican el mantenimiento. Es decir, hay pros y contras.

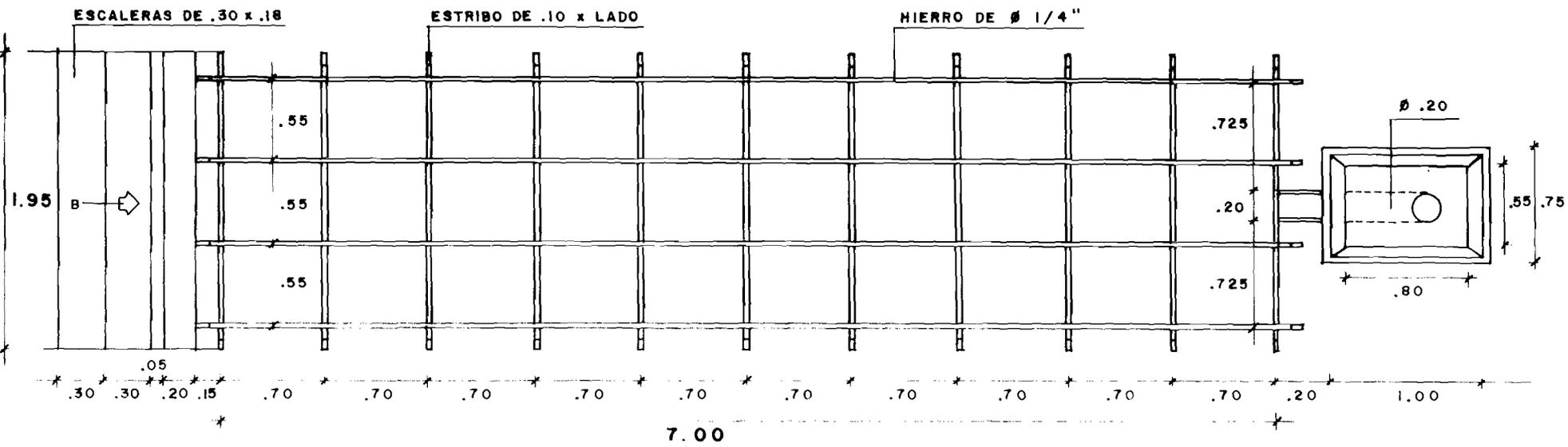
Sabido el tamaño y número, se procede al trazo. Lo ideal es ubicar a los digestores de modo que la tapa de descarga de productos quede en un desnivel hacia abajo, así aprovechándose éste para descargar por gravedad sin necesidad de hacer rampa. De lo contrario puede hacerse esta excavación extra, a efecto de entrar con botes, tambores, pipa, etc., hasta las válvulas. En última instancia puede construirse un cárcamo de bombeo para transferir efluentes y luego sacarlos. La bomba puede ser manual o mecánica (eólica, eléctrica, de motor).

Para el trazo en sí, se marcará con estancas, con hilo, o cal, localizando cada parte en el sitio seleccionado, evaluando lo lógico de su funcionamiento y corrigiendo posibles problemas, se hace el trazo definitivo.

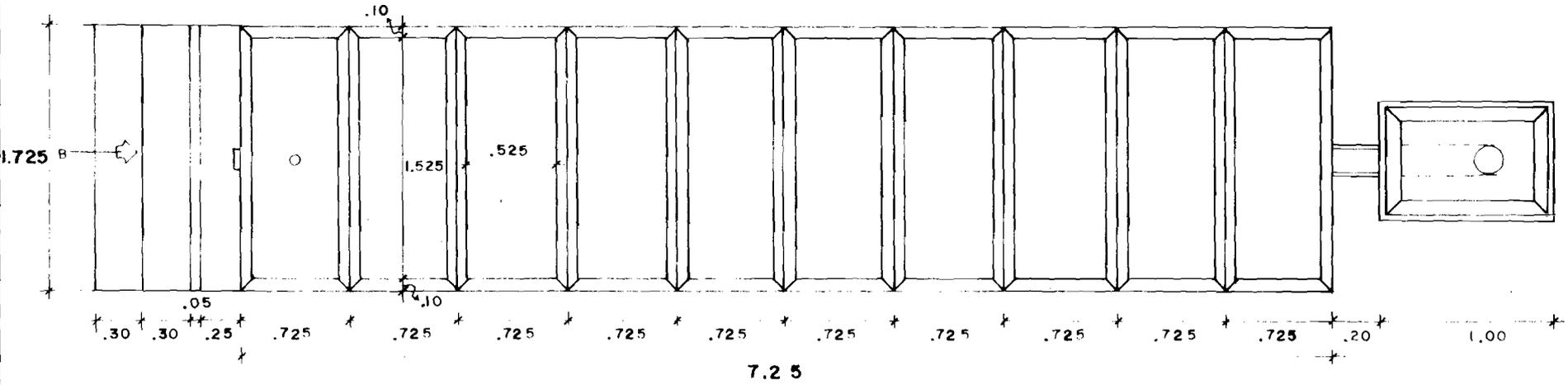
Deberá hacerse un plano intelegible de cómo quedó todo. En este mismo momento se determina la secuencia constructiva, que depende a su vez de varios factores, según se verá en el punto C.

C. Técnica a seguir

Depende de un sinnúmero de factores tanto locales como externos, pero se recomienda seguir la técnica de ferrocemento (ver descripciones anexas para uso general), aunque aún dentro de ésta, pueden escogerse variantes según requerimientos. Así, lo mejor será acomodar a los animales arriba del digestor ahorrándose el piso para ellos, facilitando la carga y mejorando definitivamente la operación desde el punto de vista térmico, ya que servirá de cama a animales cuya temperatura corporal es de 36 grados centígrados.



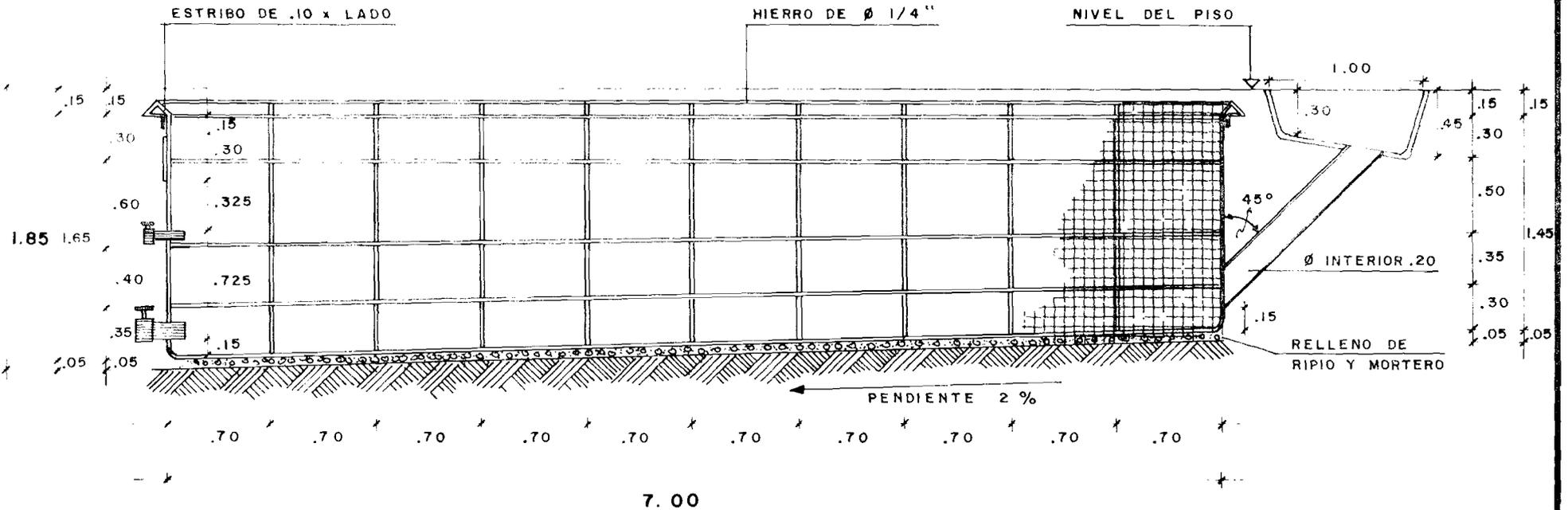
ARMADURA DE HIERRO DE LA BASE (PLANTA) ESC. 1:40



TAPADERAS (PLANTA) ESC. 1:40

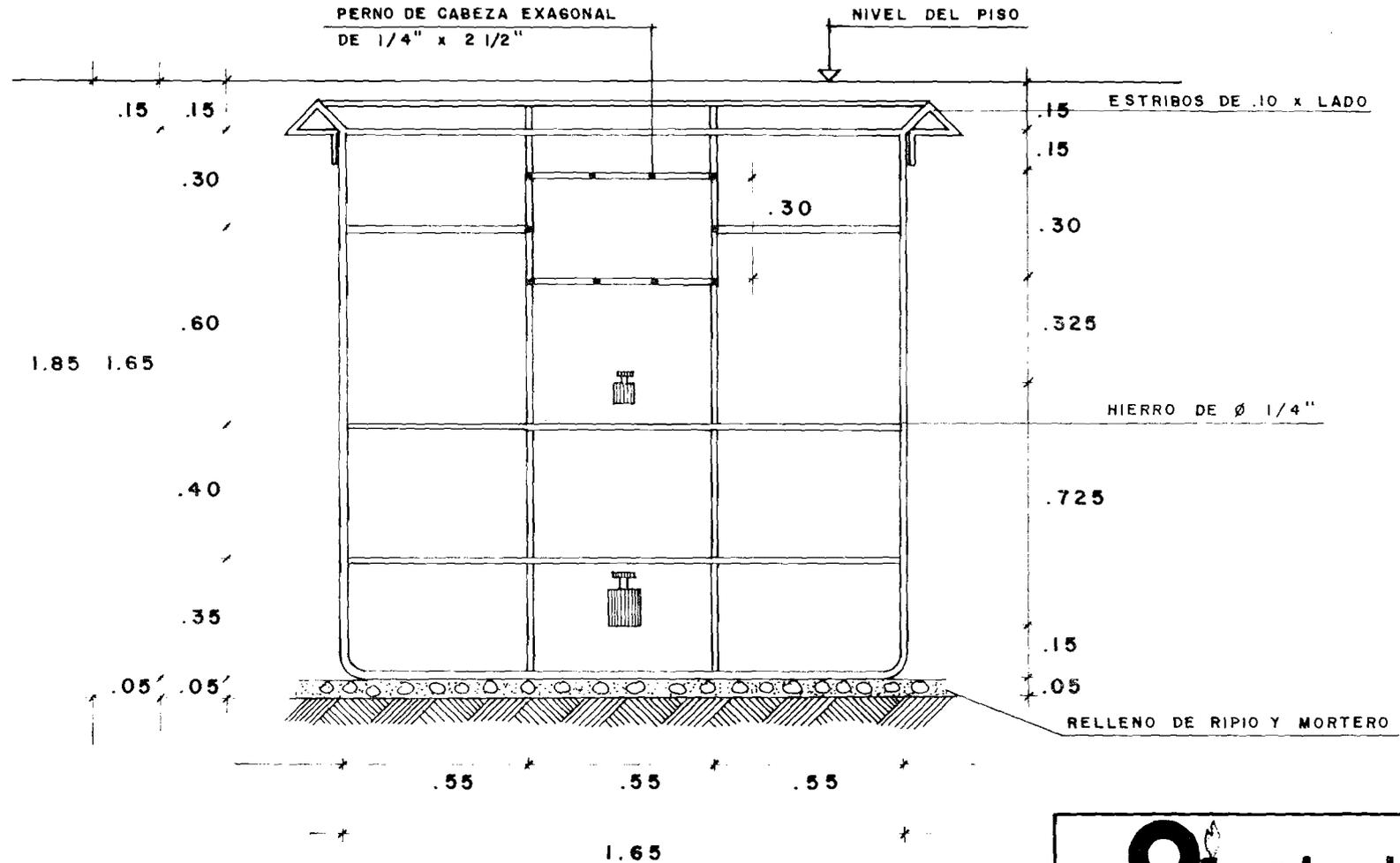
 olade		
Proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO		
L A M I N A	contiene: PLANTAS	escala: INDICADAS
1	capacidad: 16 M3	tipo: XOCHICALLI-MEXICO

ARMADURA DE HIERRO (ELEVACION LATERAL) ESCALA. 1:40



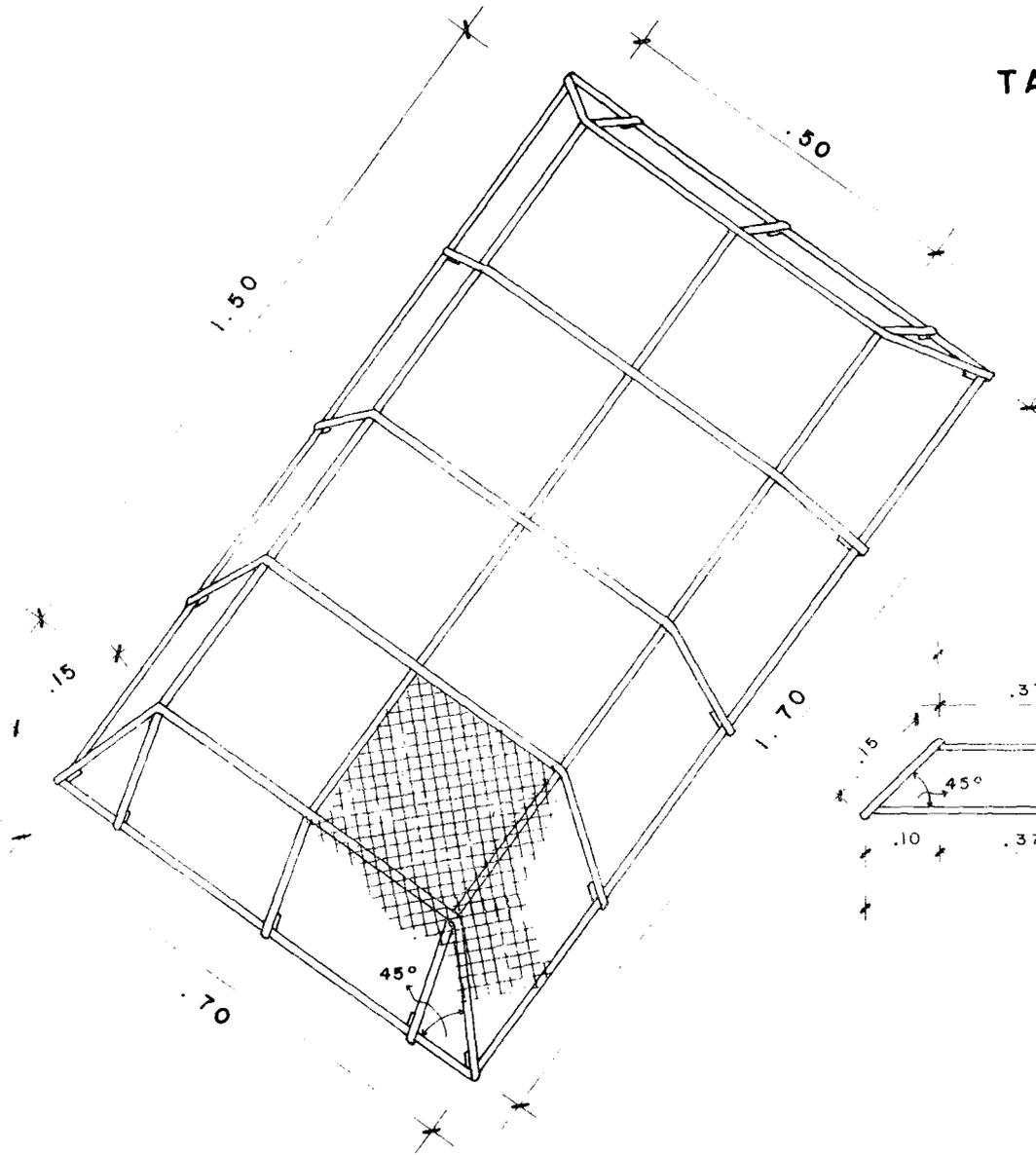
olade		
proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO		
LAMINA	contiene:	escala:
2	ELEVACION L.	INDICADA
	capacidad:	tipo:
	16 M3	XOCHICALU-MEXICO

ARMADURA DE HIERRO (ELEVACION FRONTAL) ESCALA. 1:20

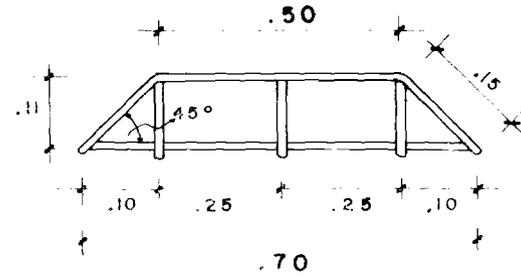


 olade		
proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO		
LAMINA	contiene:	escala:
3	ELEVACION	INDICADA
	capacidad:	tipo:
	16 M3	XOCHICALLI-MEXICO

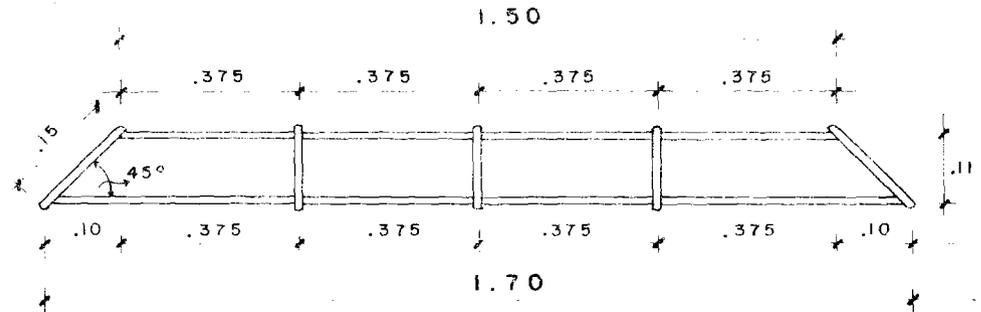
TAPADERAS (ARMADURA DE HIERRO)



PERSPECTIVA



ELEVACION FRONTAL ESC. 1:15

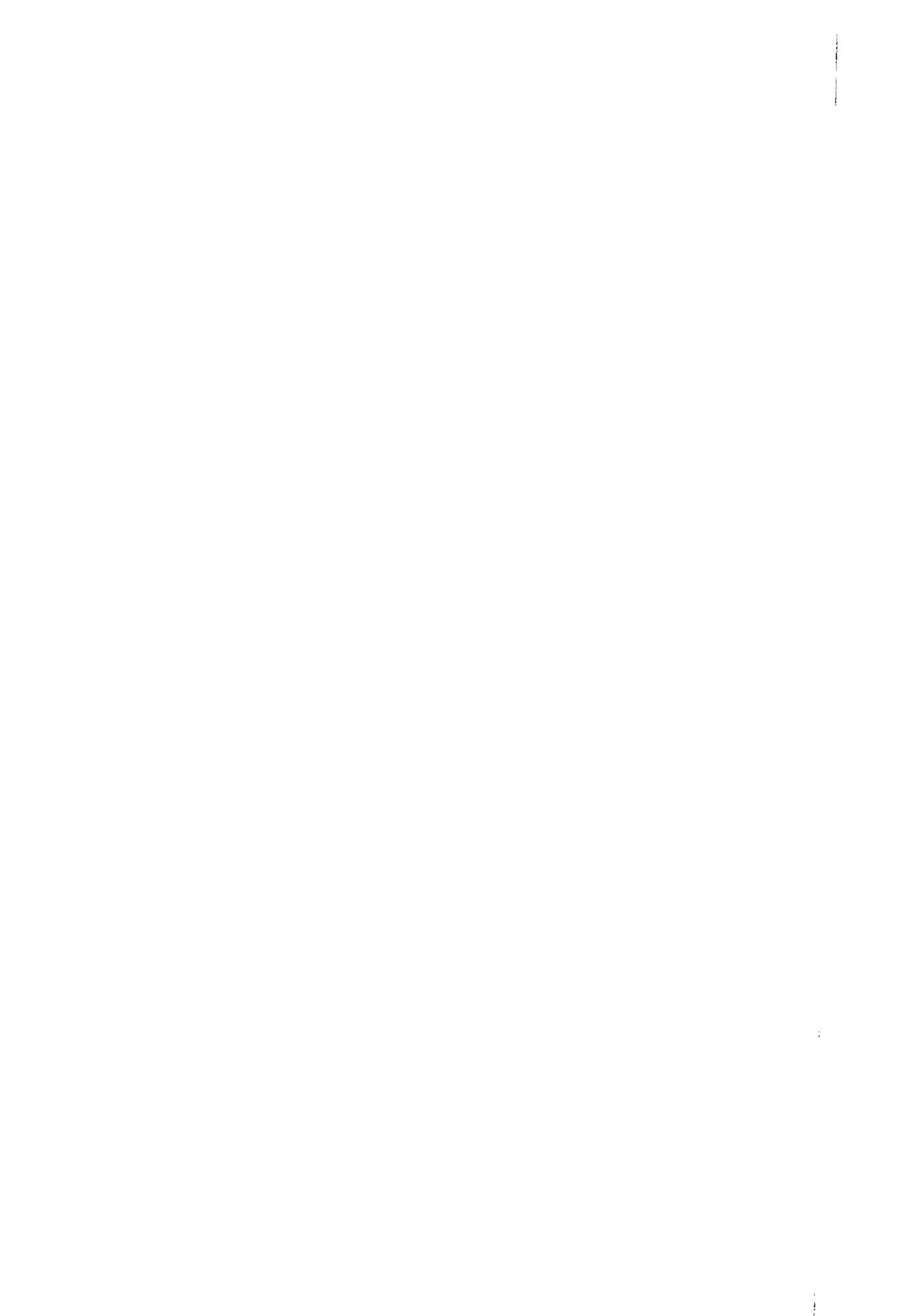


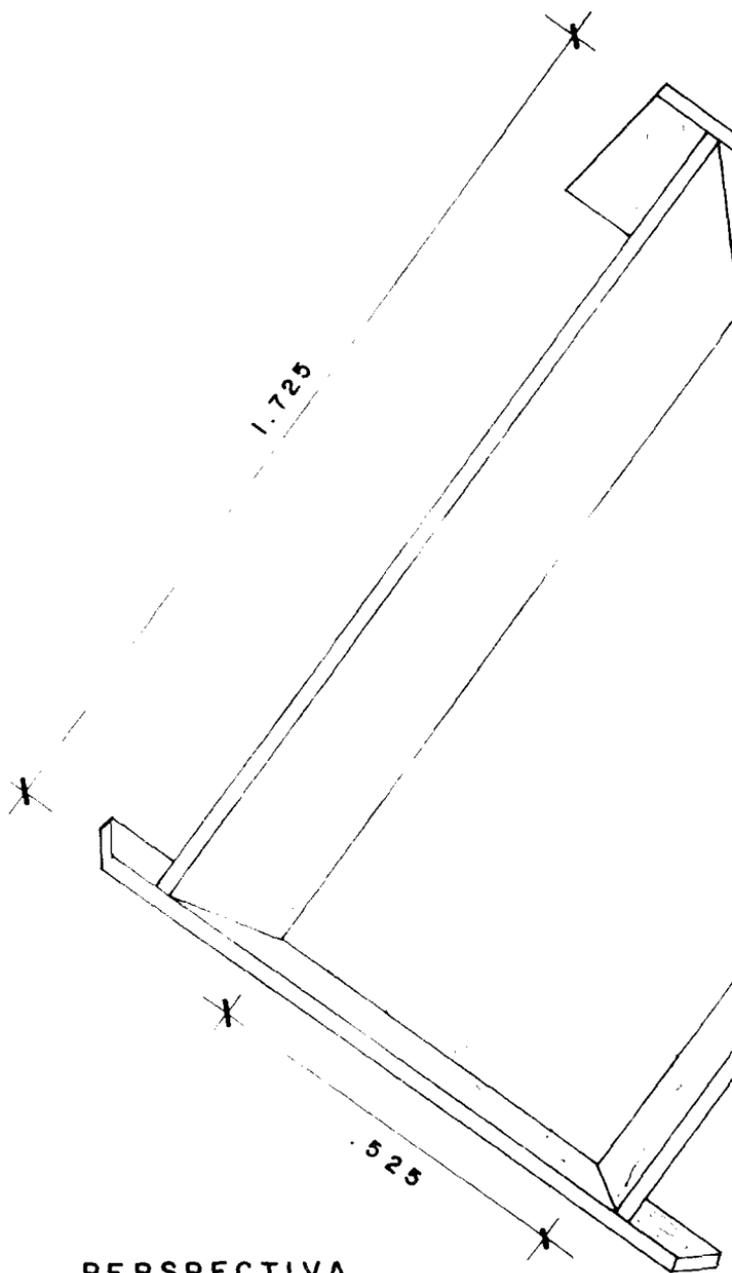
ELEVACION LATERAL ESC. 1:15



proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO

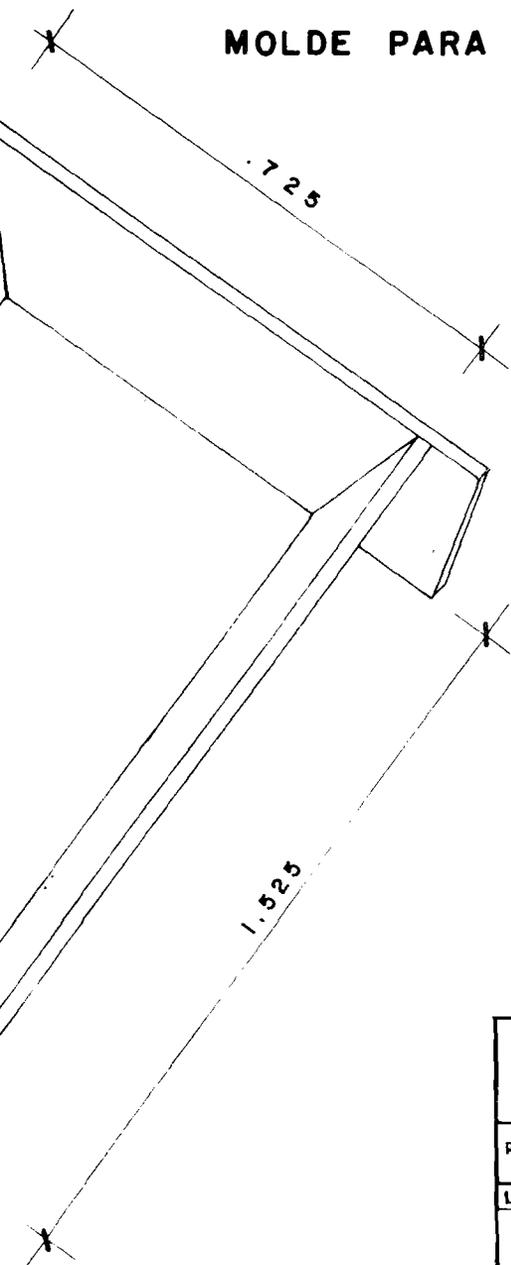
LAMINA	contiene: PERSPECTIVA ELEVACIONES	escala: INDICADAS
4	capacidad: 18 M3	tipo: XOCHICALLI-MEXICO





PERSPECTIVA

MOLDE PARA TAPADERA



olade

proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO

LAMINA

contiene:

escala:

5

PERSPECTIVA

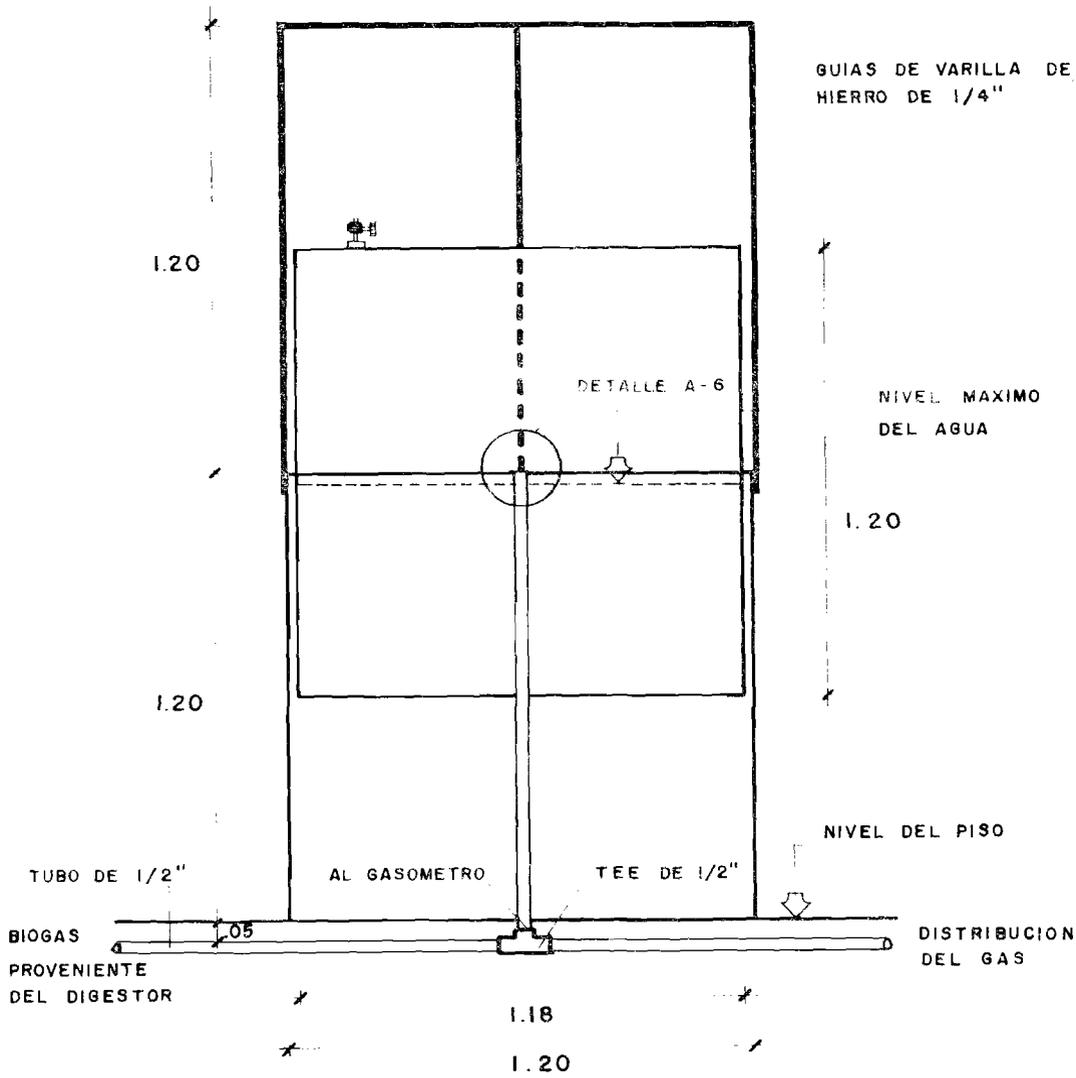
SIN ESCALA

capacidad:

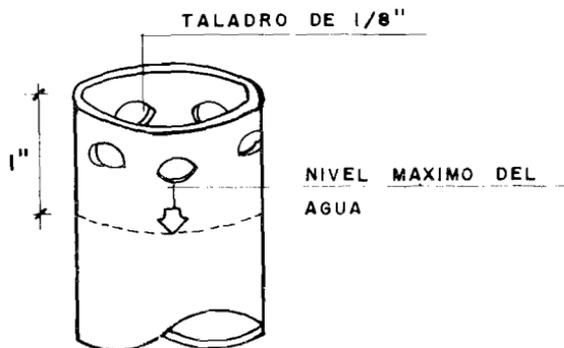
tipo:

16 M3

XOCHICALLI-MEXICO

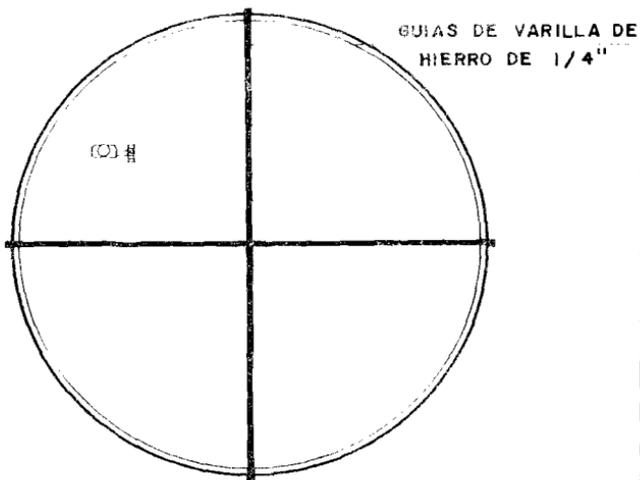
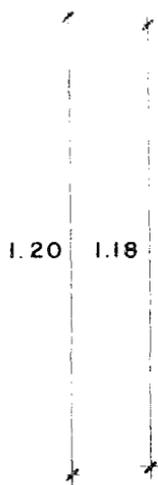


ELEVACION ESCALA. 1:20



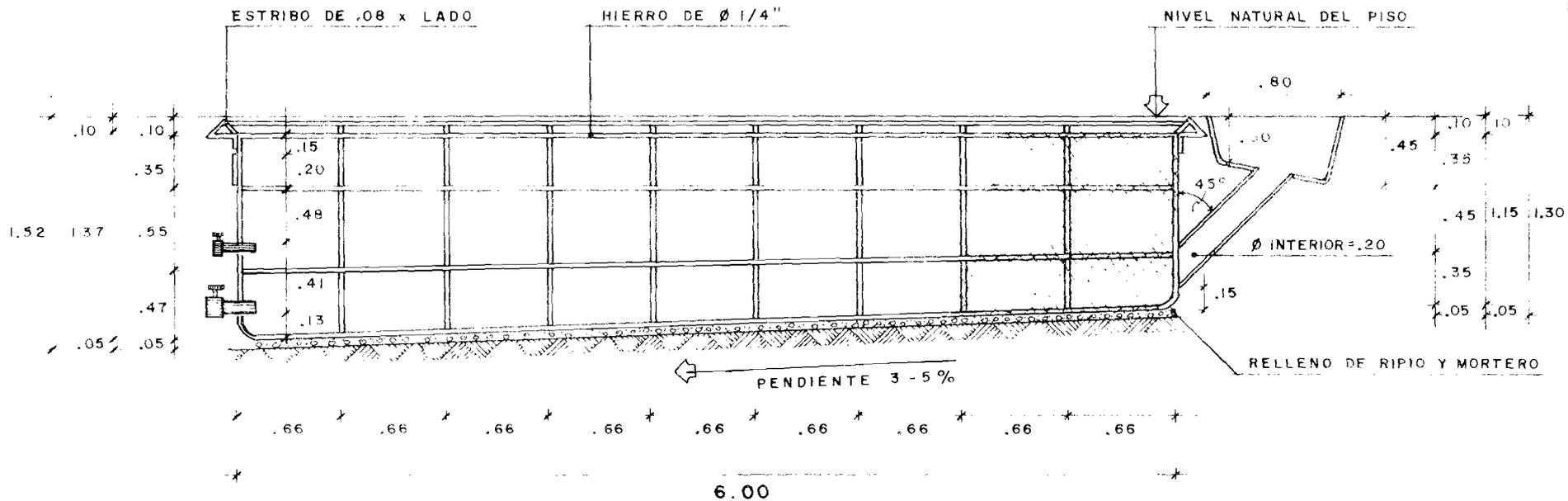
DETALLE A-6

TUBO DEL ALIMENTADOR



PLANTA ESC. 1:20

		
olade		
proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO		
LAMINA	contiene: PLANTA-DETALLE ELEVACION	escala: INDICADA
6	capacidad: 12 M ³	tipo: XOCHICALLI-MEXICO

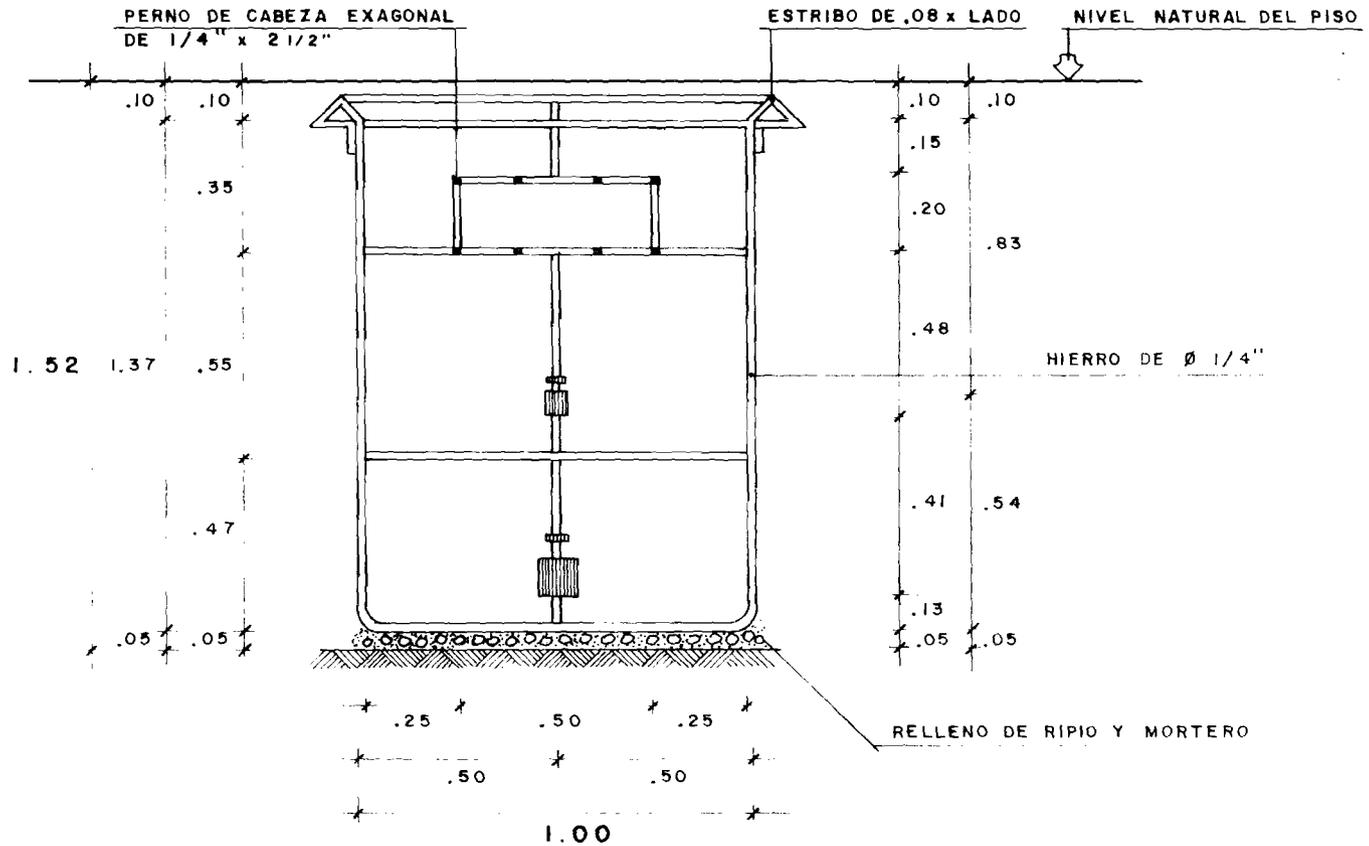


ARMADURA DE HIERRO (ELEVACION LATERAL) ESC. 1:40

 olade		
proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO		
LAMINA	contiene:	escala:
2	ELEVACION L. capacidad: 12 M3	INDICADA tipo: XOCHICALLI-MEXICO



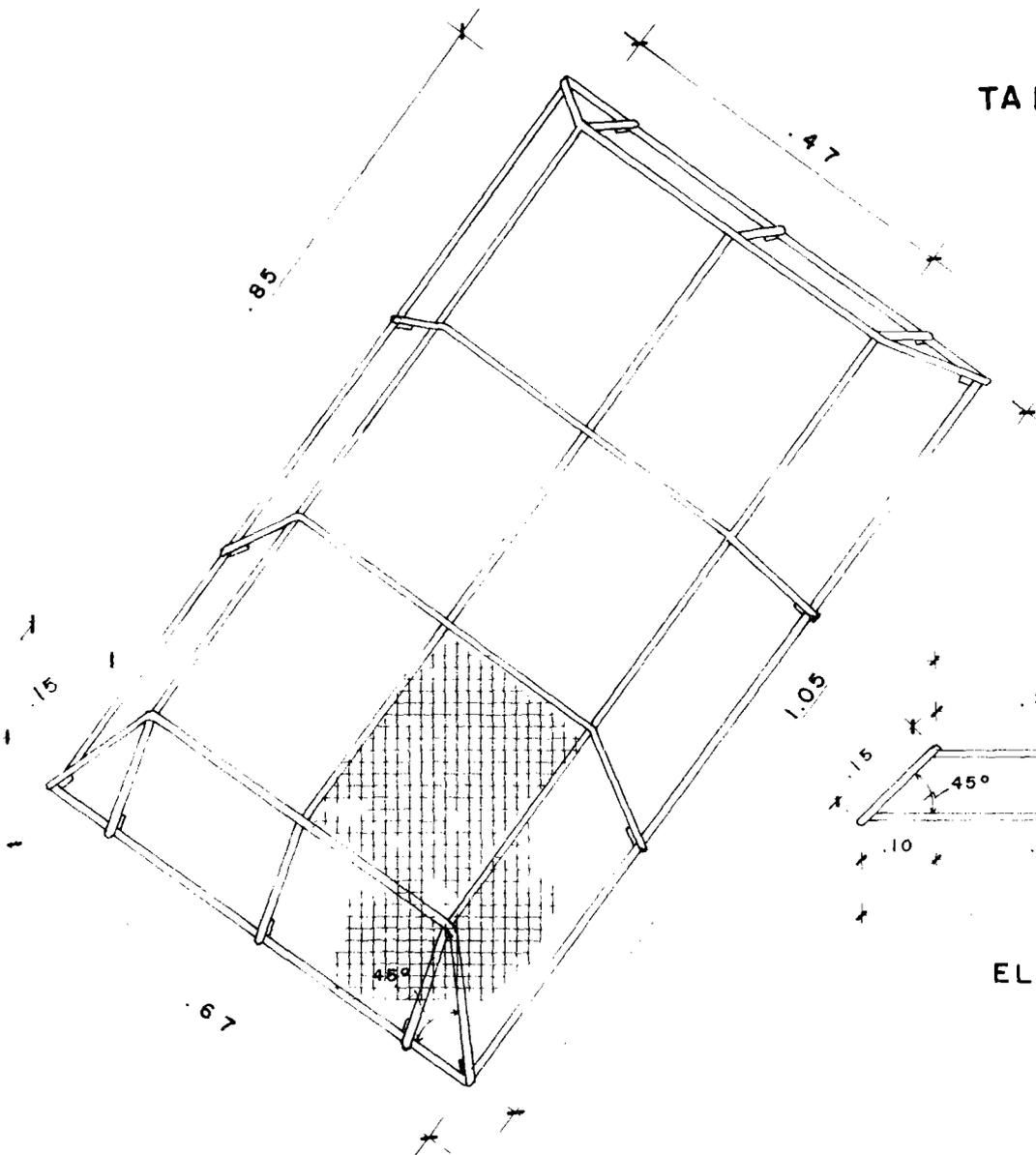
ARMADURA DE HIERRO (ELEVACION FRONTAL) ESC. 1:20



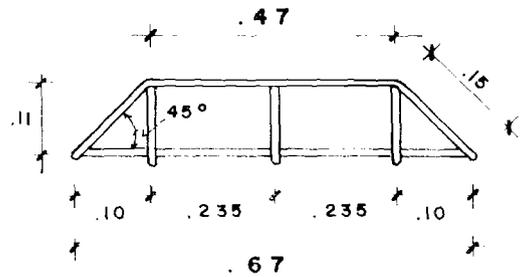
proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO

LAMINA	contiene:	escala:
3	ELEVACION F.	INDICADA
	capacidad: 12 M3	tipo: XOCHICALLI-MEXICO

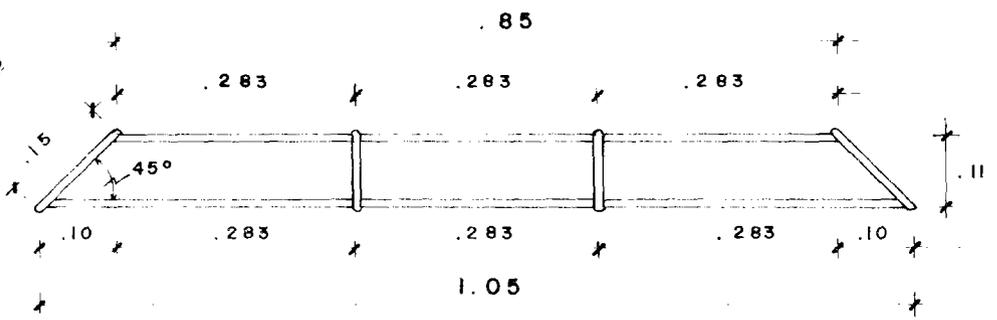
TAPADERAS (ARMADURA DE HIERRO)



PERSPECTIVA



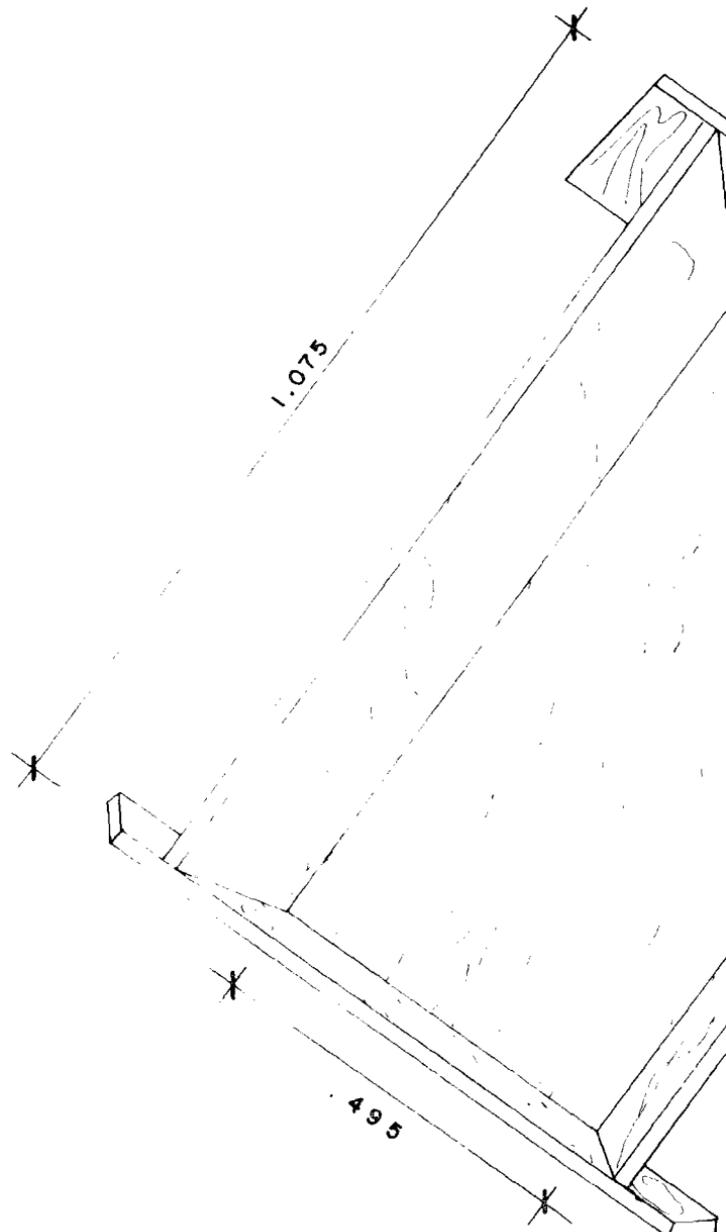
ELEVACION FRONTAL ESC. 1:15



ELEVACION LATERAL SIN ESCALA

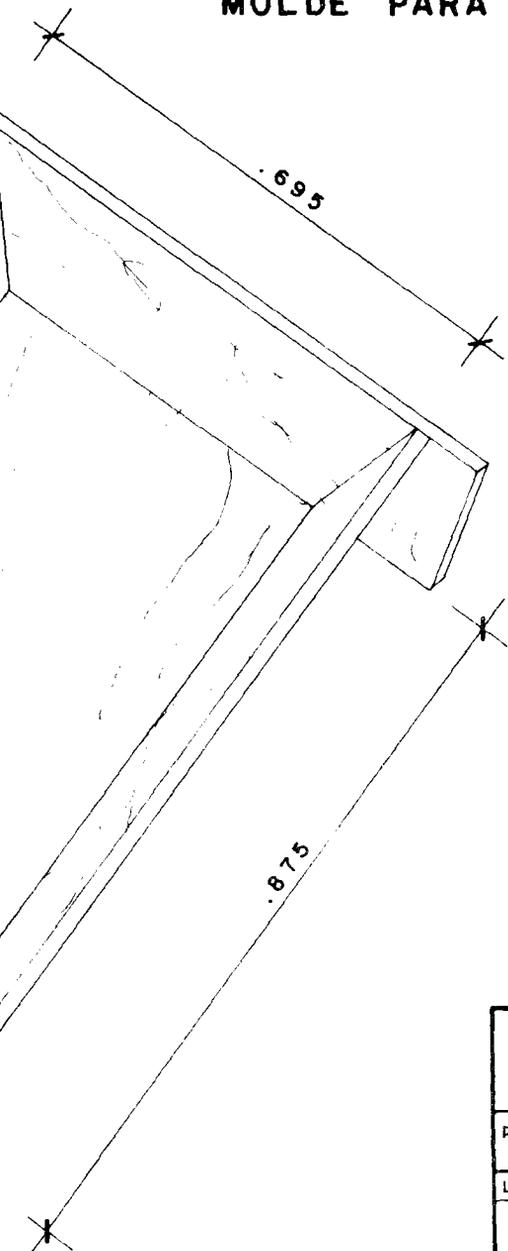
 olade		
proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO		
LAMINA	contiene: ELEVACIONES PERSPECTIVA	escala: INDICADAS
4	capacidad: 12 M3	tipo: XOCHICALLI-MEXICO





PERSPECTIVA

MOLDE PARA TAPADERA



olade

proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA
FERROCEMENTO

L A M I N A

contiene:

escala:

5

PERSPECTIVA

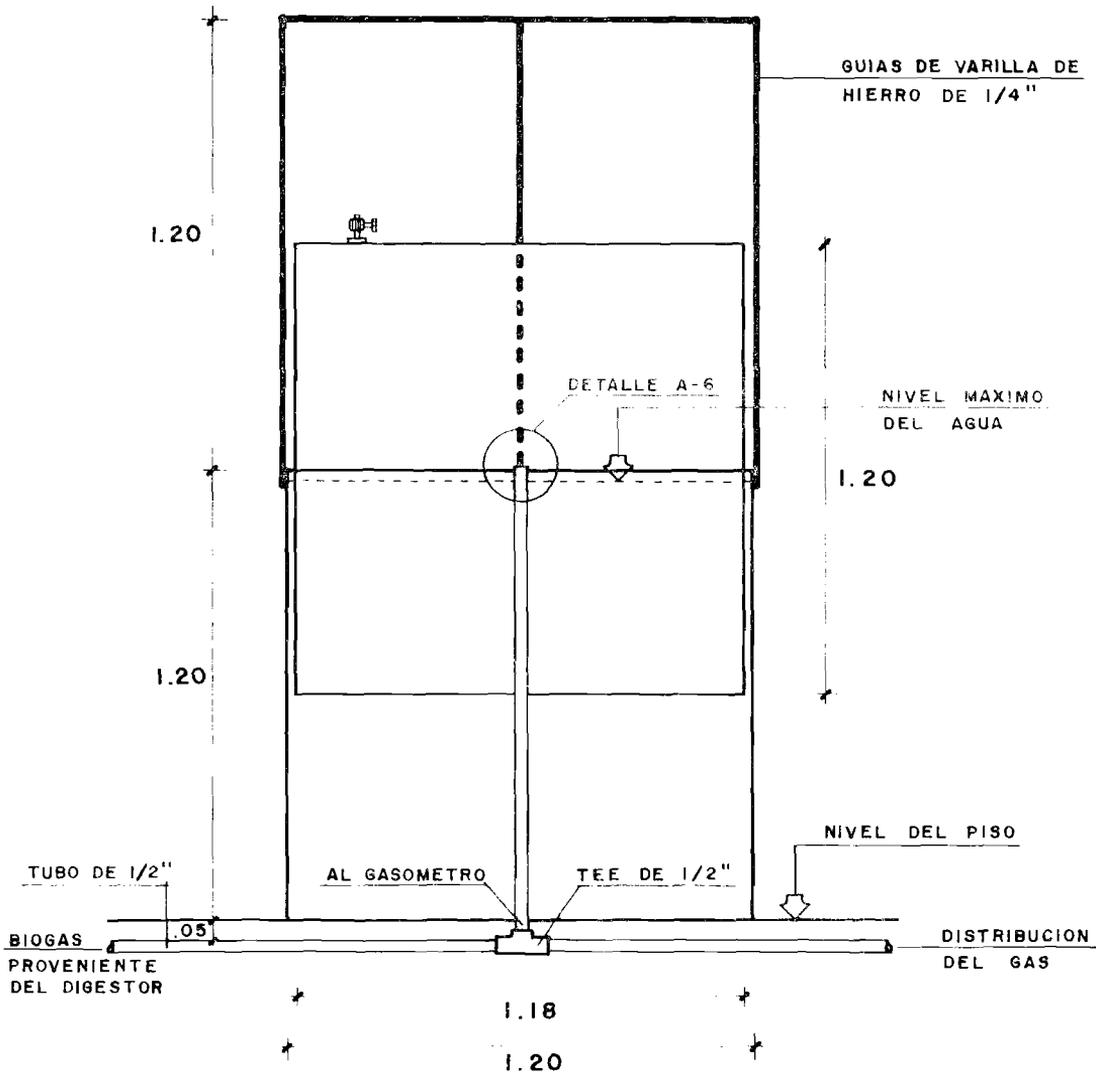
SIN ESCALA

capacidad :

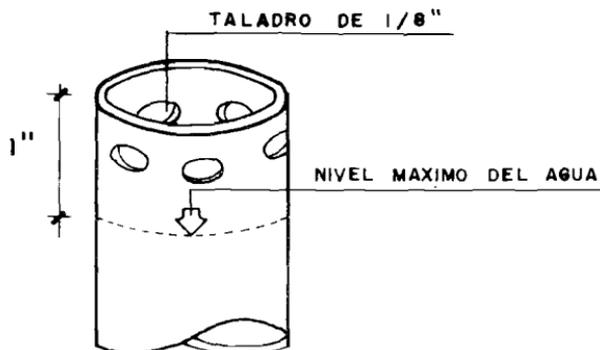
12 M³

tipo:

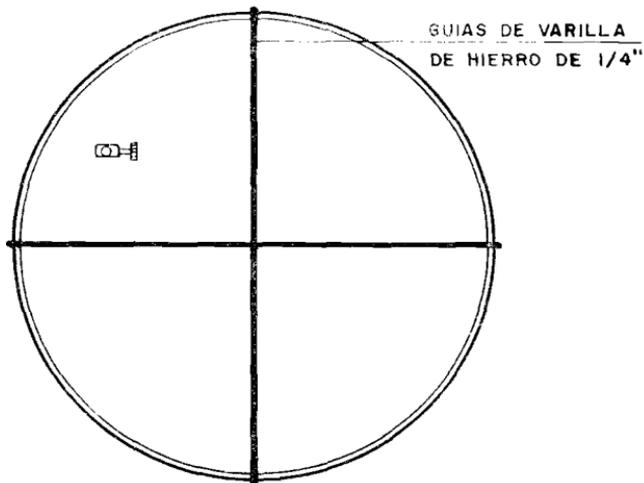
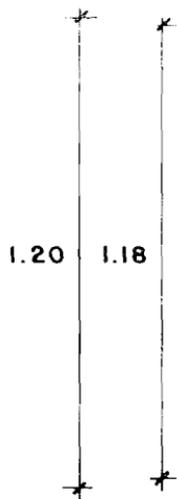
XOCHICALLI-MEXICO



ELEVACION ESCALA. 1:20



DETALLE A-6
TUBO DEL ALIMENTADOR



PLANTA ESC. 1: 20



olade

proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA
 FERROCEMENTO

LAMINA	contiene: PLANTA- DETALLE ELEVACION	escala: INDICADAS
6	capacidad: 16 M3	tipo: XOCHICALLI-MEXICO



3.4 MATERIA PRIMA PARA LOS DIGESTORES

Como materia prima para este tipo de digestores se puede utilizar basura orgánica, aguas negras, estiércoles, desechos industriales orgánicos, residuos de cosechas, etc. A la mezcla de sólidos introducida al digestor hay que añadirle líquido (agua y/? inóculos) hasta tener un 90% de dilución aproximadamente.

3.5 OPERACION DEL DIGESTOR

Similar a la descrita en el sistema Chino, es decir, su carga es semicontinua o continua la carga inicial se hace preferentemente con material precompostado. La adición de líquido inicial, preferiblemente mezclada con 10% de líquido residual de otro digestor o de un pozo séptico.

La carga se debe hacer hasta que el líquido cubra la boca del tubo de alimentación. La operación de desnatado se hace 2 o 3 veces al año. Tener en cuenta que a los 15 días de realizada la carga inicial, se forma la primera nata, por lo que hay que hacer drenar líquido hasta el nivel inferior de la composta de desnatado y proceder a extraer la nata con un dispositivo diseñado para tal fin, por arrastre.

Es necesario asegurar que no existan fugas, principalmente a través de los tornillos de la compuerta de desnatado.

Descarga del digestor: debe hacerse en tal modo que baje a un nivel máximo de 50 cm. del fondo para no parar el proceso. El descargue puede hacerse diariamente, por quincena, mensualmente, etc. 2/3 partes de la carga diaria puede descargarse como líquido y 1/4 parte como lodo.

El agua extraída puede recircularse para economía de la misma.

3.6. UTILIZACION DE LOS PRODUCTOS DE LA DIGESTION

Los lodos del digestor tienen una humedad del 88%, lo que permite que sean manejados como estiércoles corrientes. Tienen la ventaja de ser producto terminado y concentrado; aplicado a cultivos, rinde más a medida que su efecto se vaya acumulando.

El líquido extraído se puede manejar por cualquier sistema de riego sin problemas de obstrucciones ni sedimentos (contiene menos del 1% de sólidos).

Los dos productos mencionados pueden aplicarse como fertilizante a la tierra, como material inerte, o ser usado en cultivos hidropónicos. El líquido de drenaje puede servir también para alimento de peces y aves, estudiándose actualmente su uso en animales mayores (proteínas del orden del 10%, base seca, además de vitaminas, minerales, hormonas, etc.)

La nata puede someterse a reciclaje o a un proceso de compostación.

