

19  
zej

"SALA DE CONCIERTOS"

ARQ. JORGE TARRIBA RODIL

ARQ. GIULIA CARDINALI PESSANI

ARQ. EDUARDO NAVARRO GUERRERO

OSCAR ANTONIO ANAYA AMOR  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
U. N. A. M.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

# INDICE

INTRODUCCION .....	-1-
ANTECEDENTES .....	3
CARACTERISTICAS ACUSTICAS .....	-5-
1. Reverberación	
2. Reflexión de sonido	
3. Distribución de sonido	
4. Niveles de contaminación por ruido o silencio	
DEFECTOS ACUSTICOS .....	-17-
1. Eco	
2. Concentraciones de sonido	
3. Espacios Acoplados	
4. Distorsión	
5. Resonancia del cuarto	
6. Sombras sonoras	
TABLAS COMPARATIVAS ENTRE DIFERENTES SALAS .....	-30-
LOCALIZACION .....	-33-
1. Antecedentes	
2. Características del terreno	
3. Clima	
4. Extensión y delimitaciones	
5. Notas	

PROGRAMA DE NECESIDADES ..... -35-

1. Sección administrativa
2. Sección artistas
3. Sección servicios
4. Sección público
5. Esquema de relaciones

MEMORIA DESCRIPTIVA ..... -40-

DATOS GENERALES DE LA SALA ..... -43-

PROYECTO ARQUITECTONICO ..... -44-

BIBLIOGRAFIA

## INTRODUCCION

Proyectar en la arquitectura es idear, trazar y proponer el plan y los medios para la ejecución de una edificación. Para idear cualquier obra arquitectónica no sólo es fundamental iniciar un proceso de investigación para satisfacer todas las necesidades de las funciones del edificio, sino que es menester delimitar primero, ¿cuáles son los conceptos teóricos que subyacen a la obra que se va a construir? y segundo, ¿cuáles son los objetivos prácticos que justifican la realización de la obra?

La música, que constituye el concepto teórico fundamental de una sala de conciertos, puede definirse como el arte de combinar los sonidos de los instrumentos o de la voz humana, o de unos y otros, de suerte que produzca deleite al escuchador, conmoviendo la sensibilidad. La arquitectura no solo requiere de conocimientos técnicos y científicos que reúnan las condiciones de resistencia y utilidad práctica, sino que, como arte busca la belleza de la forma. De esta manera, la música y la arquitectura tienen la finalidad común de expresar, transmitir y ejecutar la belleza, a través de los sonidos en el caso de la primera y de las formas en la segunda.

Schelling (1) dijo de la arquitectura, que es música congelada y efectivamente, ambas partes, la arquitectura y la música se basan en una armonía de relaciones que pueden reducirse a números y que, por tal motivo, son fáciles de captar en sus rasgos esenciales.

El motivo personal que ahora me lleva a presentar una sala de conciertos como tesis profesional ha sido mi gusto y afición por ambas disciplinas. Reunirlas de esta manera representa para mí, la culminación de esta inclinación, por un lado, y la contribución al fomento de las mismas, en servicio del arte para el arte.

En el aspecto práctico, sería lo posible que los legados magníficos de los grandes maestros no llegaran más aibiguos especializados para la ejecución de sus obras que dan sabida a las generaciones actuales y aquellas por venir?

En la Ciudad de México, sólo existe una sala de conciertos concebida como tal desde sus inicios ( la sala Netzahuacōyotl que alberga nuestra universidad), los demás lugares que se ocupan para tal finalidad son: teatros, auditorios de usos múltiples o salas cinematográficas adaptadas. De acuerdo a su ubicación y características, esta sala podría ser la sede de la orquesta sinfónica del Estado de México.

El propósito de la siguiente investigación es proporcionar al lector una guía práctica de los principales cualidades y defectos que intervienen en el diseño acústico de una sala de conciertos.

---

(1) Hegel, W. "La arquitectura". Ed. Kairos p. 85

## ANTECEDENTES

En el ejercicio de proyectar en la arquitectura, es de suma importancia tomar en cuenta los factores relevantes al tipo de actividad que se va a desarrollar en el espacio objeto de un proyecto. En el caso específico de una sala de conciertos, la actividad preponderante es la ejecución y la audición de música sinfónica, de cámara, ópera, de bandas, folclórica, etc.

La música tiene dos aspectos fundamentales: uno artístico, que es melodía y armonía; y otro científico, que es sonido, por tanto, susceptible de ser medido y analizado dentro del campo de la ingeniería acústica.

La ingeniería acústica proporciona un conjunto de conocimientos y técnicas para el estudio y la aplicación de la formación y la propagación de los sonidos. A través de este estudio se puede lograr la respuesta acústica deseada para cualquier tipo de recinto.

Por esta razón en este trabajo se propone que, en la fase de planeación del proyecto de una sala de conciertos, se estudie la respuesta acústica de los materiales y las formas que habrán de intervenir en su construcción, como actividad rectora de diseño.

Existen dos requisitos de igual importancia, según Cavanaugh (1), experto en acústica, para obtener el sonido adecuado en una sala



de conciertos:

- Diseñar el escenario como emisor de sonido, de manera que el sonido viaje direccionalmente hacia el auditorio, tal como una bocina. Los muros laterales se disponen en forma diagonal abriéndose hacia el público, al igual que el techo del escenario. Los muros no deben tener la forma de una caja, ya que las paredes paralelas tienden a producir resonancias molestas (2). Estos muros deben estar forrados con materiales reflejantes para que los ejecutantes puedan escucharse a sí mismos, sin este recurso, los músicos pierden la dimensión del sonido y disminuye la calidad de su ejecución. Petzold (3) propone que la distancia máxima entre los ejecutantes y el muro reflejante no debe exceder la distancia de 7.20 m (24 pies).

- Diseñar el auditorio como receptor de sonido en condiciones tales que permita al público escuchar y ver cómodamente desde las butacas. Este debe tener una forma tal que atraiga la mayor cantidad de energía sonora sobre el área de audiencia, que se puede lograr por medio de superficies reflejantes en muros y plafones para dirigir el sonido, y utilizando el recurso de la isóptica, que evita que el sonido se pierda por absorción en las primeras filas del auditorio.

---

(1) W. J. Cavanaugh, "Acoustics", en Time-Saver Standards, pp. 420,421.

(2) Cfr. capítulo "Principales defectos acústicos en salas de conciertos", p. 17 de este trabajo.

(3) Petzold, "Raum Akustik" en Acoustics on Buildings, p. 92.

## CARACTERÍSTICAS ACUSTICAS

Las características acústicas más importantes para lograr una buena audición son: reverberación, reflexión de sonido, distribución de sonido, niveles de contaminación por ruido o silencio y niveles de absorción. A continuación se analizan en forma detallada cada uno de estos conceptos.

### 1. Reverberación.

La reverberación es necesaria para dar brillos y vida al sonido. Es el decaimiento uniforme de presión sonora producido por los sucesivos reflejos de las ondas sonoras en las superficies sonoras de un recinto.

Es importante aclarar la diferencia entre la reverberación y el eco (1), porque son comúnmente confundidos. El eco es la clara repetición de un sonido reflejado desde una superficie distante, que se enciema a los sonidos siguientes provocando confusión. Es un fenómeno indeseable en la mayoría de los recintos, mientras que la reverberación adecuada es una cualidad.

El tiempo de reverberación en un local se define como el tiempo que requiere un sonido para disminuir en un millonésimo su intensidad original (60 decibeles) después que el emisor de

---

(1) Cfr. capítulo "Principales defectos acústicos" de este trabajo p. 17

sonido se ha silenciado.

El tiempo de reverberación esta en función del número de metros cuadrados ocupados por la audiencia y el número de metros cúbicos del recinto (ver tabla 1). A mayor volumen mayor tiempo de reverberación y mientras mas grande es la superficie cubierta por materiales absorbentes, menor es el tiempo de reverberación. En muchos teatros y auditorios, la audiencia constituye el principal elemento absorbente de sonido.

El criterio de tiempos de reverberación en los auditorios varía ampliamente de acuerdo a la actividad específica que se desarrolle en ellos. La "Tabla de tiempos de reverberación recomendables" (tabla 2), de "Eolt Beranck & Newman Inc." (1), proporciona una guía para el cálculo de tiempo de reverberación requerido para la audición de música sinfónica, así como de otro tipo de eventos.

## 2. Reflexión del sonido.

El sonido es una forma de energía, y como tal se desplaza a través del espacio en forma de ondas esféricas, y al encontrar una barrera sufre una reflexión. La magnitud de la reflexión depende de la naturaleza de la superficie reflejante. En el caso de superficies porosas la reflexión es mínima, ya que la mayor

---

(1) Cfr. Enciclopedia Britannica, tomo 1, pp. 56,57

parte de la energía queda retenida (absorbida) por los materiales. Así, mientras menor poroso es el material, mayor es la reflexión.

Es necesario considerar que las superficies con dimensiones mayores que la longitud de onda, reflejan el sonido en forma geométrica. De otra manera no hay control sobre las reflexiones.

Las superficies reflejantes deben tener dimensiones mínimas de uno a dos metros para que actúen como "espejos acústicos" (Fig. 1) en una gama de frecuencias audibles para el ser humano. Los objetos pequeños permiten el paso del sonido por difracción y prácticamente no afectan el campo sonoro del recinto.

Es conveniente adecuar, dentro de la sala, superficies difusoras y mezcladoras de sonido, lo cual puede lograrse con superficies irregulares: utilizando cuerpos resacados, quebrados o adosados, con dimensiones de uno a tres metros de ancho y profundidades de 25 a 50 centímetros. Esto da como resultado superficies difusoras de sonido y, al mismo tiempo, la distribución uniforme de sonido en la sala.

Para producir un buen balance de las reflexiones de sonido, hay que lograr una buena difusión en el área del escenario, de modo que los ejecutantes oigan todo el conjunto y a sí mismos, y que todo el conjunto sea escuchado con uniformidad por toda la audiencia.

### 3. Distribución de sonido.

Las ondas sonoras se irradian desde la fuente (la orquesta) y, al distribuirse, disminuyen su intensidad inversamente al cuadrado de la distancia. A esta disminución se debe aumentar la absorción de sonido por las personas que, por difracción sonora es hasta de dos decibeles por fila, dando como resultado una gran cantidad de absorción sonora.

En los antiguos teatros griegos y romanos, se lograba que el sonido llegara a las personas mas alejadas poniendo a la audiencia en la ladera de una colina para aprovechar su inclinación (Fig. 4). Así el sonido que se pierde por absorción es mínimo.

Si se eleva la posición de la fuente sonora con respecto a la audiencia y se usan espejos acústicos de material pesado, duro e impermeable acústicamente, en muros y plafones, se mejora el resultado obtenido por los griegos y romanos (Fig. 5). Ya que además de reducir la absorción de la audiencia, se refuerza el sonido en las partes mas alejadas como resultado de los reflejos de sonido. Los reflexiones deben llegar al escucha con un tiempo no mayor de 30 Mseg. de retraso con respecto a la onda sonora original. Esto se logra evitando que la diferencia entre el recorrido de la onda original y la reflejada exceda la distancia de 10 metros. Esta distancia determina las alturas, inclinaciones y el tratamiento de los planos interiores del auditorio. Un diseño adecuado en muros y plafones ayuda a lograr una buena

distribución de sonido (Fig. 6).

La forma y disposición del auditorio puede tener gran cantidad de variaciones y refinamientos en la colocación de muros y plafones de acuerdo con las normas mencionadas.

De lo anterior se desprende, por una parte, que las personas deben estar en lugares en donde reciban tanto el sonido directo como el reflejado, y que la planta de los auditorios debe obedecer a la reducción de distancias entre la fuente sonora y la audiencia.

#### 4. Niveles de contaminación por ruido o silencio.

El nivel de contaminación por ruido es la cantidad de sonido que existe en un recinto. El análisis del ruido implica no solo la molestia del mismo, sino su especificación: su contenido espectral, la continuidad o intermitencia, si contiene o carece de información.

Las investigaciones en el campo de la acústica nos permiten entender cuanto y que clase de ruido molesta al hombre, le produce fatiga o le impide la comunicación oral, con sus semejantes, y aunque los trabajos hasta hoy realizados no cubren la totalidad de variables existentes, nos permiten definir un criterio para la especificación del ambiente acústico en casi todos los tipos de espacios arquitectónicos. Varios autores han

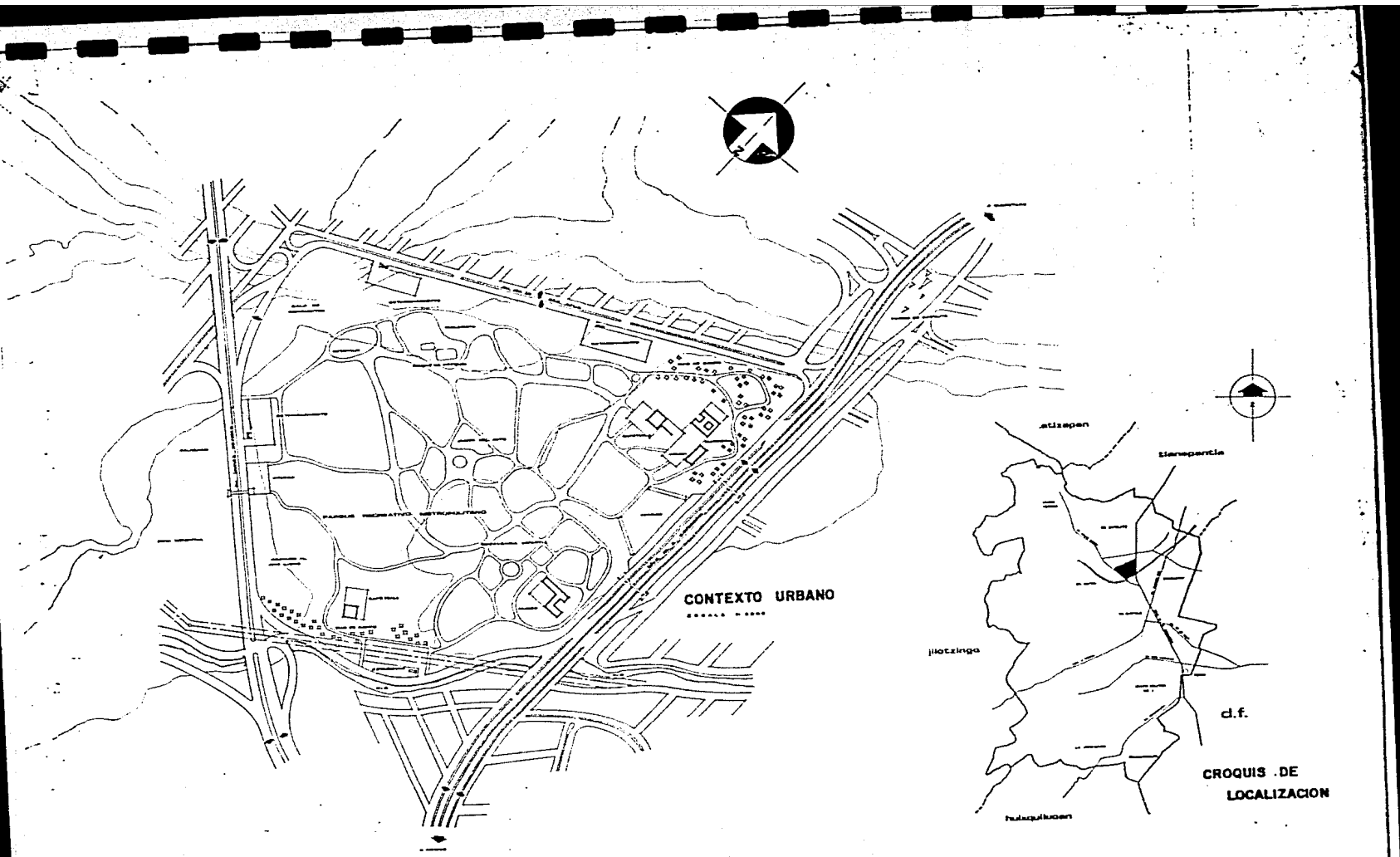
publicado criterios, siendo el más actualizado el de Beranek (1), que está basado en curvas de criterio de ruido preferido "PNC" (preferred noise criteria). (Fig. 7) (tabla 3). Como se puede observar, en espacios en que la audición es de suma importancia, como en teatros, escuelas, etc. se requiere un nivel de ruido de fondo muy bajo; mientras que en oficinas o grandes fábricas en que la comunicación se efectúa hablando a corta distancia se pueden permitir niveles de ruido de fondo más altos.

Es pertinente aseverar, que solo en lugares con muy bajo nivel de ruido se pueden lograr las condiciones necesarias para la buena audición. Si hay mucho ruido, el diseño acústico del recinto tiene poca importancia. En el exterior, el ruido puede provenir de aviones, tránsito de vehículos, o aún el viento que pasa a través de los árboles puede constituir un factor de molestia. En el interior de los edificios, no sólo se tienen los ruidos del exterior que se transmiten al interior, sino que también hay fuentes generadoras de ruido, tales como equipos de clima artificial, proyectores, aglomeraciones de gentes, plantas de luz, etc. Estos factores también deben ser tomados en cuenta al establecer el criterio de ruido de fondo para un proyecto.

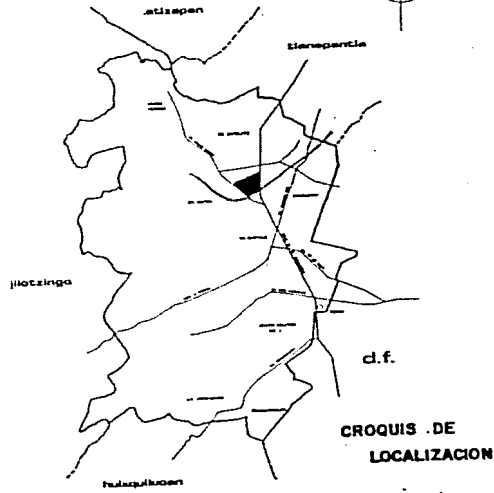
En el exterior, la única forma de proveer de un nivel adecuado de ruido de fondo a la audiencia, consiste en alejarla de la zona de ruido. Por esto, la buena ubicación para un auditorio al aire

---

(1) Beranek Leo L. Noise Reduction, Noise and Vibration Control.

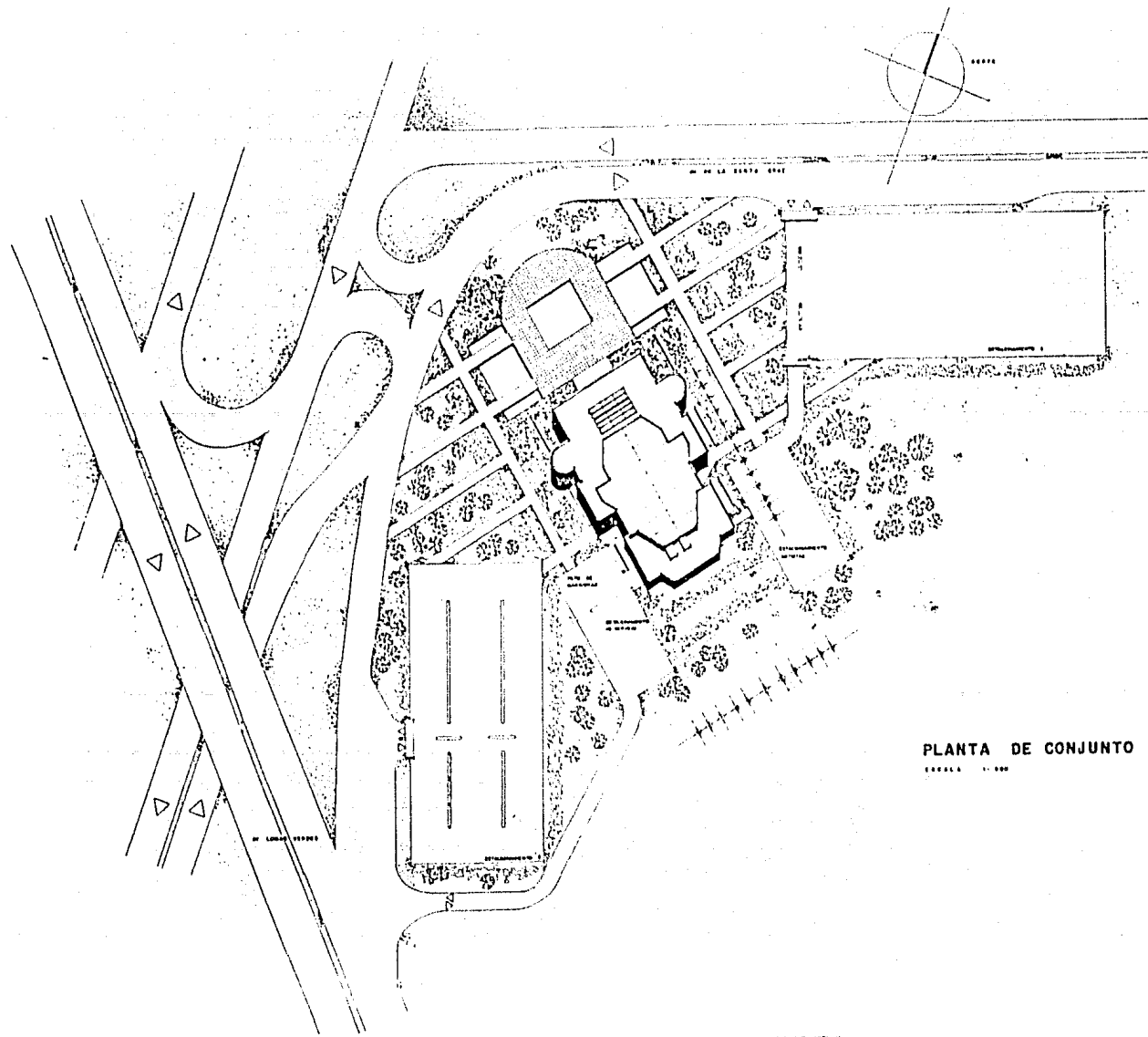


CONTEXTO URBANO

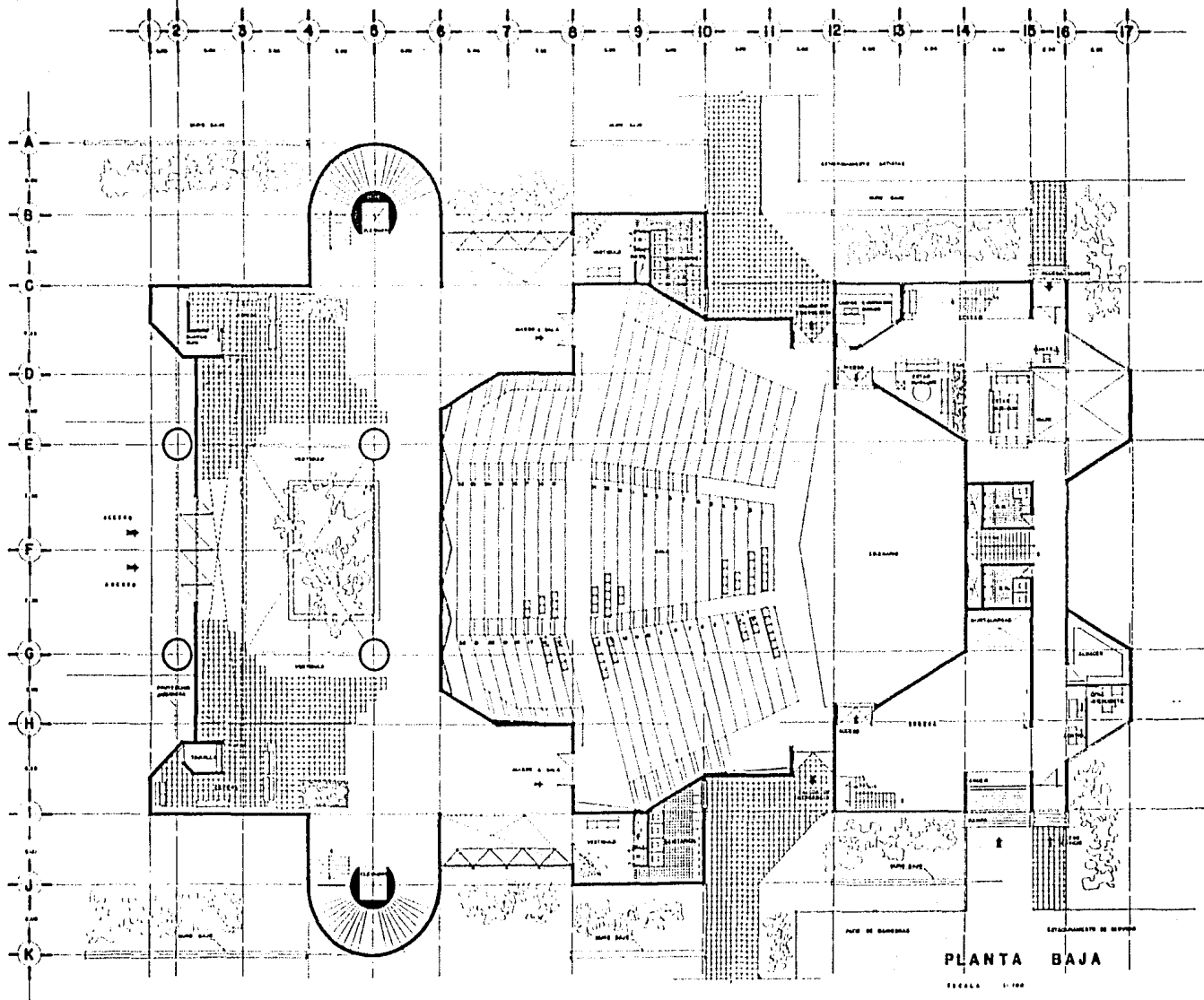


CROQUIS DE LOCALIZACION



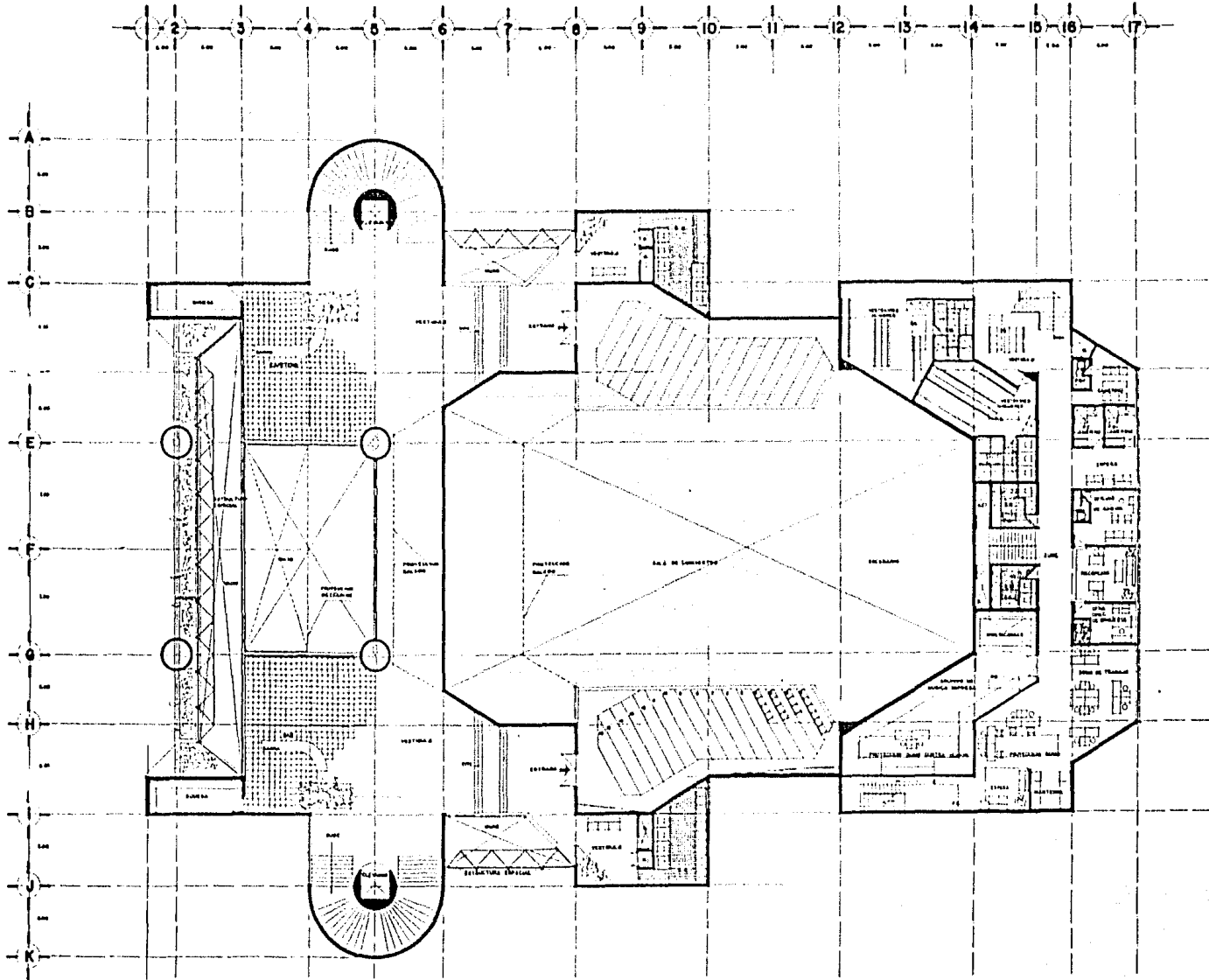


PLANTA DE CONJUNTO  
ESCALA 1:500

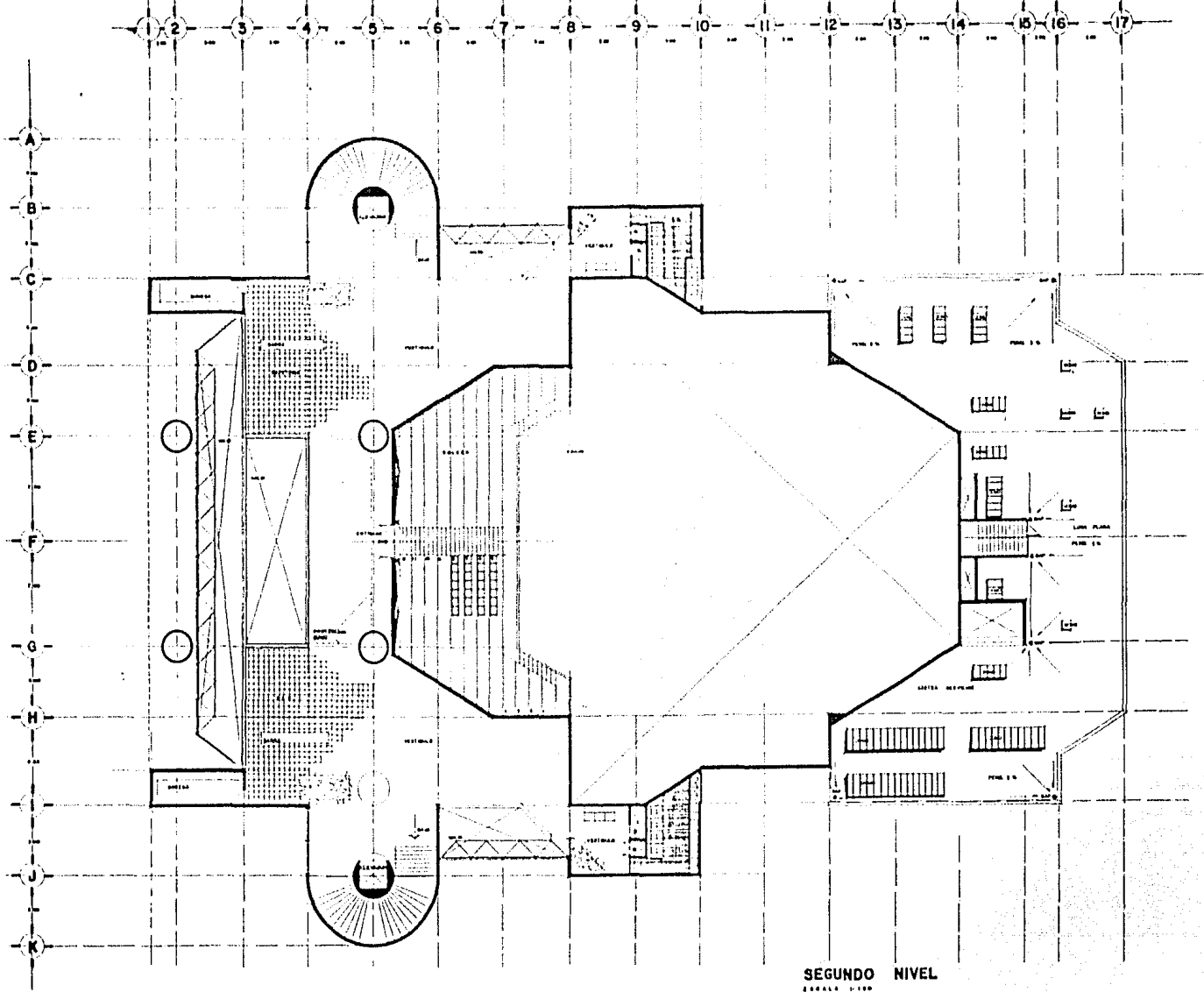


**PLANTA BAJA**

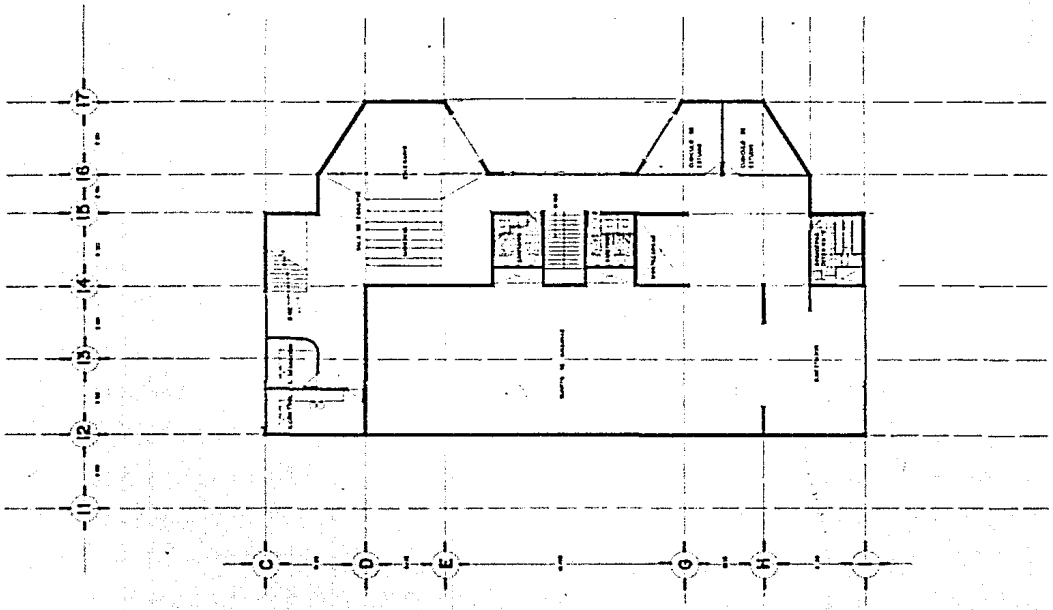
ESCALA 1:100



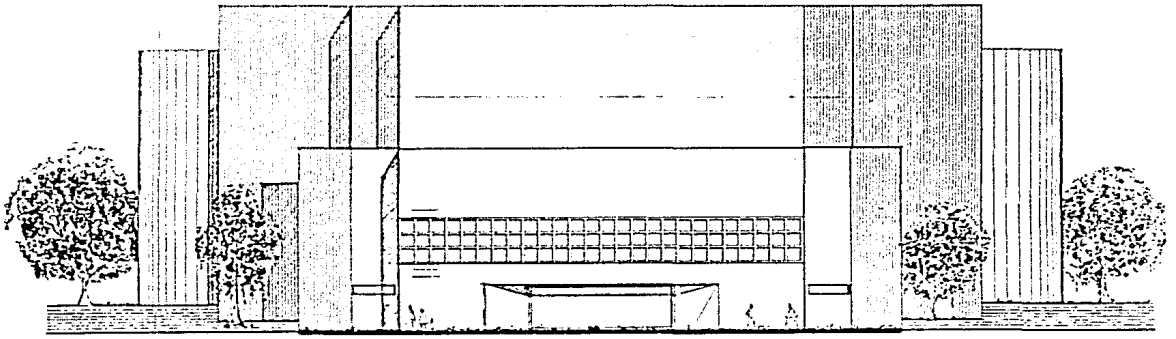
PRIMER NIVEL  
 ESCALA 1:100



SEGUNDO NIVEL  
Escala 1:100

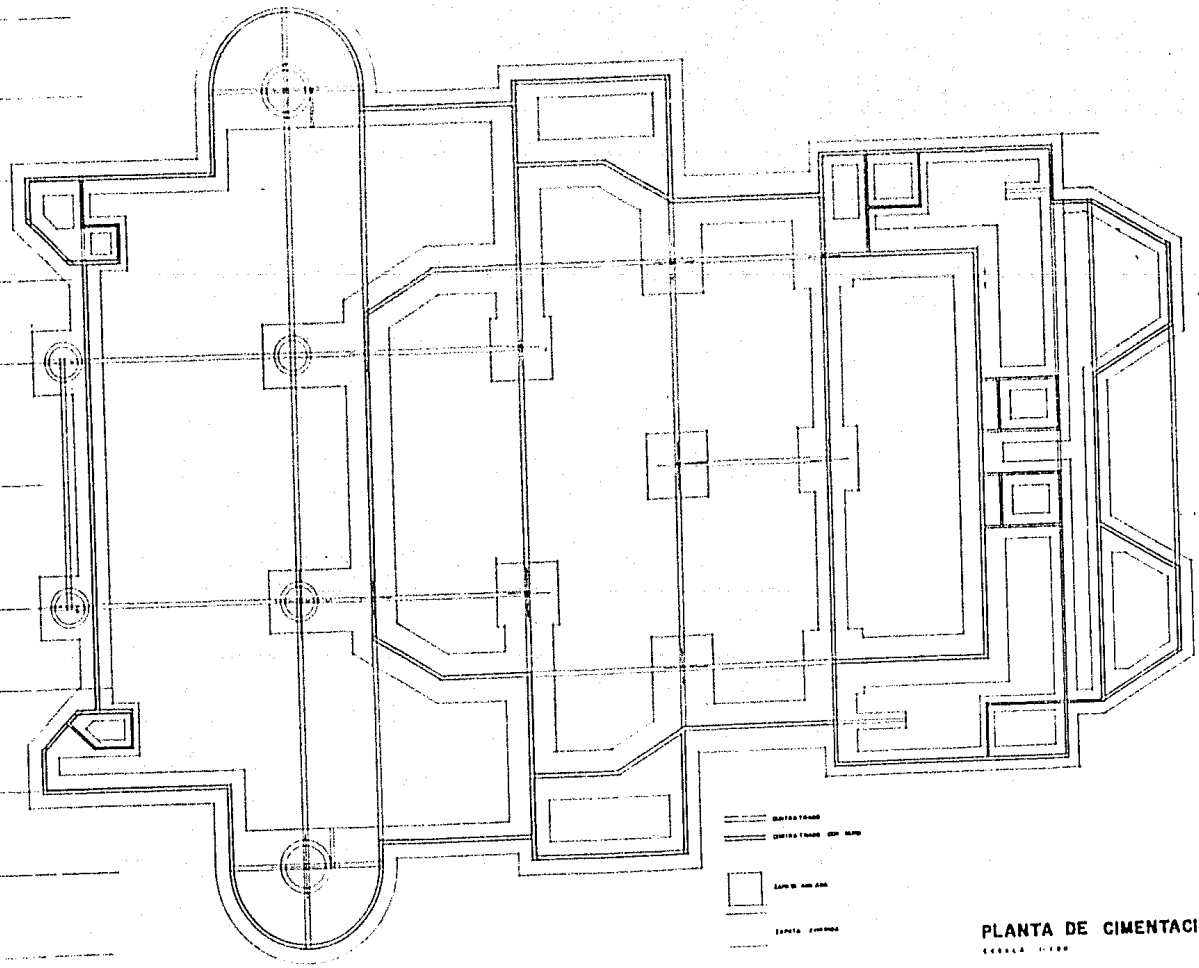
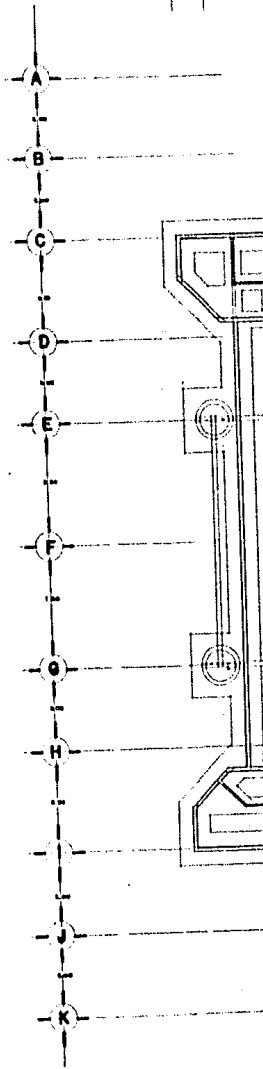


PLANTA SEMISOTANO  
Escala 1:100



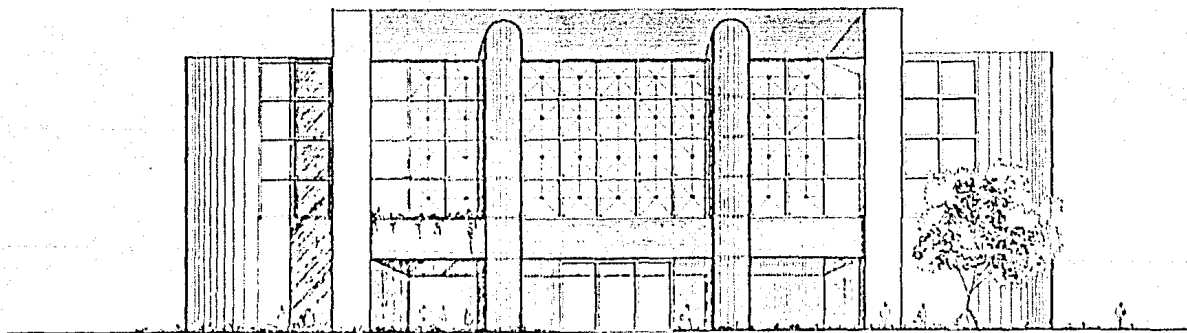
FACHADA POSTERIOR  
Escala 1:100



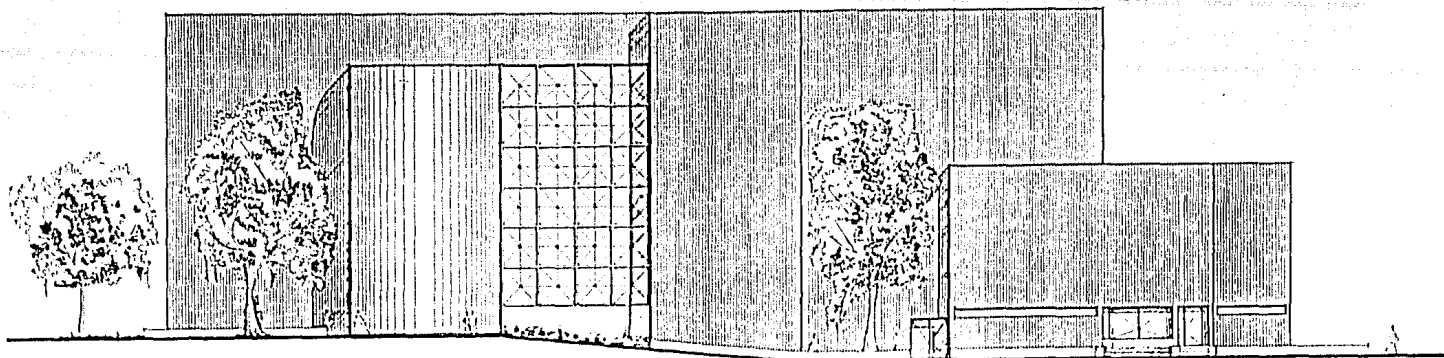
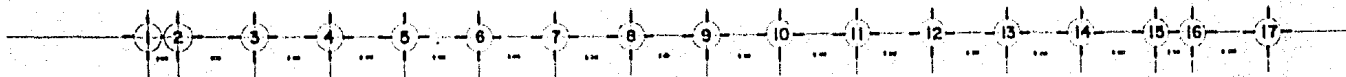


- ==== CIMENTACION
- ===== CIMENTACION CON HERR
- CANTONAMIENTO
- ..... ESPALDA EXTERNA

**PLANTA DE CIMENTACION**  
 ESCALA 1:100

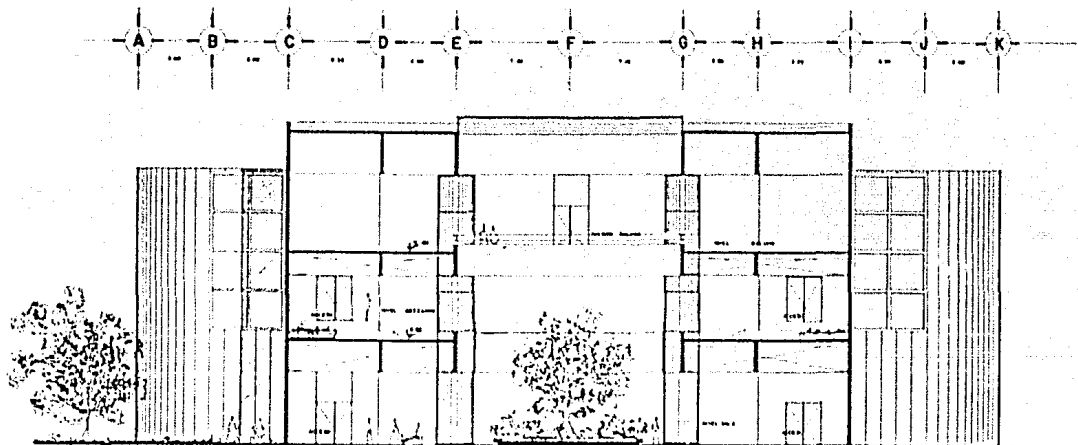


FACHADA PRINCIPAL  
ESCALA 1:100



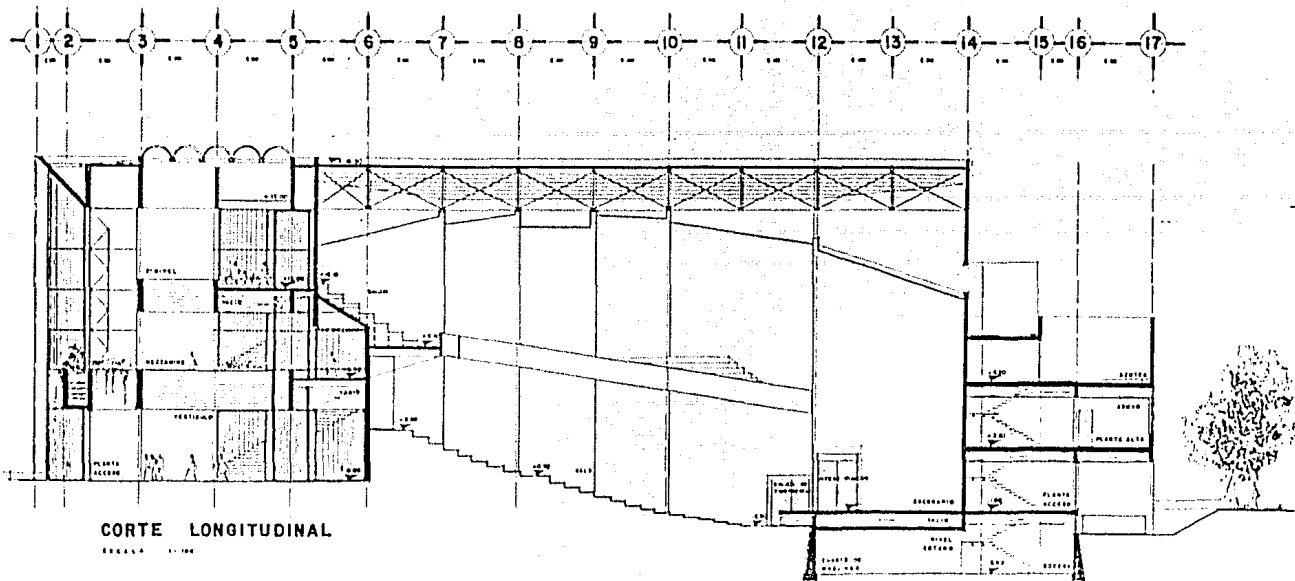
FACHADA LATERAL  
ESCALA 1:100





**CORTE TRANSVERSAL**

ESCALA 1:100



**CORTE LONGITUDINAL**

ESCALA 1:100



