

## **DISEÑO ARMONICO DE UN TEATRO-AUDITORIO**

**M.C. Manuel Sandoval Delgado**  
**Instituto Tecnológico de Hermosillo**  
**Paseo del arroyo #42**  
**Teléfono 2-164385**  
[msandovaldelgado@yahoo.com.mx](mailto:msandovaldelgado@yahoo.com.mx)

El presente proyecto busca la aplicación de la ergonomía en el diseño armónico de un Teatro-Auditorio

Casi la totalidad de las aplicaciones de la Ingeniería Humana han tenido lugar en los sectores militar e industrial. Tradicionalmente esta disciplina se ha enfocado a lo concerniente al diseño de equipo, instalaciones y ambiente relacionado con actividades del trabajo. Lamentablemente en las aplicaciones de carácter social en el diseño de los espacios interiores de nuestros hogares, escuelas, espacios recreativos etc. se han ignorado relativamente, sin embargo las ventajas de la Ergonomía. son igualmente aplicables a todo el espectrum de otras áreas incluyendo virtualmente todos los espacios de nuestra vida. Es decir, nuestras ciudades, comunidades, ( incluyendo no solo aspectos físicos sino también culturales), las construcciones en las cuales nosotros vivimos y trabajamos también instalaciones con otros propósitos, incluyendo el ambiente del entorno natural

El propósito del proyecto es centrarse en una eficaz y eficiente localización y distribución de una instalación aplicando un diseño armónico de espacios interiores tomando en cuenta normas de referencia para un diseño ergonómicamente orientado y estructurado y las disposiciones actuales para un teatro auditorio.

El hombre crea las cosas para servirse de ellas; las dimensiones de éstas han de estar por lo tanto, en relación con las de su cuerpo.

Todo aquel que pretenda dominar el arte del diseño debe empezar por ejercitarse en adquirir el sentido o concepto de magnitud o proporción de lo que tiene que diseñar; bien sean edificios, muebles o productos.

Adquirimos inmediatamente una idea precisa del tamaño de una cosa cuando vemos a un hombre junto a ella, ya sea en realidad o en imagen.

Todo el que diseña debe conocer la razón de porque se adoptan ciertas medidas al parecer por capricho. Debe de saber en que relación de dimensiones se encuentran los miembros de un hombre y que espacios necesita éste para moverse, para trabajar, para divertirse o para descansar en diferentes posiciones.

Debe saber las dimensiones de los aparatos, vestidos etc. Que el hombre utiliza para poder determinar las dimensiones de los muebles o recipientes destinados a contenerlos.

Debe saber el espacio que necesita el hombre entre los muebles de su casa, de su trabajo para que no haya desperdicio de lugar y encuentre comodidad.

Finalmente debe saber las dimensiones de los espacios mínimos en los que el hombre se desenvuelve diariamente ya que con el conocimiento de estos espacios típicos se tiene una visión clara y de ellos se deducen, muchas veces sin pensarlo, las dimensiones necesarias para un gran número de casos.

Además, el hombre no solo es cuerpo vivo que ocupa y utiliza un espacio; la parte sentimental o emocional no es la menos importante. Sea cual fuere la forma de dimensionar un local, de pintarlo, alumbrarlo o amueblarlo, siempre será más importante el “sentimiento” que dicho local despierta en sus usuarios.

Casi la totalidad de las aplicaciones de la Ingeniería Humana han tenido lugar en los sectores militar e industrial. Tradicionalmente esta disciplina se ha enfocado a lo concerniente al diseño de equipo, instalaciones y ambiente relacionado con actividades del trabajo. Lamentablemente en las aplicaciones de carácter social en el diseño de los espacios interiores de nuestros hogares, escuelas, espacios recreativos etc. se han ignorado relativamente, sin embargo las ventajas de la I.H. son igualmente aplicables a todo el espectrum de otras áreas incluyendo virtualmente todos los espacios de nuestra vida. Es decir, nuestras ciudades, comunidades, ( incluyendo no solo aspectos físicos sino también culturales), las construcciones en las cuales nosotros vivimos y trabajamos también instalaciones con otros propósitos incluyendo el ambiente del entorno natural.

La variedad de características del entorno puede tener profundos efectos en la gente. Si ha esto sumamos los efectos de las características físicas de cada ambiente la gente estará influenciada por otro tipo de características que no son físicas, como lo son las sociales, culturales, tecnológicas, económicas y factores políticos del ambiente.. El entorno asociado a estos factores no físicos afectan una gama bastante amplia de la experiencia humana, incluyendo el desempeño en el trabajo y otros aspectos de la vida, como el social, actitudes, satisfacción, e insatisfacción, salud mental, calidad de vida, salud física y bienestar.

## CONDICIONES DE DISEÑO PARA TODO TEATRO

El diseño y construcción de instalaciones y de otras características del ambiente, es un proceso difícil porque un buen diseño deberá estar direccionado a alcanzar varias metas y satisfacer varios criterios simultáneamente. Generalmente no es posible cumplir con todo lo deseado con un diseño sencillo. Por lo cual será necesario jerarquizar los objetivos de diseño ya que estos no son siempre de igual importancia.

En la planeación y diseño de una instalación como un teatro-auditorio como la que nos ocupa son numerosas disciplinas que intervienen como son : ergonomía, antropometría,, biomecánica, arquitectura, diseño interior, ing. civil, ing. eléctrica, ing. mecánica, psicología ambiental, etc.

También deberá tomarse en cuenta entre otras cosas la localización, estilo de arquitectura, tipo de materiales y sus costos.

Pero las más importantes condiciones que se deben de satisfacer son:

**Confort y máxima seguridad, junto con la concentración del observador en la escena.**

En lo que a confort se refiere es condición primordial un aire rico en oxígeno renovado constantemente y sin corrientes molestas, así como una temperatura agradable, un adecuado grado de humedad e iluminación suficiente.

Sistemas de construcción aislantes del calor con superficie suficiente de ventanas en lugar correcto de acuerdo con el mobiliario, ventilación y clima artificial eficaces, son las condiciones primordiales para el bienestar permanente de los ocupantes de una vivienda y en este caso del auditorio.

La temperatura mas agradable para el hombre en reposo esta comprendida entre 18 y 20 grados centígrados, en trabajo entre 15 y 18 grados centígrados según la clase de trabajo, en el caso del auditorio la temperatura se tiene que diseñar para una persona en reposo y sentado en la cual la temperatura media debe ser de 21 grados centígrados y la humedad relativa media debe ser de 21° centígrados y la humedad relativa media es de 20 %.

El hombre puede compararse a una estufa cuyo combustible es el alimento y que produce por kilogramo de peso alrededor de 1.5 kilocalorías/hora. Un adulto de 70 kilogramos de peso desprende por tanto 105 Kcal./h ósea 2520 Kcal./día.



El desprendimiento de calor varía con las circunstancias; aumenta al disminuir la temperatura ambiente y con la actividad corporal. En la calefacción de locales debe procurarse instalar el foco de calor moderado en la parte mas fría de la habitación. Con temperaturas del foco de calor superiores a 70 u 80° se chamuscan las partículas de polvo que el aire lleva en suspensión, lo que produce olor desagradable, así como una desecación molesta de las mucosas que dan la sensación de una atmósfera sofocante.

En gran medida la calidad de la interfase entre cualquier sistema de comunicación visual y el observador es función del grado en que el diseñador de aquel y el espacio que lo albergan sean respuesta a ciertas posibilidades y limitaciones humanas fundamentales.

Los factores más importantes que el diseñador de una instalación de este tipo deben tener en cuenta entran de lleno en la biomecánica del cuerpo humano y en la geometría del campo visual.

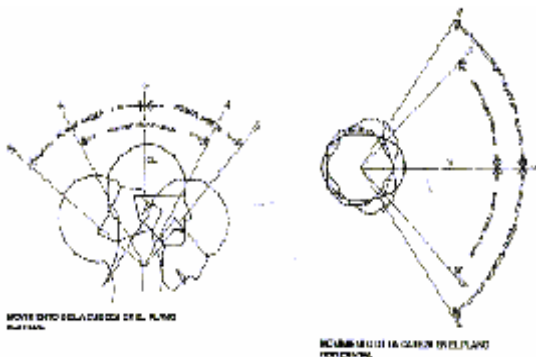
En lo que concierne a la biomecánica se enfoca en este caso a los límites del movimiento de la cabeza, pues serán los límites que tenga en sus movimientos vertical y horizontal los que ampliarán o reducirán su campo de visión. Igualmente significativa es la geometría de este campo, el fijar los conos y los ángulos de visión correspondientes. No olvidemos que conjuntamente al movimiento de la cabeza está la rotación de los ojos, que participa notoriamente en la capacidad del observador para rastrear lo que contempla.

## ANGULOS DE VISION.

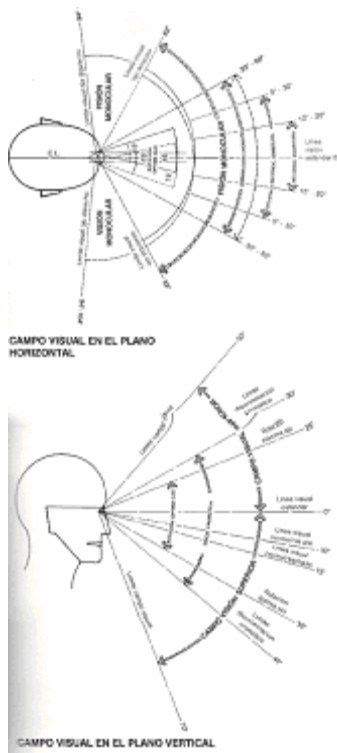
Los movimientos de las articulaciones y las posiciones tienen lugar en tres planos fundamentales: capital, frontal o coronal y transversal, o en otros paralelos a estos. El plano capital es el vertical perpendicular a la anchura del cuerpo y que pasa por el eje del mismo. El plano frontal o coronal es también vertical, contiene el eje del cuerpo y es perpendicular al capital. El plano transversal es el horizontal perpendicular a los dos anteriores.

La amplitud del movimiento de cabeza, en el plano transversal u horizontal. A este movimiento, desde la óptica antropométrica, se le denomina rotación de cuello, el giro alcanza, a derecha izquierda, un ángulo de  $45^\circ$ , magnitud a la que sin dificultad llega la mayoría de las personas.

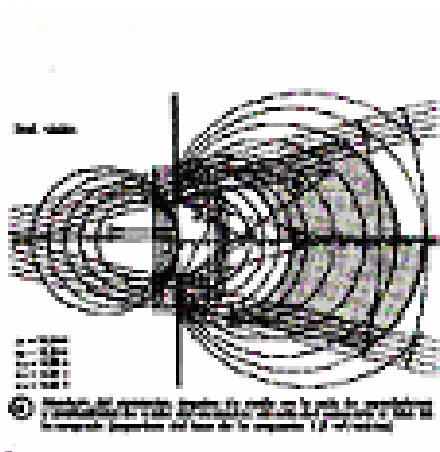
La magnitud de este movimiento, pero en el plano capital o vertical, es sin dificultad alguna y en cualquier dirección va de  $0^\circ$  a  $30^\circ$ . A este movimiento se le denomina flexión de cuello, cuando se trata de disciplinas antropométricas: medido hacia abajo se define como ventral y hacia arriba en dirección a la espalda, dorsal. La internacional estándar orthopaedic measurements (ISOM) denomina al primero flexión y al segundo extensión.



El campo de visión es la porción de espacio, medida en grados, que se percibe manteniendo fijos cabeza y ojos; cuando se refiere a un solo ojo se llama “visión monocular”. En el interior de este campo las figuras pronunciadas no se transmiten al cerebro, haciendo que los objetos parezcan indefinidos y difusos. Cuando un objeto se contempla con los dos ojos, se solapan los respectivos campos de visión y el campo central resulta mayor que el correspondiente a cada uno por separado. Al campo central se le denomina “campo binocular” y tiene una amplitud de  $60^\circ$  en cada dirección. Dentro del mismo si se transmiten aquellas formas pronunciadas al cerebro, se percibe la dirección en profundidad y hay discriminación cromática. En el campo monocular se reconocen palabras y símbolos entre  $10$  y  $20^\circ$  a partir de la línea de visual, y de  $5$  a  $30^\circ$  en el binocular; sobrepasados estos límites, unos y otros tienden a desvanecerse. El ángulo de mejor enfoque se extiende  $1^\circ$  a uno y otro lado de la línea visual. Los colores aunque depende de que se trate, empiezan a desaparecer entre  $30$  y  $60^\circ$  de la línea visual.



Cuando el individuo esta de pie la línea visual normal esta cerca de  $10^\circ$  por debajo de la horizontal. Cuando esta sentado el ángulo se aproxima a  $15^\circ$ . En una posición de autentico reposo, ambos ángulos crecen hasta  $30$  y  $38^\circ$  respectivamente. La magnitud óptima para zonas de visión en casos de exposición es de  $30^\circ$  bajo la línea visual media.



Por lo que para el diseño de estos espacios se reclama gozar de ciertos conocimientos relativos a acústica, visión y audición humanas.

En el diseño de estas instalaciones lógicamente ha de reflejar todas las consideraciones antropométricas que intervengan.

Su aplicación en el proceso de diseño se refiere a la adaptación física, o interfase entre el cuerpo humano y los diversos componentes del espacio interior del teatro.

Aunque la utilización de datos antropométricos nunca sustituirá al buen diseño o al juicio ponderado del profesionalista, debe entenderse como una de las muchas herramientas del proceso de diseño.

Exige ciertos conocimientos de la antropometría de los espectadores altos, bajos de pie o sentados y de las implicaciones que esto conlleva

La distribución general de asientos se planificará de tal manera que se obtenga la mejor visibilidad para el mayor número de personas. Los asientos deben colocarse de tal manera que la línea visual de un observador pase por encima y entre el observador de adelante. La separación entre filas deberá tener la holgura necesaria para la circulación y el movimiento de las personas.

#### DIMENSIONES NECESARIAS PARA EL DISEÑO DE LAS BUTACAS

El diseño de estas instalaciones ha de reflejar todas las consideraciones antropométricas y visuales que intervengan.

Lo primero que tenemos que tener son conocimientos antropométricos de los espectadores altos y bajos, de pie y sentados. Establecer el 95° y el 5° percentil de los espectadores de

pie que son las personas que podrían obstaculizar la visión de las más bajas. Con los mismos datos vemos que la línea visual del más bajo salva el punto medio del hombro del

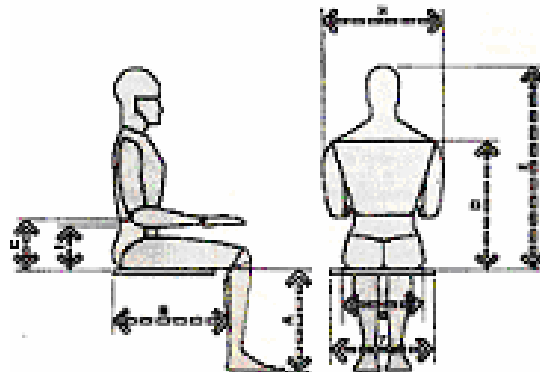


Fig. 4.4. Dimensiones antropométricas fundamentales que se necesitan para el diseño de asientos.

Medidas	HOMBRES		MUJERES	
	5 <sup>o</sup>	95 <sup>o</sup>	5 <sup>o</sup>	95 <sup>o</sup>
A. Altura ocular	13.5	20.4	13.2	19.0
B. Anchura hombros-oculares	17.3	42.8	21.8	34.0
C. Altura cuello-rodilla	7.4	12.8	11.8	20.2
D. Altura hombros	91.0	124.2	92.0	123.2
E. Altura hombros-normales	51.6	80.2	50.6	80.2
F. Anchura cuello-codo	13.7	24.8	13.9	24.5
G. Anchura codo-codo	12.2	21.2	12.2	21.2
H. Anchura hombros	17.0	40.2	16.8	38.2
I. Altura lumbar	Ver tabla nota			

más alto

Una de las formas de lograr la máxima visibilidad para el mayor número de espectadores es elevando progresivamente las alturas de ojo desde la primera hasta la última fila, de manera que las visuales de estos pasen por encima de los que tengan delante. El dato antropométrico en que se basa el cálculo del escalonamiento o pendiente a dar al suelo es la medida del ectocantus, distancia que va desde el punto superior de la córnea hasta la coronación de la cabeza. Los datos del 95° percentil le asignan una altura de 12,7 cm. que así mismo establecen la altura del escalonamiento o pendiente mencionados. La visión de una fila para determinar el incremento en la altura del ojo que suministre una visión directa al espectador, al pasar las líneas visuales por encima de los que tienen delante.

La segunda forma y más factible son los asientos en escalera alternada donde se hacen los asientos más anchos y optando por una distribución escalonada, lo que permite que las visuales pasen entre las cabezas de los espectadores que ocupan asientos delanteros, es preferible este método ya que hay gran variabilidad de complejones entre la gente por lo tanto es difícil calcular un asiento que sea 100% ajustable a todas las personas por lo tanto lo mejor es que el punto central de visibilidad quede justamente entre un asiento y otro como muestra la siguiente figura:



FIGURA 1. ASIENTOS EN ESCALA



En lo referente al auditorio del Cobach Villa de Seris la forma que utilizaron para optimizar la visibilidad de la mayoría de los espectadores es la de asientos en escala alternada

Las medidas a tomar en cuenta a la hora de querer instalar las butacas y que estas cumplan con los requisitos para que estén aptas para cualquier persona:

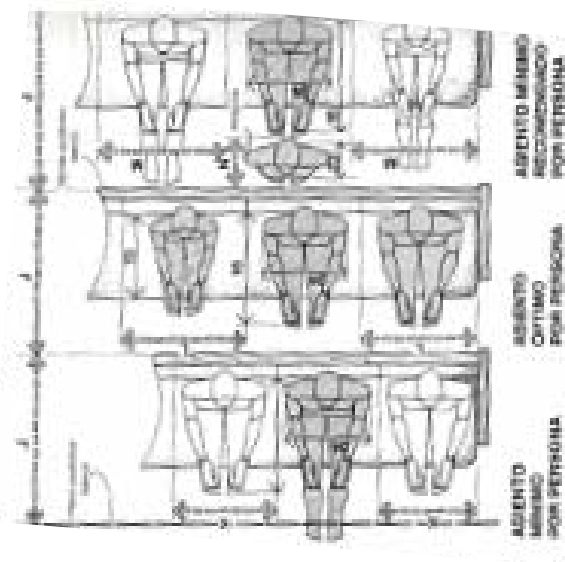
Ancho de hombros	60,96
Altura ojo - sentado	71.4
Altura asiento – cabeza	75.2
Asiento - hombro	69.3
Distancia nalga - poplítea	50.8
Ancho del respaldo (ancho hombros)	50.8 – 66
Largo de la butaca (distancia nalga- poplíteo)	68.6 – 76.2



Distancia rodilla - suelo	variable
---------------------------	----------

Hasta aquí tenemos cual debe de ser la medida más factible para el ancho y largo del asiento; también contamos con la medida que debe de existir entre una fila y otra pero para detallar mejor este punto:

Los datos relativos a los usuarios de mayor tamaño del 95° percentil, dan 57,9 cm, dimensión tomada en individuos desnudos. En este dibujo podemos ver tres tipos de tolerancias posibles entre asientos: de 61 a 66 cm; 71,1 cm y un mínimo de 55,9 cm. En el dibujo exponemos varias posibilidades de separación entre bancos corridos, de las que todas son validas de acuerdo con el nivel de confort deseado, la naturaleza y frecuencia de movimientos del cuerpo.



Siempre tenemos que tener en cuenta que el espectador debe de tener espacio para que sus rodillas no topen con la butaca de enfrente y que al mismo tiempo tenga la oportunidad de pararse sin toparse con el respaldo del asiento delantero y poder pasar por su fila sin ningún problema.

Para determinar el espacio que debe haber entre una fila y otra es necesario tomar en cuenta las siguientes medidas:

Distancia nalga a rodillas	40,64
Zona de circulación	35,6 – 45,7
Profundidad de las filas (de respaldo a respaldo)	101,6

También se tomara en cuenta las correspondientes previsiones para personas imposibilitadas y en sillas de ruedas

Consideraciones Generales de diseño para Teatro, Auditorio y Cine, tomando en cuenta como base a Neufert (1999), a Edward, L. Miller ( Gestión del Proyecto en Arquitectura) Teatro de la Casa de la Cultura en Hermosillo Son. , y al Teatro Gammage Auditórium Phoenix, Az.

1. - 0.60 por espectador
2. -Longitud de las filas de 16-25
3. -Salidas de 1.00 mt. De ancho por 150 personas
4. - Volumen de espacio (Reverberación) para teatros de 4-5 mt<sup>3</sup> por espectador
5. - Visibilidad sin girar la cabeza igual a 30° girando los ojos levemente de 60°, máximo ángulo psicológico 110°
6. - Proporción de sala de espectadores  
Ultima fila hasta la boca del escenario=24 mts.  
En teatros máxima distancia a la que se reconoce una persona= 32 mts.
7. - Dimensión y proporción del escenario  
13.00x13.00x8.00 de h. Incluyendo proscenio
8. - Sobre-elevación del ojo del espectador = 12 cms.
9. - Sección de la sala de espectadores  
Altura de la boca del escenario 1 = Sección Áurea  
Anchura de la Boca del escenario 1.6
10. - Teatro cuarto de círculo escenario en abanico
11. - Puentes de acceso del vestíbulo (Foyer) que forman una barrera lumínica y acústica a base de dos juegos de puertas con material obscuro y fondo absorbente
12. - Pendientes de rampas para minusválidos no mayor de 1/12
13. - Cabinas de iluminación, control de sonido, la sala de dimers, reostatos y relés puede situarse detrás del auditorio con aislamiento acústico.
14. - Director de escena y el rincón del apuntador deben estar cerca del escenario
15. - Puerta de servicio para paso de decorados debe ser de 3 a 4 mts. De h; con aislamiento
16. - Tamaño de asiento de 0.51 mts. Y para rematar las filas se pueden pedir asientos de mayor tamaño.
17. -Filas con máximo 22 asientos
18. -Anchura mínimas de pasillos debe ser de 1.07 mts.
19. - Salidas mínimas de 2 a 3
20. - Altura del nivel de piso al ojo del espectador debe ser de 1.12 mts.
21. - Sanitarios; Considerar 75% de hombres y 75% de mujeres así como para minusválidos, 1 W.C para cada 100 mujeres y 1 W.C. para cada 100 hombres( 1 W.C. por cada 250 que sobrepasen los 400), 1 mingitorio por cada 25 hombres, un lavamanos por cada W.C. y mingitorio; 1 W.C. y lavamanos para minusválidos.

## ACUSTICA DEL TEATRO

1. - Las salas de espectadores contiguas donde están separadas con aislamiento acústico de 85 dB 18000-20000 H2
2. - Superficie de reflexión acústica en el techo con una reverberancia puede ser mayor al aumentar el volumen de la sala y decrece con las frecuencias graves a los altos de 0.80 a 0.20 segundos.
3. - Las paredes situadas detrás de la última fila de asientos deberá aislarse contra el eco; los altavoces se distribuyen de manera que no haya una diferencia en la intensidad acústica mayor a 4dB.
4. - Dobles puertas en el acceso del vestíbulo al auditorio
5. - Nivel de ruido =NC  
para teatros -20NC  
para auditorios escolares -25NC
6. - Altura media del techo igual a 6.75 mts.
7. - Absorción acústica  
La absorbe la mayor parte de la audiencia y los pasillos y asientos tapizados.
8. - Las fuertes reflexiones del techo dan lugar a una desagradable intensidad de tono, se emplea un techo difusor fundamentalmente horizontal
9. - Tiempo de reverberancia de 1.2 a 2; Cuando es de usos múltiples se recomienda el menor 1.2
10. - Las paredes laterales deberán tratarse con material absorbente de sonido.
11. - Formas de reforzar el sonido que proceda desde el escenario son colocar reflectores de sonido sobre la parte frontal del auditorio para dirigir el sonido hacia los asientos posteriores en donde el sonido directo es más débil; El propio techo del auditorio puede proporcionar una superficie reflectante adecuada.

## CINES

1. - Angulo visual de la primera fila = 30°
2. - El centro del rayo de proyección no debe desviarse mas de 5° con horizontal o vertical del centro de la pared de proyección
3. - Tamaño de la imagen proyectada.  
Distancia entre el proyector y la pantalla 1:2.34 ( Cine mascara)  
O de 1:1.66 (Imagen ancha) El ángulo desde el centro de la última fila de espectadores hasta el centro exterior de la imagen no debe sobrepasar los 38°
4. - Pantalla  
Separación entre la pantalla y la pared posterior de 1.20 MT. Se puede reducir en función del tamaño de la sala y del sistema de producción empleado hasta 50 cm..
5. - El corte inferior de la pantalla debe estar a 1.20 mt.
6. - Los colores de las paredes laterales son colores que no sean demasiado claros.
7. - 0.60 m2. por espectador
8. - Longitud de las filas de 16-25
9. - Salidas de 1.00 mt. De ancho por 150 personas
10. - Volumen de espacio (Reverberación) para teatros de 4-5 m3. por espectador
11. - Visibilidad sin girar los ojos = 30°, girando los ojos = 60°

máximo ángulo psicológico 110°  
12. – Etc.....

**Bibliografía:**

Newfert, Ernst, *El Arte de Proyectar en Arquitectura*, Editorial Gustavo Gili, S.A. de C.V., Barcelona, España 1999.

Miller, Edwards. *Gestión del Proyecto en Arquitectura*

. Panero, Julius y Martin Zelnik, *Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores*, Ediciones Gustavo Gili, S.A. de C.V., México. 1987.

Bozer, Frozelle, Tompkins y White, , *Facilities Planing*, John Wiley & Sons, Inc., Segunda edición 1996.

Immer, John R, *Manejo de Materiales*, Editorial Hispano-Europea, S.A. 1983.

Inzunza I., Vicente, *Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión*, Editorial Uni-Son, Hermosillo, Sonora, México, 1994.

**Konz, S., Diseño de Instalaciones Industriales, Limusa Noriega Editores,**

**México 1998.**

Muther, Richard, *Systematic Layout Planning*, CBI Publishing Company, Inc., Boston Massach. 1973..

Silver, Carl, *Facilities Layout and Location: An Analytical Approach* Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1992.

Vallhonrat, Joseph M. y Albert Corominal, *Localización Distribución de Planta y Manutención*, Marcombo, S.A. Barcelona España 1991.

**OTRAS REFERENCIAS**

Teatro Gammage Auditórium

Phoenix, Az.

Teatro de la Casa de la Cultura

Hermosillo, Son.