



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
Escuela superior de Ingeniería y Arquitectura  
Unidad Tecamachalco

Sección de estudio de Posgrado e Investigación.



**“AZOTEAS VERDES HORIZONTALES:  
TERMOHIGROMETRIA EN EDIFICACIONES DE  
BIOCLIMAS SEMIFRIOS”**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO EN MAESTRÍA EN CIENCIAS  
EN ARQUITECTURA

PRESENTA:

**DAMIÁN ELIZARRARAS AMBROCIO**

**REGISTRO SIP: A090700**

Tecamachalco, Estado de México.

Noviembre 2011.



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
Escuela superior de Ingeniería y Arquitectura  
Unidad Tecamachalco

Sección de estudio de Posgrado e Investigación.



**“AZOTEAS VERDES HORIZONTALES:  
TERMOHIGROMETRIA EN EDIFICACIONES DE  
BIOCLIMAS SEMIFRIOS”**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO EN MAESTRÍA EN CIENCIAS  
EN ARQUITECTURA

PRESENTA:

**DAMIÁN ELIZARRARAS AMBROCIO**

**REGISTRO SIP: A090700**

**COMITÉ TUTORIAL:**

Director: Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes

Co- Director: Dr. Gerardo Torres Zarate

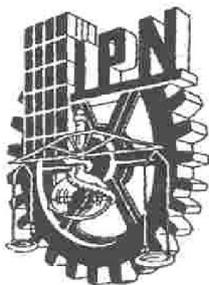
Asesor 1: M. en C. Arturo España Caballero

Asesor 2: M. en C. Marcos Gonzales Matías

Asesor 3: M. en C. Alfonso Rodríguez López

Tecamachalco, Estado de México.

Noviembre 2011.



***INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL***  
***SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO***

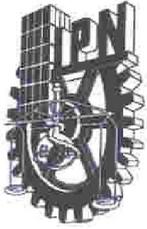
***CARTA CESIÓN DE DERECHOS***

En la Ciudad de México D.F. el día 16 del mes de Noviembre del año 2011, el (la) que suscribe **Damián Elizarraras Ambrocio** alumno (a) del Programa de Maestría en ciencias en arquitectura con número de registro A090700, adscrito a Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Tecamachalco, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de Dr. **Juan Raymundo Mayorga Cervantes** y cede los derechos del trabajo intitulado **Azoteas verdes: termohigrometria en edificaciones de bioclima semifrios**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección [mc.arq.dea@hotmail.com](mailto:mc.arq.dea@hotmail.com). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

---

**Damián Elizarraras Ambrocio**



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE DIRECTORES DE TESIS

Tecamachalco Estado de México, D.F. a 16 de Noviembre del 2011

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E.S.I.A. Tecamachalco en su sesión Ordinaria No. 10/11 celebrada el día 15 del mes de Noviembre conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):

Elizarraras  
Apellido paterno

Ambrocio  
Apellido materno

Damián  
Nombre (s)

Con registro: 

A	0	9	0	7	0	0
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de: Maestría en ciencias en Arquitectura

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:  
Azoteas verdes Horizontales: Termohigrometria en edificaciones de bioclimas semifrios.

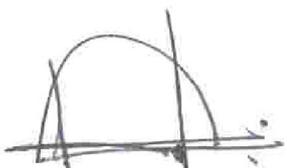
De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:  
Determinación cuantitativa del rango de bienestar termohigrometrico producido en un auditorio que tiene construida en su cubierta una azotea verde, en comparación de otro auditorio que carece de la construcción de dicho sistema.

2.- Se designan como Directores de Tesis a los Profesores: Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes y el Dr. Gerardo Torres Zarate

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesina será elaborado por el alumno en: S.E.P.I. E.S.I.A. Tecamachalco.

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

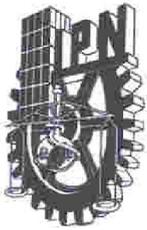
  
Director 1. Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes

Aspirante

  
Damián Elizarraras Ambrocio.

Directores de Tesis

  
Director 2. Dr. Gerardo Torres Zarate  
Presidente del Colegio  
Dr. Ricardo Antonio Tena Núñez



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 16:00 horas del día 16 del mes de Noviembre del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de ESIA -Tecamachalco para examinar la tesis titulada:

AZOTEAS VERDES HORIZONTALES: TERMOHIGROMETRIA EN EDIFICACIONES DE BIOCLIMAS SEMIFRIOS.

Presentada por el alumno:

**Elizarraras**  
Apellido paterno

**Ambrocio**  
Apellido materno

**Damián**  
Nombre(s)

Con registro: 

A	0	9	0	7	0	0
---	---	---	---	---	---	---

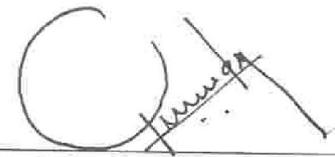
aspirante de: Maestría en Ciencias en Arquitectura

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

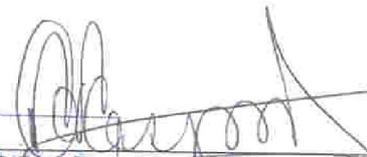
### LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

  
Director 1: Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes

  
Director 2: Dr. Gerardo Torres Zarate

  
Dr. Alfonso Rodríguez López

  
M en C. Arturo España Caballero

  
M en C. Marco Gonzales Matias

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Ricardo Antonio Tena Núñez



## **DEDICATORIA**

A los inolvidables autores intelectuales de mi existencia:

A mis padres;

Joaquín Elizarraras Quillares

Ruth Ambrocio Meza

que son y serán siempre los ángeles de mi guarda.

A mi hermano:

Alberto Elizarraras Ambrocio

## **AGRADECIMIENTOS**

El trabajo de investigación presente es producto de varias fuentes de conocimiento, entre ellos se encuentran mis maestros de posgrado, que me han aportado sus enseñanzas y conocimientos profesionales para la realización del mismo, por lo tanto quiero dar mi más humilde y respetable agradecimiento a mi primer director de tesis el Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes quien apporto su apoyo y conocimiento para encaminar esta tesis, a mi segundo director el Dr. Gerardo Torres Zarate, por su sincera muestra de interés, al Dr. Alfonzo Rodríguez López, al Maestro Arturo España Caballero, Al M. en C. Marco Gonzales Matías y al M. en C. Héctor Cervantes Nila, todos ellos le doy gracias por su esfuerzo y empeño en forjar mediante críticas y aportaciones la investigación presente.

## RECONOCIMIENTOS

Me es grato mencionar a los aliados que se unieron a mí, para proveerme de su apoyo en el presente proyecto de investigación:

Dr. José Diego Morales Ramírez

Por su desinteresada colaboración y su apoyo, en la información recibida así como de sus y conocimientos profesionales en el tema de esta investigación.

Dr. Ángel Gilberto Gómez Navas

Por haberme abierto las puertas de la Universidad Autónoma de Chapingo y otorgar el permiso para la realización de las pruebas de la investigación en los auditorios de dichas instalaciones.

Maestra. Ulrike Grau.

Por su colaboración en compartir su amplio conocimiento sobre azoteas verdes.

A todos los mencionados, les reconozco su esfuerzo y colaboración en esta investigación.

INDICE

RESUMEN y palabras claves

ABSTRACT and key words

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

JUSTIFICACION

FENOMENO

HIPOTESIS

OBJETIVOS

## **CAPITULO I.- SITUACION ACTUAL DE LAS AZOTEAS VERDES EN MEXICO**

1.1 Antecedentes Históricos de las azoteas verdes.

1.2 Azoteas verdes en México 1994-2010

1.3 Concepto y clasificación de azoteas verdes

1.4 Sistemas constructivos para azoteas verdes.

1.5 Azotea verde aplicada en arquitectura.

## **CAPITULO II.- TERMOHIGROMETRIA DE LAS AZOTEAS VERDES**

2.1 Estado del arte sobre termohigrometría en azoteas verdes.

2.2 Termohigrometría y climatología

2.3 Espacio arquitectónico.

2.4 Configuración constructiva.

2.5 Radiación solar.

## **CAPITULO III.- EVALUACION DEL DESEMPEÑO TERMOHIGROMETRICO: AUDITORIOS 3 Y 4 DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHAPINGO.**

3.1 Clasificación y características meteorológicas de los auditorios 3 y 4 “las catacumbas” de la Universidad Autónoma de Chapingo.

3.2 Aspecto físico, espacial y arquitectónico de los auditorios.

3.3 Calculo de radiación solar y ángulo de inclinación solar.

3.4 Monitoreo Termohigrometrico en el interior de la edificación.

3.5 Análisis e Interpretación.

## **CAPITULO IV.- HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y AZOTEAS VERDES.**

4.1 Termohigrometría interna y externa.

4.2 Radiación solar y azoteas verdes.

4.3 Espacio arquitectónico de los auditorios y azoteas verdes.

4.4 Termohigrometría y radiación solar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE RECURSOS TECNICOS: Fotos, Graficas, Imágenes, Tablas.

ANEXOS.

## RESUMEN

La arquitectura bioclimática proyecta edificaciones contemplando en el diseño de las mismas, las condicionantes ambientales del medio circundante, logrando que las construcciones, respondan a la adaptación y aprovechamiento de las exigencias del clima así como la disposición natural del lugar. Sin embargo a través de la memoria constructiva desarrollada en la línea del tiempo de la existencia humana, se han suscitado diversas corrientes de pensamiento en arquitectura, en función de las cuales, se han producido edificaciones con variadas tendencias arquitectónicas las cuales se caracterizan por la composición del volumen y forma geométrica de la envolvente, así como de la integración de materiales constructivos, que no suelen tomar en cuenta la configuración geográfica, que finalmente produce las condicionantes climatológicas del lugar en el que se encuentran construidas. Esto trae como consecuencia, que se utilicen sistemas mecánicos que generen artificialmente, una regulación en la climatología de los espacios al interior de las edificaciones, como es el caso del aire acondicionado, que es utilizado para suplir la falta de un nivel de bienestar termohigrométrico favorable, para los usuarios de dicho espacio arquitectónico, dicha falta conlleva aun bajo rendimiento en el desarrollo de sus actividades y funciones metabólicas de forma eficiente. Al respecto Collet (1997:64) comenta que la temperatura y humedad relativa son los elementos más relacionados con el confort térmico.

La presente tesis se enfoca a analizar las variables de temperatura y humedad, manejando este término en la presente investigación como “termohigrometría”, en donde se aborda la relación que se tiene al utilizar un sistema constructivo denominado azotea verde y el comportamiento que se presenta al interior de un espacio arquitectónico que cuenta con dicho sistema, comparándolo con otro espacio de las mismas características constructivas, pero con la diferencia de que no tenga en su cubierta construido dicho sistema, para determinar cuantitativamente el nivel de confort termohigrométrico producido al interior de los mismos.

Palabras clave: Termohigrometría, bioclima semifrío, Conductividad térmica, espacio arquitectónico, arquitectura, azotea verde.

## ABSTRACT

The bioclimatic architecture projects building contemplating in the design of them, the environmental conditions of the surrounding medium, making the constructs respond to the adaptation and utilization of the demands of climate and the natural disposition of the place. But through constructive memory developed in the timeline of human existence, have led to various schools of thought in architecture, according to which there have been various buildings with architectural trends which are characterized by the composition volume and geometry of the envelope, as well as the integration of building materials that do not usually take into account the geographical configuration, which eventually produces the weather conditions of where they are built.

This results, used to generate artificial mechanical systems, a regulation in the climate of the interior spaces of buildings, such as air conditioning, which is used to supplement the lack of a favorable level of welfare thermohygrometric for users of the architectural space, such failure involves poor performance even in the development of metabolic activities and functions efficiently. In this regard Collet (1997:64) comments that the temperature and relative humidity are the most related to thermal comfort.

This thesis focuses on analyzing the variables of temperature and humidity, managing this term in this research as " thermohygrometric " in which addresses the relationship you have to use a system called green roof construction and the behavior that is presented to within an architectural space with the system, comparing it to another space with the same design features but with the difference that is not in a deck built that system, to quantify the level of comfort thermohygrometric produced with in the same .

Keywords: thermohygrometric, bioclimate semi-cold, thermal conductivity, architectural space, green roof.

## INTRODUCCIÓN

Desde su origen, el hombre siempre se ha visto envuelto en la necesidad de buscar la mejor manera para poder defenderse de las variaciones climatológicas presentes en su entorno natural, a su vez ha encontrado los medios por los cuales ha transformado y adaptado los espacios en los cuales ha habitado utilizando los recursos materiales que encontraba a su alrededor, fue entonces cuando empezó a aprovechar lo que la naturaleza circundante le ofreció para protegerse de los elementos climáticos cuando estos se presentaban desfavorablemente, así fue como la cueva se convirtió en su primer casa. Conforme el hombre desarrollo sus habilidades manuales y mentales, fue generando diversas técnicas constructivas a través del tiempo, así hoy en día la edificación ha evolucionado, a tal grado que gracias a los adelantos técnicos, la construcción de edificaciones van en crecimiento constantemente en todo el mundo.

A pesar de que el hombre ha tenido un avance técnico-constructivo al edificar, este no ha tenido la capacidad de controlar las variables del clima circundante a las edificaciones, estos factores climatológicos cada vez son más variados, haciéndose notorios en la tierra, por ello el hombre se ve forzado a encontrar que dichas soluciones técnico-constructivas no solo den respuesta a sus condiciones de hábitat, ahora también tiene que sumar la capacidad constructiva y la eficiencia energética de las edificaciones en términos bioclimáticos, para que estas puedan interactuar de mejor manera con los efectos que produce el medio ambiente. Al respecto Olgyay (1962:14) comenta que los efectos del medio ambiente, inciden directamente tanto en la energía como en la salud del hombre, debido al esfuerzo biológico de adaptación por parte de nuestro organismo, cuando este se encuentra en un entorno climatológico desfavorable.

Es por ello que en las edificaciones se emplean medios mecánicos como el aire acondicionado, para supuestamente no poner en riesgo la salud de sus ocupantes y hacerlos rendir en sus actividades, pero sucede lo contrario ya que negativamente estos medios mecánicos necesitan de recursos energéticos que al utilizarlos, generan problemas ambientales, a lo cual Brian (2004:21) menciona que los edificios son los responsables de aproximadamente la mitad de emisiones de gases que generan un calentamiento el planeta.

Entre ellos está la contaminación atmosférica, la emisión de gases como el CO<sub>2</sub>, el efecto invernadero y la lluvia ácida que están poniendo la vida en un estado de catabolismo o degradación ambiental progresivo, debido al empleo de diversas formas de combustibles fósiles que se utilizan para producir electricidad, enfriamiento y calefacción en los edificios.

La mayoría de los edificios, no consideran estos factores ya mencionados a la hora de ser proyectados y construidos por ello en la actualidad se busca dar solución a estos problemas que trae consigo la producción y gasto de energía con el aprovechamiento de los medios naturales para contrarrestar estos efectos de acumulación de calor. Desde el punto de vista bioclimático las construcciones deben estar enfocados a responder al aprovechamiento de su propio clima, al respecto Camous;Watson (1986:11) comentan que utilizando con acierto los recursos que la naturaleza ofrece: el sol, el viento, la vegetación, la temperatura y humedad ambiental, es posible sacar provecho de dichos fenómenos naturales para obtener ganancias o pérdidas de calor a través de la envoltura del edificio, logrando que estos sean benéficos para los usuarios de dicho lugar.

Como ya se menciona, el cambio climático que se produce al exterior de las edificaciones incide en el comportamiento interior de las mismas y cuando éstas no cuentan con un diseño bioclimático, con el fin de reducir la penetración de calor y frío hacia el interior del edificio tienden a utilizar sistemas mecánicos para proveer de confort a los usuarios, como menciona Bocanegra (1972:15) aclarando que la edificación, debe ser considerada como un elemento de tamiz regulador entre el espacio interior y espacio exterior, en donde los agentes climatológicos inciden sobre sus planos con distinta intensidad según su orientación y su grado de exposición a ellos, por esta razón, la investigación presente se enfoca a analizar únicamente el comportamiento termohigrométrico interior que tienen los auditorios ubicados en la Universidad Autónoma de Chapingo en los cuales uno de ellos tiene construida una azotea verde, y otro que no cuenta con dicho sistema constructivo por lo cual se utilizara como parámetro para comparar las ganancias o pérdidas de temperatura y humedad cuando se tiene instalada una azotea verde sobre dicha edificación.

Cabe hacer mención que sobre dicho sistema constructivo de azotea verde, ya existen investigaciones realizadas en diferentes partes del mundo y que en capítulos posteriores se mencionaron a detalle, sin embargo dichas investigaciones han obtenido diversos resultados ya que fueron hechas en climas con características diferentes dadas entre cada caso de estudio, en esta investigación el estudio se llevo a cabo en los auditorios ya mencionados, los cuales se encuentran ubicados según la CONAVI (2006:43) y García ; Fuentes (2000:46) en un bioclima semifrio de ahí se justifica la necesidad de contar con datos cuantitativos correspondientes a este tipo de bioclima con dicho sistema constructivo.

Por lo tanto antes de dar marcha a la revisión de dicho escrito, es de suma importancia aclarar algunos puntos, con el fin de no extraviar el propósito que pretende cumplir la presente investigación. Este escrito, bajo ningún término generó datos para apoyar a fines demagógicos, ecologistas, mercado tecnológico, o constructivos. Ya que el presente proyecto de investigación, tiene como objetivo aportar información con datos cuantitativos de carácter científico.

Queda claro que en las azoteas verdes se ven involucrados varios factores constructivos, por mencionar algunos puntos se tiene:

1) El análisis y cálculo de la estructura que soportara a dicha construcción.

Para este aspecto la norma ambiental para el Distrito Federal NADF-013-RNAT (2007:8) en el punto 8.2 referente a la Estática y seguridad estructural da a conocer los requerimientos previos para dos tipos de edificaciones mencionadas como sigue:

Edificaciones existentes, donde especifica lo siguiente:

“En el caso de edificaciones existentes será necesario, en primer lugar, realizar un análisis y evaluación estructural; el cual deberá ser presentado ante la Secretaria del Medio Ambiente al momento de presentar el proyecto ejecutivo. Dicha evaluación deberá ser realizada por un Director Responsable de Obra (DRO) y realizarse conforme a lo previsto en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias y no se podrá sobrepasar la carga máxima permitida, según se estipule en el cálculo estructural del elemento constructivo que se pretenda natural”

Requerimientos previos en edificaciones nuevas, donde menciona lo siguiente:

“En estructuras o edificaciones nuevas, se deberá incluir la carga adicional del sistema de naturación en estado saturado para la realización del cálculo estructural de la edificación de acuerdo con lo indicado en el R.C.D.F. y sus Normas Técnicas Complementarias”.

Continua especificando dicha norma que para la construcción de un sistema de naturación, la carga máxima permitida en un elemento constructivo será aquella determinada en el cálculo estructural de la edificación así también deberá considerarse el peso propio de una naturación en estado saturado considerándolo como una carga muerta, las cargas de uso cuando el elemento naturado sea transitable así como las cargas vivas, muertas, transitorias y accidentales de acuerdo al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias junto a los valores (Ver tabla 1) que a continuación se muestran:

Tabla 1. Cargas adicionales para cada tipo de azotea verde.

Tipo de naturación	Extensiva	Semi-intensiva	Intensiva
Carga adicional	110 -140 kg/m <sup>2</sup>	250 kg/m <sup>2</sup>	>250 kg/m <sup>2</sup>

Fuente. NADF-013-RNAT.

Es importante mencionar que la mayoría de las edificaciones existentes, no fueron construidas contemplando en su estructura un sistema constructivo de azotea verde, por lo cual si se pretende llevar a cabo este tipo de construcción en la cubierta de una edificación, está estipulado por dicha norma el realizar un análisis de las cargas del peso que este transmitiría la estructura, también si se planea extender la losa ya sea por medio de volados o aleros a fines de ampliar dicho sistema hay que calcular el peso y tener en cuenta una correcta impermeabilización para evitar filtraciones y problemas de humedad.

2) Los materiales a emplear para la construcción de una azotea verde.

En la actualidad existen varias empresas en México y otros países que se dedican a la comercialización, venta así como la instalación de azoteas verdes dependiendo del tipo de naturación que se tenga planeado construir, con respecto al caso que ocupa a esta investigación, la norma ambiental para el Distrito Federal NADF-013-RNAT (2007:9) en el apartado 8.4. Menciona los componentes básicos de una cubierta naturada que en el subcapítulo 1.4 Sistemas constructivos para azoteas verdes será profundizado a detalle este aspecto, sin embargo se hace mención de forma breve acerca de los mismos en el siguiente orden:

a) Soporte estructural b) Soporte base c) Desagües d) Membrana impermeabilizante anti-raíz e) Capa drenante f) Capa filtrante g) Capa de substrato h) Capa de vegetación.

3) El riego, captación y drenado del agua pluvial.

En la ciudad de México existe un continuo recorte en el suministro de agua debido a que según datos de la Comisión nacional del agua (2010) señala que el sistema Cutzamala ha presentado fallas en las instalaciones y por ello se encuentra en estado de reparación para habitarlo y reanudar los servicios de abastecimiento de agua potable a la población del Distrito Federal así como al estado de México. En cuanto al volumen de agua que se debe suministrar para el riego de la azotea verde principalmente dependerá del tipo de vegetación que se emplea en la construcción de este sistema, ya que cada tipo de naturación tiene diferentes especies de plantas con distintos requerimientos en cuanto a cuidados se refiere.

Sin embargo, ante la escasez del agua y el riego para la vegetación sembrada en una azotea el investigador Briz (2004:383) comenta que las plantas del género *Sedum* son una opción recomendable ya que pueden afrontar largos periodos de sequías cuando falta el agua, debido a que tienen la propiedad de tener hojas gruesas en donde almacenan agua, por lo cual se logra reducir a un mínimo el suministro de agua y pueden vivir bajo substratos con un espesor básico que es de 10 cm. Al respecto Stephenson (1994:30) completa las palabras del autor referido apuntando que hay 400 tipos diferentes de *sedum* que varían en altura, color y tipo de flor. Son fáciles de mantener y toleran sin dificultad el sol, la falta de agua y tierras pobres en cuanto a nutrientes se refiere.

Concluye el autor diciendo que la mayoría de las especies sedums son plantas perennes con una gran capacidad de supervivencia, ya que son plantas crasas o suculentas las cuales tienen la capacidad de almacenar agua en sus hojas y suministrársela de forma autónoma para su propia supervivencia.

Con respecto a la captación del agua en este sistema constructivo: Según datos de CONAGUA (2010) menciona que en el periodo de 1941-2005 la precipitación media anual promedio para la ciudad de México, es de 719 litros de agua de lluvia por metro cuadrado, según INEGI (2005) informa que la superficie de esta ciudad es de 1,485 Km<sup>2</sup>, por lo cual se determina que esta recibe 1,067,715,000,000 billones de litros de agua pluvial en toda la extensión territorial al año, esto es correspondiente a 120,631.042 litros por habitante al año, por lo cual si se manejara hipotéticamente en términos de servicio diario esta cantidad en teoría representa 330 litros diarios por habitante, de agua pluvial que no son aprovechados para darles un servicio a beneficio de los mismos ya que esta agua tiende a ir a parar a los drenajes de la ciudad. Una posible solución para el aprovechamiento del agua pluvial antes de que llegue al drenaje sería captarla por medio de este sistema constructivo de azotea verde, colocando una instalación hidráulica destinada a la recolección de agua pluvial, integrada en la construcción de la azotea verde a si como un sistema de filtración del agua de lluvia y un tanque de almacenamiento para el agua captada afines de ser tratada con el fin de transformarla en agua potable y pueda ser purificada para el uso o consumo humano por medio de un proceso de filtración adecuado.

4) Porcentaje de azoteas verdes con respecto al existente en áreas verdes de la ciudad.

En este aspecto se analizo las superficies de azotea verde con respecto a las áreas verdes de la ciudad para conocer la diferencia en las mismas, derivado de esto se tiene que según los informes de Tania Muller (2010) en donde menciona que:

“En la Ciudad de México existen aproximadamente 20,000 metros cuadrados, de los cuales 60% que corresponde a 12, 000 m<sup>2</sup> se han llevado a cabo por parte del gobierno de la Ciudad de México; 40% que corresponde a 8,000 m<sup>2</sup> son parte de la iniciativa privada”.

Para lo cual según el inventario de Áreas verdes urbanas (2005) (Ver tabla 2) reporta que las áreas verdes existentes en la Ciudad de México son 128,280,000 m<sup>2</sup> que corresponde al 20.4% del total de la republica mexicana.

Tabla 2. Áreas verdes por delegación, Distrito Federal

Delegación	Área km <sup>2</sup> (*)	Total áreas verdes Km <sup>2</sup>	Áreas verdes % sup. Delegación	% Zonas arboladas	% Zonas de pastos y arbustos	Áreas verdes por habitante M <sup>2</sup>	Zonas arboladas por habitante M <sup>2</sup>	Población 2000 %
Álvaro Obregón	61.12	24.59	40.2	64.5	35.5	35.8	23.1	8.1
Azcapotzalco	33.51	4.28	12.8	54.7	45.3	9.7	5.3	5.2
Benito Juárez	26.51	1.19	4.5	99.0	1.0	3.3	3.3	4.2
Coyoacán	54.01	20.13	37.3	76.7	23.3	31.4	24.1	7.5
Cuajimalpa	15.08	5.55	36.8	46.4	53.6	36.7	17.0	1.8
Cuauhtémoc	32.67	1.81	5.5	74.0	26.0	3.5	2.6	6.1
G. A. Madero	87.29	14.26	16.3	47.3	52.7	11.5	5.4	14.5
Iztacalco	23.12	2.25	9.7	54.7	45.3	5.5	3.0	4.8
Iztapalapa	113.37	18.32	16.2	27.1	72.9	10.3	2.8	20.8
Magdalena Contreras	14.08	1.82	16.2	27.1	72.9	10.3	2.8	20.8
Miguel Hidalgo	47.69	8.89	18.6	57.3	42.7	25.2	5.7	2.6
Tláhuac	19.17	2.27	11.8	4.4	95.6	7.5	0.3	3.6
Tlalpan	48.29	11.80	24.4	88.9	11.1	20.3	18.0	6.8
Venustiano Carranza	33.87	5.23	15.4	23.5	76.5	11.3	2.7	5.4
Xochimilco	22.90	5.89	25.7	60.8	39.2	15.9	9.7	4.3
Distrito Federal	632.66	128.28	20.4	55.9	44.1	15.1	8.4	100

\*Estas cifras de área no incluyen las delegaciones con Suelo de Conservación; salvo los casos de Gustavo A. Madero e Iztapalapa cuyo porcentaje de SC es poco significativo.

Fuente. Inventario de Áreas verdes urbanas, 2005

A través de los datos anteriores se tienen 128,280,000 m<sup>2</sup> de áreas verdes existentes en el Distrito Federal, lo cual es una cantidad mayor en comparación a la existente en azoteas verde que son 20,000 m<sup>2</sup> por lo cual la diferencia entre una y otra es de 128,260,000 m<sup>2</sup> Sin embargo la población de la Ciudad de México según INEGI (2005) es de 8, 851, 080 millones de habitantes, y para cada habitante según Hardy; Morris (2001:67) señalan que la Organización Mundial de la Salud estima la cantidad ideal de áreas verdes la cual debe ser el equivalente a 9 metros cuadrados por habitante, tomando como referencia estos datos, se calcula un total de 79,659,720 metros cuadrados por habitante la diferencia restante correspondiente para la Ciudad de México es igual a 48,600,280 metros cuadrados por habitante que se puede decir son los metros cuadrados restantes de vegetación, por lo cual se concluye a primera instancia que existe un mayor porcentaje de áreas verdes en comparación al porcentaje de azoteas verdes construidas hasta la fecha del año 2011.

A pesar de esta conclusión verídica, en la tabla 2, se muestra en la columna 6, las áreas verdes en metros cuadrados por habitante, en donde se detecta que las siguientes delegaciones: Benito Juárez, Cuauhtémoc, Iztacalco y Tlahuac no cubren con la cantidad de metros cuadrados mínimos establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

Tabla 3. Déficit de áreas verdes en m2 por delegación.

Delegación	Áreas verdes por habitante en m2 según Inv. De A.V.	Áreas verdes por habitante en m2 según la OMS	Cantidad de m2 faltante para cubrir el mínimo según la OMS
Benito Juárez	3.3	9	5.7
Cuauhtémoc	3.5	9	5.5
Iztacalco	5.5	9	3.5
Tlahuac	7.5	9	1.5

Elaboración del autor con datos del Inventario de Áreas verdes urbanas, 2005.

Sintetizando, se concluye sobre este 4to punto que a través de los datos obtenidos en la tabla 3, se puede proponer como solución ante la falta de áreas verdes en las delegaciones referidas, la construcción del sistema de azoteas verdes, sin caer en términos de demagogias u otras interpretaciones, esto es únicamente una de varias posibles soluciones para cubrir con el requisito de los metros cuadrados mínimos establecidos por dicha organización ya mencionada. Ya que como menciona CONAFOVI 2005 “En las ciudades, la pérdida de superficies verdes eleva las temperaturas y la evaporación del suelo y altera la presión atmosférica desorganizando el clima que les circunscribe. La falta de áreas verdes suficientes en varios cuadros de la ciudad provoca que las islas de calor sean más severas”.

##### 5) Viabilidad del uso de azoteas verdes en la ciudad.

Parte de un estudio que debe considerarse con fines a determinar el nivel de viabilidad es decir que tenga probabilidades de llevarse a cabo la utilización de azoteas verdes en la ciudad, son los anteriores puntos ya descritos a si también otro aspecto a considerar y que entraría a complementar la información ya referida en este apartado de la investigación, sería evaluar las condiciones climatológicas actuales al interior del lugar, dígase casa, oficina, centro comercial, hospital, escuela entre otros, como menciona Lacomba (1991;50)

“Desde el punto de vista estrictamente físico, el clima afecta el estado de bienestar de los individuos, sus condiciones de trabajo y, por lo tanto su salud, e influye principalmente en la dispersión del estado metabólico y tanto en las sensaciones biotérmicas como en la respuesta y el desgaste de su organismo”.

Ya que existen edificaciones que por el uso de los materiales con los cuales se encuentran construidas como concreto, acero, madera, el sentido de la orientación en la que se encuentran, la disponibilidad de los espacios con respecto a la distribución, la ventilación, la vegetación circundante, producen efectos negativos en cuanto a la sensación térmica. Retomando los datos de la tabla 3, podemos apreciar que las delegaciones con mayor contenido de áreas verdes (Ver tabla 4) están ubicadas en orden descendente en la siguiente posición de datos mostrados por el orden correspondiente:

Tabla 4. Déficit de áreas verdes en m<sup>2</sup> por delegación.

Delegación	Áreas verdes % de superficie según Inv. De A.V.	Áreas verdes por habitante en m <sup>2</sup> según Inv. De A.V.
Álvaro Obregón	40.7	35.8
Coyoacán	37.3	31.4
Cuajimalpa	36.8	36.7
Xochimilco	25.7	15.9

Elaboración con datos del Inventario de Áreas verdes urbanas, 2005.

Como ya se menciona las condiciones climáticas son importantes a estudiar, Las áreas verdes tienen diversas funciones y contribuyen a mejorar nuestro ambiente, porque la vegetación regula la humedad y la temperatura durante el día, sin embargo en un lugar con exceso de vegetación como en las delegaciones descritas, podría cambiar sus condiciones transformándolas en un lugar de alta humedad ambiental, lo cual generaría un índice mayor de frío sobre las edificaciones y si a estas les agregamos el sistema constructivo de azotea verde que genera mayor humedad por la vegetación sembrada en dicho sistema, entonces se terminara creando un espacio interior inadecuado para ser habitable y cómodo para el usuario que habita dicha edificación.

Existen más puntos que pueden ser mencionados y abordados para llevar a cabo un análisis sobre los mismos, como Los costos de la construcción, que dependerá del tipo de naturacion y empresa o razón social que la construya. El mantenimiento de la construcción de azotea verde, la cual dependerá del tipo de naturacion llámese intensivo, extensivo o mixto (Ver sub capítulo 1.3) ya que cada una de ellas requiere de un cuidado en específico. El tipo de vegetación a utilizar, la cual estará en función de la región o lugar en donde se realice la naturacion de azotea, ya que dicha vegetación está adaptada a las condiciones climáticas del lugar como menciona Briz (2004:380)

A partir de este punto es relevante mencionar que la presente investigación, no profundiza sobre otros factores que puedan ser considerados de importancia para la construcción de azoteas verdes, esto se debe a no por que dejen de ser menos importantes, la justificación es debida a una delimitación temática para cubrir completamente con los alcances dados en el estudio de esta investigación de los cuales, se derivan los capítulos que más adelante serán tratados.

## ANTECEDENTES.

La arquitectura vernácula es un ejemplo de arquitectura bioclimática, debido a que este tipo de construcción, a pesar de que emplea recursos técnicos y materiales de la región básicos, ha sabido dar respuesta a la necesidad de habitabilidad en el hombre, tenemos como ejemplo el caso de Europa, en donde se puede apreciar que este continente tiene un tipo de arquitectura vernácula acompañada del sistema de azoteas verdes en sus cubiertas, que suelen ser utilizadas en muchas regiones para climatizar sus viviendas. Según Minke (2004:7) explica que debido al clima de las zonas frías, suelen "calentar", puesto que almacenan el calor de los ambientes interiores y en los climas cálidos "enfrian", ya que mantienen aislados los espacios interiores de las altas temperaturas del exterior. En el tiempo actual este sistema ya se ha venido aplicando con técnica constructiva por lo cual se encuentra denominado como una eco tecnología según la Norma oficial mexicana PROY-NADF-013-RNAT-2007. (2008:9) ahora clasificándose en dos tipos de azoteas verdes (ver capítulo 1). Dicho sistema se encuentra como uno de los requisitos que debe tener una edificación para ganar la certificación energética de edificio sustentable LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) como política de ahorro de energía y de reducción de las emisiones de gases contaminantes, a nivel mundial. En México se tiene la Torre bancaria HSBC en la Ciudad de México, el cual es considerado el primer rascacielos en Latinoamérica en cumplir con la certificación LEED platinum.

## JUSTIFICACIÓN

Debido a la dirección de la arquitectura bioclimática a la cual está dirigida la investigación presente, se centra en estudiar los factores climatológicos que inciden en el comportamiento interior de una edificación, así como el efecto que ejerce en el usuario desde el punto de la sensación térmica, esta razón es el motivo que dio origen al documento presente. Por las razones ya mencionadas, se abordará de forma cuantitativa el estudio de la presente investigación, en donde se analizara la modificación del comportamiento de las variables climatológicas Termohigrometricas, es decir la temperatura del aire y humedad relativa del aire, en el interior de un espacio arquitectónico que ya tenga construido azotea verde, para compararlo con un espacio de las mismas características, pero sin que tenga construido una azotea verde, es decir solo la cubierta.

## FENOMENO DE ESTUDIO

En las ciencias, los conocimientos se construyen haciendo investigaciones, para comprobar las ideas que tenemos sobre los fenómenos que se producen. En lo que respecta a las investigaciones en el área de Arquitectura estas se encuentran dirigidas hacia las edificaciones y la habitabilidad del espacio arquitectónico.

En este campo de estudio se tiene como fin, generar conocimientos que ayuden a mejorar, o en su debido caso, a crear nuevas alternativas dentro de las áreas del proyecto, la planeación, niveles tecnológicos y recursos económicos, que sirvan para lograr la satisfacción de las necesidades lo mas favorablemente posible para el o los usuarios que habiten un espacio arquitectónico. Así mismo cabe mencionar que dentro de la arquitectura existen elementos constructivos que configuran la envolvente de las edificaciones, entre estos elementos se encuentran muros, losas o azoteas, vanos, pisos y entrepisos, que cuentan con materiales que dotan de características formales al desarrollo constructivo de un volumen espacial habitable. Dichos elementos constructivos, conforman la envolvente de dos auditorios ubicados dentro de las instalaciones de la universidad autónoma de chapingo, Ambos cuentan con las mismas características en cuanto al sistema de ordenamiento geométrico, funcional, dimensional, orientado y ubicado en el mismo sitio, con cubiertas en posición horizontal, en un bioclima semifrío. La diferencia dada entre ellos es que en la cubierta de un auditorio, se tiene construida una azotea verde y la cubierta del otro auditorio no cuenta con la construcción de la misma.

Derivado de este hecho se establece como fenómeno de estudio, que al interior del espacio arquitectónico del auditorio que cuenta con la construcción de azotea verde, se logra percibir, la diferencia dada en las condiciones climatológicas de la temperatura y humedad relativa del aire en comparación del auditorio que no tiene construida una azotea verde.

Debido al evento ya mencionado, el presente trabajo aborda como estudio de investigación la modificación del comportamiento de las variables climatológicas termohigrometricas. Por delimitación temática se estudiara, como se comportan las condiciones de: temperatura del aire y humedad relativa del aire, al interior de ambos auditorios, tanto del que tiene construida una azotea verde y del otro donde no se tiene la construcción de dicho sistema.

## PROBLEMATICA DE ESTUDIO

A través de la observación que atiende al tema de investigación a desarrollar, se da pie a realizar una pregunta investigación relacionada con el fenómeno de estudio de la siguiente manera:

¿Cuáles son las causas que provocan los cambios de temperatura del aire y humedad relativa, en el interior de una edificación que tiene construida una azotea verde horizontal, y una edificación sin la construcción de azotea verde?

Para lo cual atendiendo a la pregunta correspondiente del por qué se origina dicho fenómeno, se procede a dar una serie de respuestas que a continuación se enumeran:

Cambios de temperatura del aire y humedad relativa, en una edificación que tiene construida una azotea verde horizontal:

- Por el tipo de vegetación empleada sobre la azotea.

Un factor importante en la decisión de tipo de vegetación, es el tiempo de duración. Puesto que este determinara los cambios fisiológicos y biológicos en el desarrollo de la misma hasta su maduración, las diferentes estaciones del año contribuirán a estos cambios. (García, 1999:201).

Entonces podemos decir que de acuerdo a la duración que tenga la vegetación en función de los factores antes mencionados, el efecto que ejercerá estará en proporción, del tiempo que dure la vegetación puesta sobre una azotea, en donde los principales elementos climatológicos a los que afecta la vegetación son: la temperatura y humedad en todas sus formas.

La temperatura está relacionada con la radiación, durante el día primero se calienta la masa vegetal y pueden transcurrir horas antes de que el calor comience a filtrarse al piso, o en su defecto a la losa.

La vegetación tiende a reducir la temperatura del aire por medio de la evapotranspiración de las plantas. La humedad, está relacionada con la precipitación pluvial, por lo general la humedad es más elevada entorno a la vegetación, la evaporación del agua tiene el efecto de

enfriar el aire, a pesar de que la evaporación de la humedad contenida en las plantas pueda utilizar una parte de la energía radiante para realizar este proceso. (García, 1999:199).

- A la altura que tiene la capa de sustrato para el crecimiento de la vegetación.

El espesor de ésta capa, está directamente relacionado con las necesidades de las especies seleccionadas, El tipo de azotea verde en los cuales la vegetación requiera una capa mayor de sustrato, el abono y los materiales que la componen, como la arcilla expandida, lava expandida, piedra pómez, dependiendo si es intensiva o extensiva, y las condiciones micro climáticas de la zona. (Nadf-013-rnat, 2007: 16).

La capa de sustrato en la cubierta tipo intensiva, debe tener un espesor mínimo de 30 cm, mientras que el del tipo extensivo puede ser de 3 a 15 cm. La temperatura interior de los edificios, se eleva con la captación de los rayos solares, la propiedad de la composición y espesor del sustrato que compone al techo verde, sirve de colchón para evitar que se transmita directamente el calor, a la superficie del techo. (Minke, 2004: 12).

- El nivel de retención de agua pluvial contenida en el sistema.

Un techo verde con 20 cm de espesor de sustrato de tierra y arcilla puede, almacenar 90 mm de agua = 90 litros por m<sup>2</sup>. (Minke, 2004: 12)

El agua de lluvia empapa en el sustrato de un techo verde, se filtra por la capa geotextil, llegando a la capa drenante. Esta placa está formada por cavidades Inferiores donde queda almacenada parte del agua. Otra parte del agua se filtra por los orificios que tiene la placa en las concavidades superiores. Cuando la parte del agua filtrada llega a la manta retenedora esta se empapa. Siguiendo un ciclo natural el agua se va evaporando humedeciendo y oxigenando el sustrato por medio de los orificios de la placa drenante. (Lardín, 2009:3).

Debido a la cantidad de agua almacenada en la capa drenante, este elemento puede ser capaz de contribuir a reducir la ganancia de calor emitida por los rayos solares y amortiguar el impacto calorífico sobre la cubierta.

Cambios de temperatura del aire y humedad relativa, en una edificación sin la construcción de una azotea verde horizontal:

- Al material y sistema constructivo que configura a la azotea en una edificación.

La propiedad de acumular calor es común en las cubiertas cuyo peso estructural oscila entre 200 kg/m<sup>2</sup> y 500 kg/m<sup>2</sup>, denominada cubiertas pesadas. En contraposición a éstas, las cubiertas livianas, cuyo peso aproximado es de 50 kg/m<sup>2</sup>, no tienen capacidad para acumular calor en grandes cantidades. (Bocanegra 1972: 27). Los materiales constructivos pesados con alta capacidad de almacenar calor, se les considera como materiales de alta inercia térmica. (Cóllete, Maristany, Abania, 1997:68). El calor penetra en forma directa a través de puertas y ventanas abiertas, y de forma indirecta a través del techo y paredes. En el caso de la cubierta, esta se convierte en uno de los elementos más críticos de la edificación en relación con la penetración solar. (González, 1986:75)

- A los niveles de exposición de radiación solar que tiene la azotea.

Como la radiación solar incide sobre la tierra en rayos prácticamente paralelos, una superficie perpendicular a los mismos, será la que interceptara la mayor cantidad de energía. El Angulo con el que inciden los rayos del sol sobre una superficie, determinara la cantidad de energía que recibe esta superficie. (Mazria, 1983: 25). Como todas las energías, acaban transformándose siempre en energía térmica, las radiaciones solares se transforman en calor al ser absorbidas por las superficies, que influyen directamente en el bienestar térmico de los ocupantes del espacio. (Sierra, 2006:29-34).

- Al tipo de clima que se tiene en un determinado lugar.

Debido a que las condiciones ambientales están en constante cambio, de un lugar a otro suele variar el clima, el cual es uno de los factores que caracteriza e identifica a una región por el comportamiento de sus componentes y sus variables atmosféricas, de lo anterior, dependerá el diseño, formas, dimensiones y los materiales de construcción, debido a que la edificación, será un elemento protector y regulador que rechace o transforme la acción de los elementos naturales de un lugar. (Viqueira, 2004: 4)

- La influencia que los vientos ejercen sobre los materiales en la edificación.

Los efectos del viento en la edificación deben de considerarse tanto en el interior

Como en el exterior, debido a la transferencia de calor por convección y a la infiltración. (Givoni, 1969: 69).

El aire que rodea a la tierra se recalienta principalmente por su contacto con la superficie. Al aumentar su temperatura, el aire se recalienta, se eleva y se reemplaza por aire más frío. (Cóllete, Maristany, Abania, 1997:58)

Esto ayuda a entender la diferencia de temperaturas al interior del local y como la masa de aire existente al interior de un local, tiende a ser más ligero y elevarse a la parte superior como lo es un entrepiso o losa.

- La orientación y penetración solar que entra por los vanos de un espacio arquitectónico.

La orientación, depende de las prioridades en el aprovechamiento del viento dominante, la iluminación y asoleamiento. En los climas fríos las zonas habitadas de las viviendas deben ser orientadas al asoleamiento y procurar dar a los vientos dominantes. En todo caso, si el viento dominante coincide con el asoleamiento, el viento se puede modificar mediante vegetación. Sin embargo el clima caluroso debe evitar el asoleamiento y dar prioridad a los vientos dominantes. La conservación de un ambiente confortable dentro de un local, depende de una buena orientación y una correcta ubicación de las ventanas de manera que se permita el asoleamiento y penetración solar de forma controlada para evitar una excesiva carga térmica al interior del local. (Fonseca, 1994: 88,91)

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

Teniendo en cuenta la problemática con sus anteriores respuestas, y derivado de la reflexión anterior, se plantea la pregunta que servirá de eje para desarrollar la investigación:

¿Será que el uso de azoteas verdes horizontales en edificaciones ubicadas en bioclimas semifrios, producen cambios en la temperatura del aire y humedad relativa del aire al interior de un espacio arquitectónico?

A continuación se anuncian los temas a investigar para realizar el marco teórico:

Azoteas verdes. Bioclimas semifrios. Temperatura y humedad relativa del aire. Espacio arquitectónico.

## HIPOTESIS

“Las azoteas verdes que están construidas sobre superficies horizontales, ubicadas en edificaciones pertenecientes a bioclimas semifrios, incrementan la humedad relativa y disminuyen la temperatura del aire, en el interior de un espacio arquitectónico”.

## OBJETIVO GENERAL.

Identificar el cambio dado en las variables termohigrometricas, que se presentan al interior del auditorio que tiene construida una azotea verde horizontal y del otro auditorio que carece de la misma, para comparar los resultados entre si y poder determinar el nivel de bienestar que se produce al interior de cada uno de los espacios mencionados.

## OBJETIVO PARTICULAR.

Analizar la relación de causa y efecto, de los factores que intervienen en las modificaciones presentadas en el desempeño de la termohigrometria interior de ambos auditorios.

Generar conocimiento cuantitativo en el cual se comprenda, cómo se dan las ganancias o perdidas de temperatura del aire y humedad relativa, en función de las condicionantes definidas por el bioclimá, las épocas del año mas criticas y el entorno que rodea al caso de estudio.

## CAPITULO I. SITUACION ACTUAL DE LAS AZOTEAS VERDES EN MEXICO.

En este capítulo se presentan los antecedentes históricos de las azoteas verdes, donde se expone como estas han sido utilizadas en diferentes partes del mundo, así mismo, se muestra el inicio de este sistema en México, refiriéndose con ejemplos más representativos del tema en cuestión. También se describe el sistema constructivo que se requiere para aplicar este sistema en la cubierta de una edificación, anunciando la clasificación y definición de las mismas para que se tenga una orientación más acertada sobre requerimiento del procedimiento constructivo a utilizar, por ultimo veremos ejemplos actuales que tienen aplicada la vegetación en las cubiertas de las edificaciones.

### 1.1 Antecedentes históricos de azoteas verdes.

La construcción de vegetación en la parte superior de las edificaciones, según Santiago Carroquiño (2009), se ha venido utilizando en la línea del tiempo de la historia de la arquitectura, el autor enuncia la cronología de azoteas verdes como sigue: En la etapa del Neolítico en el periodo 4000 a.c. en Gales Gran Bretaña, los monumentos megalíticos y montículos de tumbas (Ver foto 1) son registros de la existencia de seres humanos.

Foto1. Montículos de tumbas, Gales Gran Bretaña



Fuente: Santiago Carroquiño, 2009.

Para el periodo 600 a.c. en Mesopotamia se construyeron los acueductos que servían para transportar y dotar de agua al pueblo de Nínive (Ver imagen 1) en cuya parte superior se construyeron jardines.

Imagen 1. Acueductos en Nínive, Mesopotamia.



Fuente: Santiago Carroquiño, 2009.

A si también cabe mencionar que se tiene como registro histórico catalogado dentro de las 7 maravillas del mundo antiguo, los nombrados Jardines colgantes de Babilonia, (Ver imagen 2) los cuales podrían haber sido el primer ejemplo de antecedente en la azotea verde. Según los historiadores fueron construidos entre los años 605 y 562 a.c. Provenientes de Mesopotamia en los valles de los ríos Tigris y Éufrates. Los jardines tenían una superficie aproximada de 1600 m<sup>2</sup>, constituido por terrazas escalonadas sobre un edificio abovedado que llegaba a una altura de 90 metros.

Imagen 2. Jardines colgantes de Babilonia.

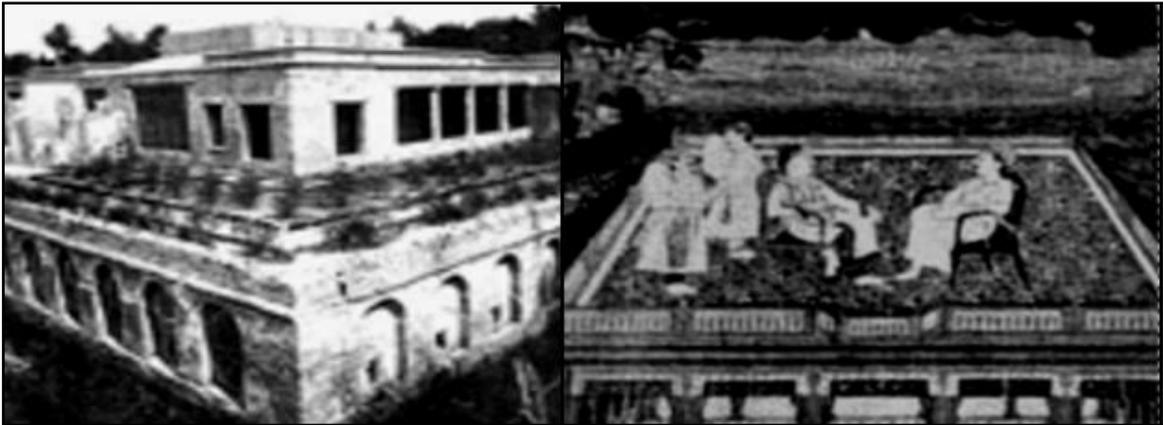


Fuente: Santiago Carroquiño, 2009.

En Roma durante el siglo I d.c. en el edificio de la Villa de los Misterios Pompeya (Ver Imagen 3) y el mausoleo de Adriano, así como en otras edificaciones, solían utilizar en los corredores de sus terrazas áreas verdes, para realizar sus propios cultivos y sembrar vegetación como parte del ornamento que enmarcaba el perímetro de la misma edificación que le permitía integrarse con el entorno ambiental externo.

Por otra parte en la edad media del siglo XIV d.c. durante el Imperio Bizantino, los persas tenían en la mayoría de sus hogares jardines en la azotea (Ver imagen 4) el cual destinaban esta área exclusivamente para darle un uso para llevar a cabo actividades sociales, de recreación y contemplación de su propia ciudad.

Imagen 3. Villa de los Misterios Pompeya. Imagen 4. Jardín en la azotea de hogar persa.



Fuente: Santiago Carroquiño, 2009.

En el renacimiento del siglo XIV-XVI d. c. En la Torre Guinigi en Lucca, Italia se conservaba un jardín con árboles frutales del lugar (Ver foto 2). La ciudad ideal de Leonardo Da Vinci proponía vegetación en la azotea, así como el primer edificio construido en 1555 mandado hacer durante el gobierno de Magnus Ladulås en ciudad de Estocolmo.

Foto 2. Torre Guinigi en Lucca, Italia



Fuente: Santiago Carroquiño, 2009.

En el periodo XVIII-XIX d. C. Neoclasicismo, se tiene la casa de Carl Rabitz, Berlín, Alemania, 1860 (Ver imagen 5), que en su azotea sembró plantas, vegetales y arbustos que servían para cultivar y recrear a los usuarios de ese espacio.

Imagen 5. Casa de Carl Rabitz, Berlín Alemania.



Fuente: Santiago Carroquiño, 2009.

Durante el siglo XX surge el movimiento moderno en las construcciones de este periodo el arquitecto François Hennebique, en 1901 Realiza las Viviendas “Bourg-La-Reine” (Ver foto 3), que sirvió como manifestación para el empleo del concreto armado, posterior a su construcción se le decora con ornamento vegetal a la cubierta.

Foto 3. Viviendas Bourg-La-Reine. Arq. François Hennebique



Fuente: Santiago Carroquiño, 2009.

Posteriormente el arquitecto suizo Charles Édouard Jeanneret conocido como Le Corbusier en 1927 aprovechando las nuevas oportunidades del concreto armado, planteó como uno de sus postulados la quinta fachada, con esta denominación, hacía referencia a la azotea de una edificación. En la casa Villa Savoye, (Ver foto 4) pone jardines en la azotea.

Foto 4. Casa Villa Savoye. Lecorbusier.



Fuente: Santiago Carroquiño, 2009.

Ya en el año 1950, el artista plástico y ecologista austriaco Friedensreich Hundertwasser, realizó obras con este tipo de jardinería en apartamentos y teatros en Viena (Ver foto 5) en dichos apartamentos emplea la vegetación como elemento decorativo para las edificaciones.

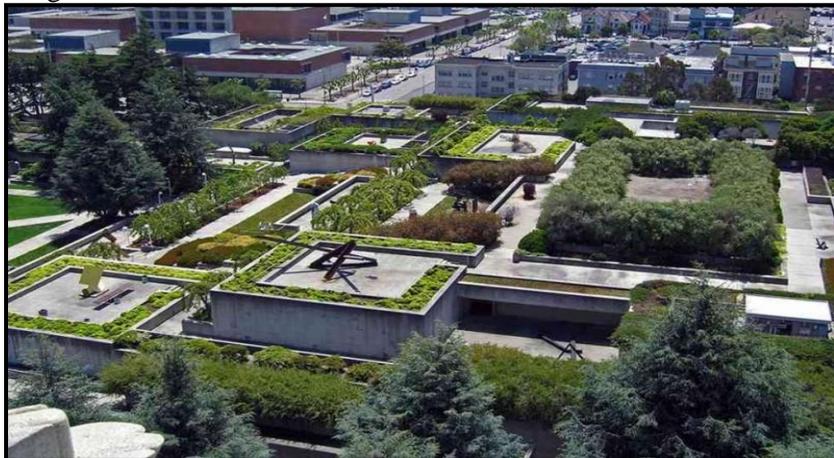
Foto 5. Apartamentos en Viena, Friedensreich Hundertwasser.



Fuente: Santiago Carroquino, 2009.

Otro ejemplar es el museo de Oakland de California diseñado por el arquitecto Kevin Eamonn Roche en 1969, (Ver imagen 6) es un museo en el cual el conjunto tiene integradas las áreas dedicadas al arte, a la historia, a la cultura, y al ambiente natural de California.

Imagen 6. El museo de Oakland California 1969.



Fuente: Santiago Carroquino, 2009.

En dicho museo fue contemplado el uso de vegetación en la parte superior de las cubiertas de dichas áreas, las cuales compositivamente presentan su desarrollo de forma escalonada (Ver Foto 6) con el fin de integrarlo al entorno natural que lo rodea.

Foto 6. Empleo de vegetación en la cubierta de cada área.



Fuente: Santiago Carroquiño, 2009; Info obras.

En el siglo XXI, EXPO 2000 Hannover, MVDVR arquitectos, propone escenarios de naturación horizontales (Ver foto 7) demostrando la capacidad de preservar a la naturaleza en un territorio reducido.

Foto 7. Edificio Sky Village.



Fuente: Santiago Carroquiño, 2009.

Para el año 2002 la terminal marítima de Yokohama en Japón, (Ver foto 8). Diseñada por el despacho Foa arquitectos, propone vegetación en su azotea con la intención de extender el parque municipal cercano al muelle, a su vez enriquecer al edificio con espacios visualmente integrados.

Foto 8. Terminal marítima de Yokohama, Foa arquitectos



Fuente: Santiago Carroquiño, 2009, tomada de Wiki arquitectura.

En el año 2007 se construye El Vulcano Buono proyectado por el Arquitecto Renzo piano. El cual es un centro comercial en forma de cráter (Ver foto 9) con un techo verde en pendiente, ubicado en el sur del distrito de Nola, en Italia. Cuenta con una superficie naturada de 87.750 m<sup>2</sup>.

Foto 9. Centro comercial Vulcano Buono, Arq. Renzo Piano



Fuente: Plataforma arquitectura

En el 2009 en Holbaek Dinamarca, se edifica un centro infantil, ubicado en el punto más alto de poblado de Bernts Have, el edificio con su gran techo verde (Ver foto 10) con una superficie naturalada de 1,350 m2 se integra al paisaje de las montañas.

Foto 10. Centro Infantil, Henning Larsen Arquitectos



Fuente: Plataforma arquitectura

## 1.2 Azoteas verdes en México 1994-2010.

En México, el tema de azoteas verdes es nuevo y se encuentra en vías de desarrollo. En 1994 la Universidad de Chapingo instaló cuatro techos de 75 m2 cada uno para probar la selección de vegetación. En donde como testimonio (ver foto 11) se colocó una placa conmemorando este hecho.

Foto 11. Primera referencia de techos enverdecidos



Elaboración propia.

En la parte superior de los auditorios (Ver foto 12) se encuentra la construcción del techo verde en donde se utilizó la vegetación “Sedum” planta que se adapta a las sequías, debido a su capacidad de almacenar agua en sus hojas, generan el ahorro en el mantenimiento de riego, por ello son aptas para cualquier tipo de clima y lugar. (Stepenson,1994:30).

Foto 12. Techos de Auditorios enverdecidos con “Sedum” en Chapingo



Elaboración del autor.

En el Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norteamérica (CICEANA) ubicado en Av. Progreso # 3, Col. del Carmen Coyoacán, se encuentra una superficie de 530 m<sup>2</sup> (ver foto 13). En donde se aprecia un sistema extensivo.

Foto 13. Superficie naturalizada en CICEANA



Fuente: Ilse García,2009.

El edificio del Jardín Botánico de la UNAM cuenta con una cubierta verde de 315 m<sup>2</sup>. En donde se han probado distintos tipos de especies vegetales (ver foto 14). En donde se aprecia un sistema extensivo con cactáceas, sedum y otras especies vegetativas de la región.

Foto 14. Jardín Botánico UNAM México DF.



Fuente: Ilse García, 2009.

Dentro de la prueba piloto autorizada por la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SMA) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) se realizó la naturación de cubiertas en escuelas públicas, ejemplo de ello se encuentran las siguientes escuelas:

- Escuela Preparatoria "Ex Cárcel de Mujeres" Calle Ermita Iztapalapa Col. Santa Martha Acatitla Superficie: 980 m<sup>2</sup> (Ver foto 15).

Foto 15. Escuela Preparatoria "Ex Cárcel de Mujeres".



Fuente: Ilse García, 2009.

Escuela Secundaria "República de Venezuela" Pról. Ermita Iztapalapa s/n Col. El Santuario Superficie: 385.75 m<sup>2</sup> (Ver foto 16).

Foto 16. Escuela Secundaria "República de Venezuela".



Fuente: Ilse García, 2009.

Escuela preparatoria 15 Iztacalco "Felipe Carrillo Puerto" cuenta actualmente con 3 áreas de techo naturado con una superficie de 1,477.85 m<sup>2</sup> contiene plantas suculentas (Ver foto 17) pues son las que mejor se adaptan al clima de la ciudad y no requieren de gran mantenimiento. Dos de ellas no cuentan con acceso al público, pero la que sí lo tiene es utilizada para prácticas que realizan los estudiantes bajo supervisión de los profesores.

Foto 17. Escuela Secundaria "República de Venezuela".



Fuente: Secretaria de Medio Ambiente, 2009.

El Centro comercial “Plaza Central”, ubicada en Canal del Río Churubusco No. 1635, Col. central de Abasto cuenta con un área de 3000 m<sup>2</sup> (Ver foto 18) las orillas de la azotea están delimitadas en su perímetro con una franja de naturación de aproximadamente 1.5 m de ancho y sólo una de las esquinas de este espacio tiene un área rectangular de naturación.

Foto 18. Centro comercial “Plaza Central”.



Fuente: Secretaria de Medio Ambiente, 2009.

En 2005 Grupo San Carlos incluye la naturación en su conjunto Hábitat ecológico “El Acantilado” (Ver foto 19) en Zapopan, Jalisco en 81 viviendas con una superficie de 3,000 metros cuadrados de techos se cubrieron con vegetación logrando que el conjunto conecte la estructura con su entorno natural.

Foto 19. Hábitat ecológico “El Acantilado”



Fuente: Green Roff System de México.

En el 2009 se natura la azotea de Wal Mart, Superama (Ver foto 20), ubicado en la colonia Polanco del Distrito Federal con una superficie aproximada de 300 m<sup>2</sup> de material vegetal de la región.

Foto 20. Azotea Verde para Wal Mart, Superama.



Fuente: Green Roff System de México

En 2006 el Museo del Acero en el Parque Fundidora Monterrey Nuevo león (Ver foto 21). diseñado por Harari Arquitectos, incorpora una cubierta verde utilizando pastos de la región

Foto 21. Azotea Verde de Fundidora Monterrey



Fuente: Green Roff System de México

En la construcción de la estación metro Insurgentes (Ver foto 22), se natura la azotea que envuelve a la misma con una superficie de 1037 m<sup>2</sup>, ubicada en la Delegación Cuauhtémoc

Foto 22. Estación del Metro Insurgentes



Fuente: Secretaria de Medio Ambiente, 2009.

En el 2006 el banco HSBC es el primer edificio a nivel de América Latina en obtener la certificación Leed-Gold, por el Consejo Internacional Estadounidense de Edificación Verde en el cual se implementa la naturación de la cubierta de su estacionamiento con una superficie de 540 m<sup>2</sup> (Ver foto 23), Este jardín es clasificado como tipo intensivo. Ver capítulo 1.4.

Foto 23. Cubierta naturada en estacionamiento HSBC



Fuente: Ilse García, 2009.

En el 2008 en el Centro de Desarrollo Infantil (Cendi) del Sistema de Transporte Colectivo (STC) (Ver foto 24), Metro se enverdece la azotea con un área de 1,190 metros cuadrados con vegetación como arbustos, pasto y huertos.

Foto 24. Azotea naturada en Cendi



Fuente: Secretaria de Medio Ambiente, 2009.

En el 2010 se utiliza por primera vez una azotea verde en el género Hospitalario, (Ver foto 25). El hospital de especialidades “Belisario Domínguez” ubicado en el DF, Delegación Iztapalapa cuenta con un área de 971,00 metros cuadrados naturados y está destinada para tener contacto directo o visual con fines terapéuticos y de recuperación para los pacientes, está dividida en dos secciones: en el área de Gineco-obstetricia.

Foto 25. Área de Gineco-obstetricia Hospital Belisario Domínguez



Fuente: Secretaria de Medio Ambiente, 2009.

Comentarios finales del autor sobre este apartado.

En base a la cronología literaria ya referida, es necesario destacar el hecho de que el recubrimiento con vegetación sobre la cubierta o azotea de las construcciones en las edificaciones pertenecientes a diversos géneros, se ha venido empleando a lo largo de la línea del tiempo en la existencia del ser humano, así también las técnicas de construcción sobre dicho sistema se han venido mejorando y desarrollando con nuevos materiales y procesos constructivos para lograr adaptarlos acorde a los requerimientos de estas. Cuando se habla de requerimientos es necesario relacionar el tiempo, con el ser humano y su hábitat que son las edificaciones, debido a que en cada etapa del tiempo histórico el recubrir la superficie de la azotea con vegetación, ha respondido a diversas necesidades por parte de los usuarios del edificio en cuestión. Dentro de las necesidades ubicadas en los ejemplos anteriores se pueden encontrar a nivel general, aquellas que van desde el uso de vegetación como elemento de ornamentación, cultivo, espacios de recreación, terapia, preservación e integración de la naturaleza.

En México está haciéndose cada vez más presente el enverdecimiento de azoteas a mayor escala en edificios de dependencias gubernamentales, así también en edificios de carácter privado, sin embargo actualmente nos encontramos en un déficit de dicho sistema constructivo en comparación de los países de primer mundo, como lo son Alemania, España, Estados Unidos de América entre otros. Si analizamos una vista aérea del estado en el que se encuentran las azoteas de las edificaciones, se puede concluir que la mayor parte de estas, se encuentran recubiertas por impermeabilizante color rojo, pero a final de cuentas están en un completo desuso y por ende la azotea se transforma en un espacio desperdiciado.

Además nuestro país es rico en recursos naturales, entre ellos está la vegetación por lo cual tenemos mayor potencial para desarrollar este sistema constructivo y dejar de verlo solo como un elemento de decoración o embellecimiento de la azotea, ya que al unir la vegetación que es parte de la naturaleza y un procedimiento constructivo como un factor técnico, da lugar a una ecotecnia la cual procura el bienestar y mejoría del medio ambiente además de aprovechar los recursos naturales que si pueden ser utilitarios, tanto para la construcción y para el bien del ser humano. En capítulos posteriores esta investigación se enfocara en abordar de manera más detallada estos últimos.

### 1.3 Concepto y clasificación de azoteas verdes.

Se abre este apartado en esta investigación, en el cual se hace referencia al estudio sobre la azotea verde, mencionando que debido al logro que se tiene para disponer de diversos recursos tecnológicos destinados al área de la construcción en edificaciones y como prueba de ello, se puede apreciar en la utilización de los materiales constructivos, entre ellos el concreto armado, los impermeabilizantes, que han permitido aportar soluciones técnicas constructivas cada vez más prácticas, conduciendo a que se haga la proporción de una construcción técnica que conforma el sistema de azoteas verdes.

En la actualidad este tipo de sistema constructivo se ha venido trabajando y desarrollando cada vez más en la cubierta de las edificaciones, aunque del otro lado sigue apareciendo como un sistema costoso y limitado a un grupo de personas. Sin embargo las azoteas verdes empiezan a introducirse en el área de la sustentabilidad en donde los nuevos planteamientos nos hablan de una naturación extensiva a gran escala, que permita ejercer un efecto beneficioso sobre el conjunto urbano (Plan verde Cd. de México 2009). Para ello se aprovechan principalmente las áreas que constituyen aquellas zonas desaprovechadas para dar un uso como son las azoteas.

Vivimos en una cultura contemporánea, que se ha enfocado en utilizar instrumentos que nos propicien una mayor comodidad de servicio al utilizarlos, los cuales se alimentan de recursos energéticos que impactan en el deterioro de nuestro entorno natural, olvidándose de un punto esencial el cual para los antepasados era importante; conservar la armonía y unión con la naturaleza. Sin embargo, la innovación científica y tecnológica se ha preocupado por rescatar este binomio de Hombre-Naturaleza, por medio del diseño y la construcción de edificios que se enfocan en el análisis sobre las cuestiones arquitectónicas en donde los elementos de la eficiencia energética, agua, iluminación y confort que se empleen para la función de una edificación, para contribuir en a disminuir la incidencia en términos de daño sobre el medio ambiente, partiendo de este hecho la azotea verde contribuye en apórtale al edificio la integración de la naturaleza.

La evidencia empírica sobre los estudios que se han realizado en dicho tema, son varios entre ellos se ha concluido que la construcción de azoteas verdes aporta beneficios como:

- Ayudar a mitigar el efecto de isla de calor urbana.
- Proteger a la estructura de los fenómenos climáticos.
- Remueve y enfría el calor del aire por evo transpiración
- Reduce la transferencia de calor al interior de una edificación
- Contribuye a un ahorro de energía que se usa en el acondicionamiento térmico del edificio.
- El empleo de vegetación en este sistema, produce oxígeno y elimina partículas contaminantes existentes en el aire como el CO<sub>2</sub> y gases de efecto invernadero.
- 

Para ahorrar energía en los sistemas de climatización es necesario adecuar la envolvente en la vivienda, con la finalidad de mejorar su comportamiento térmico; así mismo la correcta elección de los materiales desde el punto de vista térmico resulta de gran importancia cuando se busca reducir consumo de energía por los medios mecánicos.

La mayor parte de la literatura bioclimática que se refiere a la vegetación como instrumento de climatización, menciona a los árboles como principales elementos de control micro climático, especialmente en áreas abiertas (jardines, patios, parques) combinado con otras plantas rastreras (pastos) y arbustos, pero también mencionan su uso como instrumentos para controlar la ganancia térmica en los edificios. En los siguientes conceptos dados por los autores que se analizarán, se desarrollarán a detalle por los mismos, los puntos ya mencionados con el fin de dar fundamento a la investigación que se lleva a cabo.

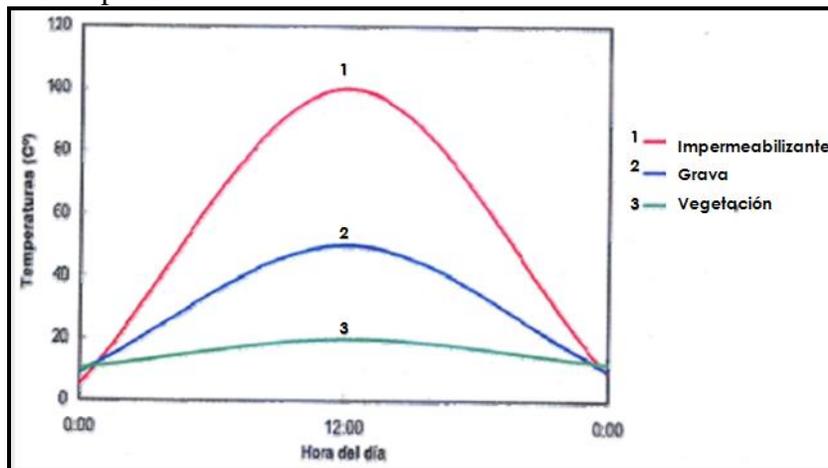
Concepto de Azotea verde.

Gernot Minke (2004) Define al concepto como “la construcción de una zona enjardinada sobre el techo ya sea plano o inclinado ubicada en cualquier tipo edificación, cuya superficie se recubre, con vegetación natural como pastos, musgos y plantas locales” (Minke; 2004: 52-54).

El autor nos muestra que por medio de llevar a cabo la acción de enjardinar la superficie de un techo con vegetación natural, se obtiene como resultado una construcción ecológica, en la cual se obtienen efectos técnico-constructivos que benefician al medio ambiente y a la edificación, entre los cuales se enumeran los siguientes:

Al aumentar las superficies verdes en áreas exteriores, así como enjardinando los techos de las edificaciones, se puede disminuir estas áreas expuestas al sol, que funcionan como una superficie pavimentada, derivado de acontecimiento el efecto isla de calor, tendera a reducirse.

Grafica 1. Comportamiento térmico de distintos materiales sobre superficies de cubiertas.

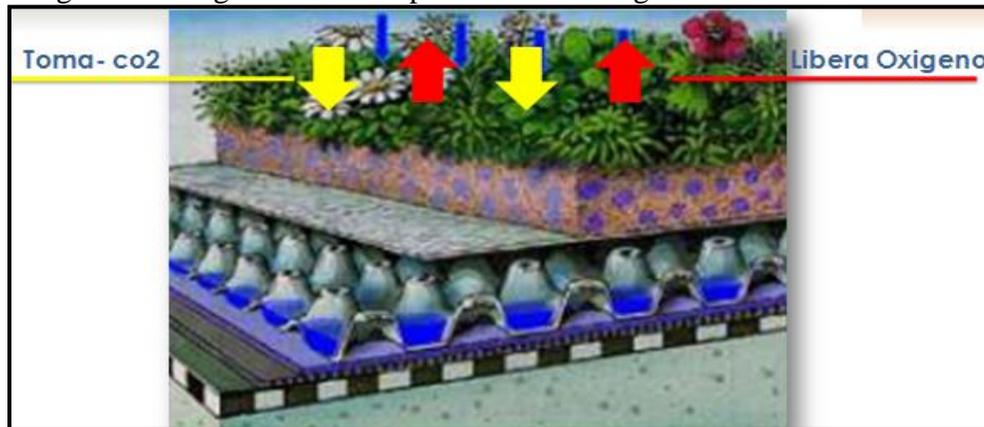


Fuente: Krusche.Per-Okologisches Bauen, G. Minke 2004.

Cada material al ser colocado sobre una superficie, que en este caso la prueba experimental, llevada a cabo en Alemania, consistió en poner distintos materiales sobre una cubierta, para estudiar la capacidad de acumulación térmica como podemos apreciar en la grafica 1, en donde se muestra que la capa impermeabilizante tiende a acumular mayor temperatura, seguida de la grava comparándose con una cubierta vegetada o ajardinada en la cual se comprueba que se disminuye la acumulación de temperatura y con ello este efecto isla de calor, al enjardinar con vegetación la superficie de una cubierta.

- La vegetación de los techos verdes (Ver Imagen 7), toma  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono) del aire y libera oxígeno, mientras el tamaño del pasto, así como el de las plantas sea mayor, se generara mas oxígeno y consumirá mas  $\text{CO}_2$ .

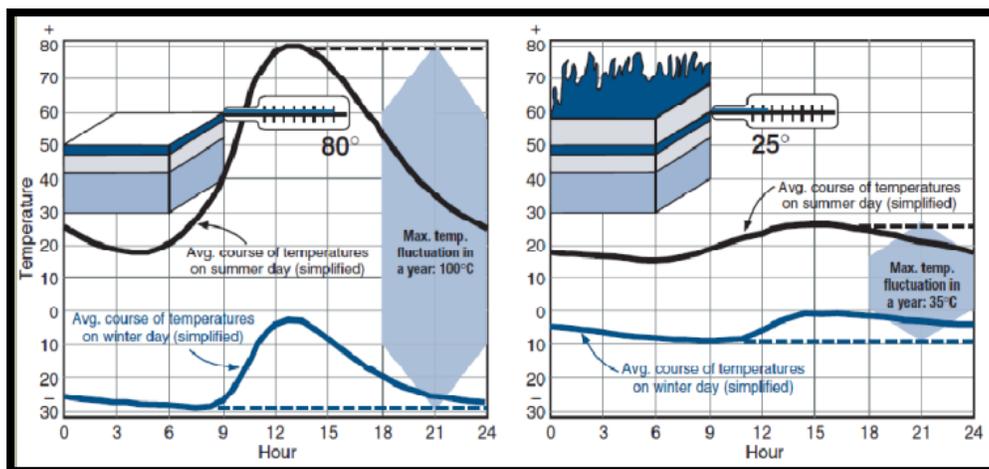
Imagen 7. La vegetación como productora de oxígeno.



Elaboración propia.

- La temperatura interior de los edificios, se eleva con la captación de los rayos solares sobre la superficie de la cubierta sin vegetación, (Ver grafica 2), la propiedad de las capas que componen al techo verde, por el efecto de evaporación del agua, evitan que se transmita directamente el calor a la superficie del techo, y penetre al interior del edificio.

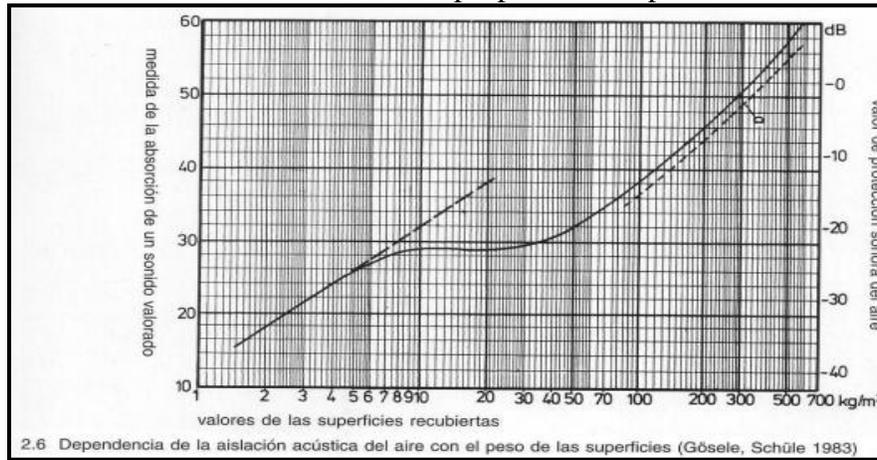
Grafica 2. Temperaturas de una cubierta sin vegetación y una cubierta naturalada.



Fuente: Dürr, A. 1995. Tomada de Ilse García, 2009.

La vegetación es decir el conjunto de plantas unido con las capas que componen al sistema constructivo, reducen el ruido mediante la absorción, (Ver grafica 3), Ilse García, 2009. Comenta que no se le debe atribuir esta propiedad a las plantas solamente, sino a las capas sobre las cuales crecen las plantas, (García, 2009:11).

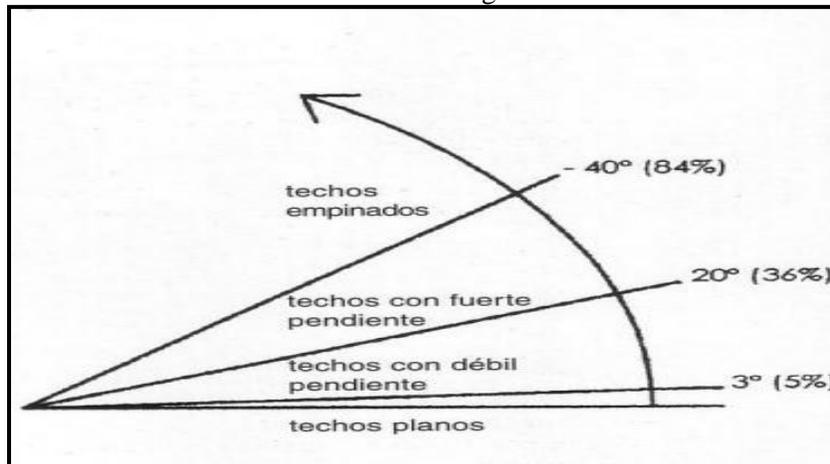
Grafica 3. Disminución de ruido en proporción del peso de la cubierta



Fuente: Dürr, A. 1995; Ilse García, 2009.

Sobre la naturación de azoteas, Gernot Minke nombra a este sistema constructivo como ajardinamiento de techos, así mismo enumera las diferentes formas de ajardinamiento en función de la inclinación de la superficie (Ver Tabla 1) o cubierta a enjardinar dividiéndolas de la siguiente manera:

Tabla 5. División de los techos verdes según su inclinación.



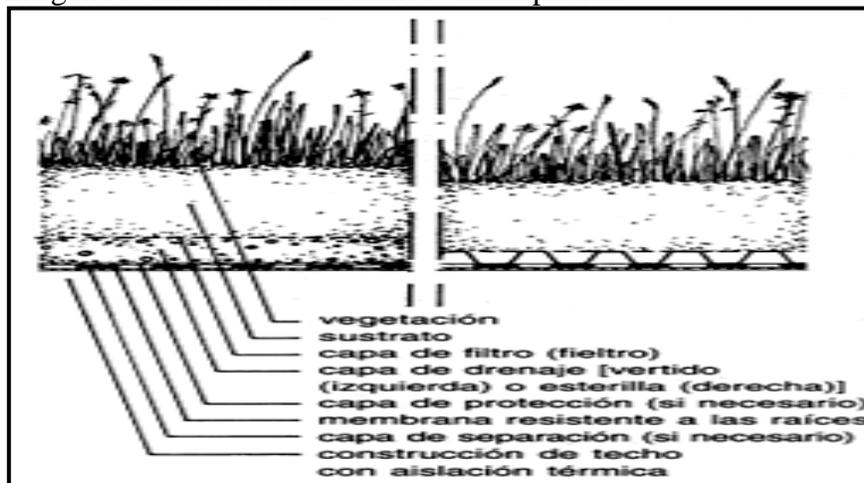
Fuente: Gernot Minke, 2004.

Según la tabla mostrada anteriormente, el autor define que una manera sencilla de diferenciar los sistemas de techos verdes en principio sería por su inclinación y los agrupa de la siguiente manera:

- Para pendientes de hasta 3° o sea del 5%, se habla de techos planos.
- Los techos verdes de 3° a 20° o respectivamente con un 5% hasta un 35% de pendiente, se denominan techos con débil pendiente.
- Para pendientes en techos verdes de 20° a 40° o sea con un 36% hasta un 84% de pendiente se les clasifica como de fuerte pendiente.
- Cuando se tiene una pendiente de 40° en adelante es decir del 84% de pendiente se les denomina como techo empinado

Los enjardinados para los techos planos habituales de 3° tienen una construcción en capas (Ver imagen 8), que consta con los siguientes componentes:

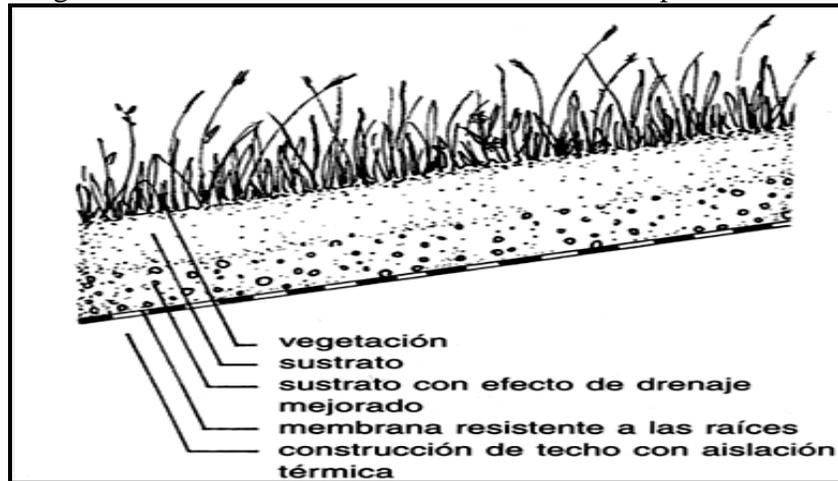
Imagen 8. Construcción de techos verdes planos.



Fuente: Gernot Minke, 2004.

Para los enjardinados en los techos con débil pendiente de 3° a 20° se tiene la siguiente construcción, que a comparación del techo plano, este no lleva capa drenante (Ver imagen 9), y consta de los siguientes componentes:

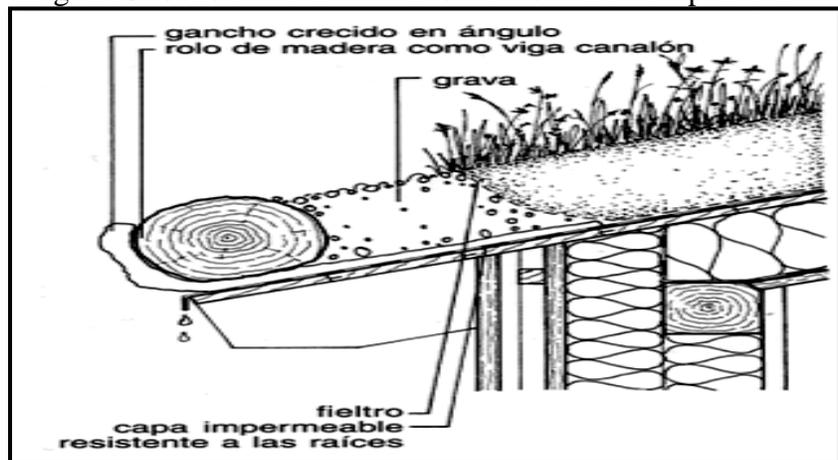
Imagen 9. Construcción de techos verdes con débil pendiente.



Fuente: Gernot Minke, 2004.

Para los enjardinados en los techos de fuerte pendiente que van de 20° a 40° el autor menciona que se les deben crear algún elemento que sirva para protección frontal con el fin de Evitar el deslizamiento del sustrato y los demás elementos consta de los mismos componentes de los anteriores sistemas constructivos a diferencia de que en este (Ver imagen 10) se complementa con la propuesta de protección con los siguientes elementos

Imagen 10. Construcción de techos verdes con fuerte pendiente.



Fuente: Gernot Minke, 2004.

Para los enjardinados en los techos empinados que son de 40° en adelante, el autor hace la aclaración de que se les deben construir como si fuera un muro (Ver imagen 11) es decir poner una capa de sustrato, una vez que este enraíce es decir se fije, se le coloca encima de este otra capa de sustrato, con el fin de evitar deslizamientos de los sustratos.

Imagen 11. Construcción de techos verdes con fuerte pendiente.



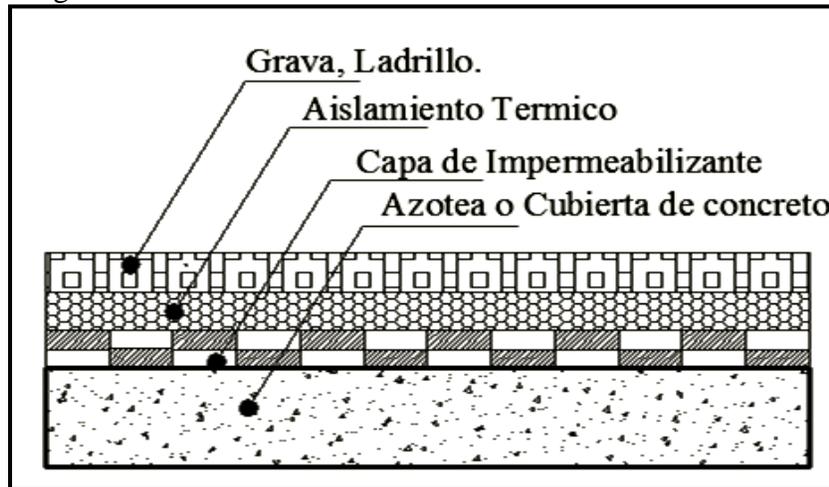
Fuente: Gernot Minke, 2004.

Gernot minke, es el pionero de la construcción de techos verdes y lo más destacable son las pruebas de laboratorio y ensayo experimental que el mismo ha hecho y dirigido, publicando sus resultados de los cuales la mayoría de empresas que comercian este sistema se basan, pero sin darle crédito al mismo, así mismo realiza un análisis de este sistema en las áreas de construcción y normatividad aplicada.

Julián Briz Escribano (2003) Menciona que “La cubierta ajardinada, cubierta vegetal, o como aquí en México se le conoce como azotea verde, es un tipo de cubierta invertida o cubierta convencional, con la adición de sustrato y plantas por la capa superior, este tipo de cubiertas es aplicable preferentemente a las cubiertas planas” (Briz; 2003: 257).

Es importante aclarar el término de cubierta invertida o cubierta convencional: para ello el contexto de este sistema de construcción se ubica en España, y el autor originario del mismo país, la denomina así porque en este sistema constructivo se tiene la característica de colocar el aislamiento sobre la impermeabilización (Ver imagen 12), es decir el aislante térmico protege a la capa o lámina impermeabilizante.

Imagen 12. Detalle constructivo de Cubierta Invertida



Elaboración del autor.

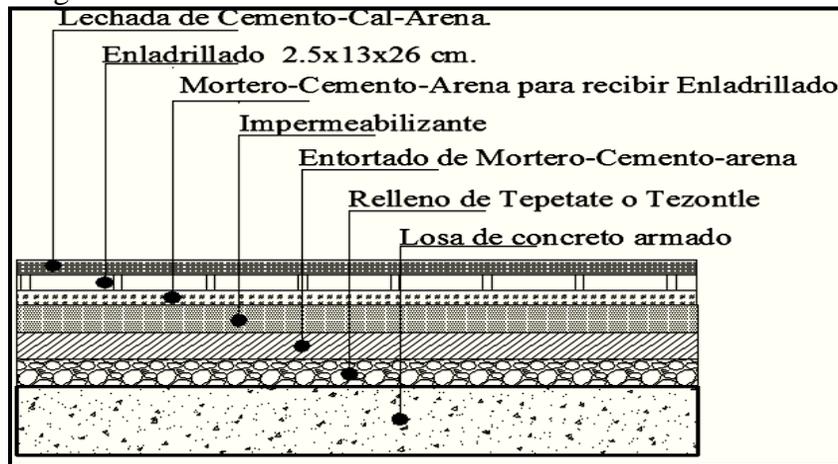
En el detalle constructivo anterior, podemos apreciar los componentes que conforman a una cubierta invertida, esta forma de acomodar a cada uno de estos elementos responde a una necesidad de mantener y mejorar la temperatura de los materiales.

Entonces el fin de una cubierta Invertida es contribuir a que el usuario que se encuentra en el interior de los espacios arquitectónicos que emplean este tipo de cubierta, se sientan cómodos con el ambiente interior para realizar sus actividades de forma óptima y eficaz, sin sufrir distracciones a causa del mismo.

Este sistema constructivo es común encontrarlo aplicado en el continente Europeo, debido a que es un continente que se encuentra cercano al polo norte, por ello España tiende a ser un país con características climatológicas frías a comparación de México que se encuentra alejado de este casco polar. Hablando propiamente en el contexto de arquitectura bioclimática, se deduce que derivado de las modificaciones existentes en el clima de cada país, se producen los cambios en el uso de materiales para construir.

Por último cabe mencionar que se dice que es una cubierta convencional, por qué es lo que en términos de factibilidad y función, conviene más en esos tipos de climas europeos. En México es común utilizar el sistema constructivo (Ver imagen 13), que se encuentra dictaminado por la normatividad y reglamento de construcciones vigente en el cual se especifican las características de los materiales que componen una losa de concreto.

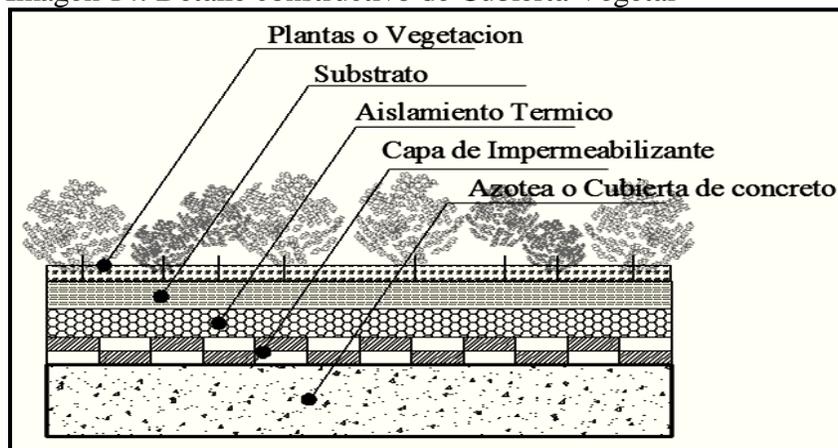
Imagen 13. Construcción de Losa de concreto armado



Elaboración del autor.

El autor señala que para poder considerar que una azotea o cubierta es propiamente ajardinada se le debe agregar elementos naturales como sustratos y plantas preferentemente aplicado a superficies horizontales, (Ver imagen 14) es decir en una azotea o cubierta plana principalmente.

Imagen 14. Detalle constructivo de Cubierta Vegetal



Elaboración del autor.

Este autor hace un amplio estudio sobre este sistema de construcción, que abarca los campos de mercadotecnia, la sociedad, lo económico, el entorno urbano, así como estudios científicos a nivel climático y constructivo.

Los dos autores citados, coinciden en que este proceso de naturalización debe ser construido directamente sobre el cerramiento superior de la edificación, es decir la cubierta o azotea, de tal modo que dicha superficie debe cumplir como requisito tener vegetación natural generada en la localidad donde se situó dicha edificación, para adquirir este reconocimiento de sistema constructivo. Sin embargo existe una diferencia que vale la pena comentar, el presente autor menciona la posibilidad de construir techos verdes, tanto en superficies planas como en superficies inclinadas, explicando la manera de llevarlo a cabo de forma extendida dando especificaciones y detalles constructivos, a comparación de Julián Briz, que solo los menciona pero no se adentra en detallar con profundidad sobre los mismos, enfocándose solamente en trabajar la construcción de los mismos pero desde el enfoque teórico, sin explicación gráfica del cómo llevar a cabo la construcción de naturalización vegetal, como el presente autor.

Victoria Rojas (2008) Señala que se puede considerar a una azotea verde a “un conjunto de membranas que componen un sistema de impermeabilización, con sustratos orgánicos y plantas sobre la superficie, destinada a una cubierta de un edificio o vivienda el cual contiene los elementos vegetales vivos como parte integral del sistema total del techo”. (Rojas; 2009: 1). La autora hace énfasis en que un sistema con plantas colocadas en recipientes, no se considera una cubierta vegetal. Macetas solamente con plantas, no conforman este tipo de cubiertas, pues el sistema de azotea verde, funciona como superficie.

Este autor toca un punto importante que los anteriores no mencionan, y es que una característica principal que debe tener este sistema constructivo es que para que se le atribuya el reconocimiento de azotea verde debe tener aplicada la vegetación natural con un conjunto de sistemas integrales sobre la superficie a naturalizar.

De tal modo que solo colocar en una parte de la superficie a natural vegetación o simular este sistema constructivo (Ver imagen 15), como por ejemplo: pintar de color verde la cubierta o azotea, poner elementos artificiales hechos por diversos materiales como plásticos, cauchos, entre otros materiales de los cuales, se derivan productos como las macetas, botellas, cubetas, llantas, así como otros tipos de contenedores a los cuales se les pueda introducir elementos como tierra, abono, agua y plantas, no es considerado como un sistema de azotea verde.

Imagen 15. Ejemplos que no son considerados como azotea verde.



Elaboración del autor.

Ya que no cumplen con el principio de ser aplicados sobre toda la superficie de la azotea, es decir que la capa de tierra y la vegetación puesta sobre la misma, descansa directamente sobre toda la parte superior del elemento constructivo llamado losa o azotea. Este autor aun faltaría que mencionara detalles técnico-constructivos para completar su trabajo en donde se tocara temas como los autores ya vistos, en donde falta información sobre las inclinaciones de este sistema constructivo y procedimiento para su correcta ejecución.

Ginés Lardin (2009) comenta que “Las cubiertas verdes, son espacios ubicados en la cubierta de cualquier tipo de construcción y que destacan por su carácter sostenible, porque es un sistema ligero, sencillo, fácil de instalar y de mantenimiento reducido” (Lardin; 2009: 3).

El autor declara que el sistema de “cubiertas verdes” combina los conceptos de:

- Naturaleza.
- Eficiencia energética.
- Impermeabilización.
- Ahorro hídrico y energía solar

Naturaleza: por emplear vegetación que crece en la tierra.

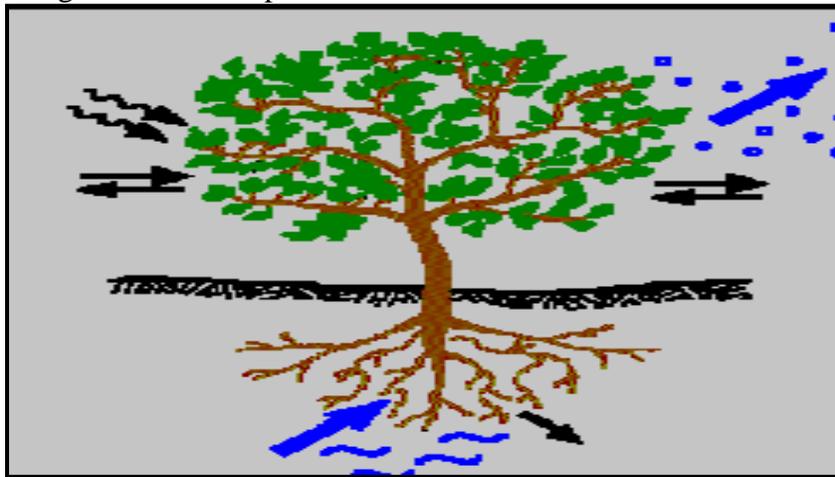
Eficiencia energética: contribuye a regular la temperatura ambiente.

Impermeabilización: cuando se construye con todos los requisitos técnicos, protege a la losa de una edificación del deterioro producto de los efectos climáticos.

Ahorro hídrico y energía solar: los efectos de la vegetación aplicada sobre una edificación se enuncian por el autor de la siguiente manera:

Ginés Lardin (2009) nos menciona que las cubiertas ajardinadas reducen el calentamiento atmosférico y humedecen el ambiente urbano (Ver imagen 16) creando así un clima más saludable para el ser humano.

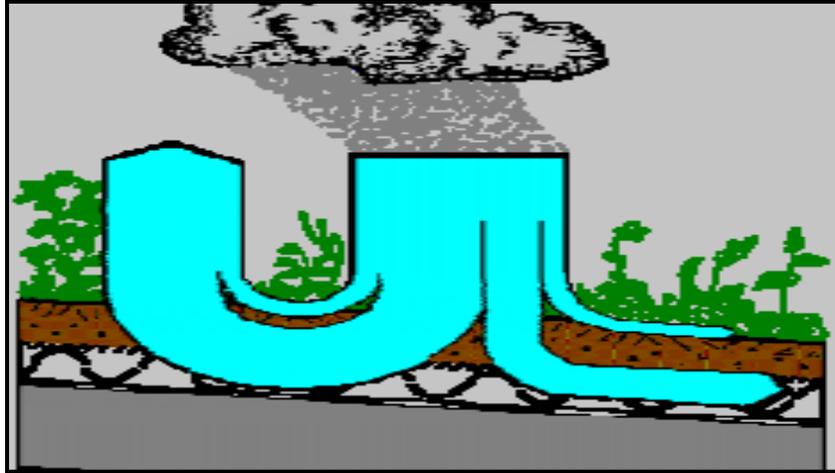
Imagen 16. Efectos por el uso de cubiertas verdes al ambiente



Fuente: Ginés Lardin, 2009.

Las cubiertas ajardinadas son capaces de retener hasta el 90 % de la precipitación. Esto se debe a que una parte de esta agua es devuelta a la atmósfera (Ver imagen 17) y el resto fluye de forma retardada hacia los sistemas de desagüe.

Imagen 17. Retención de agua



Fuente: Ginés Lardin, 2009.

Las cubiertas ajardinadas tienen un efecto de filtro para el aire, (Ver imagen 18) reduciendo así substancialmente la contaminación de polvo y aerosoles, así contribuyen a reducir elementos tóxicos en la atmósfera.

Imagen 18. Limpieza del aire por la vegetación



Fuente: Ginés Lardin, 2009.

Las cubiertas ajardinadas reducen la reflexión sonora, es decir el ruido, (Ver imagen 19), hasta 3 dB y son capaces de mejorar la insonorización hasta 8 dB. Así, son ideales para edificios rodeados de focos ruidosos, (Lardin; 2009: 16).

Imagen 19. Reducción de ruido



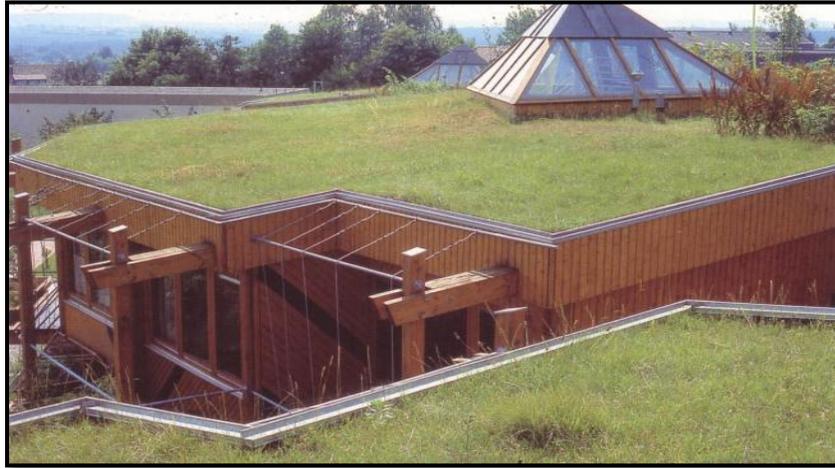
Fuente: Ginés Lardin, 2009.

Este autor menciona solo reportes de estudios ya realizados por otros autores como los que hace Julián Briz y Gernot minke, aunque de forma superficial ya que no detalla ni cita las fuentes de referencia de los mismos.

Continuando con la clasificación de azoteas verdes **Gernot Minke** (2004) sostiene que en la literatura normalmente los techos verdes se dividen en dos grupos: verdeados intensivos y verdeados extensivos.

Los verdeados intensivos (Ver foto 27), abarcan la siembra de plantas vivaces, plantas leñosas y superficies de césped, que se encuentran en campo abierto. Estas plantas no son posibles sobre techos inclinados, si no en techos planos. Es indispensable un espesor de sustrato de más de 30 cm; además deben ser abastecidas regularmente con agua y nutrientes. Ya que requieren de cuidados intensivos y especialmente costosos.

Foto 26. Techo con vegetación leñosa. Alemania

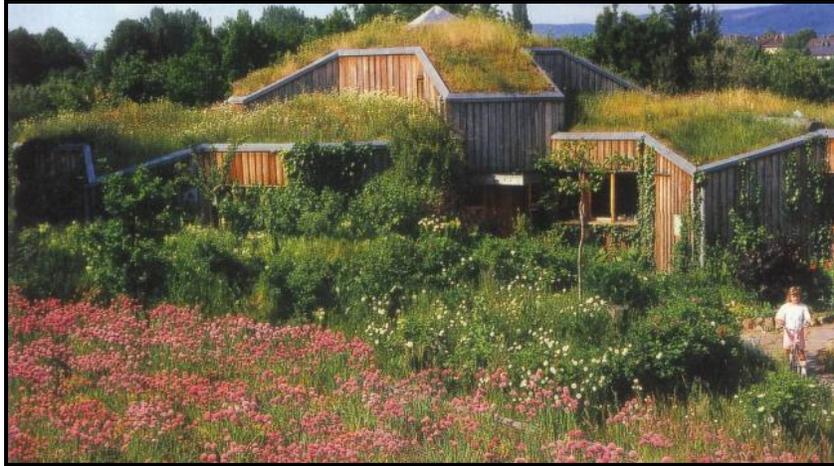


Fuente: Gernot Minke, 2004.

En el verdeado extensivo (Ver foto 28), las plantas crecen naturalmente a veces sin ser sembradas, se les arregla espontáneamente y tienen un espesor de sustrato que va desde los 3 cm hasta los 15 cm sin agua, ni nutrientes. Los pesos son menores conteniendo 160 kg/m<sup>2</sup>, este tipo de construcciones, no están destinadas para tener actividades sociales o recreativas sobre las mismas.

Se puede usar vegetación como musgos, suculentas, hierbas o pastos que puede sobrevivir sin cuidados ya que este tipo de vegetación es resistente a la sequia y a las heladas, por este motivo se escogen plantas silvestres. (Minke; 2004: 25,28).

Foto 27. Techo con vegetación silvestre, Kassel Alemania.



Fuente: Gernot Minke, 2004.

La clasificación en las azoteas verdes, según **Santiago Carroquino (2009)**, tiene su origen en la vegetación que crecía de manera espontánea en las cubiertas de grava. Actualmente, son sistemas constructivos tan estandarizados que la diferencia estriba en las propiedades de aislamiento, la mejora del microclima que ofrecen, en la vegetación y la vida que pueden sostener. Clasificación: generalmente las cubiertas vegetales se dividen en dos tipos de cubiertas las llamadas extensivas e intensivas. Cada una de ellas tiene sus propias Características, necesidades, ventajas, beneficios.

Los componentes de las cubiertas vegetales se catalogan de la siguiente manera: desde la cubierta ecológica simple, que incluye tan sólo el forjado, hasta la impermeabilización, el sustrato y las plantas, las cubiertas verdes han ido evolucionando y añadiendo nuevos componentes.

Las cubiertas vegetales extensivas (Ver foto 29) se componen de las siguientes características:

- Tienen un grosor del sustrato máximo de 15 cm.
- Su peso va de los 100-250 kg/m<sup>2</sup> (contemplando la saturación de agua contenida en los mismos)
- Muy bajas necesidades de mantenimiento
- Limitada elección de especies vegetales.

Foto 28. Plantas de una cubierta vegetal extensiva



Fuente: Santiago Carroquiño, 2009.

Las cubiertas vegetales intensivas, (Ver foto 30) se componen de las siguientes características:

- Grosor del sustrato mayor a 15 cm.
- Peso es mayor a 250 kg/m<sup>2</sup> (contemplando la saturación de agua contenida en los mismos).
- Mayores necesidades de mantenimiento
- Múltiples posibilidades de elección de especies
- Es económicamente de mayor inversión y costo. (Carroquiño; 2009: 6).

Foto 29. Plantas de una cubierta vegetal intensiva



Fuente: Santiago Carroquino, 2009.

Sin embargo Victoria Rojas (2008) Señala que este tipo de cubiertas se dividen en:

- Cubiertas Intensivas: las cuales contienen arbustos, plantas florales e incluso árboles. Similares a un jardín, con caminos, terrazas, fuentes de agua.
- Cubiertas Extensivas: material vegetal sencillo, como musgo, cubre suelos, etc.; especies tolerantes a los climas secos, y que necesitan muy poca o ninguna irrigación, fertilización o mantenimiento.

Así mismo Ginés Lardin (2009) muestra que estas cubiertas se clasifican de la siguiente manera:

- A. Cubierta Intensiva: Permite la instalación de zonas verdes con césped, arbustos y árboles, en función de la estética del edificio. Es multifuncional, ya que posibilita la combinación con otras utilidades, por ejemplo terrazas, zonas peatonales y de recreo e incluso accesos para vehículos.
- B. Cubierta Extensiva: Es un ajardinamiento de crecimiento bajo y tapizante con sustratos a partir de 15 cm, sobre cubiertas planas. El tipo "Sedum Aromáticas" se adapta a cada situación de la cubierta. Las ventajas del tipo "Sedum" son: la escasa sobrecarga y el reducido coste de mantenimiento.

#### 1.4 Sistemas constructivos para azoteas verdes.

Debido a la industrialización y estandarización que se ha venido manejando en el proceso de innovar para generar nuevas soluciones, que permitan desarrollar la mayor cantidad de construcciones posibles con el motivo de atender a la demandas necesarias del habitar humano, este hecho ha sido el motor que impulsa a que los sistemas constructivos vayan evolucionando en función de los requerimientos mencionados para que dichas construcciones puedan ser construidas técnicamente de manera sencilla, invirtiendo el menor tiempo posible de manera económica, y de esta forma puedan ser aplicadas en serie constante y repetitiva. Además de esto, hoy en día la preocupación por el medioambiente ha sido la causa de que en los sistemas constructivos actuales vayan a cubrir las necesidades enfocadas a la creación de edificios sostenibles, de manera que se establezca una relación más estrecha y respetuosa entre el hombre y la naturaleza utilizando materiales de construcción que propicien una mayor eficiencia energética en los edificios sin olvidar la viabilidad dentro de la política de mercado.

Con respecto a los materiales utilizados para la construcción de azoteas verdes, la vegetación es el protagonista principal de este sistema y el elemento que dicho en palabras de Ruth Lacomba (1991), “constituye una parte fundamental en cualquier ecosistema que puede tener múltiples aplicaciones haciendo mención de ellas, tenemos que puede utilizarse como dispositivo de control solar y ruido, brindar efectos psicológicos positivos, aumentar la plusvalía y con ello el valor económico del inmueble, hasta integrarse a la edificación como un elemento arquitectónico”. Con respecto al estudio dado en esta investigación, la vegetación, dicha autora nos muestra que este elemento interviene en la conformación del microclima como uno de los sistemas pasivos de enfriamiento o calentamiento, lo que en materia de consumo de energéticos llega a ser un dispositivo de ahorro, ya que abate el uso de aire acondicionado”. Lacomba (1991:121).

Por ello generalmente es el único elemento que va a variar en todos los proyectos que se construyan, esto estará en función del país, localidad del proyecto al que este dirigido, ya que las condiciones climatológicas de la altura sobre nivel del mar, latitud, longitud, lluvia promedio, humedad ambiental y temperatura que se producen a nivel de cubierta, condicionaran el tipo de vegetación a utilizar en una localidad en específico.

Así también es importante estudiar el efecto de radiación solar en las distintas épocas del año, como menciona Ruth Lacomba (1991), “cada especie vegetal presenta requerimientos característicos, entre los cuales es recomendable considerar el tipo de luz que corresponde a una adecuada fotosíntesis de la planta”.

Después de haber analizado que la vegetación tendera a cambiar en función de las condiciones climatológicas, los demás elementos que integran a este sistema constructivo, tienen los mismos componentes básicos y para funcionar adecuadamente deben tener: membrana impermeable, barrera anti-raíces, capa de drenaje y de retención de agua, sustrato de crecimiento y vegetación. El desempeño ambiental de un techo verde está atado al buen funcionamiento de sus componentes. Una cubierta verde bien establecida es más efectiva en retener agua, enfriar el aire y lograr el aislamiento térmico del edificio. La estructura sobre la que se soporta la cubierta verde puede ser nueva o preexistente y debe estar diseñada y acondicionada para soportar las cargas y el uso y mantenimiento de dicha cubierta.

Hoy en día en el mercado global se manejan variados sistemas constructivos para azoteas verdes, en algunos lugares del mundo este proceso se encuentra determinado por la normatividad vigente de cada país, pero para fines de acotación en esta investigación se hará referencia a lo que en México se ha llevado a cabo sobre este tema. Como ejemplo de ello se tiene a la norma oficial mexicana PROY-NADF-013-RNAT-2007, publicada el 25 de noviembre de 2008 del Distrito Federal, en la cual se hace mención dentro del punto 8.4. sobre las características necesarias con las cuales deben de cumplir los elementos que integran la naturación de azoteas verdes, se hace cita textual de cada punto referenciado de dicha norma, como a continuación se presenta:

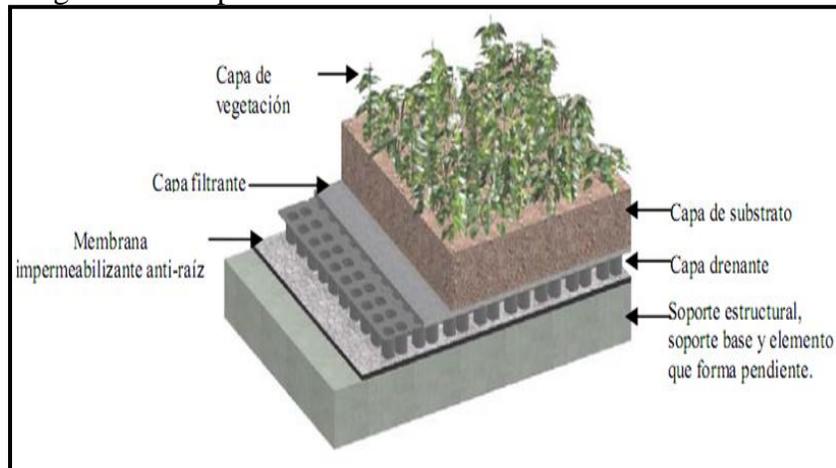
#### 8.4. Componentes básicos de una cubierta naturada:

Una cubierta naturada está constituida por los siguientes componentes básicos (Ver imagen 20), los cuales se enlistan en el siguiente orden del proceso constructivo:

- Soporte estructural (puede servir de soporte base y de elemento que forma la pendiente)
- Soporte base (suele ser el elemento que forma la pendiente y puede ser el soporte estructural)

- Desagües
- Membrana impermeabilizante anti-raíz
- Capa drenante
- Capa filtrante
- Capa de substrato
- Capa de vegetación

Imagen 20. Componentes básicos de una cubierta naturalada



Fuente: Norma ambiental para el Distrito Federal, 2008.

Los elementos ya presentados tienen como fin, trabajar como una unidad a su vez estos tendrán que cumplir con un desempeño técnico-constructivo apropiado para que funcione de forma efectiva la realización de este sistema sobre una superficie denominada por la Norma ambiental PROY-NADF-013-RNAT-2007, como soporte estructural, el cual tiene que cubrir con los siguientes requisitos:

## 8.5. SOPORTE BASE

En ocasiones este elemento puede coincidir con el soporte estructural y es el que recibe la impermeabilización anti-raíz.

### 8.5.1. Materiales del soporte base.

Para la construcción del soporte base se pueden utilizar los siguientes materiales:

- Arcilla expandida
- Concreto armado
- Concreto celular (hormigón celular)
- Elementos prefabricados de concreto armado
- Mortero de partículas ligeras
- Mortero de cemento
- Placas aislantes térmicas
- Madera
- Láminas y cubiertas prefabricadas

Por otro lado en la norma ya citada, hace mención de que para efectos de llevar a cabo la construcción y el empleo de materiales para fabricar el soporte estructural, es necesario acatar lo que se encuentra determinado por el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente, sus Normas Técnicas Complementarias, y demás normatividades aplicables para su correcta ejecución, a si mismo dicho soporte aparte de cumplir con lo mencionado, es importante que cumpla con la inclinación respectiva en función de lo que a continuación la norma menciona:

### 8.5.2. Pendientes requeridas

El soporte base de las cubiertas naturadas deberá tener una pendiente mínima del 2%. Para el caso de cubiertas inclinadas, con pendiente superior al 36% (20° aproximadamente) y menor al 58% (30° aproximadamente), se deberán implementar las protecciones adecuadas

contra deslizamientos; las cuales serán seleccionadas por el encargado responsable del proyecto y el encargado responsable de la construcción de la siguiente lista:

- Láminas con receptáculos
- Mallas tridimensionales
- Tableros o vigas dispuestos perpendicularmente a la pendiente
- Tirantes dispuestos horizontalmente entre la capa de substrato
- Para cubiertas inclinadas con una pendiente mayor al 58% deberán tomarse las medidas complementarias que resulten pertinentes para garantizar la estabilidad de los materiales tales como el anclado de las protecciones y el análisis estático.

En cubiertas con pendientes superiores al 5% es recomendable el uso de substratos monocapa y en cubiertas con pendiente mayor al 10% es obligatorio para evitar los deslizamientos.

Una función importante que se cumple al dotarle de una pendiente al soporte estructural en una edificación, es el escurrimiento del agua de lluvia para canalizarla a las bajadas pluviales próximas y que estas las envíen a un deposito contenedor de la misma o en su defecto las dirija a un colector principal y evitar que las mismas se queden estancadas en la azotea, en lo que respecta al sistema constructivo para la naturación de azoteas la norma citada menciona lo siguiente sobre este elemento:

#### 8.6. DISPOSITIVOS PARA DESAGÜE

El desalojo de las aguas de cubiertas naturadas se logra a través de la capa drenante, la pendiente, los sumideros y las bajadas de agua o desagües; estos elementos deberán evacuar la totalidad del agua excedente de la cubierta evitando su acumulación sobre la misma.

Los sumideros deberán contar con un dispositivo (rejilla, rejilla tipo domo, alcachofa, etc.) que permita retener los elementos sólidos que puedan obturar las bajadas de agua y deberán estar ubicados en un punto visible y de fácil acceso para realizar inspecciones y mantenimientos que garanticen su adecuado funcionamiento. Los rebosaderos son dispositivos para el desagüe que deberán considerarse como medidas de seguridad indispensables por lo que forman parte de los requerimientos previos.

Dichos elementos funcionan como protección para evitar la contención de agua producto de la lluvia en algún punto de la azotea, también con esto el beneficio obtenido es que el agua no se filtre a dicho soporte estructural y genere humedades al interior de un espacio arquitectónico inmediato al de la azotea y se presente con este efecto goteras, agrietamientos y fallas en la estructura, pero este elemento se apoya sobre el que dicha norma describe a continuación:

### 8.7. MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE ANTI-RAÍZ

Las membranas impermeabilizantes anti-raíz para sistemas de naturación deberán cumplir con las siguientes condiciones particulares:

- Estabilidad dimensional.
- Migración de plastificantes menor al 1% en volumen.
- Resistencia a la perforación por raíces.
- Resistencia a la tensión y tracción de los movimientos estructurales.
- Resistencia a microorganismos.
- Resistencia al choque térmico y variaciones de temperatura ambiental.
- Resistencia al punzonamiento.

Las membranas impermeabilizantes anti-raíz deberán cubrirse con una capa de protección contra los rayos ultravioleta en los puntos que queden expuestos a la intemperie. Estas condiciones deberán cumplirse en toda la superficie de la cubierta, aun cuando no se tenga previsto colocar vegetación en la totalidad, incluyendo las áreas de solapamiento, uniones, entregas a los elementos singulares (bases de equipos o instalaciones, salientes, faldones, etc.).

La propiedad anti-raíces de la membrana impermeable deberá estar certificada por un organismo competente y reconocido, ya que las emulsiones o fieltros con supuestas propiedades anti-raíces no son adecuadas para este tipo de sistemas. En caso de utilizar un impermeabilizante anti-raíz bituminoso, éste deberá contar con un espesor mínimo de 4 mm

y un refuerzo de poliéster de al menos 180 g/m<sup>2</sup>. Además la membrana seleccionada deberá contar con un acabado superior que la proteja e incremente su resistencia mecánica para transitar sobre ella. Sí se utilizan impermeabilizantes anti-raíz de PVC, Hypalon, PropilenoEtileno o similares, el espesor mínimo será de 1.2 mm y deberá asegurarse su resistencia al punzonamiento colocándolo entre dos capas antipunzonantes.

#### 8.7.1. Proceso de verificación de estanquidad de la membrana impermeabilizante anti-raíz

Antes de seguir con la instalación de las demás capas de una naturación para cubiertas se deberán seguir los siguientes procesos para garantizar la estanquidad de la membrana impermeabilizante anti-raíz. Estos procesos deberán realizarse con las precauciones pertinentes para evitar el desgarre o cualquier tipo de lesión en la membrana, los pasos a seguir son:

- Limpieza de la superficie.
- Examen visual para verificar el correcto sellado de los traslapes y uniones con los pretilos y elementos singulares de la cubierta.
- Prueba de estanquidad con agua: se realiza taponando totalmente los desagües de la cubierta y aplicando una columna de agua de 10 cm de altura la cual se dejará durante 48 horas. Cualquier defecto observado deberá comunicarse por escrito al responsable de la instalación para que realice las medidas correctivas pertinentes. En caso de no realizarse la prueba de estanquidad el encargado responsable de la construcción del sistema, lo dejara asentado en la bitácora de la obra e informara por escrito a la persona responsable de la recepción del trabajo.

#### 8.7.2. Protección pesada de la membrana impermeabilizante anti-raíz

La protección pesada de la membrana impermeabilizante anti-raíz está constituida por un elemento puesto en obra tal como el substrato, la grava, baldosas o losas, y debe ser estable y resistente a la humedad, la intemperie y los esfuerzos mecánicos.

En las zonas perimetrales, caminos de circulación y encuentros con elementos verticales es necesario utilizar gravas, baldosas o losas como protecciones pesadas.

Protección pesada con substrato: Se construye colocando sobre la membrana impermeabilizante anti-raíz una capa drenante con las características descritas en el apartado 8.8. sobre la cual se coloca una capa filtrante (descrita en el apartado 8.9.) la cual recibirá a la capa de substrato (ver apartado 8.10.) y finalmente, colocando la capa de vegetación.

Protección pesada con grava: Se utiliza en zonas sin vegetación cuya pendiente sea menor al 5% y la grava empleada deberá ser de canto rodado, cibrada o azul lavada además deberá estar limpia y libre de substancias extrañas. El tamaño mínimo de la grava debe ser de 12 mm y deberá formar una capa de 5 cm de espesor mínimo.

Protección pesada con baldosas o con losas: Se utilizan en zonas sin vegetación y deben colocarse sueltas o recibidas con mortero de cemento sobre una capa complementaria extendida sobre la membrana impermeabilizante anti-raíz.

Cuando se utilicen losas colocadas sobre soportes que puedan dañar la membrana impermeabilizante anti-raíz, se colocará una capa de protección antipunzonante entre los soportes y la membrana. La colocación de losas deberá permitir en todos los casos el libre paso del agua.

#### 8.8. CAPA DRENANTE (MATERIALES Y CARACTERÍSTICAS)

La capa drenante se coloca entre la membrana impermeabilizante anti-raíz y la capa filtrante, su función es recibir las precipitaciones excedentes en toda la superficie y conducir las hacia los desagües de la cubierta; además funciona como protección mecánica de la cubierta. Esta capa sirve también como espacio útil para las raíces y puede servir para almacenar agua. La capa drenante debe seleccionarse de tal manera que pueda desalojar al menos una pluviometría de 2 l/min x m<sup>2</sup> de intensidad (300 l/s x ha), para ello se consideraran el tipo de sistema de naturación, la superficie total que cubren los desagües, la pendiente de la cubierta y la pluviometría de la zona.

En los sistemas de naturación desprovistos de capa drenante, la capa de substrato deberá ser suficientemente permeable al agua y la cubierta deberá tener la inclinación suficiente para permitir el drenado del agua excedente.

Materiales y características para la capa drenante:

Para la conformación de la capa drenante se deberá emplear alguno de los siguientes elementos:

- Láminas de fibras sintéticas, polipropileno.
- Mallas plásticas con lámina filtrante.
- Placas drenantes de fibras textiles recicladas.
- Placas drenantes de polietileno.
- Placas drenantes de poliestireno.

O cualquier otro que demuestre cumplir con las características descritas en este apartado.

Para la capa drenante se utilizarán materiales con las características siguientes:

- Con estructura duradera y estable.
- Estabilidad de forma y función.
- Lo más ligeros posible.
- Inocuo para la vegetación (contenido en sales y en carbonatos solubles).
- Química y físicamente estables.

#### 8.9. CAPA FILTRANTE

En los sistemas de naturación para cubiertas que cuenten con capa drenante, se deberá colocar una capa filtrante entre el dren y el substrato para evitar el paso de las partículas finas de este; las cuales podrían tapar la capa drenante. Ésta capa debe colocarse sobre la superficie total de la capa drenante con un traslape mínimo de 15 cm. La capa filtrante, para efectos de conformación de las distintas áreas, deberá sobresalir mínimo 10 cm por encima de la superficie del substrato o banda lateral en el borde de la cubierta y en su encuentro con elementos emergentes. Una vez concluidos los trabajos de plantación, deberá recortarse la capa filtrante al nivel del substrato.

### Características de la capa filtrante

- Compatible con los materiales con que esté en contacto.
- Con permeabilidad al agua 10 veces superior a la del sustrato.
- De estructura duradera y estable.
- Imputrescible.
- Permisible al crecimiento de raíces.
- Resistente a la tensión y compresión.
- Resistente a la intemperie.
- Resistente a microorganismos.
- Resistente a pH elevados.

La capa filtrante deberá ser siempre permeable en ambos sentidos, permitiendo el paso de agua al menos en 2 l/min m<sup>2</sup> y tener un peso mínimo de 200 g/m<sup>2</sup>. En los desagües se debe utilizar una capa de menor peso, pero no inferior a los 120 g/m<sup>2</sup>

### . 8.10. CAPA DE SUBSTRATO

La capa de sustrato de los sistemas de naturación tiene como función servir de soporte físico a la capa de vegetación, suministrándole los nutrientes, el agua y el oxígeno necesarios. Además es en donde se desarrollan las raíces de la planta. El espesor de ésta capa está directamente relacionado con las necesidades del volumen radicular de las especies seleccionadas y con las condiciones micro climáticas de la zona, particularmente con la demanda de evapotranspiración, y debe ser de 10 cm como mínimo (excepto para el caso de naturación ligera para cubiertas).

#### 8.10.1 Tipos de sistemas de sustrato.

Se pueden distinguir dos tipos de sistemas de sustrato para la naturación que son:

- Sistema monocapa: Formado por una capa de sustrato capaz de realizar las funciones de drenado.
- Sistema bicapa: Formado por una capa de sustrato y una capa drenante.

Para el caso de los sistemas monocapa (naturación de superficies con fuerte inclinación), se consideraran dos zonas, mismas que estarán constituidas de la siguiente forma:

- Zona superior: 1 parte de partículas para drenaje (arcilla expandida, lava expandida, piedra pómez, etc.) por 2 partes de materia orgánica o la mezcla seleccionada para proporcionar el sustento y los nutrientes a la capa de vegetación.
- Zona inferior: 2 partes de partículas para drenaje por 1 parte de materia orgánica o la mezcla seleccionada para proporcionar el sustento y los nutrientes a la capa de vegetación.

#### 8.10.2. Materiales y características para la capa de substrato

Los materiales adecuados para la conformación de la capa de substrato son:

- Mezcla de partículas minerales con o sin materia orgánica.
- Partículas minerales de estructura porosa (piedra volcánica, piedra pómez, arcilla expandida, etc.).
- Placas de tejidos industriales (lana de roca mineral).

Para mejorar alguna característica de la mezcla de substrato, se pueden utilizar los siguientes materiales adicionales:

- Acolchados de materia orgánica.
- Fertilizantes orgánicos y minerales de liberación lenta.
- Partículas minerales porosas de alta estabilidad.
- Productos fijadores y retenedores de agua.

La capa de substrato deberá proporcionar a la planta el soporte y los nutrientes necesarios, según el sistema y la vegetación seleccionados, considerando para ello las siguientes características de los elementos de la mezcla:

- Alcalinidad.
- Capacidad de intercambio catiónico.
- Contenido de material mineral.

- Contenido en materia orgánica de origen natural.
- Combustibilidad.
- Capacidad de compactación.
- Contenido de caliza activa.
- Capacidad de re humectación adecuada (en relación a las necesidades de la vegetación).
- Capacidad de retención de agua adecuada (en relación a las necesidades de la vegetación).
- Estabilidad de sus propiedades.
- Homogeneidad.
- Salinidad.
- Libre de fitotoxicidad residual.
- Libre de patógenos vegetales.

Además, la capa de substrato deberá ser lo más ligera posible siempre que garantice la satisfacción de las necesidades de la vegetación. La descomposición biológica y compactación de la capa de substrato deberán ser mínimas por lo que deberá estar constituida en su mayoría de componentes inorgánicos. Los componentes minerales de la capa de substrato no deberán dispersarse y deberán conservar su estructura.

En los sistemas extensivos la mezcla de substrato deberá estar conformada por lo menos en un 70% por material poroso con un diámetro preponderante de 3.2 mm; en los sistemas intensivos el material poroso deberá constituir mínimamente el 50% de la mezcla y en los semi-intensivos constituirá entre el 60% y el 90%. Cuando la capa de substrato se encuentre expuesta a vientos intensos, deberá protegerse contra la erosión hasta que quede cubierta totalmente por la vegetación. Al término de los trabajos de colocación del substrato, los residuos, producto de la limpieza del sitio, deberán ser depositados y manejados conforme a lo establecido en las normas vigentes.

## 8.11. CAPA DE VEGETACIÓN

En los sistemas de naturación extensiva, es necesario plantar una variedad de plantas que requieran poco mantenimiento, que puedan adaptarse a las condiciones extremas del lugar de plantación y que permitan obtener una cobertura de vegetación rápida y duradera. Las condiciones generales que deberá soportar la vegetación en este sistema son:

- Alta radiación solar (cuando la vegetación esté dispuesta horizontalmente u orientada hacia el sol).
- Escaso volumen de suelo (predominantemente mineral).
- Largos periodos de sequía.
- Temperaturas extremas.
- Condiciones de nulo mantenimiento.

Para que la capa de vegetación pueda soportar estas condiciones deberán usarse agrupaciones vegetales cuyas condiciones se asemejen a las anteriormente descritas y que se encuentren adaptadas a las condiciones físicas y climáticas de la zona.

### 8.11.1. Características de la capa de vegetación

La vegetación utilizada en la naturación extensiva deberá tener sistemas radicales de poca profundidad, con buena capacidad de regeneración y con una altura de crecimiento menor a 50 cm. Las especies vegetales deberán cumplir con el máximo posible de los requerimientos siguientes:

- Con un desarrollo tapizante rápido y duradero.
- Resistentes a la acción del viento.
- Resistentes a largos periodos de sequía.
- Resistentes a las temperaturas extremas de la zona.
- Resistentes a los niveles de contaminación de la zona urbana.
- Resistentes a radiaciones solares elevadas.

Con fines orientativos y no restrictivos se enlistan a continuación algunos grupos de vegetación que suelen adaptarse adecuadamente a estas condiciones:

- Césped y pastos silvestres.
- Plantas C-4.
- Plantas CAM “Crasulacean Acid Metabolism”.
- Plantas Cespitosas.
- Plantas Herbáceas Perennifolias.
- Plantas Subarbusivas.
- Plantas Suculentas.
- Plantas Vivaces.

No se podrá usar una sola especie vegetal en este sistema, sino agrupaciones vegetales adaptadas a cada biotipo y a las condiciones particulares de cada edificación. Deberán considerarse diferentes agrupaciones de vegetación a fin de favorecer la viabilidad y la biodiversidad del sistema.

#### 8.11.2. Capa de vegetación en naturaciones semi-intensivas

La vegetación apta para las naturaciones semi-intensivas incluye una gran variedad de especies y presenta características intermedias entre las naturaciones extensivas y las intensivas. En términos generales se puede decir que una naturación semi-intensiva puede incluir crasuláceas, pastos y arbustos dependiendo del nivel de cuidados que se pretenda dar a la vegetación. Sin embargo no es factible incluir árboles en este tipo de sistemas. Dado que la elección de la vegetación en naturaciones semi-intensivas presenta características intermedias entre las naturaciones extensivas y las intensivas, no se tratarán de forma directa sino que se inferirá de los apartados 8.11.1. y 8.11.3.

#### 8.11.3. Capa de vegetación en naturaciones intensivas

En las naturaciones de tipo intensivo se considera que es posible utilizar cualquier tipo de vegetación siempre y cuando no sea nociva para la salud humana o de reproducción restringida. Se pueden incluir plantas utilizadas en naturaciones extensivas así como

plantas que requieran mantenimiento y cuidados constantes, por ejemplo plantas de ornato, pastos, arbustos, subarbustos y árboles entre otros. Se deberán respetar las dimensiones y características descritas en la sección 8.3. Sin embargo se obtendrán mejores resultados en la naturación si la vegetación seleccionada cumple con las características siguientes:

- Con un desarrollo rápido.
- Resistentes a la acción del viento.
- Resistentes a las temperaturas extremas de la zona.
- Resistentes a los niveles de contaminación de la zona urbana.
- Resistentes a radiaciones solares elevadas.
- Adaptada al clima y microclima de la zona.

Una condicionante que deberá atenderse para escoger la vegetación que se utilizará en una naturación intensiva, es que la altura de crecimiento de la vegetación no podrá exceder los 400 cm y que en caso de que la vegetación seleccionada tienda a exceder la altura mencionada, se deberá controlar su crecimiento con podas periódicas.

## 8.12. SUMINISTRO Y PLANTACIÓN

Para el establecimiento de la capa de vegetación, se podrán utilizar algunos de los siguientes materiales vegetativos:

- Plántulas
- Propágulos vegetativos
- Semillas
- Tapices vegetales precultivados
- Plantas, arbustos y árboles

En caso de utilizar plántulas o propágulos vegetativos, deberá existir un equilibrio entre la parte aérea y la parte subterránea de las plantas suministradas. Éstas deberán ser sanas, para que no peligren el arraigo y su desarrollo futuro en las condiciones del sistema. En caso de que el suministro de planta sea en envase, la extracción total deberá ser sin

adherencias a las paredes del mismo. Toda planta suministrada deberá contar con un cepellón bien formado y consistente, no se deberán establecer plantas con la raíz desnuda y las plantas utilizadas deberán tener por lo menos un mes y medio de establecidas. Asimismo deberán tenerse en cuenta las siguientes características de la vegetación a plantar:

- Planta visiblemente vigorosa.
- Follaje del color característico para la especie sin pigmentación artificial.
- Sistema radicular bien desarrollado, con un cepellón estabilizado y compacto.
- La raíz no deberá presentar daños o malformaciones.
- Las plantas deberán tener por lo menos 1.5 meses de desarrollo.
- La planta que presente daño en el sistema radicular o que venga con la raíz desnuda no podrá ser sujeto de plantación.

Las plantas deberán ser producidas en vivero y no obtenidas de áreas naturales. La empresa proveedora de la planta deberá cumplir con lo establecido por la Ley Federal de Sanidad Vegetal, la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la Ley Ambiental del D.F. y las disposiciones vigentes al respecto. Una vez finalizada la plantación deberá realizarse un riego saturando la capacidad de riego del sustrato.

### 8.13. NATURACIÓN LIGERA PARA CUBIERTAS

Este tipo de naturación es especial para cubiertas ligeras con poca capacidad de carga como las utilizadas frecuentemente en naves industriales. Cuando una cubierta que se pretenda naturar tenga una capacidad de carga adicional baja (de entre 50 y 90 kg/m<sup>2</sup>) y no se puedan realizar trabajos de refuerzo estructural para aumentar la capacidad de carga, se deberá optar por este tipo de naturación de acuerdo al sistema constructivo siguiente:

- Los elementos constructivos de este tipo de naturaciones corresponden con los mencionados en la sección 8.4. Sin embargo la capa de sustrato tendrá la composición de un sustrato para naturación extensiva (ver sección 8.10) pero su espesor será de entre 5 y 10 cm. Por su parte la capa de vegetación, también deberá cumplir con las condiciones establecidas para una naturación extensiva (ver sección 8.11.).

- Dadas las condiciones climáticas del Distrito Federal y la poca profundidad de la capa de substrato, este tipo de sistemas requiere de riegos de apoyo durante la época de estiaje que garanticen la sobrevivencia de la vegetación. Norma oficial mexicana PROY-NADF-013-RNAT-2007. (2008:8-18)

### 1.5 Azotea verde aplicada en arquitectura.

Es un hecho real que nuestro modus vivendi en la actualidad a provocado que las ciudades vengan creciendo, debido a este hecho se tiene como efecto la desaparición de superficies verdes, como son los bosques, las zonas de reserva ecológica, parques y jardines, que forman parte de nuestro entorno natural, la vegetación y ecosistemas activos, que son reemplazados por construcciones con azoteas grises o con materiales impermeabilizantes pero que al final de cuentas dicha azotea permanece sin un uso específico, en cuanto a actividad realizada por el usuario. En este punto es necesario hacer notar la presencia de la quinta fachada, llamada así por LeCorbusier en 1926, en donde es notorio la secuencia de espacios creados de manera artificial que impiden la filtración de agua de lluvia hacia los antes espacios verdes naturales.

Es vital hacer mención de manera breve en esta investigación, que la mayoría de las edificaciones al haber sido construidas, no se encontraban planeadas, diseñadas o calculadas para poder soportar el peso adicional que trae consigo el sistema de azoteas verdes sobre la cubierta, por lo tanto al incorporar a una cubierta normal este sistema constructivo, es necesario llevar a cabo un análisis sobre los elementos estructurales que integran a la edificación, en donde es necesario hacer un estudio sobre carga máxima admisible, dimensiones, altura de la superficie a natural y sus componentes. Así también hay que revisar el estado de los elementos estructurales de la planta inferior inmediata a la cubierta, como lo especifica la norma oficial mexicana PROY-NADF-013-RNAT-2007, en las cuales se tenga contemplado enverdecer, a fin de comprobar si son aptas para soportar este sistema constructivo y así evitar el riesgo de una falla en la misma. Sin bien es cierto que lo anterior es de vital importancia para construir una azotea sobre edificaciones ya sea existentes o que estén por llevarse a cabo, hay que hacer destacar que los ejemplos que ya han sido mencionados, han sentado las bases para que hoy en día existan edificaciones en las cuales al ser construidas se integre sobre sus cubiertas el uso de azoteas verdes como

parte de un desarrollo sostenible, en el cual Brian Edwards 2004 menciona que se necesitan nuevas tecnologías para hacer frente a la degradación del medio ambiente, y crear hábitats naturales integrados a las edificaciones. Entre estas tecnologías muestra que se pueden incluir cubiertas ajardinadas con las cuales se recupere las áreas verdes y a su vez se contribuya a la mejoría ecológica por medio de las mismas, (Edwards, 2004:12) Precisamente se hace alusión a esta actividad cuando, Julián Briz 2003. Explica que la naturación urbana, (haciendo referencia a la construcción de azoteas verdes en las edificaciones a gran escala), son elementos exponentes de una vida sostenible, porque comparten una serie de principios y actividades entre ellas la ecología, el medio ambiente y el respeto por la naturaleza. (Briz; 2003: 24).

A partir de lo visto anteriormente, se puede considerar que la aplicación de azoteas en la arquitectura logra cumplir estos principios y como prueba de ello podemos encontrar obras recientes con este sistema constructivo como es el edificio Acros Fukuoka, (ver foto 31) en Japón proyectado por el Arquitecto argentino Emilio Ambasz.

Foto 30. Edificio Acros Fukuoka



Fuente: Revista Ecolosfera, 2007.

En la ciudad de Fukuoka se necesitaba un nuevo edificio de oficinas gubernamentales, y el único lote disponible se encontraba en el centro de la ciudad, dicho lote era a su vez la última área verde en esa zona. Por lo cual como solución a esa necesidad de recuperar esa área verde, el diseño del edificio se desarrollo integrando a la naturaleza por medio de enverdecer las terrazas escalonadas que en total suman unas 35.000 plantas. El complejo mide 60 metros de altura termina integrándose al parque del entorno, contribuyendo a oxigenar la ciudad.

En el año 1998, se llevo a cabo la construcción de la Biblioteca ubicada dentro de la Universidad Tecnológica de Delft, Holanda, la cual está destinada a alojar 80.000 libros de dicha Universidad, (Ver imagen 32) sobre la superficie de este inmueble se construyo una azotea verde con una superficie aproximada de 15.000 m<sup>2</sup>, empleando capas de pastos que recubren la superficie.

El diseño fue propuesto por profesionistas egresados de la misma universidad Delft, en la cual como punto de partida para el diseño y construcción de dicha edificación, se planteó una construcción pensada en ensamblar al edificio con su entorno natural.

Foto 31. Biblioteca de la Universidad de Delft, Holanda.



Fuente: Revista Ecolosfera, 2007.

Esta edificación cumple con el propósito de recuperar la superficie del edificio como área verde y realizar una extensión natural para que pueda ser utilizada con miras a realizar actividades recreativas, lúdicas, o educativas.

La solución de la cubierta, que brinda una importante aislación al interior del edificio al hacerlo menos susceptible a los cambios de temperatura, al tiempo que provee una muy buena insonoridad y gradual evacuación del agua de lluvia retenida por su vegetación.

En la Universidad Tecnológica Nanyang en Singapur, la Escuela de Arte, Diseño y Medios se destaca sobre los otros edificios del campus, gracias a su enfoque hacia las prácticas arquitectónicas ambientales. El edificio completo desciende de forma escalonada hacia el suelo, (Ver foto 33) lo que permite a los estudiantes subir directamente en el tejado para disfrutar del espacio abierto que este provee.

Foto 32. Universidad Tecnológica Nanyang, Singapur Asia.

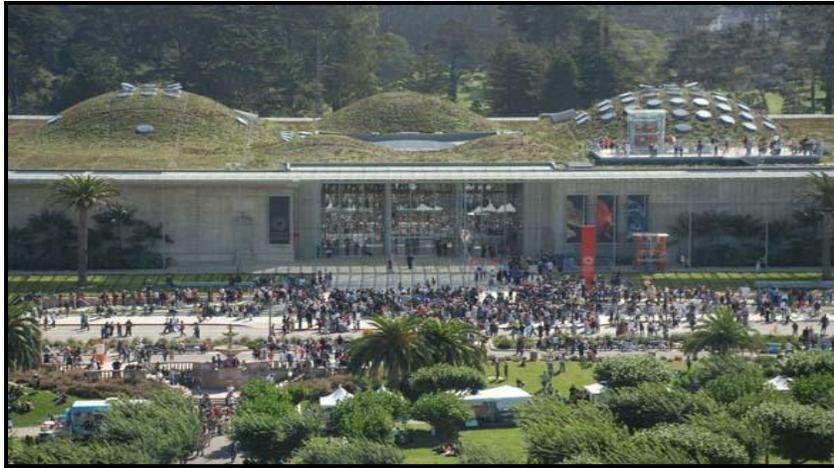


Fuente: Revista Ecolosfera, 2007.

El proyecto desarrollado por CPG Corporación, cuenta con 5 pisos combinando una forma orgánica y vegetal relacionando estructura, paisajismo, tecnología y simbolismo asiático. La fachada de vidrio otorga al edificio un alto rendimiento energético reduciendo las ganancias solares y la carga calórica, junto con entregar los beneficios de abundante luz natural y vistas a los espacios interiores. El muro cortina permite una gran visibilidad desde y hacia los exteriores lo cual refuerza la idea de integración entre las aulas y los patios exteriores. Una de las particularidades de este proyecto es su especial tratamiento de cubiertas, lo cual lo diferencia del resto de los edificios del campus, difuminando los límites entre paisajismo y edificio. El proyecto está compuesto por dos volúmenes cóncavos hacia un patio interior, cubiertos por una techumbre verde que aísla al edificio ayudando a temperar el ambiente, controlando y conservando las aguas lluvias para la mantención del paisajismo exterior.

La construcción del Museo de la Academia de ciencias de California, realizado en la ciudad de San Francisco, Estados Unidos, (Ver foto 34) estuvo a cargo del arquitecto Renzo Piano. Dicho museo esta compuesto de áreas como un acuario, una reserva verde y un planetario en su interior, además de las diferentes galerías de exposición que, a diferencia de las galerías tradicionales fueron diseñadas para recibir gran cantidad de luz natural.

Foto 33. Museo de la Academia de ciencias en California



Fuente: Revista Ecolosfera, 2007.

En la parte superior que envuelve a la edificación se llevo a cabo la construcción de una azotea verde, techo verde con una superficie de 10.000 metros cuadrados, desde donde salen cúpulas en ritmo secuenciado, también forradas de verde. la Sustentabilidad es el fuerte de este proyecto, ya que cumple con requisitos propuestos obtener la certificación LEED platinum. La idea del Arquitecto Piano, fue utilizar vegetación nativa para el techo verde, con el fin de reducir al máximo el consumo de energía al interior del edificio para climatizarlo y también ahorrar el agua en riego, ya que la vegetación dada en ese lugar es silvestre y no requiere de cuidados detallados. A continuación se detallan los elementos utilizados para la construcción de la azotea verde de dicho museo:

- Especies nativas que no requieren de agua para riego.
- Aproximadamente 1.7 millones de especies conviven en el techo verde.
- Esta instalación genera el habitar de fauna silvestre, mariposas o insectos junto a algunos frutos y flores.

## CAPITULO II. TERMOHIGROMETRIA DE LAS AZOTEAS VERDES

En este capítulo se procederá a explicar cada concepto que interviene en la relación con el objeto de estudio: las azoteas verdes, a partir de la compilación de la información literaria basada en estudios científicos realizados por otros investigadores que serán citados en las siguientes paginas, con el fin de determinar, la posición teórica y definición operativa para cada concepto relacionado con esta investigación. Antes continuar con lo ya descrito, se dará a conocer lo que ha sido estudiado por otras investigaciones y que tiene relación directa con el objeto de estudio del trabajo presente.

## 2.1 Termohigrometria.

El propósito del trabajo presente, es llevar a cabo una explicación descriptiva acerca del fenómeno termohigrometrico, este concepto denominado en palabras de Alicia Bocanegra (1972:43) se define como “el estudio las condiciones de temperatura y humedad adecuadas, para satisfacer las sensaciones de comodidad en los interiores de un local” el concepto involucra las dos variables que son el objeto de estudio en esta investigación: la temperatura del aire y humedad relativa, en donde se enfocara a estudiar el nivel de incidencia que ejerce este binomio en el interior de un espacio arquitectónico. Dichas variables mencionadas por Laura Collete (1997: 64) aclara que “son los datos que están más íntimamente relacionados con la sensación de bienestar o también nombrado como confort humano”.

### Temperatura:

Sobre esta variable Laura Collete (1997) coincide con la misma afirmación de Eduardo González, (1986) que viene a complementar esta coincidencia señalando que “El factor de la temperatura es una de las variables que inciden en el bienestar térmico del hombre y un indicador del tipo de diseño que se requiere para una edificación” (González, 1986:32).

Para comprender el significado de este elemento del clima, se procede a pasar directamente a las definiciones dadas por los siguientes autores:

Eduardo González, (1986) afirma que “la temperatura del aire es una energía cinética media de las partículas del cuerpo, y la cantidad de calor, es una medida de la energía transferidas a las partículas del cuerpo o cedida por ellas, como resultado de una diferencia de temperatura. (González, 1986:32). Por otro lado Manuel Rodríguez, (2004) menciona que

“Es un parámetro que determina la transmisión de calor de un cuerpo a otro en forma comparativa por medio de una escala. Se utilizan en general 3 tipos de escalas termométricas: los grados centígrados, Kelvin y Fahrenheit. En relación a lo mencionado por el autor citado anteriormente, la autora Alicia Bocanegra (1972) determina que “La temperatura es una escala que mide el estado calorífico de un cuerpo. Su medida se da en °C, (Bocanegra, 1972:43.) recordando que el calor definido por Evelia Aguilar y Arturo Plata (1997) es la energía cinética, es decir la energía que se produce por el movimiento total de todos los átomos o moléculas contenidas en un cuerpo. Por lo cual se determina que a mayor movimiento en las moléculas, mayor calor se produce.

El calor fluye de la sustancia o cuerpo de mayor temperatura hacia el que tiene menor temperatura, después de cierto tiempo se notara que los cuerpos alcanzan la misma temperatura, logrando un equilibrio térmico. Aguilar y Plata (1998:133).

Esto mismo pasa cuando en arquitectura bioclimática se estudia el fenómeno de la temperatura neutra es decir la que produce un estado de equilibrio térmico en donde no se produce ni calor ni frío, por lo cual no se genera la sensación de incomodidad en el usuario, y para conocer esta variable Auliciems y Dear (1998:62) proponen la fórmula para calcular la temperatura de neutralidad:

$$T_n = 0.31 t_m + 17.6 \text{ °C} \quad \dots \quad T_n = \text{temperatura neutral.}$$

$T_m$  = temperatura promedio mensual exterior

Víctor Olgyay (1962) determina la zona de confort es decir las temperaturas ideales que el cuerpo humano tolera, en donde establece un rango para la variable de la temperatura del aire dado entre los 21,1 y los 27,5°C y para la variable de la humedad relativa colocada en el rango dado entre el 30% y 65%.

De toda la información literaria que fue recopilada para elegir las teorías que apoyen en la realización de este documento, los autores que han sido citados anteriormente son los que contribuyen para dar formación al cuerpo de tesis por que manejan los elementos principales de análisis que comprende este trabajo.

Basado en las citas ya mencionadas, se determina que para este trabajo de investigación, la temperatura del aire es: una medida que determina el estado de calor que forma parte del clima e identifica a un lugar geográfico determinado y el comportamiento de esta variable influye en la sensación de bienestar o incomodidad ya sea al interior o exterior de una edificación, el estudio de este elemento sirve para resolver problemas de acondicionamiento ambiental en las edificaciones, ya que permiten establecer las características de la edificación en función de los materiales de construcción a emplear y prever el posible comportamiento de la misma.

Humedad:

Tocante a la variable de la humedad relativa Manuel Rodríguez, (2004) comenta que este término “es entendido como la cantidad de agua contenida en el aire y se le nombra relativa por que el aire tiene la característica de poder retener mayor contenido de humedad a mayor temperatura” el autor señala que la humedad es una manifestación de la energía del aire, (calor latente). La humedad relativa está relacionada de manera directa con la temperatura y esta puede afectar la percepción de confort” Rodríguez, (2004:19) como hemos visto la liga de temperatura del aire y humedad relativa, conforman el binomio que determina la sensación de bienestar para el usuario.

Para fundamenta la anterior definición se da el caso de coincidencia con la definición de Eduardo González, (1986) determina en la cual menciona lo siguiente: “El bienestar térmico esta directamente influenciado por la humedad”. El aire caliente y húmedo es sofocante, comparado con el aire caliente y seco.

Con respecto a lo que el autor define sobre este término lo referencia de la siguiente manera: “La humedad del aire: es descrita como humedad absoluta, que viene a ser la cantidad de vapor de agua presente en una unidad de masa o unidad de volumen de aire, en términos de g/kg ó g/m<sup>3</sup>. Sin embargo la humedad relativa es una forma útil de expresar la humedad, ya que da una indicación directa de la capacidad de evaporación. La cantidad de humedad que el aire puede retener (el punto de saturación), depende de su temperatura. La humedad relativa, a una temperatura determinada, es el cociente entre la masa de vapor de agua que realmente existe presente en la atmosfera, y la masa que sería necesaria para saturar a esa temperatura. (González, 1986: 32)

Víctor Olgyay, (1962) complementa de forma más detallada a esta definición explicando que dicha variable “Es un elemento principal que afecta al confort humano debido a que el cuerpo humano reacciona ante los efectos de este elemento climático con el fin de mantener su estabilidad térmica. De acuerdo con los índices de temperatura de la piel, la zona de confort ideal para la humedad relativa basada en estudios de varios autores, se ha llegado a definir numéricamente que esta se encuentra entre el 30% al 70%, esto engloba a aquellas regiones con alta y baja humedad. (Olgyay, 1962:19)

K. Carolina Simancas (2003) denota que este término se encuentra entendido como “la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, como resultado de la evaporación de las masas de agua producto del calentamiento generado por la radiación solar y la evapotranspiración animal y vegetal. Este valor varía de acuerdo al tiempo y lugar y, junto con la temperatura, es fundamental para determinar el clima de un sitio.” Simancas (2003:37)

Las teorías presentadas anteriormente se eligieron por considerarse las más representativas y relacionadas para el análisis del caso de estudio, los autores que han sido citados anteriormente son los que contribuyen para dar formación al cuerpo de tesis por que manejan los elementos principales de análisis que comprende este trabajo. Basado en las citas ya mencionadas, se determina que para este trabajo de investigación, la Humedad relativa es: un indicador de las partículas de agua que contiene el aire la cual su medida está dada en porcentaje la cual incide en la determinación de la sensación de bienestar. La importancia de estudiar estas variables, radica en la necesidad de contemplarlas para que puedan ser utilizadas a la hora de llevar a cabo un diseño arquitectónico en un lugar geográfico determinado, una vez que se conoce las condiciones de temperatura del aire y humedad relativa externas se podrá predecir el desempeño y efecto que tendrá en el interior de una edificación, con este dato se puede dar una solución del tipo de sistema constructivo a utilizar o en su defecto, se puede realizar una corrección en dicho sistema para mejorar estas variables al analizar las condiciones internas de este binomio con el fin de cambiarlas para beneficiar dichas condiciones que determinan el bienestar en el interior de la edificación analizada. Este binomio denominado Termohigrometria, determina los niveles de comodidad así como las características necesarias para un correcto funcionamiento biológico y psicológico de los habitantes dentro de un local, para un correcto desempeño de las actividades humanas.

## 2.2 Estado del arte: Termohigrometría en azoteas verdes

### Experimento 1.

Autor, Año y lugar:

Elena Palomo del Barrio, 1989, Universidad Complutense de Madrid, España.

Objetivo: Estudiar los procesos térmicos que ocurren en cubiertas vegetales y evaluar el índice de disminución de la temperatura que se obtienen de las mismas en el verano.

Instrumentos de medición:

A través de un análisis de un modelo físico-matemático que imita el comportamiento térmico y dinámico de los rayos solares captados por la superficie captada en cubiertas con vegetación, se mide la capacidad de enfriamiento que estas proveen el verano.

Conclusiones:

El estudio comprobó que un buen diseño constructivo de la cubierta vegetal podría dar como resultado un comportamiento útil y ser utilizada como un elemento que impide la acumulación de temperatura en verano, disminuyendo la cantidad de calor a través de los elementos que la integran.

El espesor de la capa del sustrato que compone el sistema de cubierta verde, y su contenido de humedad almacenado en la misma, determinan la temperatura interior del material del suelo que compone al sustrato.

La transmisión de la onda corta del sol es recibida primeramente por el follaje el cual tiene un importante efecto en el comportamiento térmico de la cubierta verde.

### Experimento 2.

Autor, Año y lugar: Javier Neila, 1994, Edificio de Fitotecnia, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos Madrid, España.

Objetivo: Comprobar la eficiencia de la cubierta ecológica sobre el bienestar térmico que se tiene al interior de dicho edificio, comprobado con un ensayo de laboratorio y con estos resultados, se realizaron simulaciones térmicas en los espacios con cubiertas

ecológicas comparándolos con sistemas constructivos de cubiertas utilizados en la zona de estudio.

Instrumentos de medición: para este experimento se realizó la construcción de la primera cubierta ecológica en España con el asesoramiento de la Universidad Humboldt de Berlín. El trabajo experimental consiste en el estudio de cubiertas ecológicas situadas sobre el edificio de Fitotecnia (Ver imagen 21), de la ETSIA.

por medio de un cálculo determinar el valor de conductividad térmica equivalente del sustrato y capa vegetal, utilizando las ecuaciones de balance térmico, El estudio se realizó de cuatro formas diferentes: 1) cerrada durante las 24 horas. 2) cerrada durante el día y abierta en la noche; 3) abierta las 24 horas; 4) abierta durante el día y cerrada en la noche. La herramienta utilizada para el estudio fue el Cálculo de Evolución de Temperaturas Interiores, con la colocación de sensores de temperatura en cada capa de los sustratos.

Foto 35. Cubierta ecológica sobre el edificio de Fitotecnia



Fuente: ETSIA, Universidad Politécnica de Madrid.2002.

Para el cálculo de la conductividad térmica equivalente se han utilizado los datos procedentes de la parcela experimental número 8, localizada sobre el forjado original del edificio de la ETSIA. Esta cubierta ecológica está ubicada en una parcela de 8,6 m<sup>2</sup> (2 x 4,3 m), y está compuesta por (Ver imagen 21): una capa de plantas, con 10 cm de altura; 8 cm de sustrato, compuesto por corteza de pinos mezclada con lodos

compostados y un gel retenedor de agua protegidos en la parte superior por un árido artificial; un fieltro de poliéster y una membrana impermeabilizante de pvc.

Una placa de hormigón aligerado por la parte superior y poliestireno extruido por la parte inferior funciona como soporte del sustrato. Las condiciones del espacio interior se simulan dentro de una cámara de aire de 10 cm de espesor, situada sobre el forjado del edificio.

Imagen 21. Corte constructivo de cubierta ecológica para prueba.



Fuente. Neila, 2009, p.5

Los datos climatológicos de temperatura del aire, radiación solar, humedad relativa, velocidad y dirección del viento son tomados a través de una estación meteorológica localizada junto a las parcelas de la zona de investigación ya referida. Fueron colocados sensores de temperatura en cada nivel que compone cada parcela, y estos datos, que son tomados minuto a minuto, son enviados a través de Internet, lo que permite un acceso en tiempo real a los datos, así como una base de datos amplia y objetiva. Para determinar la efectividad de la cubierta ecológica sobre el bienestar térmico en el interior de la edificación, se tomaron como referencia valores de temperatura de bulbo seco, humedad relativa, el índice de confort propuesto por Fanger, Predicted Mean Vote (PMV).

## Conclusiones.

- A través de la investigación se demuestra que es posible calcular la conductividad térmica de la capa vegetal más el substrato, utilizando de los datos experimentales y las ecuaciones de balance de calor de las interacciones que tiene ésta con su medio.
- La cubierta vegetal en climas cálidos y durante el verano actúa como una cubierta con aislamiento exterior, donde, combinada con aspectos propios de la estación o el tipo de clima, serán suficiente para proveer el confort en los espacios interiores.
- En edificios con cubierta ajardinada, masa térmica y con enfriamiento convectivo nocturno durante el verano, la temperatura media interior puede estar entre 0,6 y 2°C por debajo de la media exterior. Cuando la cubierta vegetal es utilizada sobre masa térmica, se incrementa notablemente la estabilidad de las temperaturas interiores durante las 24 horas.
- Las cubiertas con aislamiento exterior (poliestireno y capa vegetal) y con aislamiento interior, presentan los mismos valores de resistencia térmica, pero su ubicación respecto a la masa térmica y al ambiente exterior es determinante en la evolución interna de las temperaturas y en los niveles de confort, ya que al ubicar un aislamiento en el interior del espacio, dejando la masa térmica hacia el exterior, se desaprovecha la estabilidad que proporciona la misma.
- Durante el invierno la efectividad de la cubierta disminuye, ya que las temperaturas exteriores sobrepasan los límites de las temperaturas requeridas por las plantas para mantener las funciones vegetales.
- El uso de la cubierta vegetal disminuye la temperatura de las ciudades con problemas de sobrecalentamiento.
- La cubierta vegetal, desde el punto de vista ambiental mejora las condiciones térmicas internas y externas, porque además de actuar como aislamiento ubicado en el exterior

### Experimento 3.

Autor, Año y lugar: Universidad de Atenas, 2001, Loutraki, Atenas

#### Objetivo:

Examinar propiedades térmicas en el funcionamiento energético a través de la simulación de la conductancia térmica y el monitoreo de las temperatura internas y externas de los edificios con y sin techos verdes.

#### Instrumentos de medición:

La investigación se desarrollo en dos etapas: en la primera etapa se tomaron mediciones de una cubierta verde de tipo extensiva, en donde se obtuvieron los datos de temperatura del aire en el interior y la temperatura ambiente. La segunda etapa consistió en la determinación de las cualidades térmicas que ofrece una cubierta verde, y obtener el ahorro de energía a través de una ecuación matemática.

Para el estudio de las propiedades térmicas y el desempeño térmico se utilizaron 2 tipos de termómetros, un termómetro infrarrojo el cual mide las temperaturas tanto interior como exterior de las superficies circundantes llamada Temperatura Media Radiante, un termómetro psicrométrico para la medición de temperatura del aire tanto interior como exterior y la humedad relativa interna y externa.

Para analizar los datos obtenidos por los instrumentos ya mencionados, se empleo un programa de cómputo TRANSYS que da lectura a esta variable.

Para comparar el resultado obtenido por medio los instrumentos ya mencionados con los resultados que arrojarían la ecuación matemática diseñada para este experimento.

Para examinar el funcionamiento energético de los edificios con y sin techos verdes, fueron simuladas la conductancia térmica de zonas típicas de edificios de oficinas y fueron calculados los requerimientos energéticos durante todo un año.

Tabla 6. Coeficientes de transmitancia con y sin techo verde sin aislamiento

Tipo de cubierta	Espesor del concreto con doble capa cm.	Coeficiente de transmitancia $W/M^2 K$
Con vegetación	10-25	1.99-1.73
Sin vegetación	10-25	8.18-7.76

Fuente. Carbajal, 2009.

El número de energía requerido en aquellos edificios para calentamiento durante el invierno y enfriamiento en el verano. Las simulaciones fueron implementadas La transmitancia en cubiertas sin aislamiento con y sin techo verde varió de la siguiente forma.

Tabla 7. Coeficientes de transmitancia con y sin techo verde con aislamiento moderado

Tipo de cubierta	Espesor del material de aislamiento	Espesor del concreto con doble capa cm.	Coeficiente de transmitancia $W/M^2 K$
Con vegetación	5	5-15	0.59-0.55
Sin vegetación	5	5-15	0.8-0.74

Fuente. Carbajal, 2009.

Los datos revelan que los techos sin aislamiento térmico con vegetación y con cambios de aire por hora son evidentemente mejores debido a que reducen significativamente los gastos energéticos considerados para acondicionamiento de aire.

Tabla 8. Coeficientes de transmitancia con y sin techo verde con buen aislamiento

Tipo de cubierta	Espesor del material de aislamiento	Espesor del concreto con doble capa cm.	Coeficiente de transmitancia W/M <sup>2</sup> K
Con vegetación	10	10-15	0.34-0.24
Sin vegetación	10	10-15	0.4-0.26

Fuente. Carbajal, 2009, P.25

#### Conclusiones:

- Las temperaturas de la superficie externa presentan una variación significativa dependiendo del tipo de la vegetación usada en cada sitio.
- Las temperaturas más bajas del techo verde tuvieron un rango de 26°C a 29°C y fueron medidas en los lugares dominados por vegetación verde y espesa.
- Las temperaturas más altas oscilan entre 36°C y 38°C y fueron medidas en lugares cubiertos por vegetación roja esparcida, mientras que los lugares sin vegetación más que el suelo, se acercaron a los 40°C.
- Los valores de temperatura del aire interior en el edificio con techo verde fue menor durante el día. Las condiciones de confort interno en el edificio con techo verde fueron mejoradas en 2°C.
- Durante el período de verano en el edificio sin techo verde, tuvo una temperatura del aire interior que excedió el valor de 30°C, mientras que en el edificio con techo verde el porcentaje raramente alcanza el valor del 20° C.

- El porcentaje de ahorro en energía (para techos con vegetación sin ventilación nocturna) considerado para calentamiento osciló desde el 9% en edificios con un buen aislamiento al 45% en edificios sin aislamiento.
- El porcentaje de ahorro en energía (para techos con vegetación sin ventilación nocturna) estimados para las cargas de enfriamiento mostraron un ahorro de energía de cero para los edificios con un buen aislamiento térmico y 45% en los que no contaban con aislamiento térmico.
- Con ventilación nocturna en los edificios sin aislamiento los ahorros en el consumo energético fueron estimados en un 44% con 4CAH, y 48% con 10CAH.
- La ventilación nocturna favorece la conservación de la temperatura del aire a bajos niveles, no solo durante la noche sino también durante el día.

#### Experimento 4.

Autor, Año y lugar: Jeff Stone, 2005, Universidad de la Florida Central, Estados Unidos de América.

Objetivo: Comparar el rendimiento energético de una cubierta vegetal y una cubierta convencional

Instrumentos de medición: la prueba se realizó en una azotea que midió 307m<sup>2</sup> de los cuales en una mitad de la misma superficie es decir 153.5 m<sup>2</sup> solo se colocó una membrana de color claro, mientras que en la otra mitad se colocó la misma membrana con una cubierta vegetal de pasto y plantas pequeñas nativas de Florida que cubrían la superficie. El espesor del sustrato fue de 0.15m a 0.20m y la vegetación de hasta 0.60m de altura.

Imagen 22. Azotea vegetal, ubicada en la universidad de florida.

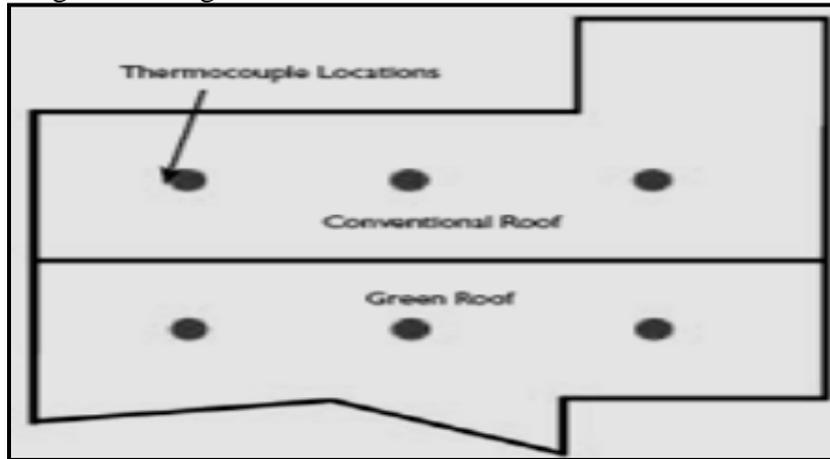


Fuente. Carbajal, 2009.

La cubierta vegetal se regó dos veces a la semana aproximadamente durante 15 minutos, con agua pluvial captada. Se realizaron pruebas de reflectancia el 18 de agosto de 2005, de acuerdo a las normas ASTM Standard E1918-97 methodology.

Se tomaron muestras de seis lugares, tres de la superficie convencional y tres de la cubierta vegetal, cuidando que la geometría, el drenaje, los niveles de aislamiento tuvieran las mismas características así como la ubicación de los sensores.

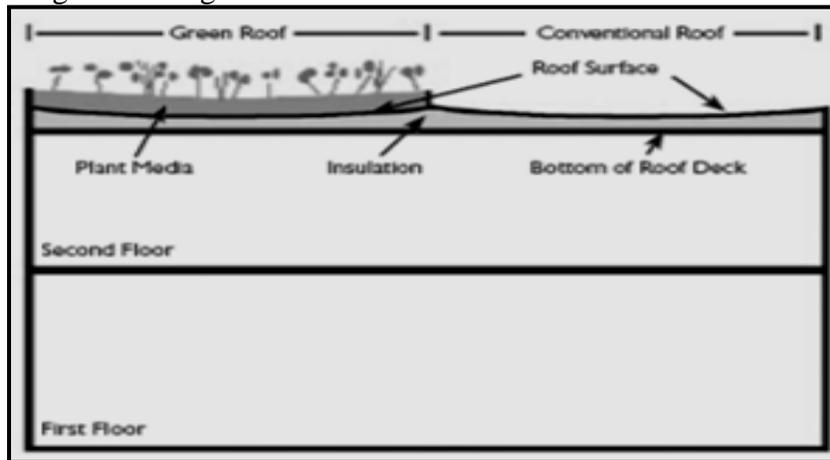
Imagen 23. Diagrama de ubicación de sensores



Fuente. Carbajal, 2009.

Los aspectos energéticos de este estudio se centraron en la temperatura de la superficie y el flujo de calor entre la cubierta convencional y la cubierta vegetal. Las temperaturas medidas incluyeron la superficie de la cubierta, la superficie inferior de la cubierta, el aire interior y la superficie de las plantas.

Imagen 24. Diagrama de una sección del edificio



Fuente. Carbajal, 2009.

Las mediciones meteorológicas incluyeron la temperatura del aire ambiente, el total de la radiación solar horizontal, la precipitación, la dirección y velocidad del viento.

Se encontró que la cubierta vegetal puede reducir significativamente la temperatura de la superficie y el promedio de flujo de calor. Entre la cubierta convencional y la vegetal se obtuvieron 58% y 12% respectivamente.

#### Conclusiones.

- El monitoreo inició en julio de 2005 y continuaron hasta julio de 2006. Las temperaturas más altas de la superficie de la cubierta convencional se produjeron alrededor de las 1:00 pm, mientras que las temperaturas más altas de la cubierta vegetal se produjeron alrededor de las 10:00pm.
- El promedio mínimo de la temperatura de la superficie de la cubierta convencional fue de 29° C para la cubierta vegetal fue de 22° C.
- En el techo convencional las temperaturas son más bajas durante las horas de la noche debido a que la superficie está expuesta directamente al cielo, mientras que la cubierta vegetal la cubren las plantas.
- El flujo de calor máximo en la cubierta convencional se registró en las primeras horas de la tarde, mientras que en la cubierta vegetal se registró alrededor de la media noche.
- El promedio del flujo de calor para la cubierta vegetal fue de 1.23W/m<sup>2</sup>, contra 1.51W/m<sup>2</sup> para la cubierta convencional, es decir la cubierta vegetal obtuvo 18.3% menor flujo de calor.
- Las diferencias más importantes se produjeron cerca de la mitad de los techos en los puntos más bajos de aislamiento.

## Experimento 5.

Autor, Año y lugar: G. Castañeda Nolasco y F. Vecchia, 2007, Viviendas en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

### Objetivo:

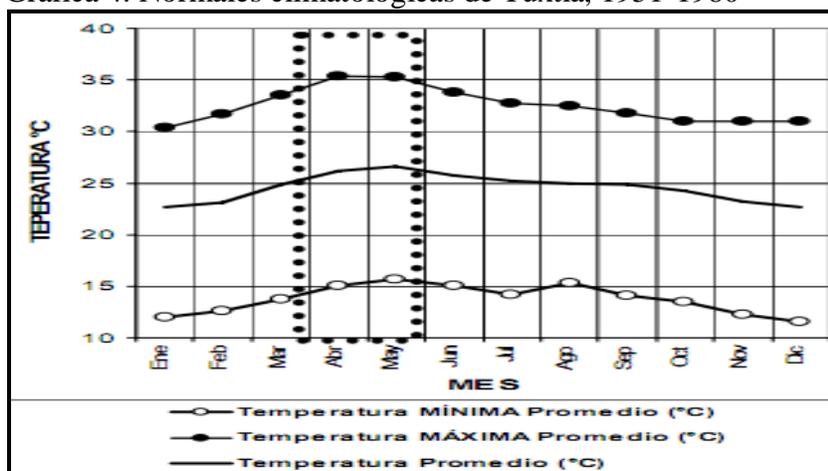
Comparar las temperaturas superficiales de los dos sistemas de techo: Concreto armado y Domotej con y sin la construcción de azota verde.

### Instrumentos de medición:

Los techos comparados durante el experimento corresponden a dos viviendas ocupadas, construidas con paredes de ladrillo de 15 cm. de espesor y repelladas con mortero cemento-cal-arena, en ambas caras, y los ambientes interiores, sin ser determinantes para el ejercicio comparativo, mantienen dimensiones similares; por lo que el techo es el componente significativamente diferente en las viviendas. Según la clasificación de W. Koppen (Ayllón1996), Tuxtla Gutiérrez se localiza en una zona tropical con lluvias en verano, con tipo climático Aw Por lo que en gran parte del año se viven altas temperaturas durante el día, llegando incluso, en casos excepcionales, hasta 42° C.

Se determinó un periodo representativo de calor mediante la identificación de la época de mayor temperatura en el contexto de Tuxtla Gutiérrez, (Ver Grafica 4) con base en el análisis de las normales climatológicas del lugar (1951-1980).

Grafica 4. Normales climatológicas de Tuxtla, 1951-1980



Fuente. Sistema meteorológico nacional.

En Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, el techo de la vivienda es construido, hasta en el 80% de los casos con una placa de concreto armado, generalmente de 10 cm. de espesor fundido monóticamente en el lugar (INEGI, 2005).

Los techos comparados durante el experimento corresponden a dos viviendas ocupadas, construidas con paredes de ladrillo de 15 cm. de espesor y repelladas con mortero cemento-arena, en ambas caras, y los ambientes interiores, sin ser determinantes para el ejercicio comparativo, mantienen dimensiones similares; por lo que el techo es el componente significativamente diferente en las viviendas.

El techo de concreto armado (Ver imagen 25), es una placa monolítica de 10 cm. de espesor. Compuesta de cemento, arena y grava, con un armado de acero, pudiendo ser con varilla corrugada de 3/8", o mallas electro soldadas, para contrarrestar los refuerzos de tensión.

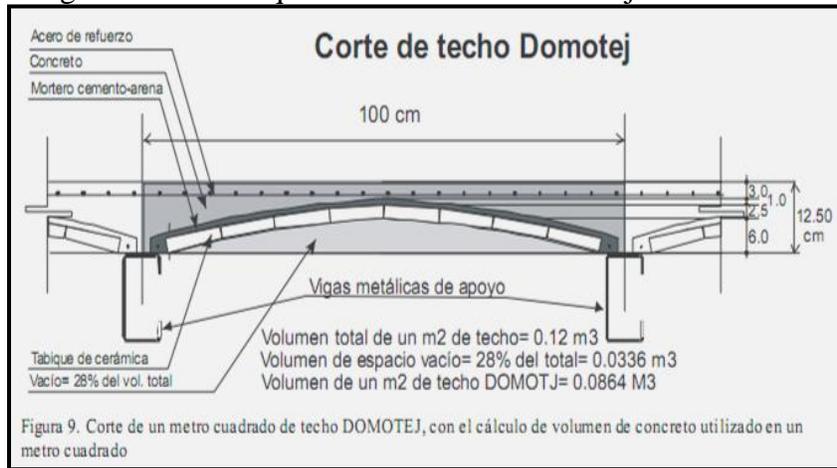
Imagen 25. Corte esquemático de techo de concreto armado



Fuente. Catañeda, Vacchia, 2007.

Por su parte la propuesta de techo alternativo Domotej, (Ver imagen 26), se compone de piezas prefabricadas con forma de casquete de base cuadrada de 96x96 cm., elaborada con 24.5 piezas de tabique artesanal de arcilla cocida de 2.5x12x26 cm., en contacto directo una con otra, colocadas formando una espiral y unidas con una capa de mortero cemento arena de 1 cm de espesor proporción 1:3, con un refuerzo de alambre recocido perimetral.

Imagen 26. Corte esquemático de techo Domotej

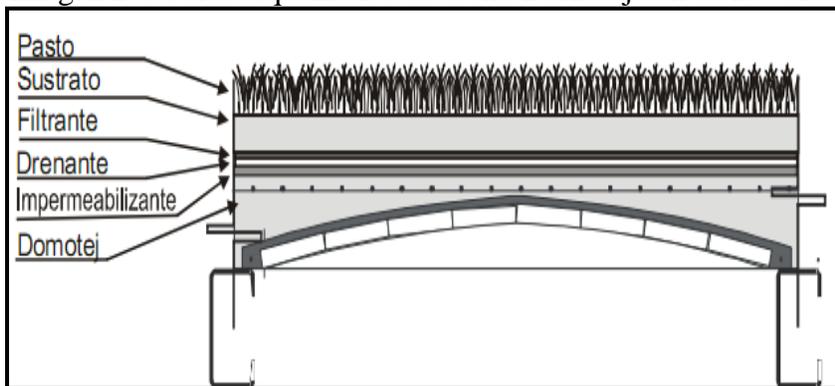


Fuente. Catañeda, Vacchia, 2007, P. 25

#### Conclusiones:

- Las temperaturas superficiales de los dos sistemas de techo llegaron a 30° C, con media hora de diferencia, siendo el techo de concreto armado el que se calentó más rápido y los dos sistemas mantuvieron 8 horas con temperatura por debajo de los 30° C.
- En la misma comparación se aprecia que los dos sistemas de techo alcanzan su temperatura máxima a las 17:00 horas, siendo el techo alternativo 3.07° C menos caliente (44.89° C), que el techo de concreto armado (47.96° C).
- En los resultados se observaron dos variables de mayor importancia para el experimento a favor del sistema de techo Domotej: el retraso térmico de media hora y el amortiguamiento de temperatura de 3° C.
- Con base en lo anterior y al comprobar que la ventaja térmica lograda con el techo Domotej es pequeña, tan solo de 3° C sobre el techo de concreto armado, por ello se optó por adicionarle una capa de pasto (Imagen 27), sobre un sustrato de tierra de 10 cm. de espesor, para realizar otra prueba.

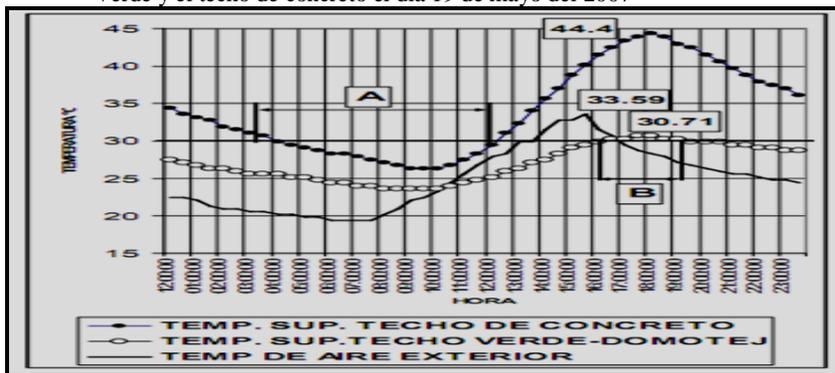
Imagen 27. Corte esquemático de techo Domotej con techo verde



Fuente. Catañeda, Vacchia, 2007.

- Con base en los datos expuestos en la figura 14, se percibe una diferencia muy amplia entre el comportamiento térmico del Techo Verde-Domotej (TVD) y el Techo de Concreto (TC), Principalmente en dos partes: la primera en las temperaturas máximas, siendo la diferencia hasta de  $13.69^{\circ}\text{C}$ . y la segunda, al comparar con el parámetro de los  $30^{\circ}\text{C}$ , se percibe que el TVD solamente pasó este límite durante 3 horas, (dimensión B), de las 16:30 a las 19:30 hrs, llegando a una temperatura máxima de  $30.7^{\circ}\text{C}$  a las 18:00 hrs. En cambio el TC, se mantiene sobre el parámetro adoptado durante 16 hrs. desde las 12:00 hasta las 4 hrs del día siguiente (dimensión A), llegando a una temperatura máxima de  $44.4^{\circ}\text{C}$  a las 18:00 hrs, manifestándose una diferencia máximas de  $13.69^{\circ}\text{C}$  a favor del TVD y de igual forma una ventaja de 13 horas por arriba de los  $30^{\circ}\text{C}$ .

Grafica 5. Comparación de temperaturas del Domotej con techo Verde y el techo de concreto el día 19 de mayo del 2007



Fuente. Catañeda, Vacchia, 2007, P. 25

Comentarios finales del autor sobre este apartado.

En este aspecto partiendo del concepto de que la Termohigrometria se define en palabras mencionadas por Alicia Bocanegra (1972:73) como “El estudio de de las condiciones de la temperatura y humedad adecuadas para satisfacer la sensación de comodidad en el interior de un local” y a través de los casos de estudio ya presentados, se logra interpretar que el objetivo principal de cada uno de los estudios realizados fueron hechos para explicar el comportamiento del fenómeno termohigrometrico que se presenta dentro de un espacio, que tiene instalada en su cubierta una azotea verde, para poder cumplir el objetivo se emplearon diversos instrumentos de evaluación en los cuales se utilizaron ecuaciones matemáticas, programas realizados y adaptados bajo las condicionantes de prueba, software de computo, modelos a escala y edificaciones en los cuales ya se cuentan con dicho sistema constructivo.

Por otro lado hay que hacer mención acerca de que dichos estudios han sido realizados por diferentes autores y en diversos países que a continuación se ordenan como sigue: España, Grecia, Estados Unidos de América, México entre otros, cada uno de estos países esta definido por sus propias características climatológicas que son diferentes si los comparamos entre sí. Al existir diferencias climatológicas entre ellos, se puede detectar a través de los experimentos presentados en este apartado que los resultados de estos estudios han presentado variaciones entre si. Sin embargo en todos estos se repite de manera constante el mismo resultado en el que todos los autores coinciden y definen como un efecto ocurrente.

Dicho efecto referido es la disminución de la temperatura derivado de la relación que se da entre la construcción de una azotea verde sobre la cubierta y la edificación que contiene a la misma.

Bioclima semifrío.

Continuando con el concepto correspondiente, se debe aclarar que el Bioclima es derivado del Clima el cual dicho por Manuel Rodríguez, (2004) describe a este concepto como “El que caracteriza e identifica a una región por el comportamiento de sus componentes y sus variables atmosféricas; esto da lugar a un estilo de vida con características físicas y psicológicas muy particulares en el hombre, que lo distinguen por raza” Rodríguez, (2004:13) para este hecho el autor Ellworth Huntintong (1927), sostiene que “El tipo de clima, junto con la herencia racial y el desarrollo cultural, constituyen unos de los 3 principales factores que determinan las condiciones de la civilización”. Huntintong (1927:50),

A lo largo de las distintas culturas de la civilización humana, la arquitectura se ha expresado como una respuesta al tiempo, a la cultura y a las condiciones físicas ambientales del sitio en el cual se desarrolla, sin olvidar que Olgyay (1962) señala sobre este concepto que” los efectos del medio ambiente, inciden directamente tanto en la energía como en la salud del hombre, es muy común la experiencia de que ciertos días las condiciones atmosféricas estimulan y vigorizan nuestras actividades, mientras que otros deprimen nuestros esfuerzos físicos y mentales, en zonas climáticas donde prevalece el calor o frío excesivos, el esfuerzo biológico de adaptación a dichas condiciones disminuye nuestra energía”. Olgyay (1962: 14).

Este ejemplo se vería reflejado si un hombre que habita una ciudad acostumbrado a las características climatológicas de su lugar de origen, se fuera a habitar a un lugar que tiene otras condiciones diferentes a las que biológicamente su organismo se ha adaptado, como un lugar desértico, o frío por ende el esfuerzo físico que haría para adaptarse a ese nuevo sitio dependerá de las condiciones atmosféricas de dicho lugar, a mayor esfuerzo, mayor desgaste fisiológico.

Fernando Tudela (1982) hace referencia al concepto denominándolo de la siguiente manera: “El clima es proceso que resulta de la interacción en términos de masa y/o energía entre la superficie terrestre y la atmósfera, determinado por el desigual reparto de la energía solar que recibe nuestro planeta”. (Tudela; 1982: 19) Jimena Ugarte, (2002) relaciona este concepto con el bioclima de la siguiente manera:”El bioclima depende del clima y de las

condiciones de termofisiología humana. El clima tiene una gran influencia en la vegetación y en la vida animal, incluyendo a los seres humanos. Desempeña un papel significativo en muchos procesos fisiológicos, desde la concepción y el crecimiento de los seres vivos, hasta la salud y la enfermedad de los mismos. Ugarte, (2002:14)

Roger Camous y Donald Watson (1986) definen que “Es el estudio de los fenómenos naturales meteorológicos de una localidad, como el sol, viento, la vegetación, temperatura y humedad ambiental, con las cuales se pueden crear en base a las necesidades específicas las condiciones de confortabilidad física y psicológica en el ser humano” Camous y Watson (1986:12) El autor coincide con David Morillón (2004) porque ambos relacionan al bioclima como “la asociación de los elementos meteorológicos de un lugar que influyen en la sensación de bienestar higrotérmico del humano. Estos elementos son principalmente temperatura del aire (bulbo seco), humedad (relativa, específica, absoluta o presión de vapor), radiación solar (duración, cantidad de flujo o irradiación y calidad), viento (dirección, velocidad y frecuencia) y temperatura de radiación (la del entorno físico interior).

La guía de Conafovi (2006:43) Clasifica al bioclima semifrío con las características de que las temperaturas media y mínima, se encuentran por debajo de los rangos de confort durante todo el año; la máxima sobre pasa ligeramente los rangos. La oscilación diaria es entre 10 y 15 °C. Los rangos de humedad relativa media y máxima están dentro del confort; la mínima es baja durante todo el año. La precipitación pluvial es de aproximadamente 900 mm. Los vientos son fríos en invierno y por la noche. Las ciudades que tiene a este tipo de bioclima son: Tlaxcala, Puebla, Morelia, México y Toluca.

La literatura presentada sobre este concepto está relacionada con el trabajo presente por lo cual se asume que estas generan conocimiento que fundamente concretamente a este trabajo.

Se determina que el bioclima es un conjunto de características climáticas que envuelven a una zona geográfica y a su vez los factores como el sol, viento, la vegetación, temperatura y humedad ambiental, afectan las condiciones de confortabilidad física y psicológica en el ser humano

### 2.3 Espacio arquitectónico.

Es importante mencionar que el concepto de “espacio” dentro de los límites de esta investigación, será enfocado a el análisis y aplicación, en el campo de estudio de la arquitectura, ésta delimitación de campo servirá para dirigir de manera concreta para evitar ambigüedades o desviaciones en el presente estudio, puesto que el fin será evitar caer en análisis, comparaciones y concepciones que otros campos de estudio diferentes del que se pretende investigar manejan.

Para este concepto la definición de Christian Norbert (1980) alude que “El espacio arquitectónico es la concretización del espacio existencial en la cual el hombre desarrolla sus trabajos, integrando de una forma intencionada su vida en el ambiente en interacción con el entorno” (Norbert, 1980:67) de este concepto se deriva la reflexión de que el espacio existente es intervenido y adaptado para cumplir con las necesidades humanas, dicha necesidad es el componente principal del espacio requerido para que en este se lleve a cabo el desempeño de la misma de forma optima.

Relacionado con estas palabras, Alois Reigl, (1994) embona en este pensar mencionando con sus palabras que “El espacio arquitectónico es la creación de espacios cerrados y la creación de sus contornos, adquiere su identidad cuando en cada momento, se conforma de espacios limitados dentro de los cuales se ofrece a los hombres, la posibilidad de libres movimientos, Reigl (1994:132).

Un punto importante a destacar sobre este concepto es que el espacio arquitectónico es producto del ser humano, que es concebido a través de un acto racional que es derivado de una necesidad, En donde Charles Moore, Gerald Allen. (1981) Se relacionan con esta concepción del autor ya citado debido a que mencionan que “El espacio arquitectónico es una categoría del espacio libre creada por el arquitecto cuando este le aporta características de forma y escala a una parte del espacio libre” Sus dos primeras dimensiones: longitud y anchura, responden a imperativos funcionales en sentido estricto, pero la manipulación de su tercera dimensión, la altura, garantiza a la mente del habitante la oportunidad de desarrollar las otras dimensiones.

Enrique Yáñez (1989) dice que “El espacio arquitectónico, es el espacio construido y por lo mismo es artificial, una cueva en las montañas puede ser elementalmente habitable, pero no es arquitectura. Cuando el hombre primitivo para protegerse de la intemperie toma de la naturaleza troncos de árboles, ramas y piedras formando con ellos una cubierta sustentada en alguna forma de manera estable, da signos de edificación, aquí es donde se anuncia la arquitectura. Yáñez (1989:51) a su vez Edward T. White, (1991). Alude a este hecho mencionando que “Las actividades humanas ocurren en un espacio físico volumétrico, debido a este hecho, los espacios pueden tener cualquier tamaño, ser de cualquier forma y configuración, la cualidad volumétrica espacial se da cuando se cuenta con las características de Área, la cual tiene dos dimensiones el largo y el ancho, mientras que el espacio es el volumen contenido por las áreas que cuentan con la tercera dimensión, la altura. El espacio arquitectónico es aquel que se encontrara determinado en función del volumen, la característica constructiva limitante y formal definida por la agrupación de actividades a realizar dentro de una edificación. White (1991:11-17).

Se puede deducir como resultado de la observación a través del trabajo de campo laboral y la descripción de la realidad a través de la percepción de un lugar a intervenir para inicialmente acondicionarlo, que sin lugar a dudas, la materia prima con la que trabaja el arquitecto, para finalmente transformarlo en producto terminado es decir, en un lugar de carácter tangible es precisamente, el espacio.

La literatura presentada sobre este concepto está relacionada con el trabajo presente por lo cual se asume que estas generan conocimiento que fundamente concretamente a este trabajo.

El concepto de espacio arquitectónico para esta investigación se define como la materia prima de trabajo para un arquitecto, el cual a traves de utilizar el sentido racional, divide al espacio existente a traves del empleo de materiales constructivos que generan una envolvente geométrica artificial, por medio de esta acción el espacio adquiere una propiedad volumétrica limitante y formal definida por la agrupación de actividades a realizar dentro de una edificación. que consta de 3 dimensiones, largo, ancho y alto.

## 2.4 Configuración constructiva.

El tema de la construcción en la edificación, puede ser analizada de distintas maneras ya trae consigo caminos que han venido dejando con el paso del tiempo su marca en historia en la humanidad, se ha estudiado desde el punto de vista histórico, social, económico, geográfico, político, de ingeniería, arquitectónico y ahora con los cambios climatológicos que se han venido dando en el mundo, se plantea dirigir las construcciones hacia un enfoque sustentable.

El hombre ha venido transformado su entorno natural, para convertirlo en un entorno artificial, a través del uso de materiales que en un principio tenía a su alcance, y que en la actualidad a través de la tecnología ha venido depurando y mejorando la calidad de los materiales que emplea para construir, con el fin de satisfacer sus necesidades de protección ante los factores climáticos. Los materiales constructivos dan forma a la configuración dicho concepto, la Real Academia Española, lo define como “La disposición de las partes de un cuerpo que le da figura propia” las partes que dan inicio a esta configuración constructiva según Edward T. White, (1991) comienzan desde el momento en que se empiezan a poner las divisiones que producen delimitaciones de un espacio existente, en donde se puede ver la transformación de un espacio interior que se aísla con respecto al espacio exterior, conformando una piel material nueva que tiene de acuerdo a White, (1991:45) una cualidad volumétrica, (Ver foto 36) en donde el espacio interior puede tener cualquier tamaño, y ser de cualquier forma y puede presentar una configuración irregular o regular.

Foto 35. Espacios definidos por distintas volumetrías.



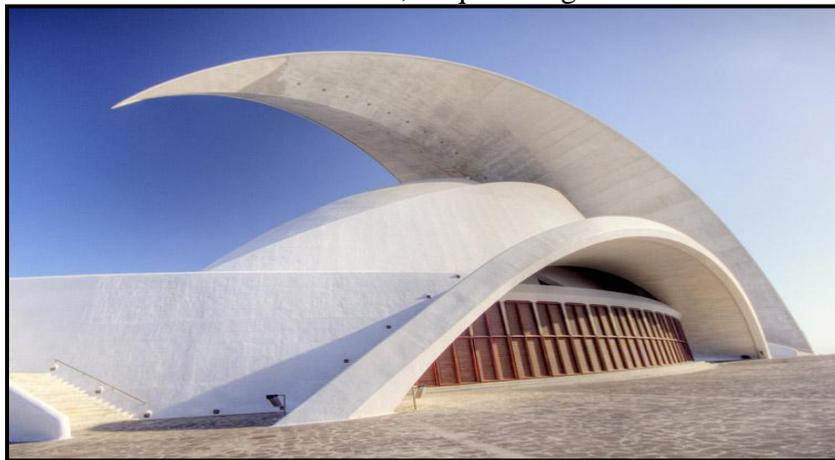
Fuente. Anuario de arquitectura 2008

Derivado de lo anterior, se deduce que todas las estructuras fabricadas de diversos materiales como la madera, acero, concreto y derivados de estos últimos son los que se emplean para delimitar un espacio como ya vimos es existente, para estar destinado y ser utilizado por el ser humano para cumplir con sus actividades, el autor Ludovico Quaroni, (1980) destaca que “el espacio geométrico es una de las facetas formales del espacio arquitectónico. Porque introduce en el ambiente una alteración, una alteración espacial. Volúmenes, superficies, líneas y sus articulaciones plásticas y cromáticas concurren juntas al crear, tanto en el interior como en el exterior del edificio, espacios cuya calidad dependerá también de la relación dimensional con el hombre” (Quaroni, 1980:51)

La literatura presentada sobre este concepto está relacionada con el trabajo presente por lo cual se asume que estas generan conocimiento que fundamente concretamente a este trabajo.

Para este concepto se determina a la configuración constructiva, como una característica formal que tiene como propiedad la geometría espacial envuelta por elementos geométricos (Ver foto 37) que dotan de volumen y dan cuerpo de forma vertical y horizontal generado a través del uso de los materiales constructivos que definen a un espacio.

Foto 37. Auditorio de Tenerife, Arq. Santiago Calatrava

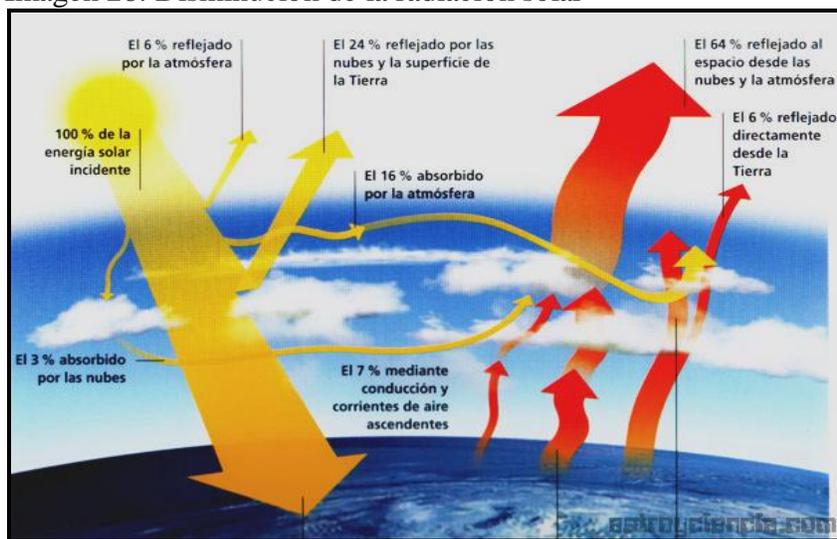


Fuente: Anuario de arquitectura 2004

## 2.5 Radiación solar.

El Sol es el responsable de toda la energía que alcanza la superficie de la Tierra, para comprender este concepto Evelia Aguilar y Arturo Plata (1997), mencionan que el calor que nos llega del sol, es producto de la radiación, la cual es definida como: “la propagación de calor por medio de ondas electromagnéticas enviadas a una velocidad de 300,000 km/s”, esto deriva el hecho de que el Sol emite radiación que se puede considerar de onda corta y que prácticamente traspasa la atmósfera casi sin problemas, De Felipe, (1999:9) viene a complementar a los autores anteriormente citados, determinando que “ los rayos solares al introducirse en la atmósfera terrestre después de atravesar por las distintas capas de la atmósfera, (Ver imagen 28), el componente energético de la radiación solar, se va disminuyendo por reflexión y absorción de los diferentes elementos que componen la atmósfera; por otra parte, el espesor de la atmósfera que han de atravesar los rayos solares influye decisivamente en la energía final disponible a nivel de la corteza terrestre.

Imagen 28. Disminución de la radiación solar



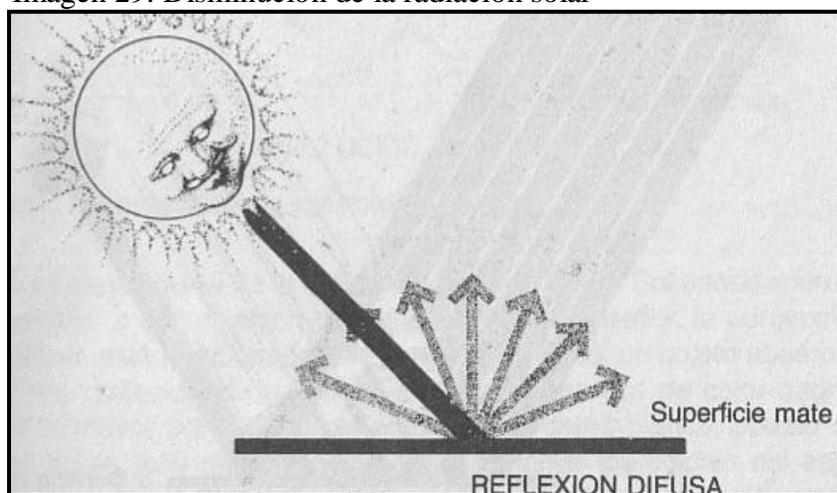
Fuente. Technosun 2009.

Edward Mazria (1983) aclara que la energía radiante nace en el núcleo del sol, y la energía que atraviesa el espacio se compone de diferentes longitudes de onda Mazria, (1983:25), Para lo cual Camous y Wattson (1986), definen que la radiación, “es la transmisión de energía calorífica entre dos cuerpos que están a diferente temperatura, sin que haya desplazamiento de materia, pero si cambio de ondas electromagnéticas, la radiación no resulta afectada por la temperatura del aire” La cantidad de radiación depende de la

constante solar, de la latitud de la localidad, del periodo estacional, de las partículas en suspensión en la atmósfera, del albedo de la superficie terrestre y del clima. Camous Roger y Wattson Donald. (1986:12).

La energía que se recibe en el exterior de la atmosfera terrestre por metro cuadrado, varia a lo largo del año Edward Mazria (1983) señala que “como consecuencia de la oscilación existente entre la distancia tierra-sol debida al movimiento terrestre”. El ángulo (Ver imagen 29) con el que inciden los rayos del sol sobre una superficie determinara la cantidad de energía que recibe esta superficie. Mazria, (1983:25).

Imagen 29. Disminución de la radiación solar



Fuente. Edward Mazria, 1983.

En base a la teoría anterior se define a la radiación solar como: la propagación de calor emitida por el sol en forma de ondas electromagnéticas que llegan a la superficie terrestre con un ángulo de incidencia determinado en función de la latitud de algún punto geográfico en la tierra que se propaga a una velocidad de de 300,000 km/s.

A su vez al incidir la radiación solar sobre algún elemento constructivo, se genera un calentamiento del elemento. La suma de estos comportamientos es llamada radiación incidente. La longitud de onda de la radiación incidente y el ángulo de incidencia son los que determinarán el comportamiento radiante de cualquier elemento constructivo.

En base a la literatura consultada del estado del arte y los conceptos dados por los autores citados anteriormente, se tiene que para efectos de la investigación presente se procederá a establecer la siguiente hipótesis:

#### HIPOTESIS

“Las azoteas verdes que están construidas en superficies horizontales, en edificaciones ubicadas en bioclimas semifrios, incrementan la humedad relativa y disminuyen la temperatura del aire, en el interior de un espacio arquitectónico”.

#### IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

En atención a la hipótesis planteada, las variables que se trabajan son:

#### VARIABLE DEPENDIENTE:

TEMPERATURA DEL AIRE

HUMEDAD RELATIVA

#### VARIABLE INDEPENDIENTE:

AZOTEA VERDE

ESPACIO ARQUITECTONICO.

**CAPITULO III. EVALUACION DEL DESEMPEÑO TERMOHIGROMETRICO:  
AUDITORIOS 3 Y 4 DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHAPINGO.**

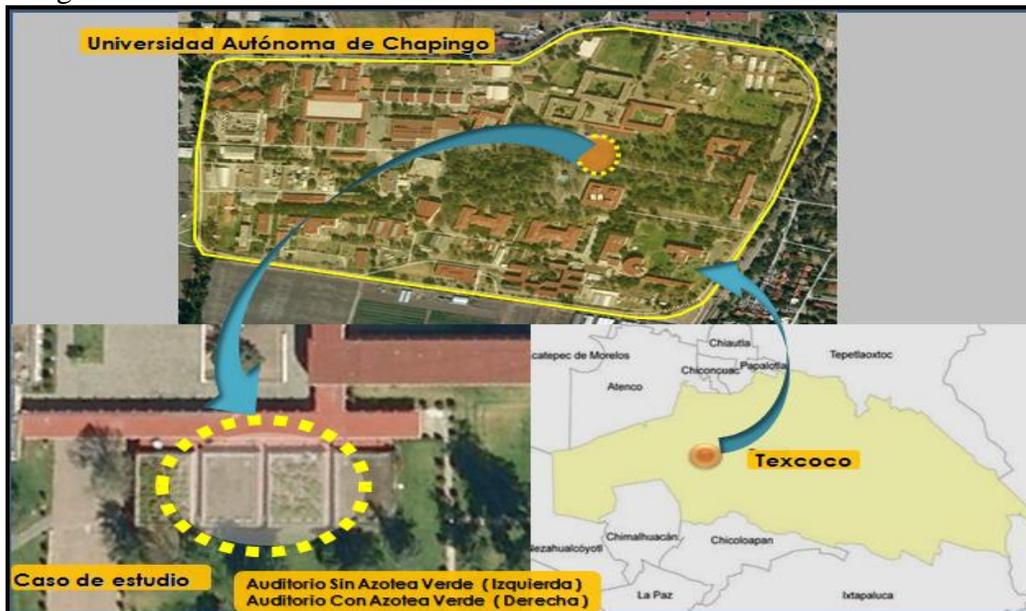
En este capítulo se determinaran para posteriormente llevar a cabo el análisis de los componentes del clima que identifica al caso de estudio (Los auditorios de la universidad autónoma de chapingo), así también se describirá la relación de la radiación solar y el monitoreo Termohigrometrico en el interior de la edificación para analizar en interpretar la relación de estas componentes con el Aspecto físico, espacial y arquitectónico.

### 3.1 Clasificación y características meteorológicas de las “catacumbas” de la Universidad Autónoma de Chapingo.

El caso de estudio presente se encuentra localizado en el municipio de Texcoco, el cual ocupa una superficie total de 418.69 km<sup>2</sup> y corresponde al 1.87% del total del estado de México cuya superficie es de 22 357 km<sup>2</sup> según INEGI 2005, dicho municipio se encuentra delimitado en la región oriente del Estado de México, colindando con las siguientes entidades territoriales: al norte con Tepetlaoxtoc, Papalotla, San Andrés Chiautla, y Chiconcuac; al sur con Chimalhuacán, Chicoloapan e Ixtapaluca; al oeste con Atenco; y al este con los estados de Tlaxcala y Puebla, según el proyecto de desarrollo municipal de Texcoco (2009-2012:13).

En el municipio ya referido, se encuentra el modelo para la prueba experimental dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma de Chapingo que son los auditorios denominados “Catacumbas” (Ver imagen 30) en el área de Agronomía.

Imagen 30. Ubicación del caso de estudio: Auditorios de la Uach.

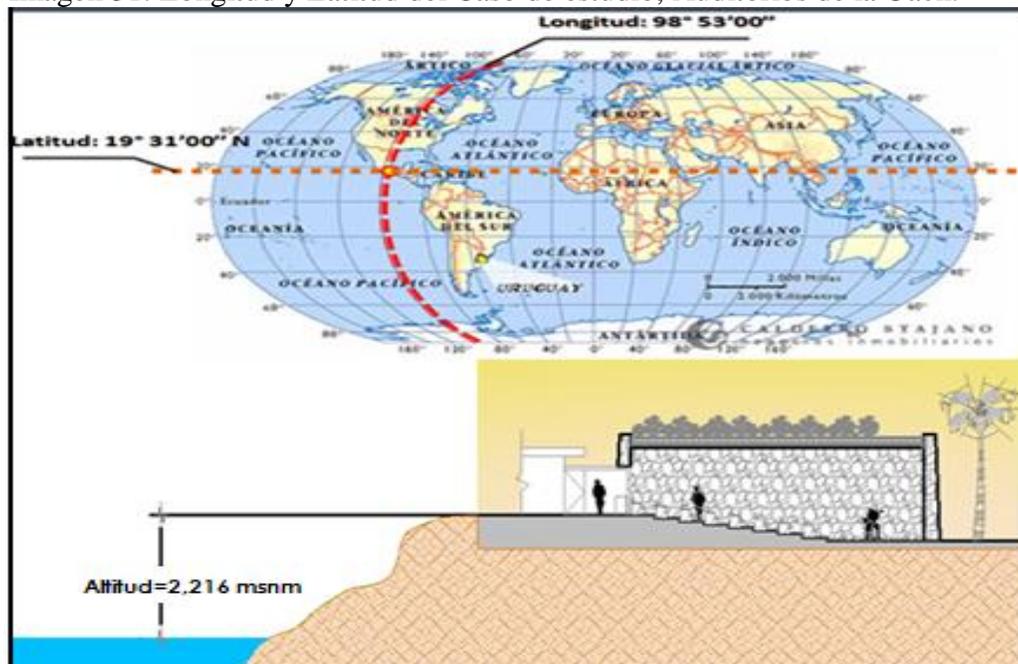


Elaboración del autor.

Para dirigir el propósito de esta investigación en el área del medio ambiente, se toman en cuenta las características geográficas del modelo experimental, debido a que estas influyen en las condiciones físicas de un lugar. Dicho lo anterior se comienza partiendo del análisis así como la clasificación climatológica sobre el lugar en donde se encuentra ubicado el caso de estudio ya descrito, como refiere Rodríguez (2004:14-15) los datos de latitud determina la incidencia de los rayos solares en un punto determinado, mientras que la Altitud, determina el clima del lugar porque al aumentar la altitud desciende la temperatura del mismo y por consiguiente la Humedad tiende a incrementarse. Es importante comprender estos conceptos básicos para tener conocimiento sobre el nivel de incidencia de los factores del clima y como efecto interpretar el comportamiento que ejercen dichos factores sobre su entorno relacionado al mismo lugar, en este caso dirigido a los dos auditorios objetos de estudio la investigación presente.

El modelo experimental cuenta con las siguientes características geográficas (Imagen 31.)  
LATITUD: 19° 31'00" LONGITUD: 98°53'00" (Imagen 31.) ALTITUD: 2.216 msnm

Imagen 31. Longitud y Latitud del Caso de estudio, Auditorios de la Uach.



Elaboración del autor.

Según el programa de ordenamiento ecológico territorial del municipio de Texcoco (2009:42) en el municipio se presentan cuatro tipos de climas (Ver tabla 5), El clima predominante en el municipio es Templado subhúmedo C(w1)(w)b(i)g. Hacia el oriente el tipo de clima es muy similar al anterior, su diferencia estriba en que es el más húmedo de los subhúmedos y su fórmula de clasificación es C(w2)(w)b(i)g. El clima que se presenta en la planicie es del tipo seco, semiárido, se describe bajo la fórmula BS1kw(w)(i)g. El último tipo de clima se encuentra en la parte más alta del municipio, también es del grupo de los templados subhúmedos pero semifrío, su fórmula está representada por C(E)(w2)(w)b(i)g.

Tabla 9. Clasificación climática por municipio

Clima	Clave	Superficie	%
Semiseco o templado con lluvias en verano	Bs1 kwe(w)(i)g	107.0	25.56
Templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media	C(w1)(w)b(i)g	124.1	29.65
Templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media	C(w2)(w)b(i)g	112.4	26.85
Semifrío subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad	C(e)(w2)(w)b(i)g	75.10	17.94

Fuente: Bitácora Mexiquense del Bicentenario, 2009.

De la tabla anterior se desprende la clasificación (Ver imagen 32) con sus respectivas características climáticas de cada municipio en la cual la Universidad Autónoma de Chapingo, se encuentra ubicada en el clima templado subhúmedo.

Imagen 32. Clasificación climática por municipio



Fuente: Bitácora Mexiquense del Bicentenario, 2009.

Derivado de la clasificación climática del lugar en donde se encuentra ubicado el modelo de prueba experimental, es decir el municipio de Texcoco, que a su vez este se encuentra dentro de la extensión territorial del estado de México, para llevar a cabo la clasificación de Bioclimas (Ver tabla 6) según los informes dados por Conavi (2008) se debe conocer la región ecológica del sitio en cuestión, por lo cual con la clasificación climática ya presentada anteriormente, se determina que dicho municipio en el cual se encuentra la Universidad Autónoma de Chapingo y dentro de esta, el modelo de prueba, se encuentran catalogados dentro de la región ecológica denominada como templada, para lo cual Conavi nombra como especificación que en las ciudades no consideradas en el listado de la clasificación de Bioclimas por región ecológica, se puede realizar la identificación de las características meteorológicas, por la proximidad a la ciudad listada, este hecho conlleva a que el Estado de México por tener proximidad directa con la Ciudad de México, se tome como elección que el Bioclima perteneciente al caso de estudio, este catalogado como Semifrío.

Tabla 10. Clasificación de bioclimas por región ecológica.

Región Ecológica	Bioclima	Ciudades
1.- Templada	1.- Semifrío - seco	Tulancingo y Zacatecas
	2.- Semifrío	Ciudad de México, Toluca, Puebla, Morelia, Tlaxcala y Pachuca
	3.- Semifrío - húmedo	Xalapa
	4.- Templado - Seco	Aguascalientes, Durango, León, Oaxaca, Querétaro, Saltillo, San Luis Potosí y Tijuana
	5.- Templado	Guadalajara, Guanajuato y Chilpancingo
	6.- Templado - húmedo	Tepic y Cuernavaca
2.- Árida	7.- Cálido - Seco	Monterrey, Culiacán, Gómez Palacio, La Paz y Torreón
	8.- Cálido seco - extremo	Mexicali, Hermosillo, Ciudad Obregón, Chihuahua y Ciudad Juárez
3.- Trópico seco	9.- Cálido - semihúmedo	Mérida, Colima, Ciudad Victoria, Mazatlán y Tuxtla Gutiérrez
4.- Trópico húmedo	10.- Cálido - húmedo	Acapulco, Madero - Tampico, Campeche, Cancún, Cozumel, Chetumal, Manzanillo, Tapachula, Veracruz y Villahermosa

Fuente: Guía Conavi 2008

A partir de la clasificación bioclimática del caso de estudio se procede a obtener los datos característicos que componen el tipo de bioclima perteneciente a este lugar. Para ello se toman como base los datos obtenidos de la Estación meteorológica automática marca Campbell Scientifics, ubicada en el colegio de posgraduados de la Universidad Autónoma de Chapingo, en el área de postgrado en Hidrociencias del Campus Montecillo mediante la cual se hacen mediciones y registran los datos de los elementos del clima, de la cual se obtienen (Ver tabla 7) los datos siguientes:

Tabla 11. Datos obtenidos de la estación meteorológica de la universidad de chapingo.

CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS DE LA ZONA GEOGRAFICA DE LA UACH.							
ELEMENTO	MEDIDA	MENSUALES 1990 - 2010	MINIMO	MAXIMO	ANUALES 1990 - 2010	MINIMO	MINIMO
TEMPERATURA	°C		-5.8	26.4		-5.8	26.4
HUMEDAD RELATIVA	%		13	94		3	99
PUNTO DE ROCIO	°C		-9.4	13.3		-12.2	18.9
VELOCIDAD DE VIENTO	m/s		1	9.4		1	16.5
PRESION ATMOSFERICA	mb		781	799		609	799
PRECIPITACION TOTAL	mm		0	0		52	73.3
ENFRIAMIENTO VIENTO	°C		-1	-5.6		-1	-5.6
CALOR MAXIMO	°C			25.6			20.6
INDICE DE RAYOS UV.	index		2.2	3.6		3	16
RADIACION S. MAXIMA	w/m2		1153		1521		

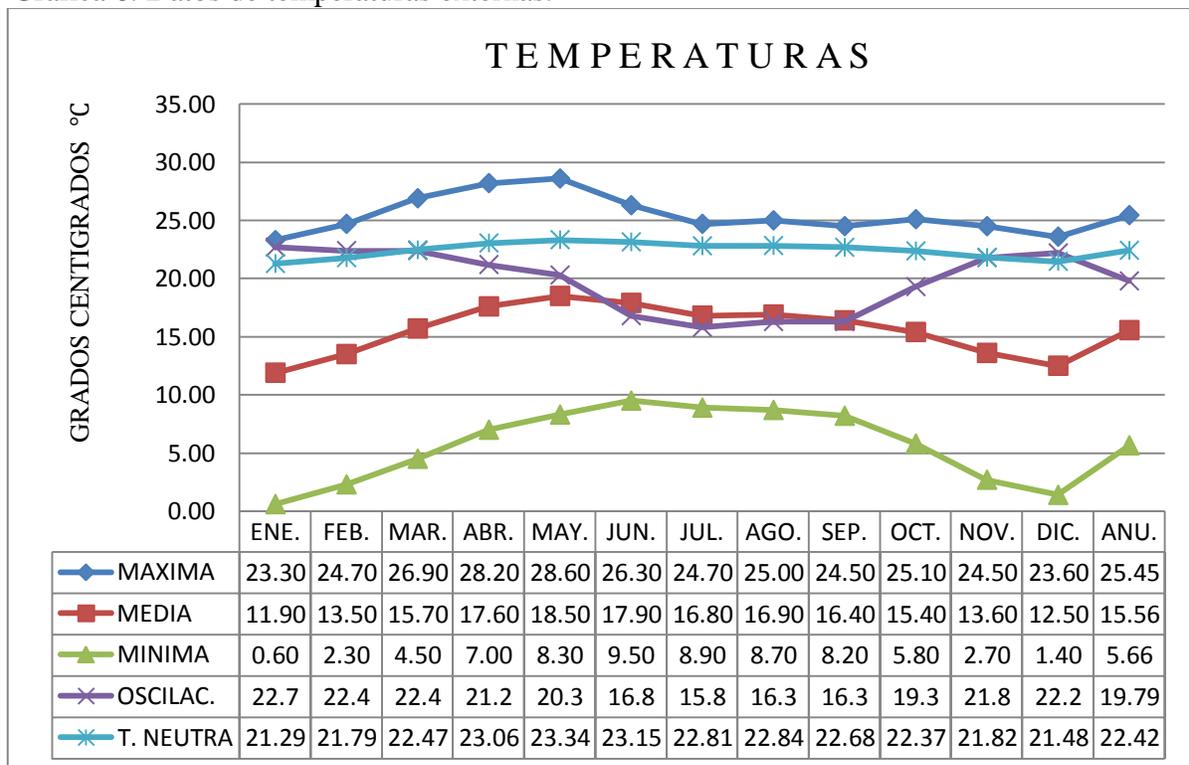
Elaboración del autor.

El servicio meteorológico nacional a través de su banco de informes climatológicos muestra con datos cuantitativos, las condiciones meteorológicas promediadas de cada mes en el periodo presentado en los años 1971- 2000 en donde se puede apreciar el desempeño climatológico del caso de estudio presente, así como las variaciones que se presentan en cada uno de los meses por medio de la siguiente tabla (Ver tabla 8) en la se presentan la mayor parte de los factores del clima que han venido condicionando las condiciones físicas a través de los años al municipio de Texcoco.

Para efectos del análisis en el presente caso de estudio, los factores del clima que se tomaron en cuenta son la temperatura y humedad relativa, que dicho por Cóllete (1997:64) “los datos de temperatura y humedad, son los que están más íntimamente relacionados con el confort humano” también cabe hacer mención a manera de recordatorio que dicho estudio va enfocado al desempeño termohigrometrico, esta es la razón por la cual se manejan únicamente las variables ya mencionadas.

En este apartado, para una mejor interpretación meteorológica que se tiene en este lugar, se presenta el análisis de las condiciones ambientales exteriores, trabajando con los factores ya referidos los cuales son mostrados de forma cuantitativa. Los datos sobre la Temperatura (Ver grafica 6) son obtenidos por medio de los informes estadísticos presentados por el servicio meteorológico nacional, y para la obtención de los datos de humedad relativa se empleo la tabla diseñada por Dr. Adalberto Tejeda Martínez la cual a través de los datos de las temperaturas máximas, medias y medianas, calcula el promedio de las humedades (Ver grafica 7) máximas, medias y medianas de cada mes.

Grafica 6. Datos de temperaturas externas.



Elaboración propia con datos del SMN (1971- 2000).

En la grafica 6. Se muestra la información obtenida sobre las temperaturas, a partir de estos datos se hizo un análisis en los 4 periodos estacionales del año, para determinar las variaciones de temperaturas existentes en cada mes del caso de estudio presente, clasificándolos en el siguiente orden: Primavera, es la estación con la temperatura predominante de mayor escala y comprende los meses de: Marzo. Es el mes del año en el cual empieza a incrementarse la temperatura. Con 26.90 °C. Abril. Sigue incrementándose la temperatura a 28.20 °C para culminar en Mayo con 28.60 °C. a partir de Junio baja a 26.30 °C con respecto al mes anterior empieza a descender la temperatura presentando 2.3 °C menos.

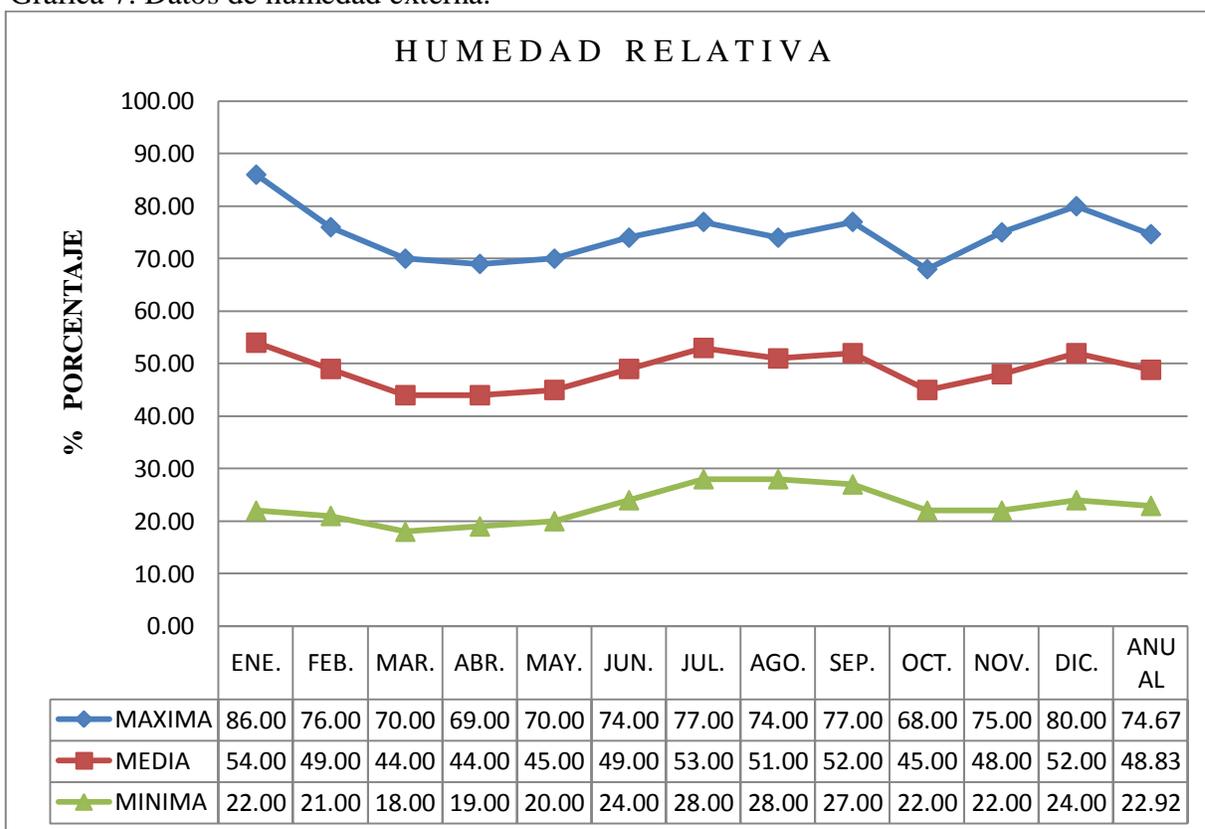
En base a esta información se determina que la estación referida es la más creciente en términos de temperatura. Verano, la temperatura constante comprende los meses de Junio, a partir de este mes que presenta 26.30 °C y empieza el descenso para Julio 24.70 °C sin embargo en Agosto tiende a subir con 25 °C y nuevamente en Septiembre vuelve a disminuir con 24.50 °C. Otoño sigue manteniendo la temperatura constante por 3 meses, pero en diciembre ya empieza el cambio ya que se presenta el descenso de la misma y comprende los meses de Septiembre que se presentan 24.50 °C, para Octubre vuelve a subir a 25.10 °C, sin embargo en Noviembre baja a 24.50 °C para terminar en Diciembre con 23.60 °C.

A través de este análisis se concluye que en la estación de Invierno las temperaturas se dividen en 2 partes; la primera es fría, mientras que la segunda, tiende a incrementar su valor comprendido en los meses de:

En Diciembre se parte con 23.60 °C, para llegar a Enero con 23.30°C. Que es el mes del año mas frio, en Febrero empieza el incremento a 24.70 °C hasta llegar a Marzo con 26.90 °C.

En la grafica 7. Se muestra la información obtenida sobre las Humedades, a partir de estos datos se hizo un análisis en los 4 periodos estacionales del año, para determinar las variaciones de humedades existentes en cada mes del caso de estudio presente, clasificándolos en el siguiente orden: Primavera, es la estación con la temperatura predominante de mayor escala y comprende los meses de: Marzo. Es el mes del año en el cual empieza a incrementarse la temperatura. Con 26.90 °C. Abril. Sigue incrementándose la temperatura a 28.20 °C para culminar en Mayo con 28.60 °C. A partir de Junio baja a 26.30 °C con respecto al mes anterior empieza a descender la temperatura presentando 2.3 °C menos.

Grafica 7. Datos de humedad externa.



Elaboración del autor con datos del SMN (1971- 2000).

En base a esta información se determina que la estación referida es la más creciente en términos de temperatura. Verano, la temperatura constante comprende los meses de Junio, a partir de este mes que presenta 26.30 °C y empieza el descenso para Julio 24.70 °C sin embargo en Agosto tiende a subir con 25 °C y nuevamente en Septiembre vuelve a disminuir con 24.50 °C. Otoño sigue manteniendo la temperatura constante por 3 meses, pero en diciembre ya empieza el cambio ya que se presenta el descenso de la misma y comprende los meses de Septiembre que se presentan 24.50 °C, para Octubre vuelve a subir a 25.10 °C, sin embargo en Noviembre baja a 24.50 °C para terminar en Diciembre con 23.60 °C. En la estación de Invierno las temperaturas se dividen en 2 partes; la primera es fría, mientras que la segunda, tiende a incrementar su valor comprendido en los meses de En Diciembre se parte con 23.60 °C, para llegar a Enero con 23.30°C. Que es el mes del año mas frio, en Febrero empieza el incremento a 24.70 °C hasta llegar a Marzo con 26.90 °C.

En base al análisis descrito. se concluye que en la estación de Invierno las temperaturas se dividen en 2 partes; la primera es fría, mientras que la segunda, tiende a incrementar su valor comprendido en los meses de:

En Diciembre se parte con 23.60 °C, para llegar a Enero con 23.30°C. Que es el mes del año mas frio, en Febrero empieza el incremento a 24.70 °C hasta llegar a Marzo con 26.90 °C.

### 3.2 Aspecto físico, espacial y arquitectónico de catacumbas.

a) Físico: Como ya se ha venido refiriendo en capítulos anteriores, el caso de estudio presente son los dos auditorios (Ver foto 40) conocidos por estudiantes y profesores de la Universidad Autónoma de Chapingo como “Catacumbas” los cuales tienen colindancia al norte con la dirección general de investigación del área de agronomía, al sur con la biblioteca central, al este con el edificio rural regional y al oeste con la división de ciencias agroindustriales. El terreno en donde se encuentra edificado el caso de estudio es plano y alrededor de los mismos los rodea vegetación de diversas especies como césped, arboles de raíz profunda entre ellos Laurel, Pino, Palmeras, Cedro blanco, Encino y arbustos como el abeto y cetos (Ver foto 40) dicha vegetación dota a esta edificación de un aspecto visualmente agradable y estético que integra a las construcciones de alrededor con la naturaleza.

Foto 38. Ubicación del caso de estudio.

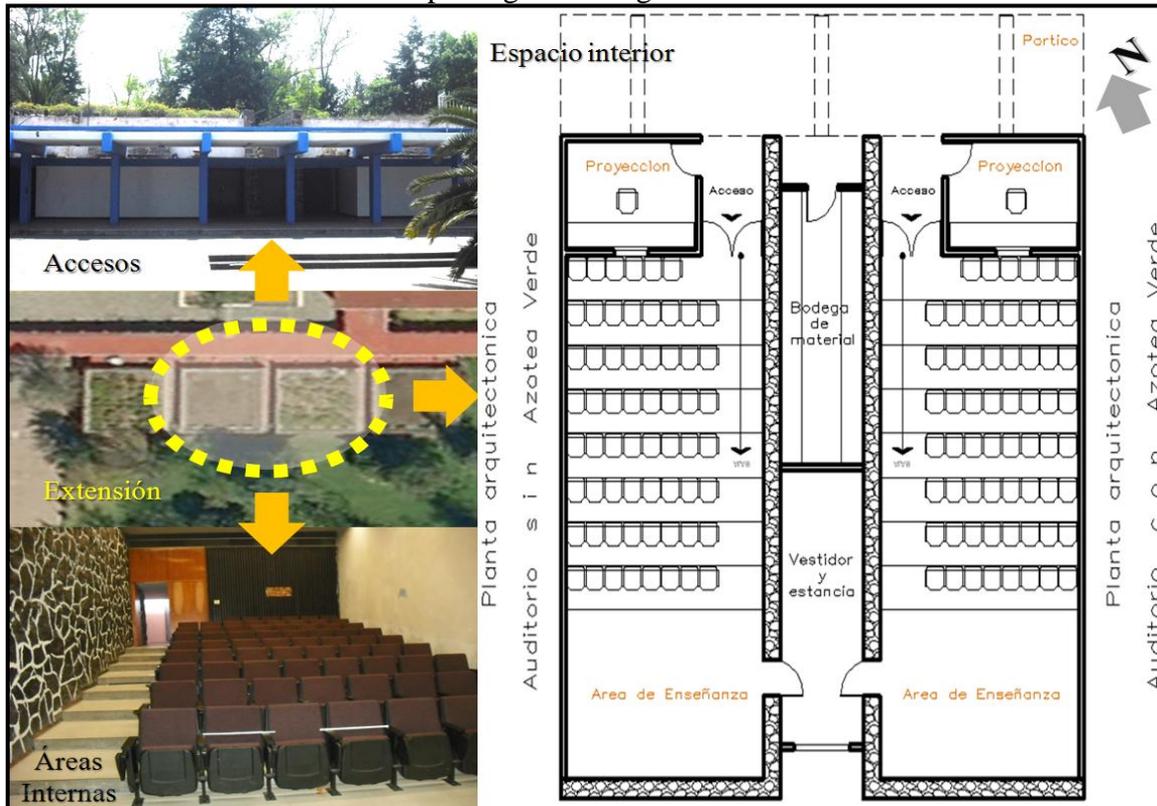


Fuente: Elaboración del autor con imágenes de Google Earth.

Es importante resaltar que en la foto presente se aprecian los cambios de materiales que recubren las superficies del suelo en donde están edificados los auditorios, al norte existe una plaza con un piso revestido de concreto hidráulico, mientras que del lado sur es decir la parte posterior de los auditorios, la superficie del suelo esta revestida de la vegetación, Esta observación será objeto de análisis en un apartado más adelante, a fines de saber si esta característica incide sobre el comportamiento climático al interior de los auditorios.

b) Espacial: La extensión territorial del espacio que ocupa el área de los dos auditorios es de 273 m<sup>2</sup> que corresponde al 0.005% del total de la Universidad Autónoma de Chapingo la cual tiene 5,960.000 m<sup>2</sup>. El acceso a los mismos, es por medio de un pórtico que cubre la respectiva entrada de cada uno, la composición espacial y dimensional tanto interna a si como externa de los auditorios es idéntica ya que manejan la misma proporción de dos a uno, el volumen de la construcción y la superficie de la planta arquitectónica se encuentran definidas por la forma rectangular en donde predomina la línea recta (Ver foto 39) Las áreas del espacio interior de cada uno, se encuentra dividido en dos secciones, en la primera se ubica el área de proyección con su respectivo mobiliario, en la segunda se encuentra el área destinada a la función de enseñanza educativa la cual está equipada con mobiliario como butacas desplegadas, ubicadas sobre planchas de concreto que están construidas a diferentes alturas de modo descendente para tener una optima visión hacia el docente o documental que se esté presentando.

Foto 39. Ubicación de bioclimas por región ecológica.



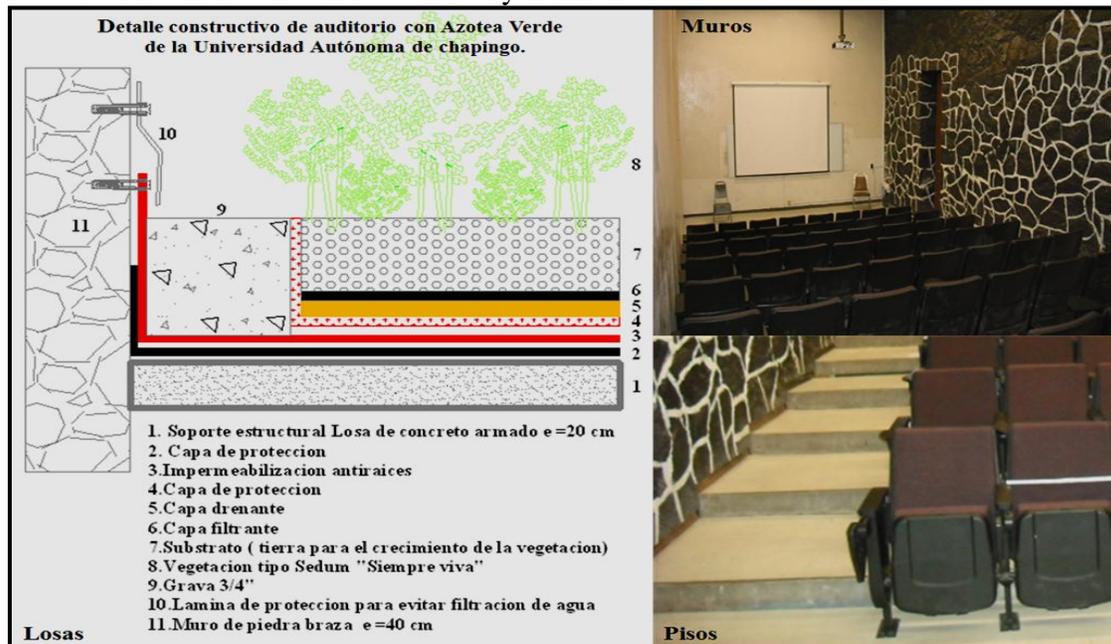
Fuente: Elaboración del autor con imágenes de Google Earth.

c) Arquitectónico: La expresión formal de los auditorios está conformada por los materiales empleados para la construcción de los mismos, los cuales generan la envolvente arquitectónica que cuenta con elementos que se manifiestan en dos sentidos (Ver foto 40):

1. Verticales: comprendidos por cimentación de concreto armado, cerramientos así como muros de carga y de división, el primero está hecho de piedra braza con un acabado final aparente cubriendo un espesor total de 40 cm y una altura de 4.80 m. El segundo está compuesto por tabique recocado cubierto por un aplanado fino y con un acabado final de pintura vinilica con una altura de 4.30 m

2. Horizontales: constituidos por firmes de concreto tanto planos y a diferentes niveles de forma descendente, revestidos con loseta cerámica de 30 x 30 cm juntas a hueso, y losas de concreto armado de 20 cm de espesor con acabado interior aparente. En este aspecto se hace mención de que en una losa del auditorio se tiene construido el sistema de azotea verde, mientras que en el otro solo tiene la azotea recubierta con grava de 3/4".

Foto 40. Materiales en sentido vertical y horizontal del caso de estudio

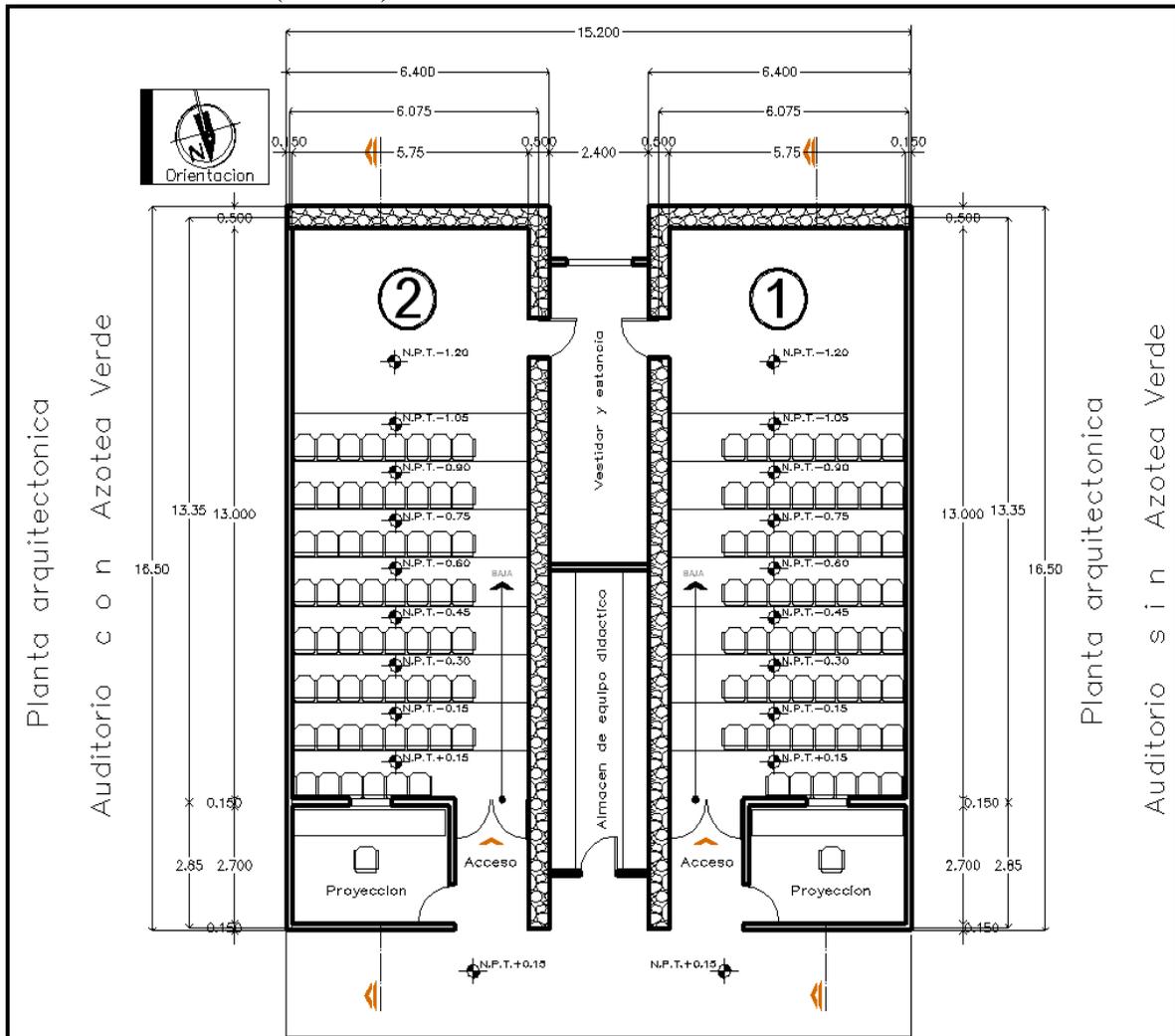


Elaboración del autor.

En este recurso se presenta las dimensiones de los auditorios (Ver imagen 33), en los cuales se pretende hacer la prueba al interior de cada uno por medio de un instrumento que más

adelante se mencionara a detalle, el cual monitorea las variables Termohigrometricas correspondientes a este estudio.

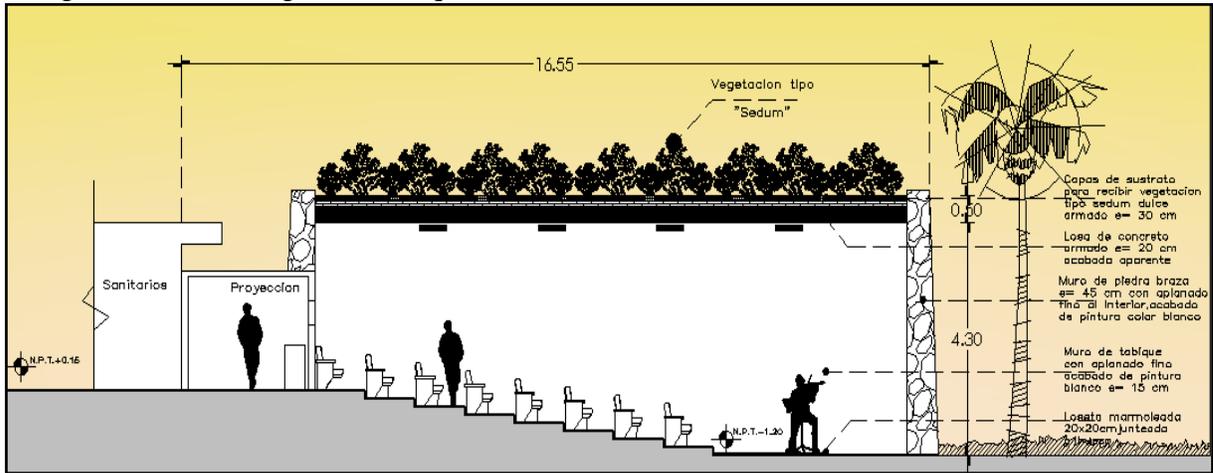
Imagen 33. Plantas arquitectónicas de auditorios con azotea verde (izquierda) Y sin azotea verde (derecha).



Elaboración del autor

La configuración constructiva de los espacios arquitectónicos internos de los auditorios se caracterizan por una geometría simple, en donde predomina la línea recta en sentido horizontal y vertical, en la parte superior que cubre a dicho espacio, se llevo a cabo la construcción de una azotea verde (Ver imagen 36) la cual está compuesta por vegetación denominada “sedum” con un espesor de capas igual a 40 cm.

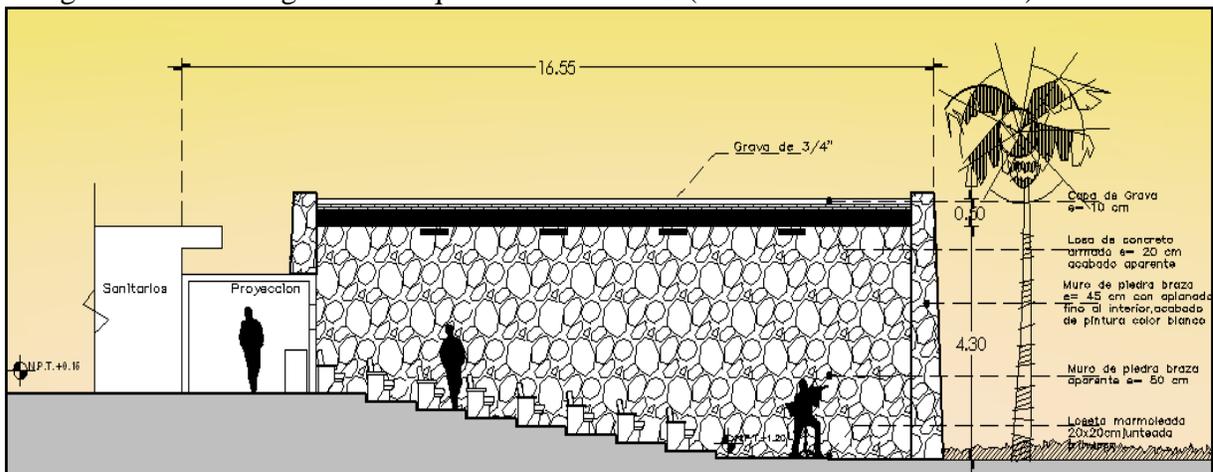
Imagen 34. Corte longitudinal arquitectónico del A4 (auditorio con azotea verde).



Elaboración del autor

En contra posición en el auditorio que no se tiene construida la azotea verde, en la cubierta se tiene los materiales convencionales de impermeabilización con un acabado final de grava contando con un espesor total de 15 cm.

Imagen 35. Corte longitudinal arquitectónico del A3 (auditorio sin azotea verde)

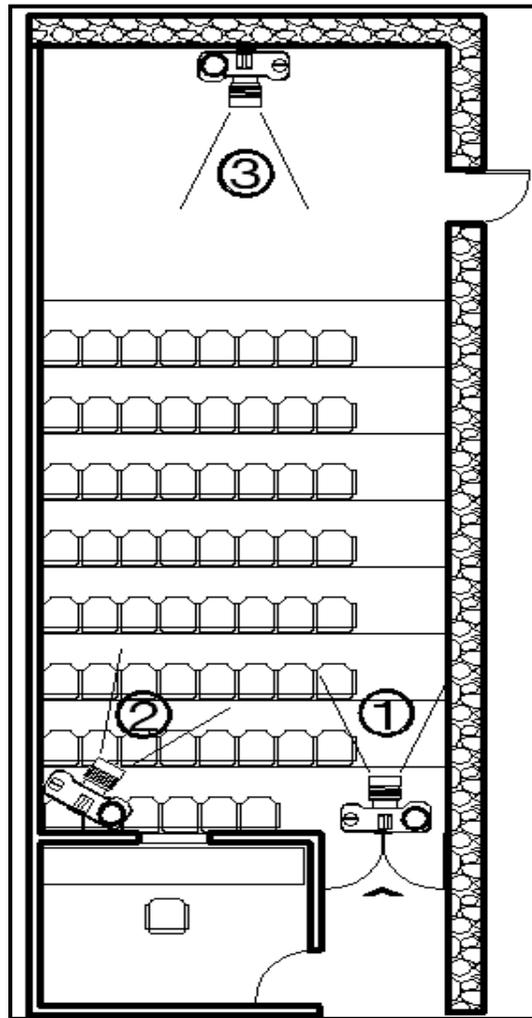


Elaboración del autor

## 2.- LEVANTAMIENTO FOTOGRAFICO INTERIOR DE AUDITORIOS

En este recurso (Ver imagen 36) se fijaron los puntos de los cuales fueron tomadas las fotos de los interiores del auditorio con azotea verde, para conocer físicamente su contenido en cuanto a espacio, materiales, profundidad y texturas se refiere.

Imagen 36. Ángulos fotográficos del espacio interior de auditorio con azotea verde.



Elaboración del autor

El auditorio con azotea verde (Ver foto 43, 44,45) se presentan los materiales constructivos participes que configuran la construcción de este espacio arquitectónico,

Foto 41. Angulo fotográfico 1 del espacio interior de auditorio con azotea verde.



Elaboración del autor

Foto 42. Angulo fotográfico 2 del espacio interior de auditorio con azotea verde.



Elaboración del autor

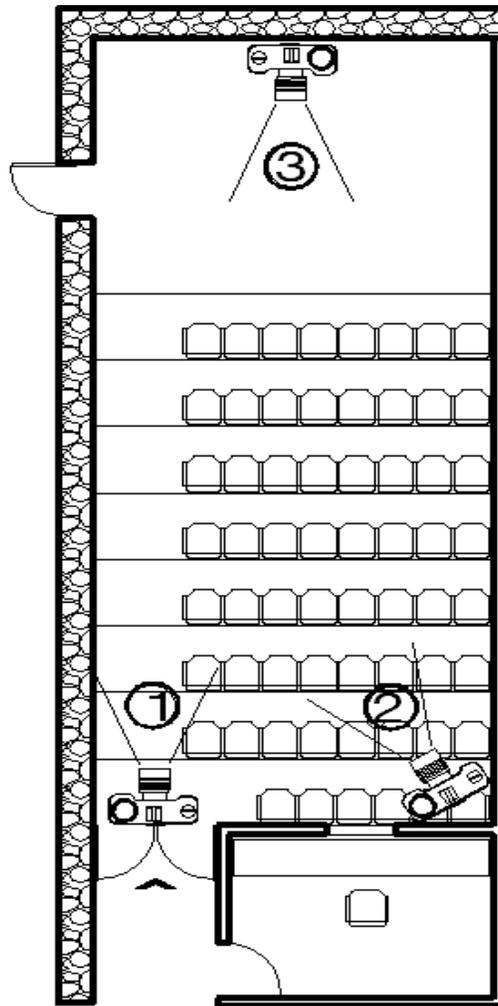
**Foto 43.** Angulo fotográfico 3 del espacio interior de auditorio con azotea verde.



Elaboración del autor

En este recurso (Ver imagen 37) se fijaron los puntos de los cuales fueron tomadas las fotos de los interiores del auditorio sin azotea verde para conocer físicamente su contenido en cuanto a espacio, materiales, profundidad y texturas se refiere.

Imagen 37. Ángulos fotográficos del espacio interior de auditorio sin azotea verde.



Elaboración del autor

El auditorio sin azotea verde (Ver foto 46, 47,48) coincide con los mismos materiales constructivos que determinan la envolvente de configuración la construcción del auditorio con azotea verde.

Foto 44. Angulo fotográfico 1 del espacio interior de auditorio sin azotea verde.



Elaboración del autor

Foto 45. Angulo fotográfico 2 del espacio interior de auditorio sin azotea verde.



Elaboración del autor

Foto 46. Angulo fotográfico 3 del espacio interior de auditorio sin azotea verde.



Elaboración del autor

## LEVANTAMIENTO FOTOGRAFICO EXTERIOR DE AUDITORIOS

En los siguientes recursos se presenta el trabajo que se realizo para obtener el levantamiento exterior de información fotográfica donde se presentan las cubiertas que comprenden al objeto de estudio, en donde se presenta primeramente a la azotea sin vegetación (Ver foto 49,50).

Foto 47. Vista del espacio exterior de los auditorios con y sin azotea verde.



Elaboración del autor

Foto 48. Acercamiento del auditorio sin azotea verde (A3).



Elaboración del autor

## LEVANTAMIENTO FOTOGRAFICO EXTERIOR DE AUDITORIOS

Foto 49. Vista del espacio exterior de auditorio con azotea verde.



Elaboración del autor

Foto 50. Vista del espacio exterior de auditorio con azotea verde (A4) (acercamiento).



Elaboración del autor.

### 3.3 Calculo radiación solar y ángulos de incidencia solar.

Derivado del hecho en el cual Rodríguez Viqueira (2004:14) hace mención de que “la latitud determina la incidencia de los rayos solares, sobre la tierra en un punto determinado”, podemos decir la incidencia del ángulo de los rayos solares sobre una superficie, determinara la cantidad de energía captada sobre la misma.

Para determinar y conocer el nivel de radiación solar que se presenta sobre la superficie de los auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, se procederá a realizar el cálculo de radiación directa, con las ecuaciones matemáticas propuestas por Colmenero (2007), tomado de Gonzales Matías (2009:85)

a) Partiendo de la consideración de la constante Solar promedio durante todo el año.

$$I_{cs} = 1367 \text{ W/m}^2$$

b) Calculo de la radiación solar para cada día del año.

$$I_{csd} = I_{cs} [1 + 0.033 * \cos 360 * N / 365]$$

Donde: N= Numero de orden del día del año.

\*Nota: Ver aclaración de la elección del día del año en la siguiente hoja.

Con base a la siguiente ecuación se procede a calcular la radiación solar:

$$I_{csd} = 1367 \text{ W/m}^2 [1 + 0.033 * \cos 360 * 21 / 365]$$

$$I_{csd} = 1367 \text{ W/m}^2 [1.033 * 0.936]$$

$$I_{csd} = 1321 \text{ W/m}^2$$

Teniendo como resultado que la radiación solar incidente en la universidad de chapingo se encuentra dada con una con 1321 watts por cada m<sup>2</sup> de superficie existente, es decir que si esta incidencia la ponemos sobre una superficie de una cubierta de los auditorios que cubre una superficie de 78.4m<sup>2</sup>, entonces tendremos que la energía solar incidente sobre la cubierta será de 103,566 watts.

Aclaración de la elección del día del año (21).

Para la elección del día del año, se considero tomar como referencia basado en el análisis de temperaturas horarias realizado para la Universidad Autónoma de Chapingo, el de mayor cantidad calorífica que de acuerdo a la tabla de temperaturas (Ver tabla 8), se encuentra calculada para el día 21 de los 12 meses.

Tabla 12. Análisis de las Temperaturas horarias para la Uach.

TEMPERATURAS HORARIAS												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DIEMBRE
6	0.60	2.30	4.50	7.00	8.30	9.50	8.90	8.70	8.20	5.80	2.70	1.40
7	1.28	2.98	5.18	7.64	8.91	10.01	9.38	9.19	8.69	6.38	3.36	2.07
8	3.26	4.92	7.12	9.48	10.67	11.47	10.75	10.61	10.11	8.06	5.25	4.00
9	6.28	7.90	10.10	12.30	13.38	13.70	12.85	12.78	12.28	10.63	8.15	6.95
10	9.98	11.56	13.76	15.76	16.69	16.44	15.43	15.43	14.93	13.77	11.71	10.57
11	13.92	15.44	17.64	19.44	20.21	19.36	18.17	18.27	17.77	17.13	15.49	14.43
12	17.63	19.10	21.30	22.90	23.53	22.10	20.75	20.93	20.43	20.28	19.05	18.05
13	20.64	22.08	24.28	25.72	26.23	24.33	22.85	23.09	22.59	22.84	21.95	21.00
14	22.62	24.02	26.22	27.56	27.72	25.79	24.22	24.51	24.01	24.52	23.84	22.93
15	23.30	24.70	26.90	28.20	28.60	26.30	24.70	25.00	24.50	25.10	24.50	23.60
16	23.05	24.46	26.66	27.97	28.12	26.12	24.53	24.82	24.32	24.89	24.26	23.36
17	22.32	23.73	25.93	27.28	27.72	25.57	24.02	24.30	23.80	24.27	23.56	22.64
18	21.13	22.56	24.76	26.18	26.66	24.70	23.19	23.44	22.94	23.26	22.42	21.48
19	19.54	20.99	23.19	24.69	25.24	23.52	22.09	22.30	21.80	21.91	20.89	19.93
20	17.63	19.10	21.30	22.90	23.53	22.10	20.75	20.93	20.43	20.28	19.05	18.05
21	15.46	16.96	19.16	20.88	21.59	20.50	19.24	19.37	18.87	18.43	16.97	15.93
22	13.14	14.67	16.87	18.71	19.51	18.78	17.63	17.70	17.20	16.46	14.74	13.66
23	10.76	12.33	14.53	16.49	17.39	17.02	15.97	16.00	15.50	14.44	12.46	11.34
24	8.44	10.04	12.24	14.32	15.31	15.30	14.36	14.33	13.83	12.47	10.23	9.07

Elaboración del autor.

De la cual se obtienen los siguientes datos: En el día 21 del mes de Mayo a las 15:00 horas una temperatura de 28.60 grados que según la clasificación que lleva a cabo Fanger (1972:102), esta temperatura se encuentra en un rango que genera la sensación de incomodidad (Ver tabla 9), en las personas en términos de medioambientales, dividiéndola de la siguiente manera:

Tabla 13. Escala de confort

CALIDAD	°c	COLOR
MUY FRIO	3-8	
FRIO	8-13	
LIGERAMENTE FRIO	13-18	
NEUTRO	18-23	
LIGERAMENTE CALIENTE	23-28	
CALIENTE	28-33	
MUY CALIENTE	33-38	

Fuente: Tabla reelaborada, tomada P.O. Fanger, 1972.

Ángulo de incidencia solar.

Para conocer el ángulo en el cual la radiación solar tendrá incidencia sobre el caso de estudio, se procede a calcular mediante ecuaciones matemáticas elaboradas en el programa Excel, (Ver tabla 10) para posteriormente obtener los datos angulares. De los cuales para el día 21 de Mayo a las 15:00 horas una temperatura con una temperatura de 28.60 grados, tendremos una incidencia de radiación solar igual a 1321 watts por m2, proyectado a 47° de inclinación con respecto al plano de horizonte.

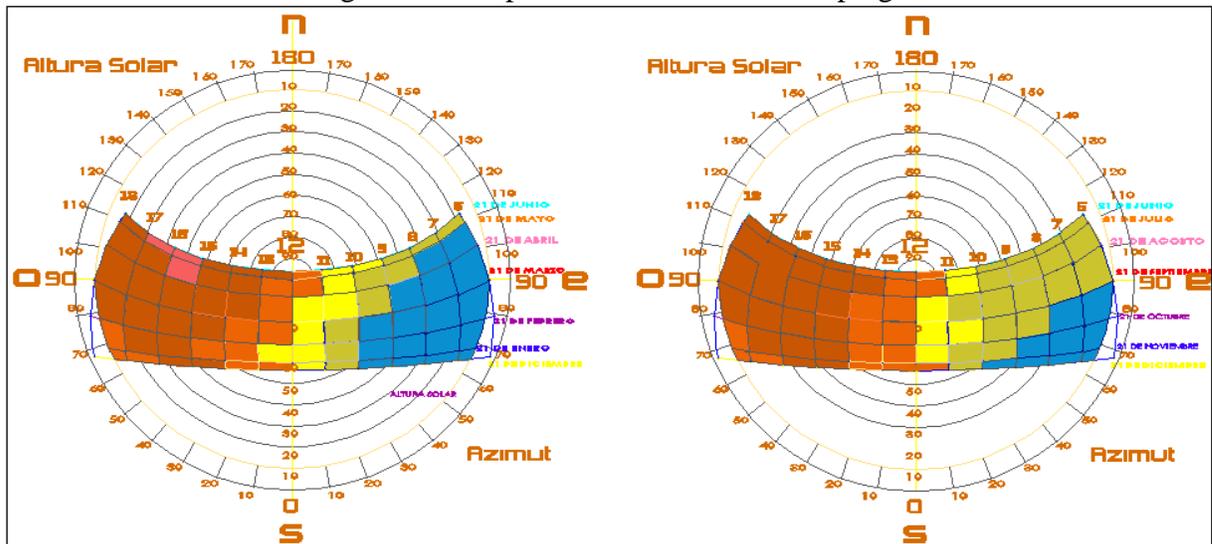
Tabla13. Ecuaciones matemáticas para calculo de Angulo solar

Horario			15	15	15	15	15	15
Acimut			-50.549792	-59.093146	-71.043838	111.242671	110.13801	113.44978
Altura Solar			30.711577	36.063854	41.614034	46.0522014	47.795624	48.105905
			i	i	p	p	p	v
Fecha: Día y Mes			21 de Ene.	21 de Feb.	21 de Mar.	21 de Abr.	21 de May.	21 de Jun.

Elaboración propia.

Con la ayuda de los datos angulares para cada 21 de los 12 meses, se obtiene el acimut y la altura solar, con los cuales se propone un análisis de la trayectoria de solar en la cual se fábrica una grafica estereográfica (Ver grafica 6) para Texcoco, Estado de México, en la cual basándonos en la escala de confort de Fanger (1972:102), podemos determinar la temperatura, la altura e inclinación del sol en una determinada hora del mes.

Grafica 8. Grafica estereográfica solar para la universidad de chapingo.



### 3.4 Monitoreo Termohigrometrico en el interior de la edificación.

#### INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE PRUEBA PARA LA MEDICION TERMOHIGROMETRICA.

A continuación se presentan los instrumentos que se utilizan y los que han sido elaborados propiamente para medir el comportamiento termohigrometrico aplicado al caso de estudio.

Medición Termohigrometrica al interior de los auditorios.

Como se ha venido mencionando, las mediciones del desempeño de temperatura del aire y humedad relativa, se realizan al interior de 2 auditorios en uno, donde se tiene construido un azotea verde y en otro, donde no tiene construida una azotea verde. Como condicionante del modelo de prueba, ambos auditorios deben contar con las mismas características de dimensión, construcción, orientadas y ubicadas en el mismo lugar, con cubiertas en posición horizontal.

Para la adquisición de la temperatura de bulbo seco y humedad relativa, se utilizan 2 dispositivos de adquisición de datos denominados HOBO modelo U10-003 de la compañía ONSET (Ver foto 53), los rangos de operación de este dispositivo para la temperatura, son entre los  $-20^{\circ}\text{C}$  y  $70^{\circ}\text{C}$ , y para la humedad relativa se encuentra entre el 25% al 95% con un margen de error de  $0.4^{\circ}\text{C}$ , según los datos del fabricante.

Foto 51. Instrumento de monitoreo  
Hobo data logger U10-003



Elaboración propia.

Medición Termohigrometrica al exterior de los auditorios.

La caseta llamada “Garita de Stevenson” (Ver foto 54), de la estación meteorológica ubicada en un área libre dentro de las instalaciones de la universidad autónoma de chapingo, se encuentra colocada con las siguientes coordenadas: 19°31'00" N. y 2,216.0 MSNM, de altitud sobre el nivel del mar, dicha estación cuenta con los instrumentos de medición que proporcionaran los siguientes datos:

- Termómetro de máxima y de mínima, que medirá las temperaturas exteriores actuales y dejara registradas las temperaturas máximas y mínimas del día anterior. Sus datos son dados en grados centígrados o la escala de Celsius (°C).
- Higrómetro. Medirá el grado de humedad del aire exterior, la medida se indica en porcentaje (%).

Foto 52. Garita de Stevenson



Elaboración propia.

## CEDULAS DE REGISTRO, PARA RECOLECCION DE DATOS TERMOHIGROMETRICOS.

Los valores obtenidos a través de los instrumentos empleados para llevar a cabo el monitoreo climático, fueron vaciados en cedulas de registro. Para esto se diseñaron 4 cedulas de registro, a continuación se describe el funcionamiento de cada una de ellas.

Cedulas de registro para Temperaturas:

Estas se clasificaron en dos tipos y proporcionaron los siguientes datos:

Cedula 1. En dicha cedula se registraron los valores horarios de la temperatura ambiental externa que nos propicio la Estación Meteorológica Automática (Davis\_Instruments-Vantage Pro)

Cedula 2. Esta cedula se registro los valores horarios de la temperatura interior presentada dentro del espacio arquitectónico de ambos auditorios, tanto del que si tiene construida, así como del que no tiene construida en su cubierta, azotea verde.

Cedulas de registro para Humedades:

De igual modo también se clasificaron en dos tipos y proporcionaron los siguientes datos:

Cedula 3. En este numero de cedula se registraron los valores horarios de la humedad ambiental externa que nos propicio la Estación Meteorológica Automática mencionada.

Cedula 4. En esta ultima cedula se registro la temperatura interior presentada dentro del espacio arquitectónico de ambos auditorios con las características ya descritas.

Una vez que se adquirieron dichos valores, se llevo a cabo el siguiente paso de síntesis informática:

Para el procesamiento de los valores obtenidos durante el periodo de análisis, se realizó una tabla de cálculo aritmético para cada mes, una tabla (Ver tabla 14) se destino para cuantificar la variable de Temperatura externa e interna que se presento dentro de los dos auditorios tanto del auditorio con azotea verde (Temp. 1) y los datos del auditorio sin azotea verde (Temp. 2) en donde se saco su promedio total mensual, esto se hizo con el fin de sintetizar el abundante volumen de información que propiciaron los Hobos, los cuales se programaron a cada 15 minutos, durante el periodo de 13 meses que duro el monitoreo climatológico. Dicho cálculo esta representado por la media aritmética mensual, en donde se concentraron los valores de todos los días a una determinada hora, en las cuatro semanas existentes del mes. De la misma manera, para la variable de humedad exterior e interior se llevo a cabo dicho procesamiento aritmético.

Tabla 15. Media aritmética para las temperaturas internas en los auditorios.

		MEDIA ARITMETICA MENSUAL DE TEMPERATURA (°C); CORRESPONDIENTE AL MES DE DICIEMBRE 2010; ANALISIS DE LAS SEMANAS: 1,2,3,4.														
Hora	Horario	Semana	LUNES: 6,13,20,27.		MARTES: 7,14,21,28.		MIÉRCOLES: 8,15,22,29.		JUEVES: 9,16,23,30.		VIERNES: 10,17,24,31.		SABADO: 4,11,18,25.		DOMINGO: 5,12,19,26.	
			Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)
0:00=12:00	AM	1	17.094	17.284	16.808	16.999	16.713	16.999	16.618	16.618	16.427	16.332	18.236	18.331	18.125	18.554
		2	15.091	15.091	14.804	14.9	14.613	14.996	14.517	14.9	14.517	14.9	15.76	15.855	15.76	15.855
		3	14.421	14.804	14.517	15.091	14.613	15.378	14.709	15.378	14.709	15.187	14.517	14.9	14.517	14.914
		4	14.517	14.804	14.421	14.996	14.421	14.804	14.517	14.996	14.709	15.378	14.613	15.091	14.613	15.106
		MEDIA DEL MES	15.28075	15.49575	15.1375	15.4965	15.09	15.54425	15.09025	15.473	15.0905	15.44925	15.7815	16.04425	15.75375	16.10725
01:00	AM	1	17.094	17.284	16.808	16.999	16.618	16.903	16.523	16.618	16.332	16.237	18.236	18.331	18.362	18.454
		2	14.996	15.091	14.804	14.9	14.613	14.9	14.517	14.804	14.517	14.9	15.664	15.76	15.664	15.76
		3	14.421	14.804	14.517	15.091	14.613	15.282	14.709	15.378	14.709	15.187	14.421	14.804	14.421	14.804
		4	14.517	14.804	14.421	14.9	14.421	14.804	14.517	14.996	14.709	15.282	14.613	15.091	14.613	15.091
		MEDIA DEL MES	15.257	15.49575	15.1375	15.4725	15.06625	15.47225	15.0665	15.449	15.06675	15.4015	15.7335	15.9965	15.765	16.02725
02:00	AM	1	17.094	17.189	16.808	16.999	16.618	16.903	16.523	16.523	16.332	16.141	18.14	18.236	18.14	18.236
		2	14.996	14.996	14.709	14.804	14.613	14.9	14.517	14.804	14.421	14.9	15.664	15.664	15.664	15.664
		3	14.421	14.804	14.517	15.091	14.613	15.282	14.709	15.282	14.709	15.187	14.421	14.804	14.421	14.804
		4	14.421	14.804	14.421	14.9	14.421	14.804	14.517	14.996	14.709	15.282	14.613	15.091	14.613	15.091
		MEDIA DEL MES	15.233	15.44825	15.11375	15.4485	15.06625	15.47225	15.0665	15.40125	15.04275	15.3775	15.7095	15.94875	15.7095	15.94875

Elaboración del autor.

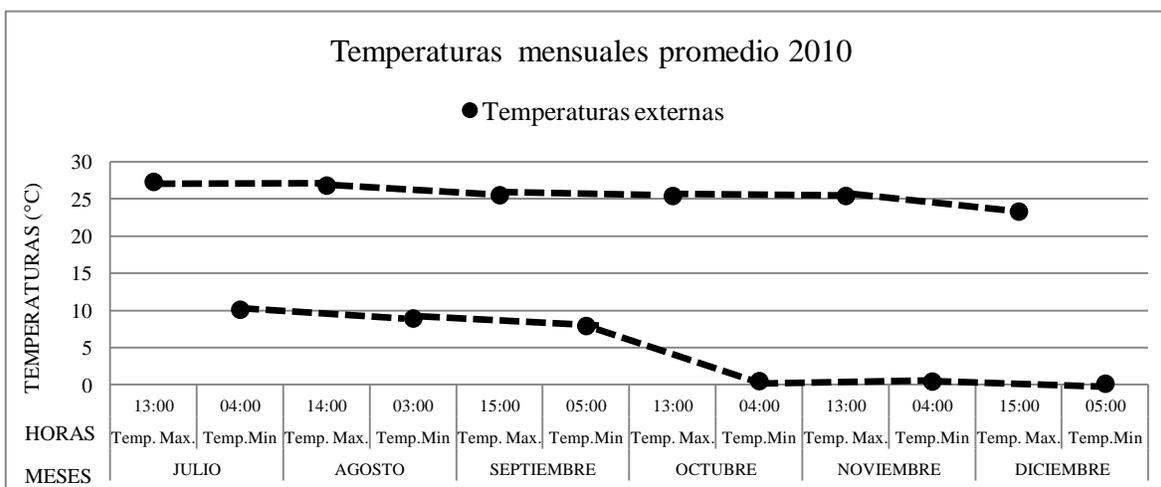
A partir de estos datos se llevo a cabo el llenado de las cédulas de registro y también se fabricaron las graficas de dichos datos, a modo que la información cuantitativa presentada en números y la información presentada en graficas puedan ser comparadas y entendidas de forma simplificada.

GRAFICAS DE TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS EXTERIORES  
PROMEDIOS MENSUALES:  
PERIODO JULIO-FEBRERO (2010-2011)

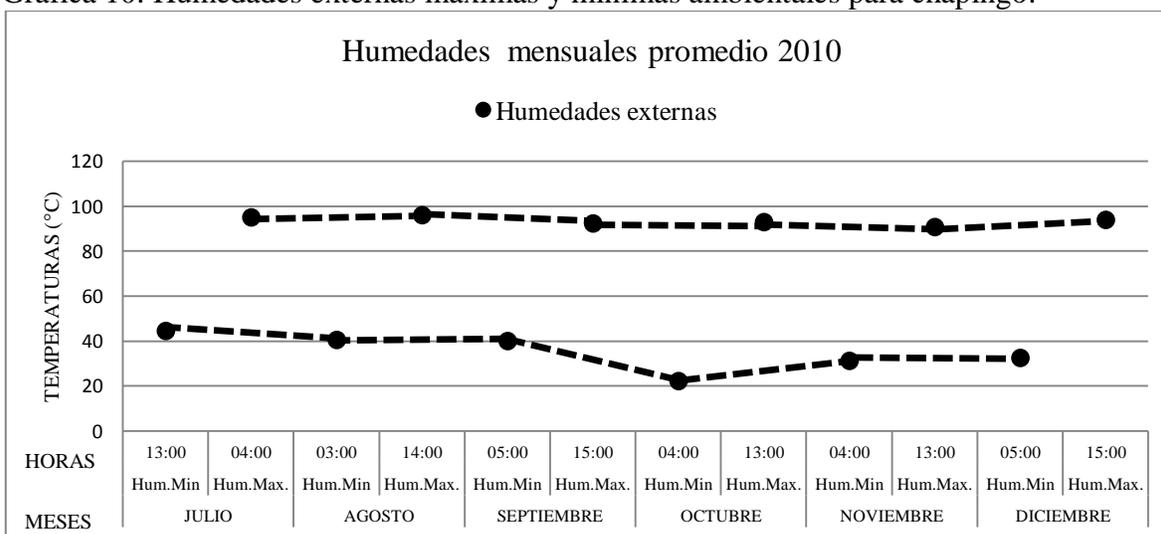
En las presentes graficas se hace un reporte de las temperaturas y humedades que se han venido recopilando en las cedula de registro ya mencionadas, durante un periodo de 8 meses de evaluación (Junio-Febrero) para analizar el comportamiento de los factores climatológicos termohigrométricos, ya que dicho por las palabras de Collete (1997: 64) afirma que “los datos de temperatura y humedad (Termohigrometria), son los elementos de información climática que están íntimamente relacionados con la sensación de bien estar térmico”

En el exterior cuando la temperatura aumenta, la humedad disminuye y cuando la temperatura disminuye, la humedad aumenta como se muestra en las siguientes graficas.

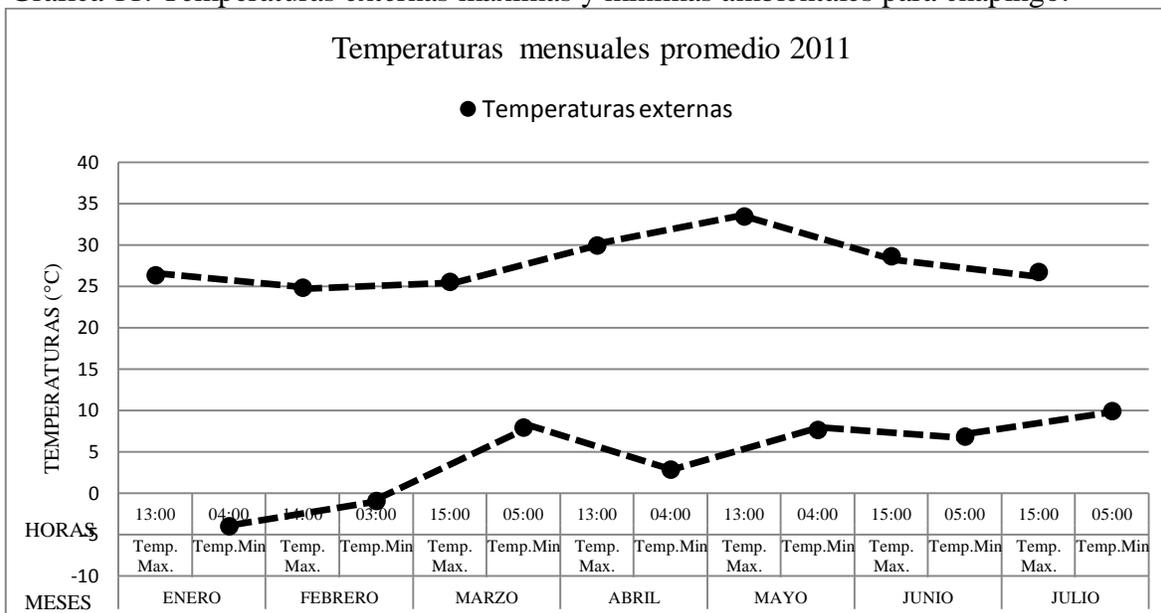
Grafica 9. Temperaturas externas máximas y mínimas ambientales para chapingo.



Grafica 10. Humedades externas máximas y mínimas ambientales para chapingo.

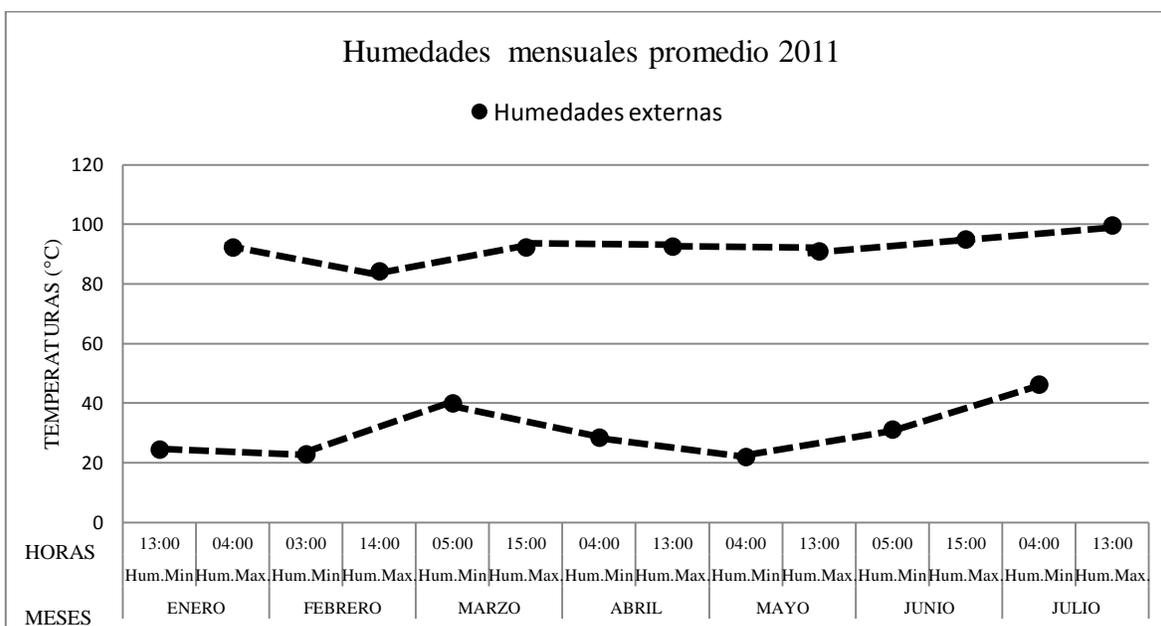


Grafica 11. Temperaturas externas máximas y mínimas ambientales para chapingo.



Elaboración del autor.

Grafica 12. Humedades externas máximas y mínimas ambientales para chapingo.

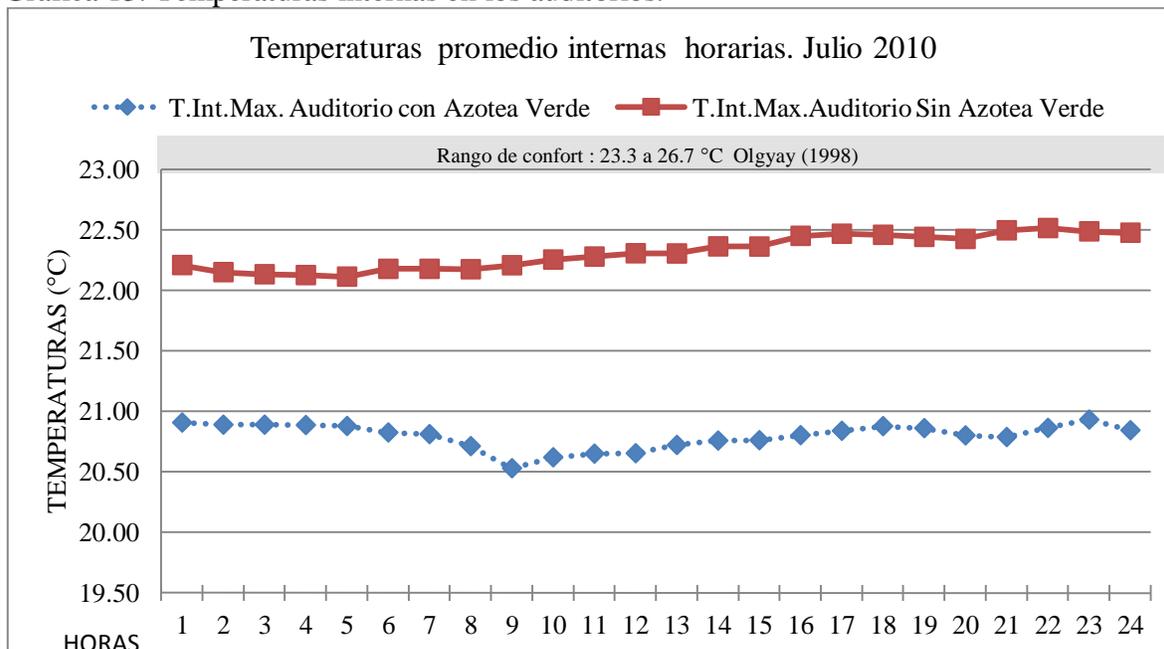


Elaboración del autor.

**GRAFICAS DE TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS HORARIAS  
MENSUALES AL INTERIOR DEL AUDITORIO 3. (SIN AZOTEA VERDE)  
AUDITORIO 4. (CON AZOTEA VERDE).**

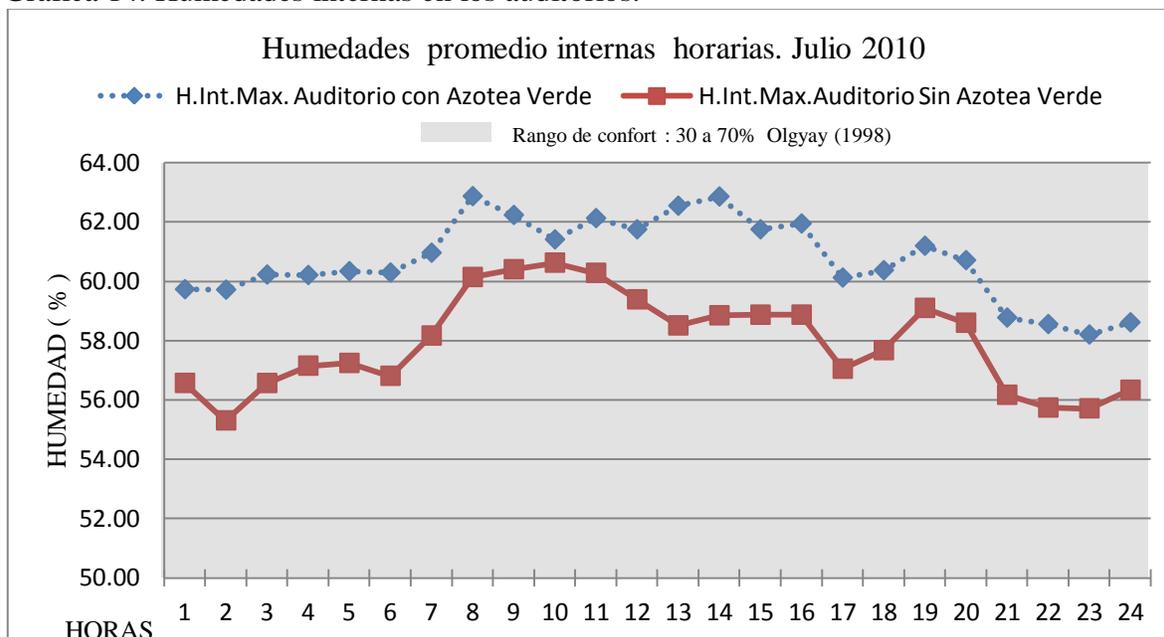
**PERIODO: ESTACION DE VERANO (JULIO – AGOSTO 2010)**

Grafica 13. Temperaturas internas en los auditorios.



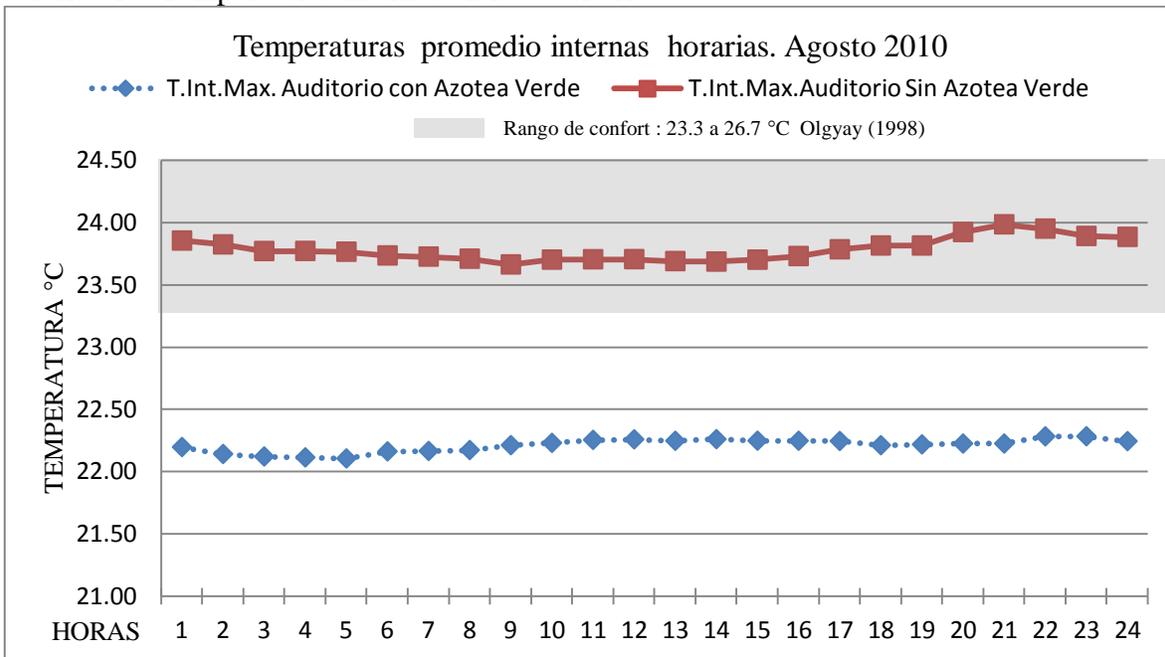
Elaboración del autor.

Grafica 14. Humedades internas en los auditorios.



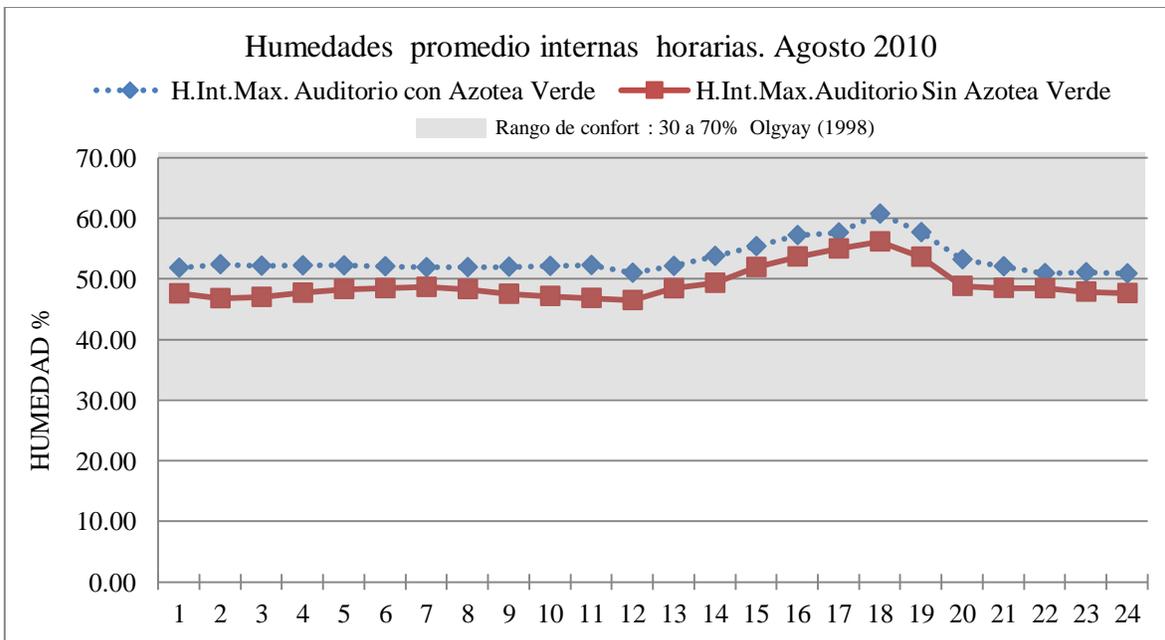
Elaboración del autor.

Grafica 15. Temperaturas internas en los auditorios.



Elaboración del autor.

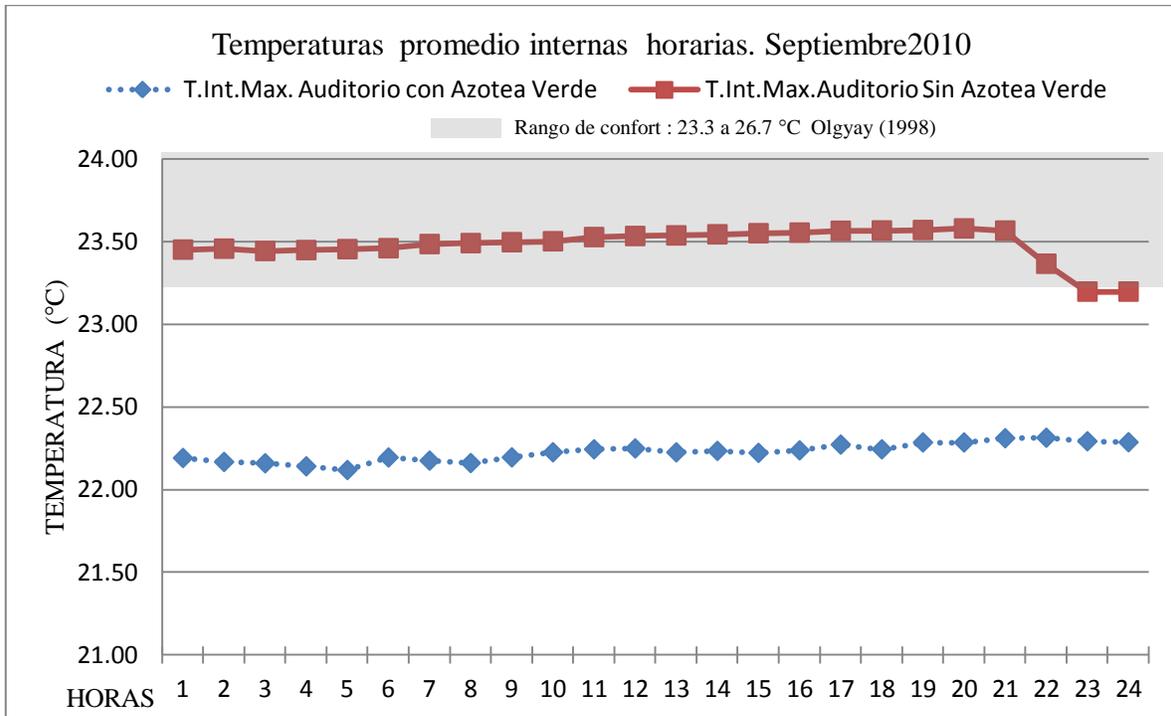
Grafica 16. Humedades internas en los auditorios.



Elaboración del autor.

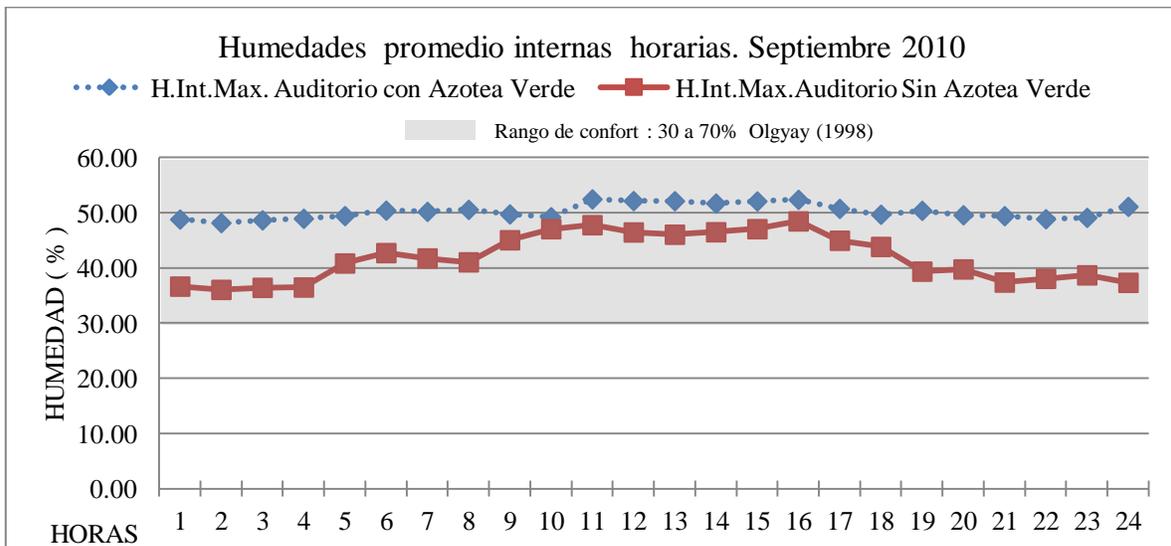
**PERIODO: ESTACION DE OTOÑO**  
**(SEPTIEMBRE – OCTUBRE- NOVIEMBRE 2010)**

Grafica 17. Temperaturas internas en los auditorios.



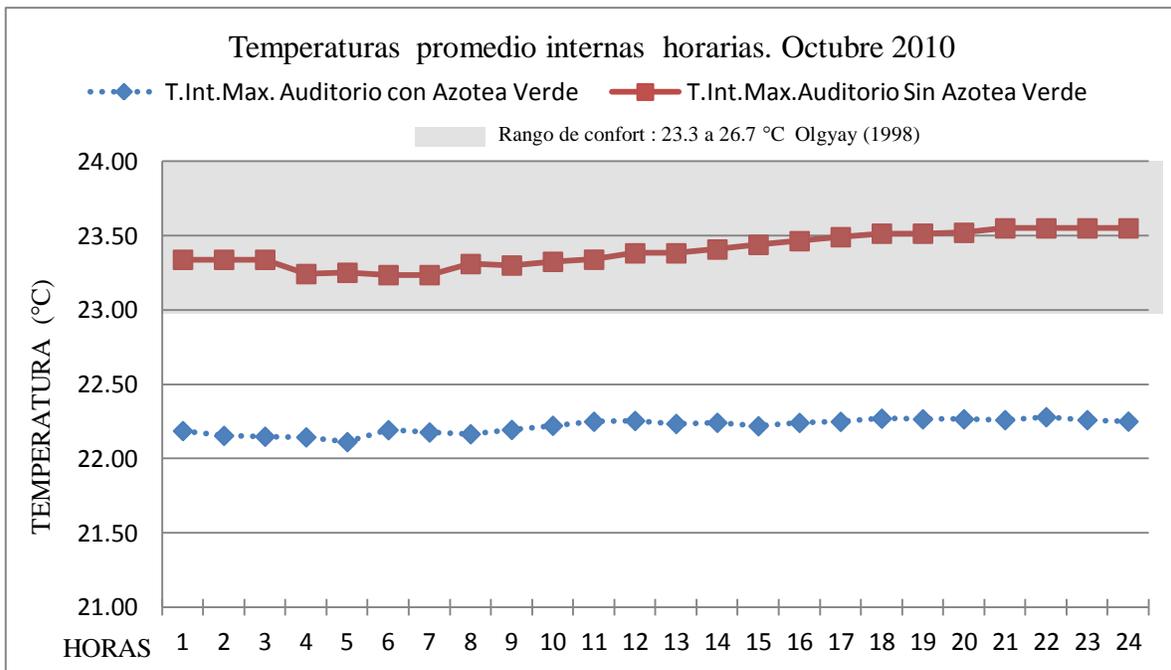
Elaboración del autor.

Grafica 18. Humedades internas en los auditorios.



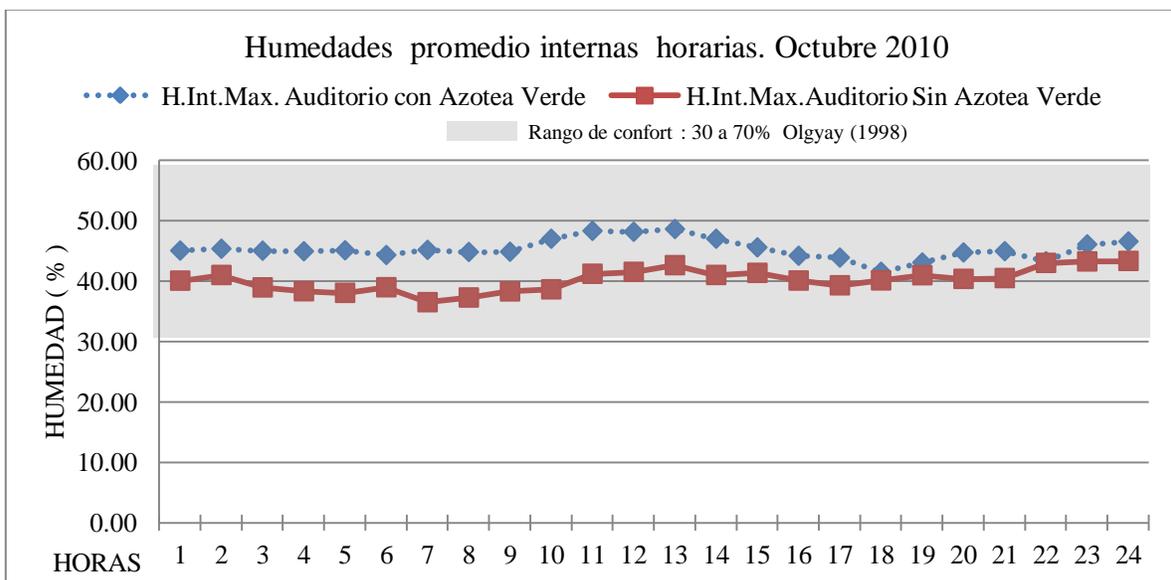
Elaboración del autor.

Grafica 19. Temperaturas internas en los auditorios.



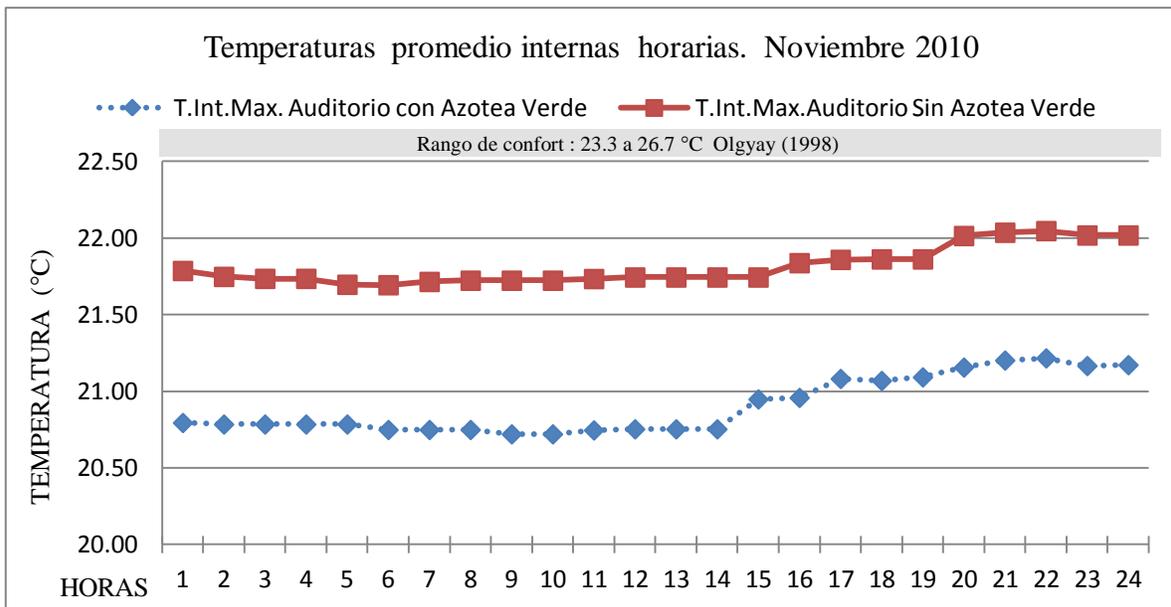
Elaboración del autor.

Grafica 20. Humedades internas en los auditorios.



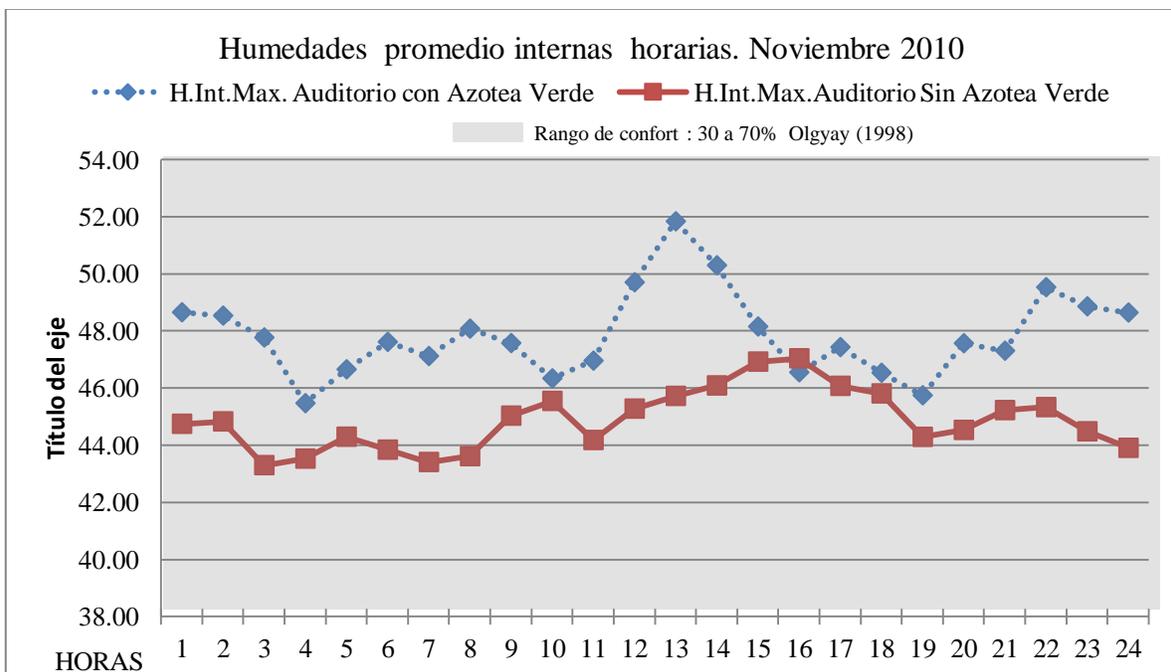
Elaboración del autor.

Grafica 21. Temperaturas internas en los auditorios.



Elaboración del autor.

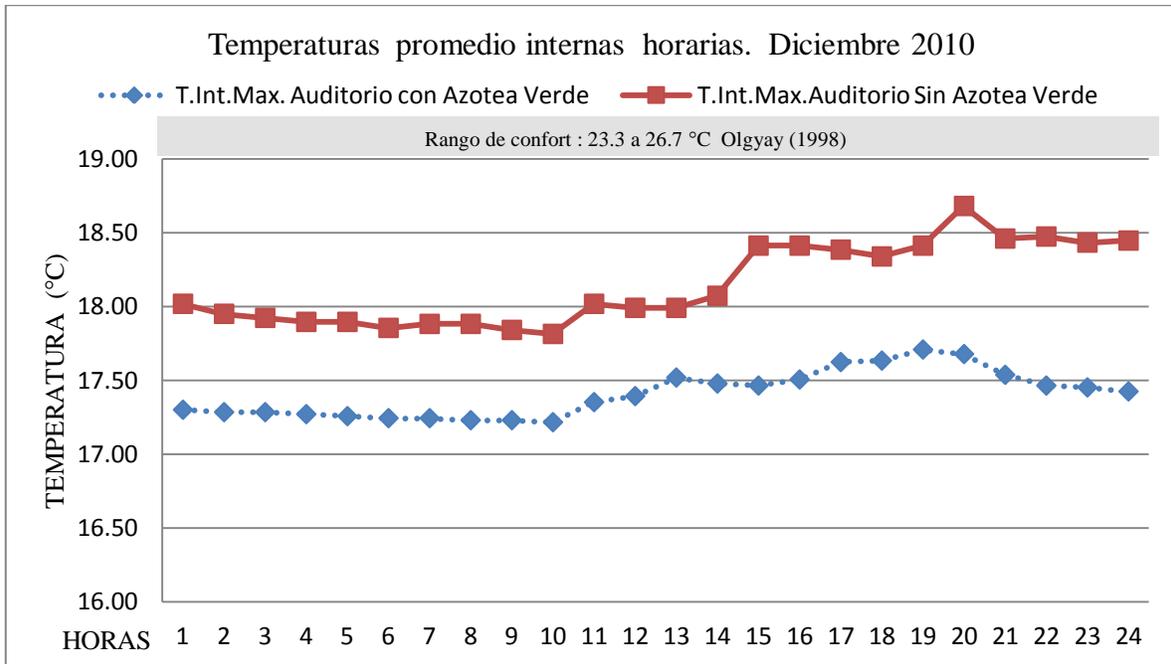
Grafica 22. Humedades internas en los auditorios.



Elaboración del autor.

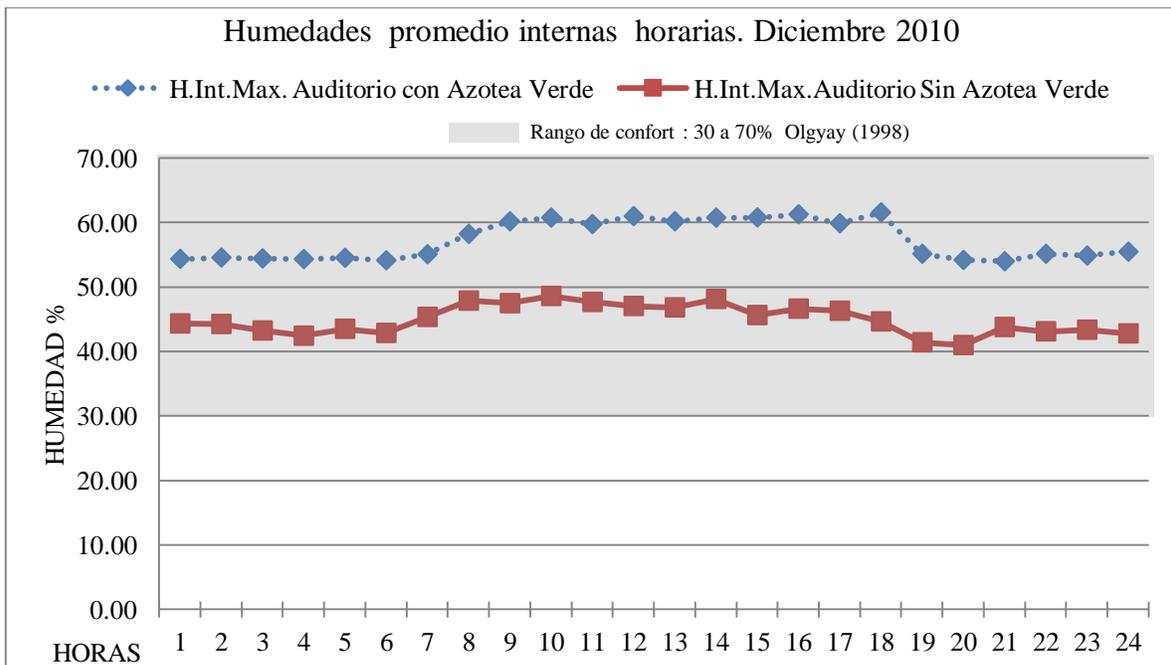
**PERIODO: ESTACION DE INVIERNO  
(DICIEMBRE 2010 – ENERO- FEBRERO 2011)**

Grafica 23. Temperaturas internas en los auditorios.



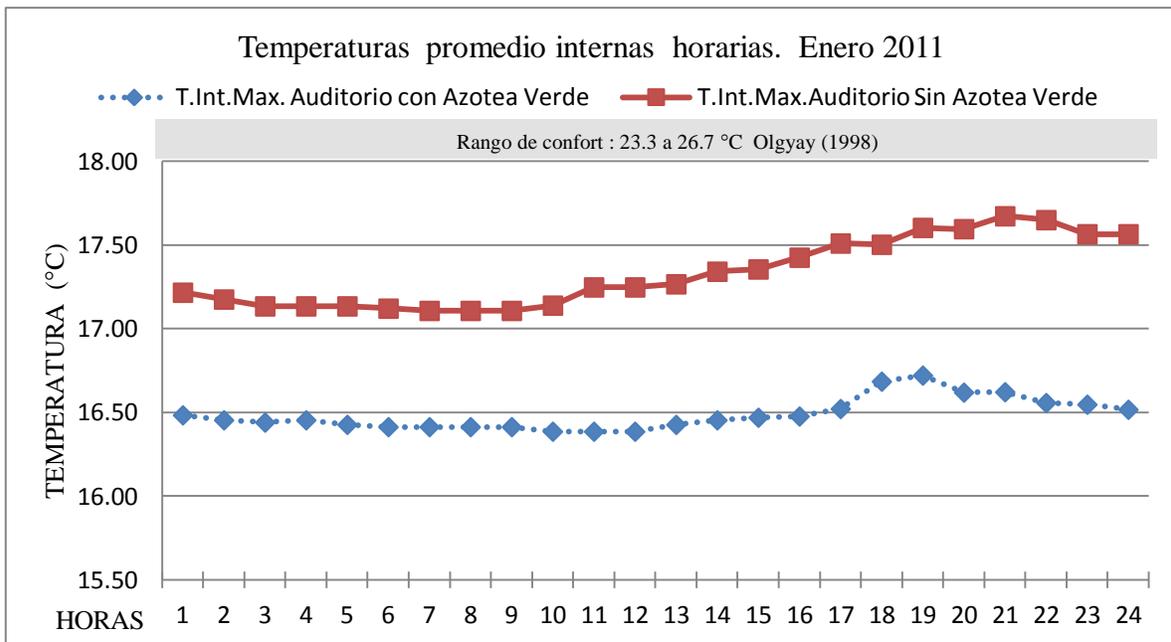
Elaboración del autor.

Grafica 24. Temperaturas internas en los auditorios.



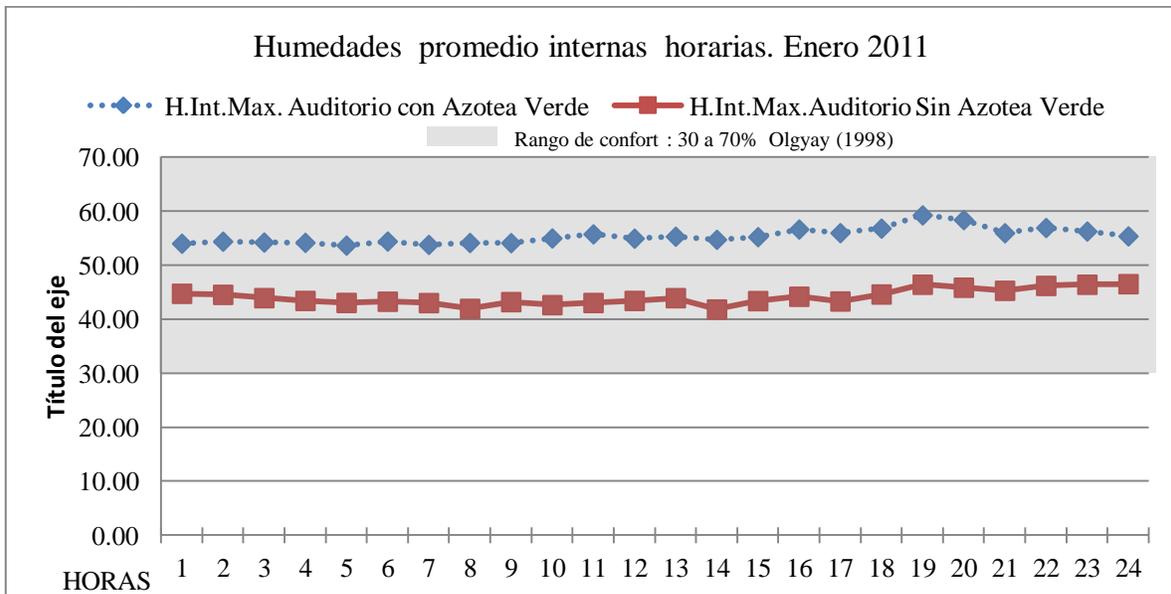
Elaboración del autor.

Grafica 25. Temperaturas internas en los auditorios.



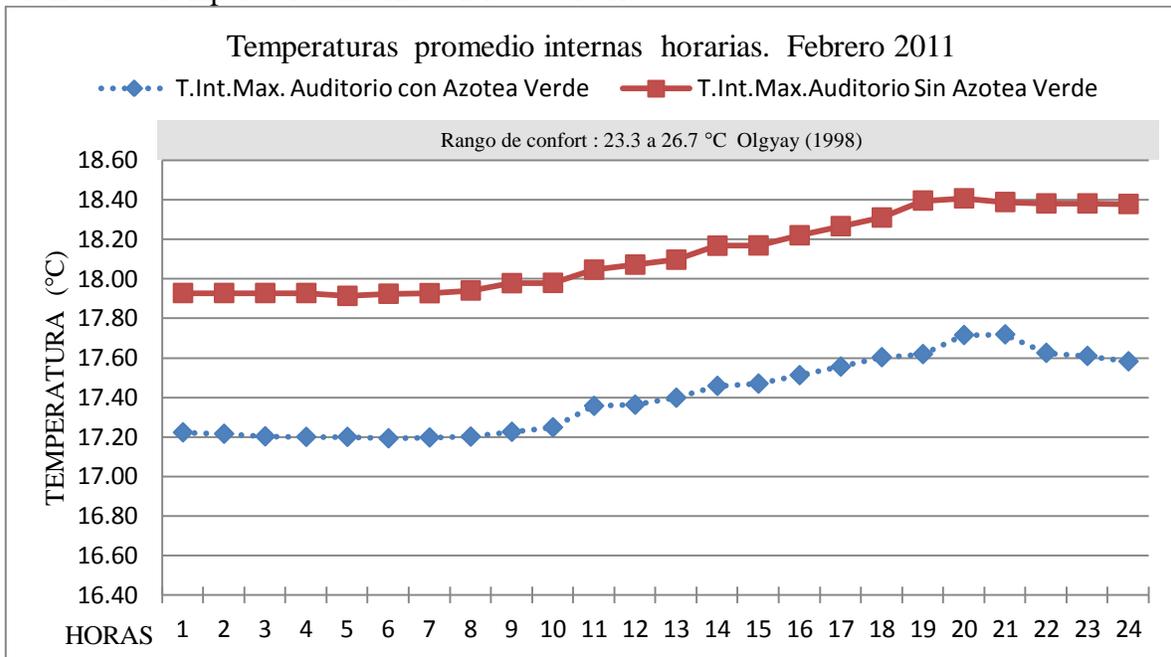
Elaboración del autor.

Grafica 26. Humedades internas en los auditorios.



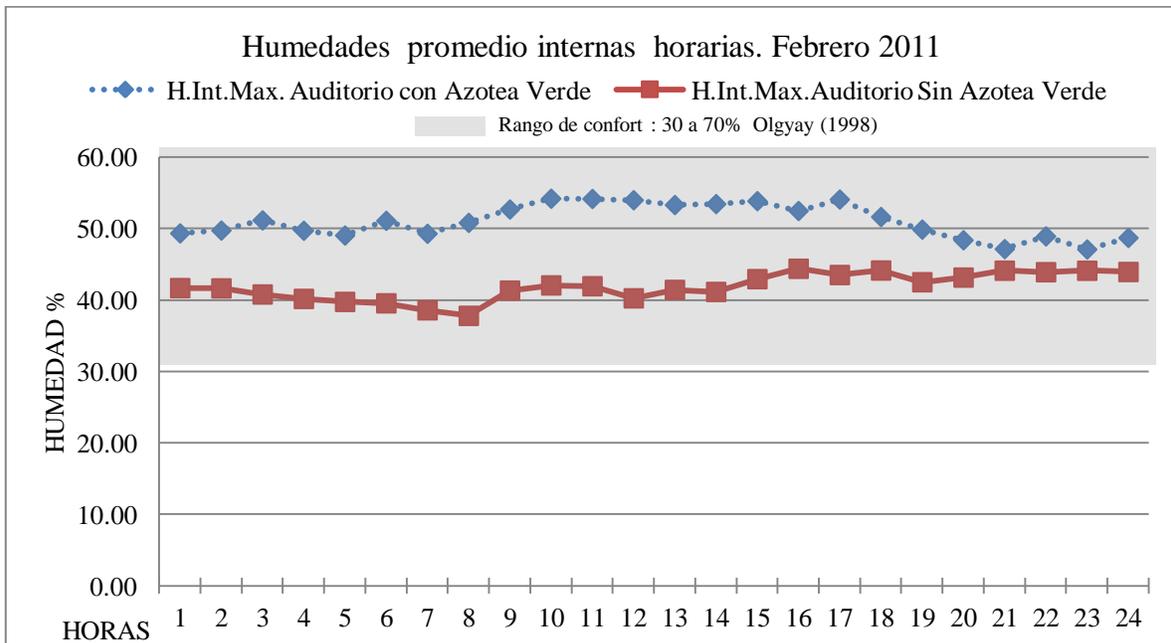
Elaboración del autor.

Grafica 27. Temperaturas internas en los auditorios.



Elaboración del autor.

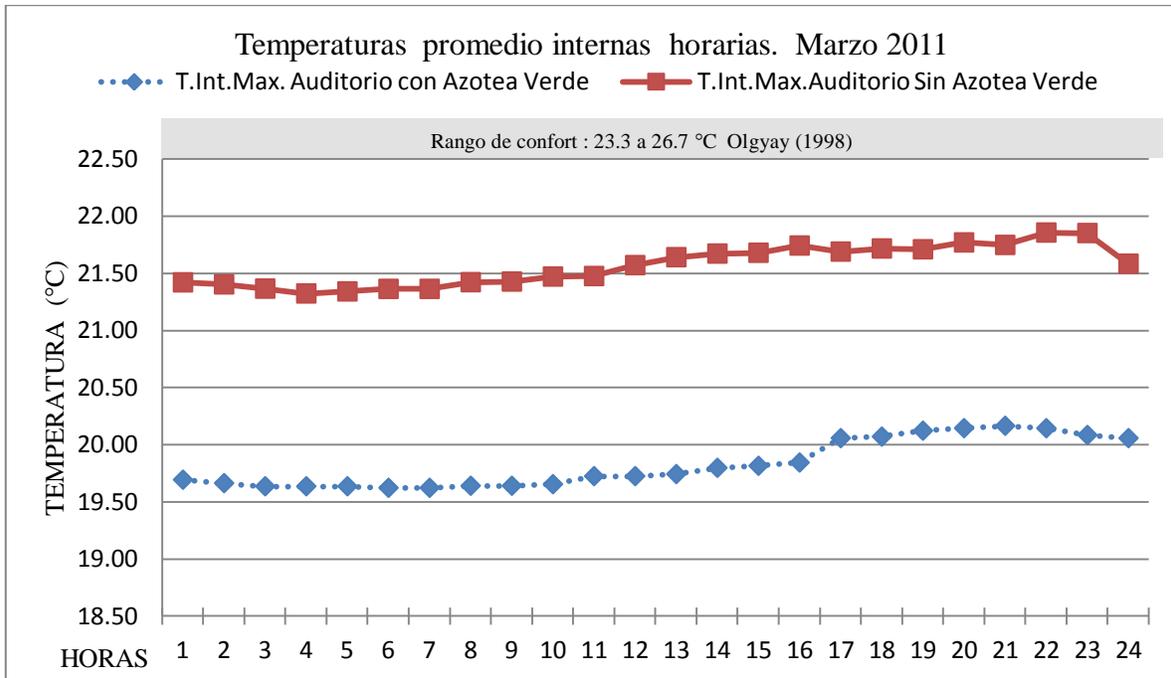
Grafica 28. Humedades internas en los auditorios.



Elaboración del autor.

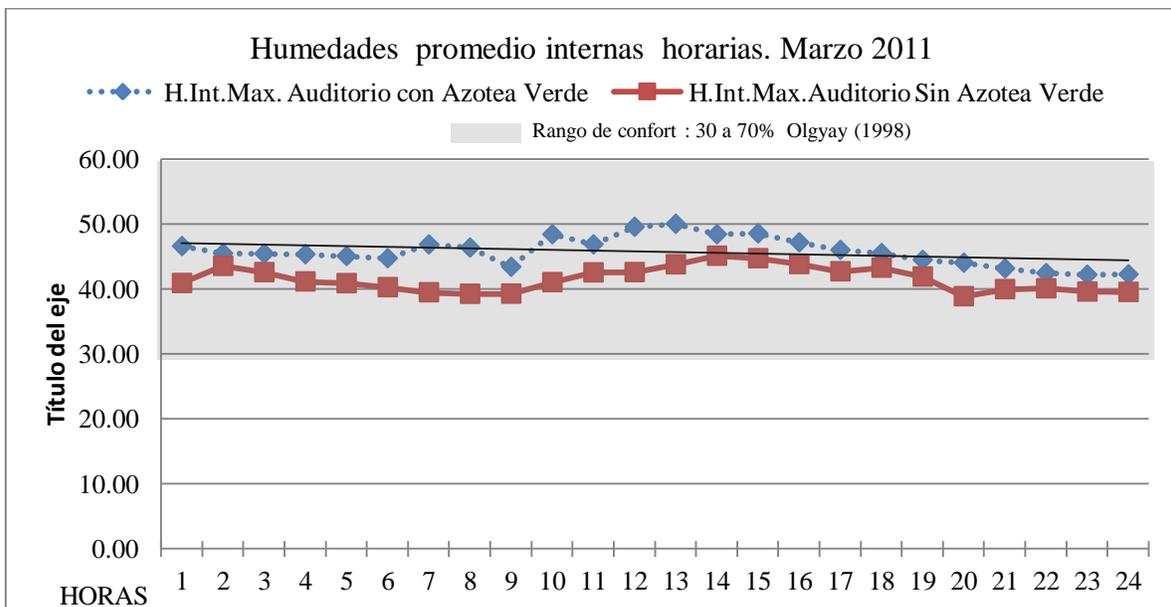
**PERIODO: ESTACION DE PRIMAVERA  
(MARZO – ABRIL - MAYO 2011)**

Grafica 29. Temperaturas internas en los auditorios.



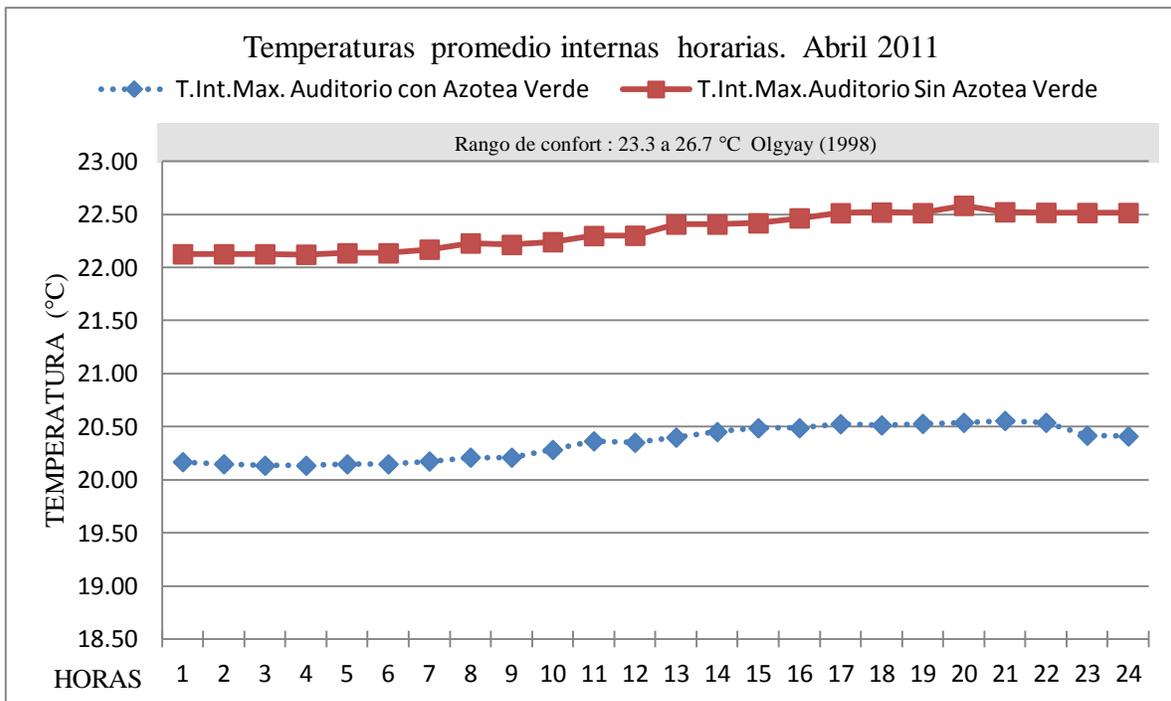
Elaboración del autor.

Grafica 30. Humedades internas en los auditorios.



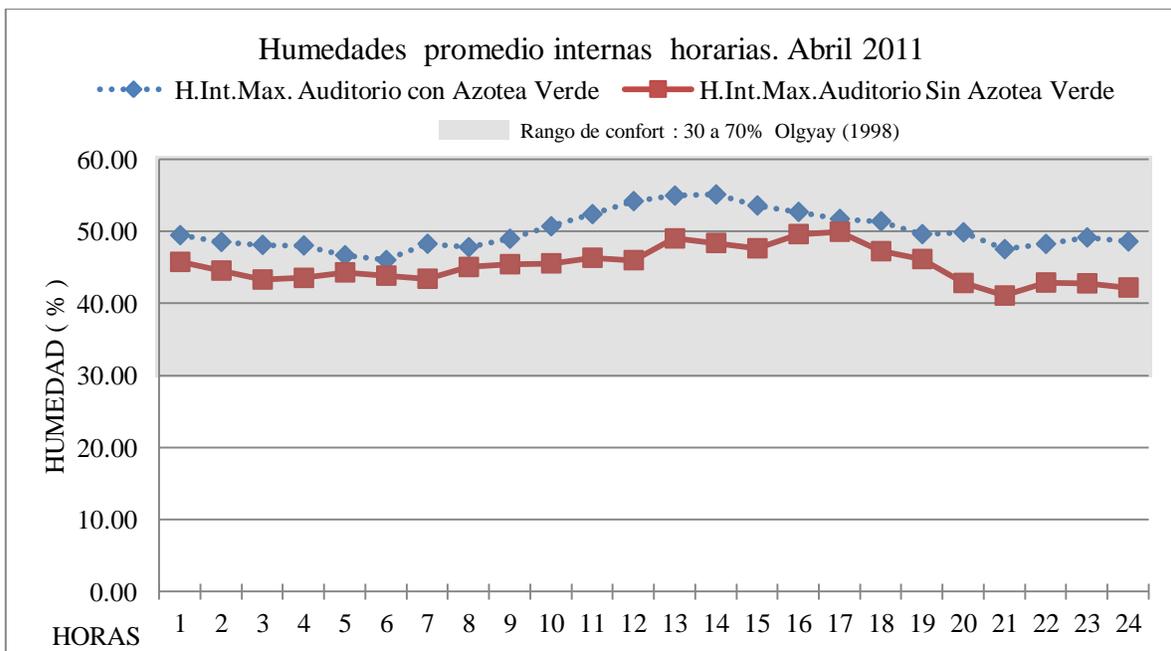
Elaboración del autor.

Grafica 31. Temperaturas internas en los auditorios.



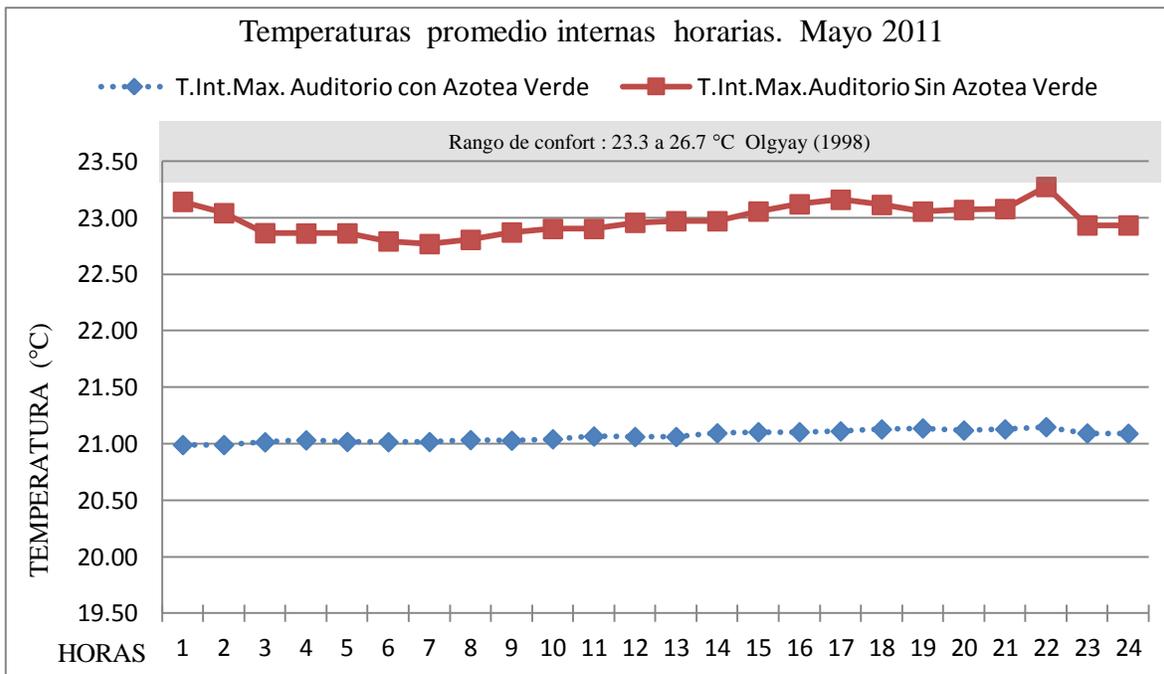
Elaboración del autor.

Grafica 32. Humedades internas en los auditorios.



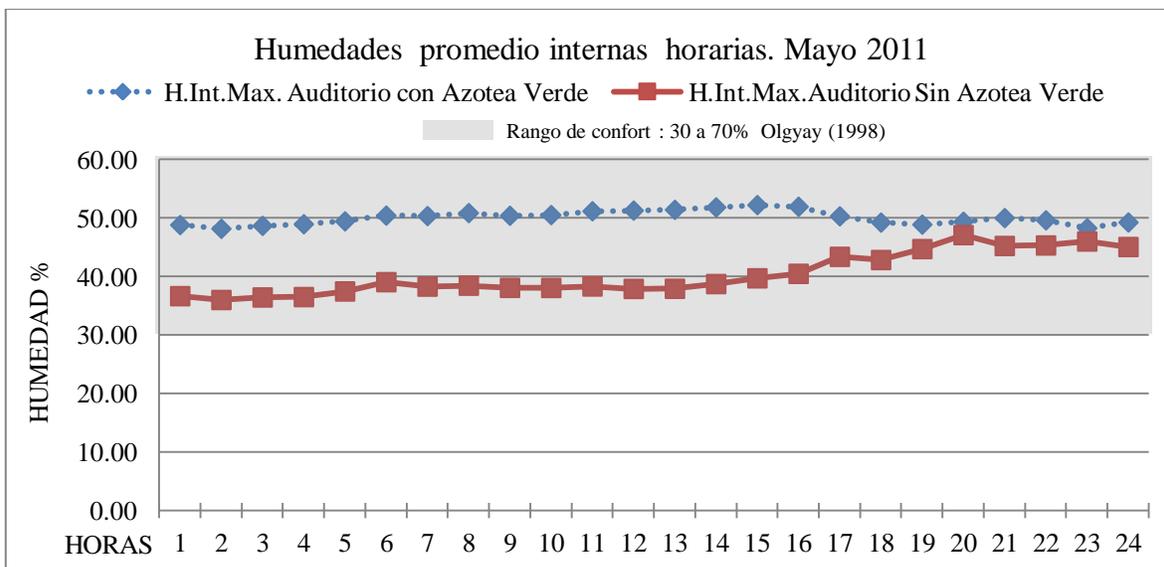
Elaboración del autor.

Grafica 33. Temperaturas internas en los auditorios.



Elaboración del autor.

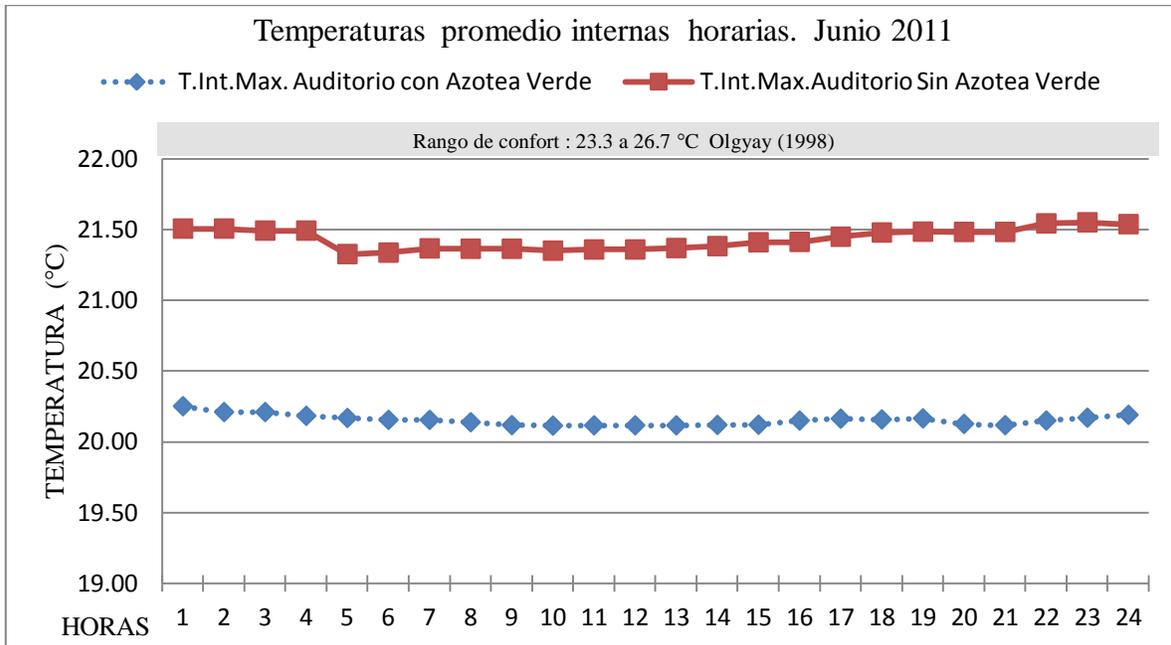
Grafica 34. Humedades internas en los auditorios.



Elaboración del autor.

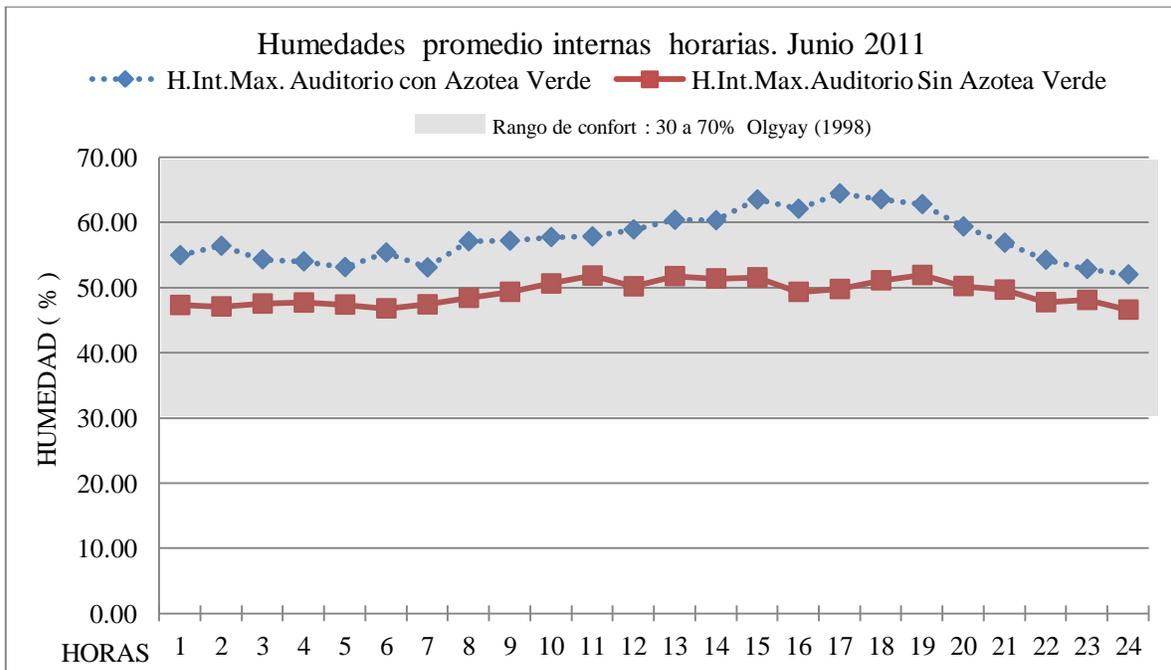
**PERIODO: ESTACION DE VERANO  
(JUNIO – JULIO 2011)**

Grafica 35. Temperaturas internas en los auditorios.



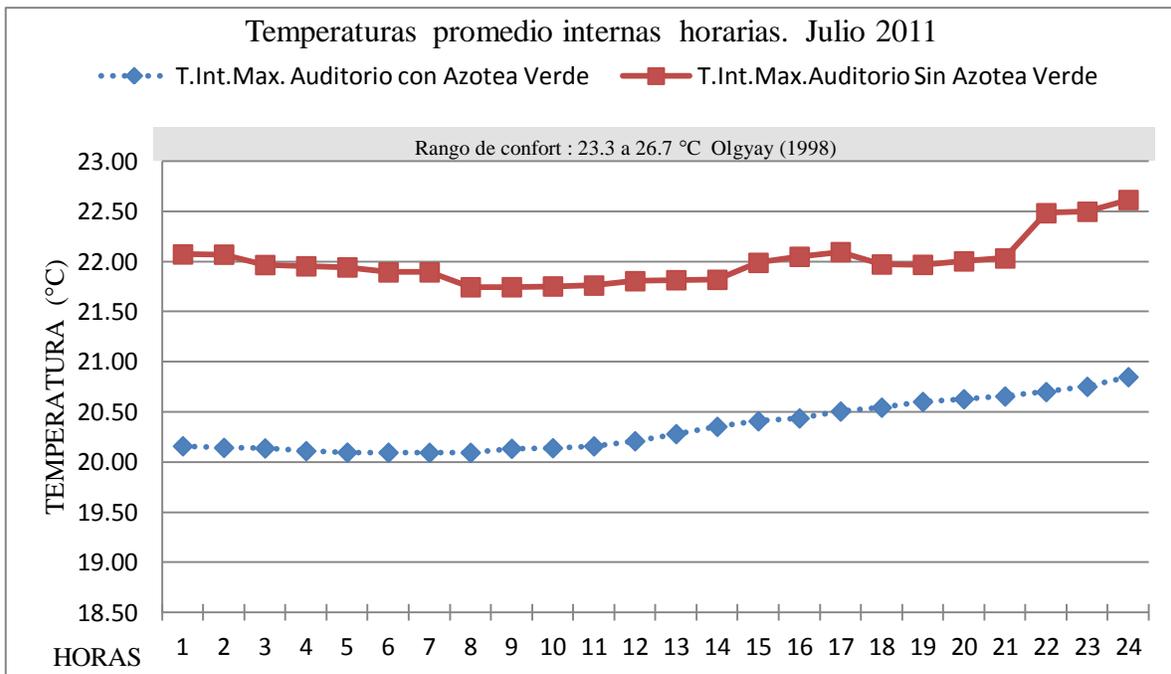
Elaboración del autor.

Grafica 36. Humedades internas en los auditorios.



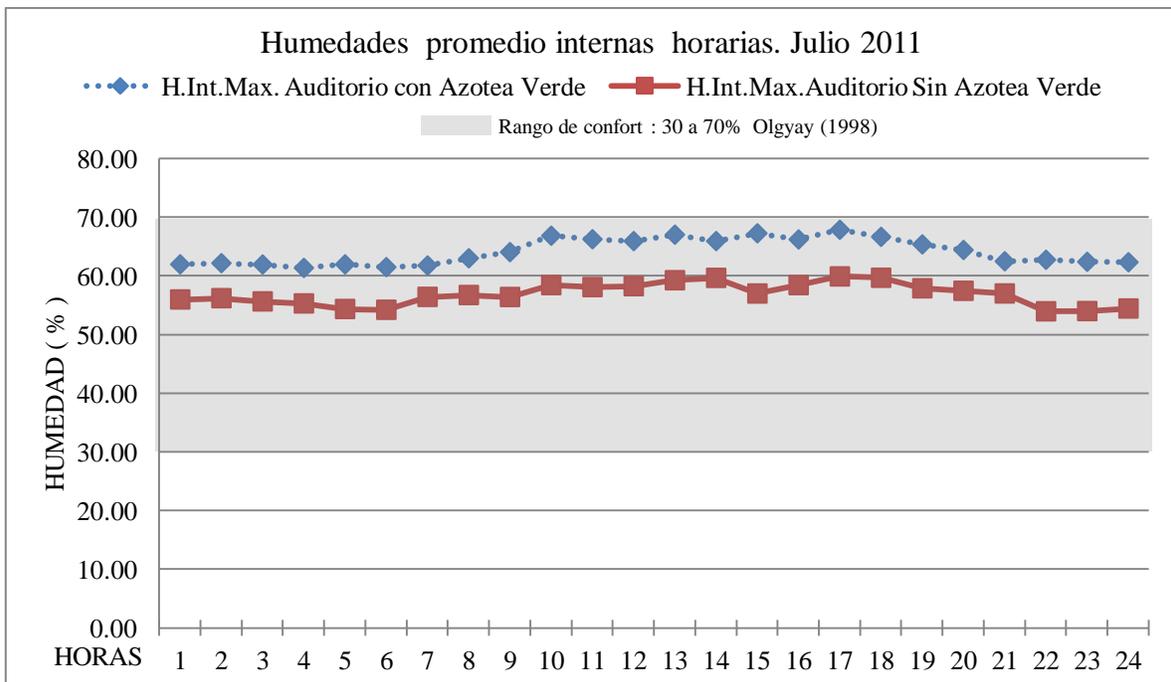
Elaboración del autor

Grafica 37. Temperaturas internas en los auditorios.



Elaboración del autor.

Grafica 38. Humedades internas en los auditorios.



Elaboración del autor.

### 3.5 Análisis e Interpretación.

#### PERIODO EVALUADO: ESTACION DE VERANO (JULIO – AGOSTO 2010)

La estación de Verano tiene como característica, un incremento de calor en mayor medida en comparación de las demás estaciones del año, por lo cual asciende la temperatura ambiente también la altura del Sol con respecto al horizonte es mayor (Ver capítulo 4.2) sin embargo esta estación, en algunas regiones viene acompañada de lluvias, como es en Texcoco que se encuentra catalogado por la CONAFOVI (2006) dentro de un bioclima semifrío.

#### INTERPRETACION DE LA VARIABLE CORRESPONDIENTE A TEMPERATURA:

El monitoreo termohigrométrico externo, comenzó en el mes de Julio en el cual se registro una temperatura máxima horaria de 24.80 °C a las 15:00 hrs con respecto a la humedad externa horaria correspondiente a este mes, esta alcanza su máxima a las 3:00 am con el 64.05%. Agosto con el mismo horario de la temperatura del mes anterior, registro un aumento llegando a 26.60 °C y alcanzo su punto máximo de humedad exterior a las 6:00 am con 66.12%

Al mismo tiempo se realizo el monitoreo termohigrométrico interno, para cada auditorio como a continuación se describe: el comportamiento térmico interior del auditorio con azotea verde que de ahora en adelante será nombrado como A4, para el mes de julio presento su temperatura máxima a las 22:00 hrs con 20.93°C, (Ver tabla promedio) en comparación el A-3 (auditorio sin azotea verde) obtuvo su temperatura más alta llegando a los 22.51°C a las 21:00 hrs, es decir se calentó una hora antes, tocante al mes de agosto se aprecio que ambos auditorios obtuvieron un incremento térmico, durante este mes se pudo valorar que el A4 alcanzo su temperatura máxima a las 22:00 hrs con 22.28 °C, mientras que el A3, a las 20:00 hrs llevo a su máxima temperatura con 23.99°C.

Al comparar los valores de la misma variable obtenidos en el A4 con respecto al A3 para el mes de julio, se estima que hubo una diferencia de temperaturas en donde el A4 disminuye su ingreso calorífico a 1.58°C en comparación al A3. (Ver tabla 16) En el mes de Agosto se pudo detectar un aumento térmico así como una diferencia térmica mayor entre los

auditorios que el mes anterior, en donde el A4 disminuye 1.71 °C la temperatura interna con respecto a la temperatura reportada por el A3 en dicho mes.

Tabla 16. Temperaturas en Verano 2010

Valores Termicos al interior de los Auditorios			
Estacion: <b>Verano 2010</b>	<b>T.Int.Max. A 4</b> Auditorio con Azotea Verde °C	<b>T.Int.Max. A 3</b> Auditorio Sin Azotea Verde °C	Diferencia termica °C <b>A 4 - A 3</b>
Julio	20.93	22.51	1.58
Agosto	22.28	23.99	1.71

Elaboración del autor.

En la grafica 13 para el mes de julio y en la grafica 15 para el mes de agosto, se logra observar que el comportamiento térmico interior de ambos auditorios, sigue una línea semi recta con la diferencia de que el A3 muestra su línea en una posición más elevada, lo cual indica que se dio un incremento o ganancia de calor, en los valores de temperatura interna para dicho auditorio, mientras que la línea del A4 presenta una línea con la escala de valores que sugieren un índice de pérdida de calor o disminución térmica interior

En los valores reportados durante el mes de julio, se estima que ambos auditorios no producen bienestar térmico, partiendo de que dicho bienestar se encuentra definido por Olgay (1998:18) en un rango de 23.3°C a 26.7°C en base a lo anterior se determino que para julio, el A4 se acerca un 89.83% a dicho rango de bienestar, faltándole 2.37°C es decir el 10.17%, mientras que el A3 se encuentra un 96.61% más aproximado al rango, faltándole 0.79°C es decir el 3.39% para alcanzar bienestar térmico. Lo cual indica que el A3 (auditorio sin azotea verde) para este mes, esta posicionándose como un espacio más funcional con respecto a la producción de bienestar térmico.

Sin embargo en Agosto el A3 si alcanza el rango de bienestar con una temperatura de 23.99°C, pero el A4 sigue estando fuera del rango, presentando un 95.62% de cercanía a dicho rango faltándole 1.02 °C es decir el 4.38% lo que significa que en este mes ambos auditorios presentan un mejor desempeño térmico a comparación de julio.

## INTERPRETACION DE LA VARIABLE CORRESPONDIENTE A HUMEDAD:

Con respecto a la higrometría externa, en julio se presento la máxima en la madrugada a las 3:00 am con un 64.05%. En contraste para dicho mes, la humedad interior más alta del A4 se registro durante la tarde a las 13:00 hrs con el 62.85% (Ver anexo x) mientras que el A3, alcanza su humedad más alta durante las 9:00 am con un total de 60.62%.

En Agosto la higrometría externa, obtuvo su máxima humedad en la mañana a las 6:00 am con un 63.12%. Para este mes en comparación de Julio, la humedad interna reporto un disminución higríca en ambos auditorios, por un lado el A4, presento un valor higrométrico máximo de 60.74% a las 17:00 hrs, Con respecto al A3 este reporto la máxima humedad a las 17:00 hrs con 56.16%.

Al comparar los valores de la misma variable obtenidos en el A4 con respecto al A3 para el mes de julio, se estima que hubo una diferencia higrométrica en donde el A4 aumenta su humedad a un 2.23% en comparación al A3. (Ver tabla 17) Para el mes de Agosto, se pudo detectar una disminución en la humedad, así como una diferencia higríca mayor entre los auditorios que en el mes anterior, en donde el A4 disminuye 4.58% la humedad interna con respecto a la temperatura reportada por el A3 en dicho mes.

Tabla 17. Humedades en Verano 2010

Valores Higrométricos al interior de los Auditorios			
Estación: Verano 2010	H.Int.Max. A 4 Auditorio con Azotea Verde %	H.Int.Max. A 3 Auditorio Sin Azotea Verde %	Diferencia higrométrica A 4 - A 3
Julio	62.85	60.62	2.23
Agosto	60.74	56.16	4.58

Elaboración del autor.

Para el mes de julio en la grafica 14 el comportamiento higrométrico interior del A4 a través de una curva muestra que su incremento de humedad se da durante el día, contrariamente durante la noche desciende su porcentaje higríco, Al respecto el A3 muestra su curvatura en una posición inferior al A4, lo cual indica que se dio una disminución higríca, resultado de un incremento o ganancia de calor, en los valores de temperatura interna para dicho auditorio, lo contrario sucede con la curvatura del A4 anunciando un

índice de pérdida de calor es decir disminución térmica interior de dicho auditorio que trae consigo un aumento en la humedad relativa interna.

A pesar de que se reportaron pérdidas de humedad apreciadas durante el cambio de julio a agosto, en ambos auditorios el desempeño de esta variable está generando comodidad a los usuarios ubicándose dentro del rango de confort higrométrico, que también formula Olgyay (19998:18) el cual establece que dicho valor, se encuentra comprendido entre el 30% al 70% de humedad relativa.

PERIODO: ESTACION DE OTOÑO (SEPTIEMBRE – OCTUBRE- NOVIEMBRE 2010)

La estación de Otoño se encuentra en un descenso gradual de temperatura con respecto a las demás estaciones, así también las lluvias descienden.

INTERPRETACION DE LA VARIABLE CORRESPONDIENTE A TEMPERATURA:

Respecto al mes de Septiembre, la temperatura externa obtuvo su máxima a las 15:00 hrs con 25.8°C, el comportamiento térmico interior del A4, en este mes presentó su temperatura máxima a las 21:00 hrs con 22.31°C, (Ver Anexo A) en comparación el A-3 alcanzó su temperatura más alta logrando tener los 23.58°C a las 19:00 hrs, es decir el ambiente interior del espacio se calentó dos horas antes. Tocante al mes de Octubre la temperatura externa obtuvo su máxima a las 16:00 hrs con 25.22°C se apreció que ambos auditorios, obtuvieron una temperatura interna similar al mes de septiembre, viendo los valores de octubre se pudo notar que el A4 alcanzó su temperatura máxima a las 21:00 hrs con 22.28 °C, mientras que el A3, a las 20:00 hrs llegó a su máxima temperatura con 23.55°C, es decir el ambiente interior del espacio se calentó una hora antes. Mientras que en el mes de Noviembre la temperatura externa obtuvo su máxima a las 14:00 hrs con 26.40°C.

En este mes, ambos auditorios obtuvieron un decremento en la temperatura interna con respecto al mes de septiembre y octubre, valorando los datos numéricos para noviembre se pudo estimar que el A4 alcanzó su temperatura máxima a las 21:00 hrs con 21.22 °C, mientras que el A3, a las 21:00 hrs llegó a su máxima temperatura con 22.05°C, es decir el ambiente interior del espacio se calentó una hora antes.

Al comparar los valores de la misma variable obtenidos en el A4 con respecto al A3 para el mes de septiembre, se estima que hubo una diferencia de temperaturas en donde el A4 disminuye su ingreso calorífico a 1.27°C en comparación al A3. (Ver tabla 18) En el mes de Octubre se pudo detectar un comportamiento térmico similar al mes de septiembre, donde el A4 disminuye también 1.27 °C la temperatura interna con respecto a la temperatura reportada por el A3 en dicho mes, sin embargo en Noviembre se estimo una disminución térmica en comparación a los dos meses anteriores, en donde el A4 disminuyo 0.83 °C con respecto al A3.

Tabla 18. Temperaturas en Otoño 2010

Estacion: <b>Otoño 2010</b>	<b>T.Int.Max. A 4</b> Auditorio con Azotea Verde °C	<b>T.Int.Max. A 3</b> Auditorio Sin Azotea Verde °C	Diferencia termica <b>A 4 - A 3</b>
Septiembre	22.31	23.58	1.27
Octubre	22.28	23.55	1.27
Noviembre	21.22	22.05	0.83

Elaboración del autor.

Es relevante mencionar que en esta estación de Otoño al igual que en la del Verano, sigue ocurriendo el mismo fenómeno de enfriamiento del ambiente térmico interior ocurrido en el A4.

En la grafica 17 para el mes de Septiembre, en la grafica 19 de Octubre y grafica 21 de Noviembre se logra observar que el comportamiento térmico interior de ambos auditorios, sigue una línea semi recta con la diferencia de que el A3 muestra su línea en una posición más elevada, lo cual indica que se dio un incremento o ganancia de calor, en los valores de temperatura interna para dicho auditorio, mientras que la línea del A4 presenta una línea con la escala de valores que sugieren un índice de pérdida de calor o disminución térmica interior

En los valores reportados durante el mes de septiembre, se estima que el A4 no produce bienestar térmico, partiendo de que dicho bienestar se encuentra definido por Olgyay (1998:18) en un rango de 23.3°C a 26.7°C en base a lo anterior se determino que para septiembre, el A4 se acerca un 95.75% a dicho rango de bienestar, faltándole 0.99°C es decir el 4.38%, mientras que el A3 se encuentra dentro del rango de bienestar térmico. Lo cual indica que el A3 (auditorio sin azotea verde) para este mes, esta posicionándose como

un espacio funcional para generar un entorno de bienestar térmico favorable para los usuarios de dicho auditorio.

Respecto al mes de Octubre, el A4 sigue sin producir bienestar térmico acercándose a un 95.62% del rango de bienestar, faltándole 1.02 °C es decir el 4.38% en comparación el A3 para este mes continua estando dentro del rango un buen desempeño de bienestar térmico favorable.

Mientras que en Noviembre, el A4 continua con su déficit en bienestar térmico, solo acercándose un 91.07% al rango, faltando 2.08°C equivalente al 8.93% el A3 para este mes pasa a estar fuera del rango acercándose un 94.64% faltándole un 5.36% equivalente a 1.25°C.

#### INTERPRETACION DE LA VARIABLE CORRESPONDIENTE A LA HUMEDAD:

Con respecto a la higrometría externa, en septiembre se presento la máxima en la mañana a las 7:00 am con un 80.54%. (Ver anexo A) en contraste para dicho mes, la humedad interior más alta del A4 se registro durante la mañana a las 10:00 hrs con el 52.43%, mientras que el A3, alcanza su humedad más alta durante las 15:00 hrs con un total de 48.45%. Tocante a octubre la humedad exterior máxima va en aumento y se presenta a las 7:00 am con un total de 76.89%. Para el caso del A4 su humedad máxima se ubica a las 12:00 hrs del día, con 48.58%, mientras que el A3 presenta a las 14:00 hrs su máxima humedad con el 43.82%. en este mes descendió la humedad interior, referente al mes de Noviembre la humedad máxima, se presenta a las 7:00 am con un total del 96.54%, el A4 alcanza su humedad mayor a las 9:00 am con el 50.29%, mientras que el A3 logra su máxima humedad a las 12:00 del día con 45.72% lo que indica que este mes de noviembre aumenta en comparación de Octubre y es menor en comparación que septiembre.

Al comparar los valores de la misma variable obtenidos en el A4 con respecto al A3 para el mes de septiembre, se estima que hubo una diferencia higrométrica en donde el A4 aumenta su humedad a un 3.98% en comparación al A3. (Ver tabla 19) Para el mes de octubre, se pudo detectar un aumento en la humedad, así como una diferencia higrica mayor entre los auditorios que en el mes anterior, en donde el A4 aumenta 5.28% la

humedad interna con respecto a los datos reportados por el A3 en dicho mes. Mientras que en noviembre el A4 obtiene un aumento de 4.74% mayor que el A3 durante este mes.

Tabla 19. Humedades en Otoño 2010

Valores Higrométricos al interior de los Auditorios			
Estación: <b>Otoño 2010</b>	<b>H.Int.Max.A 4</b> Auditorio con Azotea Verde %	<b>H.Int.Max. A 3</b> Auditorio Sin Azotea Verde %	Diferencia higrométrica <b>A 4 - A 3</b>
Septiembre	52.43	48.45	3.98
Octubre	48.58	43.3	5.28
Noviembre	50.29	45.55	4.74

Elaboración del autor.

En la grafica 18 para el mes de Septiembre, en la grafica 20 de Octubre y grafica 22 de Noviembre el comportamiento higrométrico interior del A4 a través de una curva muestra que su incremento de humedad se da durante el día, contrariamente durante la noche descende su porcentaje, Al respecto el A3 muestra su curvatura en una posición inferior al A4, lo cual indica que se dio una disminución hídrica, resultado de un incremento o ganancia de calor, en los valores de temperatura interna para dicho auditorio, lo contrario sucede con la curvatura del A4 anunciando un índice de pérdida de calor es decir disminución térmica interior de dicho auditorio que trae consigo un aumento en la humedad relativa interna.

A pesar de que se reportaron pérdidas de humedad apreciadas durante el cambio de septiembre, a octubre y noviembre en ambos auditorios el desempeño de esta variable está generando comodidad a los usuarios ubicándose dentro del rango de confort higrométrico, formulado por Olgyay (19998:18) que va del 30% al 70% de humedad relativa.

## PERIODO: ESTACION DE INVIERNO

(DICIEMBRE 2010 – ENERO- FEBRERO 2011)

La estación de Invierno presenta las temperaturas más bajas por lo que también la altura del Sol con respecto al horizonte es menor (Ver capítulo 4.2) con respecto a los demás trimestres del año.

### INTERPRETACION DE LA VARIABLE CORRESPONDIENTE A LA TEMPERATURA:

Respecto al mes de Diciembre, la temperatura externa obtuvo su máxima por la tarde a las 15:00 hrs con 25.2°C, el comportamiento térmico interior del A4, en este mes presentó su temperatura máxima a las 19:00 hrs con 17.68°C, (Ver anexo A) en comparación el A-3 alcanzó su temperatura más alta logrando tener los 18.68°C a las 18:00 hrs, es decir el ambiente interior del espacio se calentó una hora antes. Tocante al mes de Enero la temperatura externa obtuvo su máxima a las 14:00 hrs con 21.90°C se apreció que ambos auditorios, obtuvieron una temperatura interna más baja que el mes de diciembre, viendo los valores de enero se pudo notar que el A4 alcanzó su temperatura máxima a las 20:00 hrs con 16.62 °C, mientras que el A3, a las 18:00 hrs llegó a su máxima temperatura con 17.60°C, es decir el ambiente interior del espacio se calentó dos horas antes. Mientras que en el mes de Febrero la temperatura externa obtuvo su máxima a las 15:00 hrs con 25.30°C. En este mes, ambos auditorios obtuvieron un incremento en la temperatura interna con respecto al mes de diciembre y enero, valorando los datos numéricos para febrero se pudo estimar que el A4 alcanzó su temperatura máxima a las 20:00 hrs con 17.72 °C, mientras que el A3, a las 19:00 hrs llegó a su máxima temperatura con 18.41°C, es decir el ambiente interior del espacio se calentó una hora antes.

Al comparar los valores de la misma variable obtenidos en el A4 con respecto al A3 para el mes de diciembre, se estima que hubo una diferencia de temperaturas en donde el A4 disminuye su ingreso calorífico a 1.00 °C en comparación al A3. (Ver tabla 20) En el mes de enero se pudo detectar un comportamiento térmico disminuido en comparación a diciembre donde el A4 disminuye también 0.98°C la temperatura interna con respecto a la temperatura reportada por el A3 en dicho mes, sin embargo en febrero se estimó un

incremento térmico en comparación a los dos meses anteriores, en donde el A4 disminuyo 0.69 °C con respecto al A3.

Tabla 20. Temperaturas en Invierno 2010-2011

Valores Térmicos al interior de los Auditorios			
Estación: <b>Invierno 2010-2011</b>	<b>T.Int.Max. A 4</b> Auditorio con Azotea Verde °C	<b>T.Int.Max. A 3</b> Auditorio Sin Azotea Verde °C	Diferencia térmica °C <b>A 4 - A 3</b>
Diciembre	17.68	18.68	1
Enero	16.62	17.6	0.98
Febrero	17.72	18.41	0.69

Elaboración del autor.

Se aprecia que durante la estación de Invierno así como en las estaciones anteriores, continúa manifestándose dicho mismo fenómeno de enfriamiento del ambiente térmico interior ocurrido en el A4. En la grafica 23 para el mes de diciembre, en la grafica 25 de enero y grafica 27 de febrero se logra observar que el comportamiento térmico interior de ambos auditorios, sigue una línea semi recta con la diferencia de que el A3 muestra su línea en una posición más elevada, lo cual indica que se dio un incremento o ganancia de calor, en los valores de temperatura interna para dicho auditorio, mientras que la línea del A4 presenta una línea con la escala de valores que sugieren un índice de pérdida de calor o disminución térmica interior

En los valores reportados durante la estación de invierno, se estima que ambos auditorios siguen sin producir bienestar térmico, en base a lo anterior se determino que para diciembre, el A4 se acerca un 75.88% a dicho rango de bienestar, faltándole 5.62°C es decir el 24.12%, lo mismo sucede con el A3 calificando fuera del rango de bienestar térmico, acercándose un 80.17% al rango, faltándole 5.7°C equivalente al 24.46%

Respecto al mes de enero, el A4 se aleja más que diciembre con un 71.33% del rango de bienestar, faltándole 6.68°C es decir el 28.67% en comparación el A3 para este mes continua con una mala producción favorable de bienestar, acercándose un 75.54%, faltándole 5.7 °C equivalente a un 24.46%. Mientras que en febrero la aproximación a dicho rango aumenta en el A4 a un 76.05% faltándole 5.58°C es decir el 23.95%, por su parte el A3 se acerca un 79.01% faltándole 4.89°C equivalente al 20.99%

## INTERPRETACION DE LA VARIABLE CORRESPONDIENTE A LA HUMEDAD:

Con respecto a la higrometría externa, en diciembre se presentó la máxima en la mañana a las 7:00 am con un 98.45%. (Ver anexo A) en contraste para dicho mes, la humedad interior más alta del A4 se registró durante la tarde a las 17:00 hrs con el 61.55%, mientras que el A3, alcanza su humedad más alta durante las 9:00 hrs con un total de 48.59%. Tocante a enero la humedad exterior máxima va disminuyendo y se presenta a las 5:00 am con un total de 96.85%. Para el caso del A4 su humedad máxima se ubica a las 18:00 hrs del día, con 59.23%, mientras que el A3 presenta a las 18:00 hrs su máxima humedad con el 46.40% en este mes descendió la humedad interior. Referente al mes de febrero la humedad máxima se presenta a las 7:00 am con un total del 95.78%, el A4 alcanza su humedad mayor a las 16:00 am con el 54.07%, mientras que el A3 logra su máxima humedad a las 15:00 del día con 44.38% lo que indica que este mes de febrero disminuye higrométricamente, en comparación de diciembre y enero.

Al comparar los valores de la misma variable obtenidos en el A4 con respecto al A3 para el mes de diciembre, se estima que hubo una diferencia higrométrica en donde el A4 aumenta su humedad a un 12.96% en comparación al A3. (Ver tabla 21) Para el mes de enero, se pudo detectar un aumento en la humedad, así como una diferencia higrométrica mayor entre los auditorios que en el mes anterior, en donde el A4 aumenta 12.83% la humedad interna con respecto a los datos reportados por el A3 en dicho mes. Mientras que en febrero el A4 obtiene un aumento de 9.69% mayor que el A3 en este mes es notoria la disminución debido a un incremento térmico.

Tabla 21. Humedades en Invierno 2010-2011

Valores Higrométricos al interior de los Auditorios			
Estación: <b>Invierno 2010-2011</b>	<b>H.Int.Max.A 4</b> Auditorio con Azotea Verde %	<b>H.Int.Max. A 3</b> Auditorio Sin Azotea Verde %	Diferencia higrométrica <b>A 4 - A 3</b>
Diciembre	61.55	48.59	12.96
Enero	59.23	46.4	12.83
Febrero	54.07	44.38	9.69

Elaboración del autor.

En la grafica 24 para el mes de diciembre, en la grafica 26 de enero y grafica 28 de febrero el comportamiento higrométrico interior del A4 a través de una curva muestra que su incremento de humedad se da durante el día, contrariamente durante la noche desciende su porcentaje, Al respecto el A3 muestra su curvatura en una posición inferior al A4, lo cual indica que se dio una disminución hídrica, resultado de un incremento o ganancia de calor, en los valores de temperatura interna para dicho auditorio, lo contrario sucede con la curvatura del A4 anunciando un índice de pérdida de calor es decir disminución térmica interior de dicho auditorio que trae consigo un aumento en la humedad relativa interna.

A pesar de que se reporta una disminución en la variable de humedad apreciadas durante el cambio de diciembre, enero y febrero en ambos auditorios presentan un desempeño efectivo que continua generando comodidad a los usuarios ubicándose dentro del rango de confort higrométrico.

#### PERIODO: ESTACION DE PRIMAVERA (MARZO – ABRIL - MAYO 2011)

Los meses que integran la estación de primavera vienen aconteciéndose con un con ascenso de temperatura gradual, respecto a los demás trimestres del año.

#### INTERPRETACION DE LA VARIABLE CORRESPONDIENTE A LA TEMPERATURA:

Respecto al mes de Marzo, la temperatura externa obtuvo su máxima por la tarde a las 15:00 hrs con 26.00°C, el comportamiento térmico interior del A4, en este mes presento su temperatura máxima a las 21:00 hrs con 20.16 °C, (Ver anexo A) en comparación el A-3 alcanzo su temperatura más alta logrando tener los 21.77°C a las 19:00 hrs, es decir el ambiente interior del espacio se calentó dos horas antes. Tocante al mes de Abril la temperatura externa obtuvo su máxima a las 16:00 hrs con 26.80°C se apreció que ambos auditorios, obtuvieron una temperatura interna mayor que el mes de marzo, viendo los valores de abril se pudo notar que el A4 alcanzo su temperatura máxima a las 20:00 hrs con 20.56 °C, mientras que el A3, a las 19:00 hrs llego a su máxima temperatura con 22.52°C, es decir el ambiente interior del espacio se calentó una hora antes.

Mientras que en el mes de Mayo la temperatura externa obtuvo su máxima a las 15:00 hrs con 30.40°C. En este mes, ambos auditorios siguieron obteniendo un incremento en la temperatura interna con respecto al mes de marzo y abril, valorando los datos numéricos para mayo se pudo estimar que el A4 alcanzó su temperatura máxima a las 21:00 hrs con 21.15 °C, mientras que el A3, a las 21:00 hrs llegó a su máxima temperatura con 23.27°C, es decir el ambiente interior del espacio se calentó a la misma hora antes.

Al comparar los valores de la misma variable obtenidos en el A4 con respecto al A3 para el mes de marzo, se estima que hubo una diferencia de temperaturas en donde el A4 disminuye su ingreso calorífico a 1.70 °C en comparación al A3. (Ver tabla 22) En el mes de abril se pudo detectar un aumento en el comportamiento térmico en comparación a marzo donde el A4 disminuye también 2.02°C la temperatura interna con respecto a la temperatura reportada por el A3 en dicho mes, sin embargo en mayo se estimó un incremento térmico en comparación a los dos meses anteriores, en donde el A4 disminuyó 2.12 °C con respecto al A3.

Tabla 22. Temperaturas en Primavera 2011

Valores Térmicos al interior de los Auditorios			
Estación: Primavera 2011	T.Int.Max. A 4 Auditorio con Azotea Verde °C	T.Int.Max. A 3 Auditorio Sin Azotea Verde °C	Diferencia térmica °C A 4 - A 3
Marzo	20.16	21.86	1.7
Abril	20.56	22.58	2.02
Mayo	21.15	23.27	2.12

Elaboración del autor.

Se aprecia que durante la estación de primavera así como en las estaciones anteriores, continúa manifestándose dicho mismo fenómeno de enfriamiento del ambiente térmico interior ocurrido en el A4. En la grafica 29 para el mes de marzo, en la grafica 31 de abril y grafica 34 de mayo se logra observar que el comportamiento térmico interior de ambos auditorios, sigue una línea semi recta con la diferencia de que el A3 muestra su línea en una posición más elevada, lo cual indica que se dio un incremento o ganancia de calor, en los valores de temperatura interna para dicho auditorio, mientras que la línea del A4 presenta una línea con la escala de valores que sugieren un índice de pérdida de calor o disminución térmica interior

En los valores reportados durante la estación de primavera, se estima que ambos auditorios mejoraron su productividad aproximándose en mayor medida al rango de bienestar térmico en comparación de la estación de invierno, sin embargo continúan permaneciendo fuera de dicho rango, en base a lo anterior se determino que para marzo, el A4 se acerca un 86.52% a dicho rango de bienestar, faltándole 3.14°C es decir el 13.48%, lo mismo sucede con el A3 calificando fuera del rango de bienestar térmico, acercándose un 93.82% al rango, faltándole 1.44 °C equivalente al 6.18%

Respecto al mes de abril, el A4 se acerca un poco más que marzo produciendo un 88.24% del rango de bienestar, faltándole 3.14°C es decir el 213.48% en comparación el A3 para este mes la producción de bienestar, se vuelve favorable acercándose un 96.91%, faltándole 0.72°C equivalente a un 3.09%. Mientras que en mayo la aproximación a dicho rango aumenta en el A4 a un 90.77% faltándole 2.15°C es decir el 9.23%, por su parte el A3 se acerca un 99.87% faltándole 0.03°C equivalente al 0.13%, esto indica que el mes de mayo en el A3 se produce un entorno térmico adecuado para los usuarios de dicho espacio.

#### INTERPRETACION DE LA VARIABLE CORRESPONDIENTE A LA HUMEDAD:

Con respecto a la higrometría externa, en marzo se presento la máxima en la mañana a las 6:00 am con un 87.26%. (Ver anexo A) en contraste para dicho mes, la humedad interior más alta del A4 se registro a las 12:00 hrs con el 50.01%, mientras que el A3, alcanza su humedad más alta durante las 13:00 hrs con un total de 45.10%. Tocante a abril la humedad exterior máxima va disminuyendo y se presenta a las 6:00 am con un total de 64.82%. Para el caso del A4 su humedad máxima se ubica a las 12:00 hrs del día, con 54.95%, mientras que el A3 presenta a las 16:00 hrs su máxima humedad con el 49.93% en este mes descendió la humedad interior. Referente al mes de mayo la humedad máxima se presenta a las 5:00 am con un total del 54.65%, siendo la humedad externa mas baja de la estación, el A4 alcanza su humedad mayor a las 14:00 am con el 52.18%, mientras que el A3 logra su máxima humedad a las 19:00 del día con 47.06% lo que indica que este mes de mayo disminuye higrométricamente, en comparación de marzo y abril.

Al comparar los valores de la misma variable obtenidos en el A4 con respecto al A3 para el mes de marzo, se estima que hubo una diferencia higrométrica que se presenta de forma ascendente, en donde el A4 reporta una disminución de humedad correspondiente al 4.91 %

en comparación al A3. (Ver tabla 23) este mes es notoria la disminución higríca debido a un incremento térmico. Para el mes de abril, se pudo detectar un aumento en la humedad, así como una diferencia higríca mayor entre los auditorios que en el mes anterior, en donde el A4 aumenta 5.02% la humedad interna con respecto a los datos reportados por el A3 en dicho mes. Mientras que en mayo el A4 obtiene un aumento de 5.12 % mayor que el A3.

Tabla 23. Humedades en Primavera 2011

Valores Higrométricos al interior de los Auditorios			
Estación: <b>Primavera 2011</b>	<b>H.Int.Max. A 4</b> Auditorio con Azotea Verde %	<b>H.Int.Max. A 3</b> Auditorio Sin Azotea Verde %	Diferencia higrométrica <b>A 4 - A 3</b>
Marzo	50.01	45.10	4.91
Abril	54.95	49.93	5.02
Mayo	52.18	47.06	5.12

Elaboración del autor.

En la grafica 30 para el mes de marzo, en la grafica 32 de abril y mayo 34 de febrero el comportamiento higrométrico interior del A4 a través de una curva muestra que su incremento de humedad se da durante el día, contrariamente durante la noche desciende su porcentaje, Al respecto el A3 muestra su curvatura en una posición inferior al A4, lo cual indica que se dio una disminución hídrica, resultado de un incremento o ganancia de calor, en los valores de temperatura interna para dicho auditorio, lo contrario sucede con la curvatura del A4 anunciando un índice de pérdida de calor es decir disminución térmica interior de dicho auditorio que trae consigo un aumento en la humedad relativa interna.

A pesar de que se reporta una disminución en la variable de humedad apreciadas durante el cambio de diciembre, enero y febrero en ambos auditorios presentan un desempeño efectivo que continua generando comodidad a los usuarios ubicándose dentro del rango de confort higrométrico.

## PERIODO: ESTACION DE VERANO (JUNIO – JULIO 2011)

Como ya se menciona anteriormente la estación de verano se caracteriza por el incremento de calor que se produce. En algunas regiones es lluvioso. Trimestre con mayor temperatura, con respecto a las demás estaciones.

### INTERPRETACION DE LA VARIABLE CORRESPONDIENTE A LA TEMPERATURA:

El monitoreo termohigrometrico externo, finalizo en esta estación cumpliendo con 13 meses de monitoreo en donde se reportan los siguientes resultados: Para Junio en el cual se registro una temperatura máxima horaria de 30 °C a las 17:00 hrs con respecto a Julio su temperatura máxima disminuyo en comparación al mes anterior, llegando a 27 °C. A la par se finalizo el monitoreo termohigrometrico interno, en cada auditorio reportando los valores que a continuación se describen: el comportamiento térmico interior del A4, para el mes de junio presento su temperatura máxima a las 23:00 hrs con 20.19°C, (Ver tabla promedio) en comparación el A-3 que obtuvo su temperatura más alta llegando a los 21.54°C a las 21:00 hrs, es decir se calentó dos horas antes, tocante al mes de julio se aprecio que ambos auditorios obtuvieron un incremento térmico, durante este mes se pudo valorar que el A4 alcanzo su temperatura máxima a las 23:00 hrs con 20.85 °C, mientras que el A3, en el mismo horario llego a su máxima temperatura con 22.62°C. Al comparar los valores de la misma variable obtenidos en el A4 con respecto al A3 para el mes de junio, se estima que hubo una diferencia de temperaturas en donde el A4 disminuye su ingreso calorífico a 1.35°C en comparación al A3. (Ver tabla 24) En el mes de Julio se pudo detectar un aumento térmico así como una diferencia térmica mayor entre los auditorios que el mes anterior, en donde el A4 disminuye 1.77 °C la temperatura interna con respecto a la temperatura reportada por el A3 en dicho mes.

Tabla 24. Temperaturas en Verano 2011

Valores Térmicos al interior de los Auditorios			
Estación: <b>Verano 2011</b>	<b>T.Int.Max. A 4</b> Auditorio con Azotea Verde °C	<b>T.Int.Max. A 3</b> Auditorio Sin Azotea Verde °C	Diferencia térmica °C <b>A 4 - A 3</b>
<b>Junio</b>	20.19	21.54	1.35
<b>Julio</b>	20.85	22.62	1.77

Elaboración del autor.

En la grafica 35 para el mes de junio y en la grafica 37 para el mes de julio, se logra observar que el comportamiento térmico interior de ambos auditorios, sigue una línea semi recta con la diferencia de que el A3 muestra su línea en una posición más elevada, lo cual indica que se dio un incremento o ganancia de calor, en los valores de temperatura interna para dicho auditorio, mientras que la línea del A4 presenta una línea con la escala de valores que sugieren un índice de pérdida de calor o disminución térmica interior

En los valores reportados durante el mes de junio, se estima que ambos auditorios no producen bienestar térmico, partiendo de que dicho bienestar se encuentra definido por Olgyay (1998:18) en un rango de 23.3°C a 26.7°C en base a lo anterior se determino que para junio, el A4 se acerca un 86.65% a dicho rango de bienestar, faltándole 3.11°C es decir el 13.35%, mientras que el A3 se encuentra un 92.45% más aproximado al rango, faltándole 1.76°C es decir el 7.55 % para alcanzar bienestar térmico. Lo cual indica que el A3 (auditorio sin azotea verde) para este mes, esta posicionándose como un espacio más aproximado a la producción de bienestar térmico.

Respecto al mes de julio, el A4 se acerca un 89.48% a dicho rango de bienestar, faltándole 2.45 °C es decir el 10.52%, mientras que el A3 se encuentra un 97.08% más aproximado al rango, faltándole 0.68°C es decir el 2.92 % para alcanzar bienestar térmico. Lo cual indica que el A3 (auditorio sin azotea verde) para este mes, está teniendo una cercanía que muestra ser mas eficiente en la producción de bienestar térmico para dicho auditorio.

#### INTERPRETACION DE LA VARIABLE CORRESPONDIENTE A LA HUMEDAD:

Con respecto a la higrometría externa, en junio se presento la máxima en la madrugada a las 6:00 am con un 63.54%. En contraste para dicho mes, la humedad interior más alta del A4 se registro durante la tarde a las 16:00 hrs con el 64.44% (Ver anexo A) mientras que el A3, alcanza su humedad más alta durante las 18:00 am con un total de 51.92%.

En junio la higrometría externa, obtuvo su máxima humedad en la mañana a las 6:00 am con un 67.84%. Para este mes en comparación de Junio, la humedad interna reporto un aumento en ambos auditorios, por un lado el A4, presento un valor higrométrico máximo de 66.83% a las 9:00 hrs, Con respecto al A3 este reporto la máxima humedad a las 13:00 hrs con 59.65%.

Al comparar los valores de la misma variable obtenidos en el A4 con respecto al A3 para el mes de julio, se estima que hubo una diferencia higrométrica en donde el A4 aumenta su humedad a un 12.52 % en comparación al A3. (Ver tabla 25) Para el mes de Julio, se pudo detectar una disminución en la humedad, así como una diferencia higríca menor entre los auditorios que en el mes anterior, en donde el A4 disminuye 7.94% la humedad interna con respecto a la reportada por el A3 en dicho mes.

Tabla 25. Humedades en Verano2011

Valores Higrométricos al interior de los Auditorios			
Estación: <b>Verano</b> 2011	<b>H.Int.Max. A 4</b> Auditorio con Azotea Verde %	<b>H.Int.Max. A 3</b> Auditorio Sin Azotea Verde %	Diferencia higrométrica <b>A 4 - A 3</b>
Junio	64.44	51.92	12.52
Julio	67.84	59.9	7.94

Elaboración del autor.

Para el mes de junio en la grafica 36 el comportamiento higrométrico interior del A4 a través de una curva muestra que su incremento de humedad se da durante el día, contrariamente durante la noche desciende su porcentaje higríco, Al respecto el A3 muestra su curvatura en una posición inferior al A4, lo cual indica que se dio una disminución higríca, resultado de un incremento o ganancia de calor, en los valores de temperatura interna para dicho auditorio, lo contrario sucede con la curvatura del A4 anunciando un índice de pérdida de calor es decir disminución térmica interior de dicho auditorio que trae consigo un aumento en la humedad relativa interna.

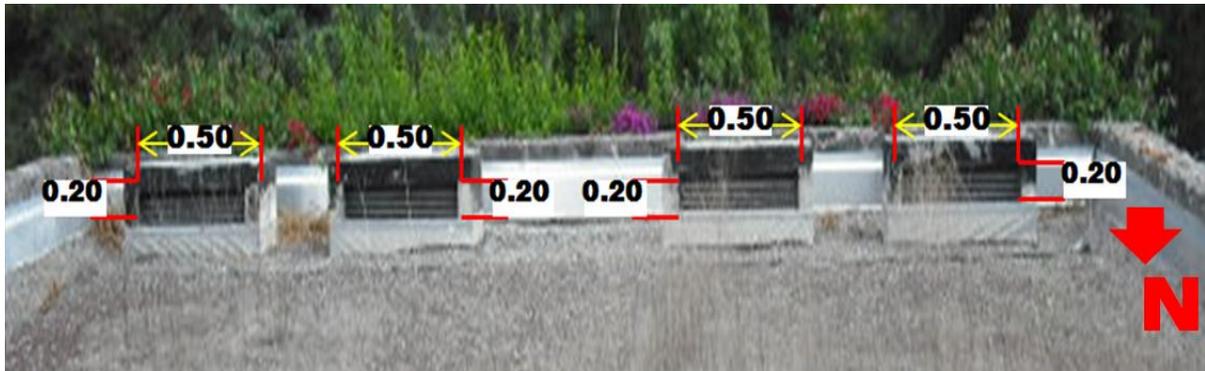
A pesar de que se reportaron pérdidas de humedad apreciadas durante el cambio de julio a agosto, en ambos auditorios el desempeño de esta variable está generando comodidad a los usuarios ubicándose dentro del rango de confort higrométrico.

## COMENTARIOS SOBRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

Es relevante mencionar que al revisar las graficas de temperatura, obtenidas en la presente investigación, estas muestran una secuencia semi-recta, una posible explicación a este suceso es debido a que dichos auditorios, no cuentan con un dispositivo que le permitan llevar a cabo la circulación de cambios de aire optima como una ventana, sin embargo los auditorios cuentan con una ventilación en la parte superior de la losa (Ver foto 53) por lo cual explicaría que la cantidad y velocidad de aire que ingresa y sale de los auditorios, depende en mayor parte de la ventilación sin embargo, la mala orientación de las rejillas contraria hacia donde vienen los vientos dominantes provenientes del sur, la forma en la que se encuentran fijadas, las dimensiones y separaciones entre estas, no permiten de la suficiente cantidad de ingreso y salida necesaria de acuerdo a las características del espacio interior de los auditorios, para provocar un movimiento de aire favorable y así poder remplazar el aire caliente por el frío de manera constante y cíclica. Como se sabe el aire caliente tiene menor densidad y asciende y si dentro del espacio arquitectónico, existen fugas en la cubierta, escapará el aire caliente y su lugar en los auditorios es ocupado por aire frío ocasionando una situación de discomfort en la mayor parte del tiempo.

Esto conlleva a que la falta de una mayor circulación del aire interior sea el responsable de que las temperaturas de bulbo seco, se conserven más estables produciendo un comportamiento uniforme, de tal modo que la energía térmica que se transmite del exterior al interior, ejerce su efecto solamente sobre la cantidad de aire que dejan pasar las ventilas al interior de dichos auditorios.

Foto 53. Ventilatas sobre las cubiertas de los auditorios A3-A4.



Elaboración del autor.

Al no haber ventanas o materiales transparentes en los cerramientos de los auditorios A3-A4, también se propicia a que los ingresos térmicos interiores sean menores en estos (Ver capítulo 4.3) por lo cual el ingreso calorífico que se dio durante el periodo de monitoreo, fue de menor grado en este tipo de edificaciones, en comparación a los resultados obtenidos en otras investigaciones (ver sub capítulo 2.2). Si a lo explicado anteriormente se le adhiere que el A4 utiliza en su cubierta una azotea verde, se tiene explicado el resultado que reporta una disminución térmica este auditorio en comparación del A3. Mencionando que prácticamente la carga térmica interior producida en estos auditorios dependen únicamente de la losa y el único muro que esta cara hacia la radiación solar.

El caso contrario ocurre al revisar las graficas humedad, estas en comparación del comportamiento semi recto de las temperaturas, la higrometría se presentan en forma ondulatoria, y la explicación a este suceso es debido a que al haber menor cantidad de temperatura interior como ya se menciona, el enfriamiento que se produce sobre la cantidad el aire contenido dentro de dichas edificaciones es mayor, recordando que la presente investigación se llevo a cabo en un bioclima semifrío, es decir un ambiente externo con alto grado de humedad en el aire, este mantiene contacto directo con los materiales de la envolvente la cual almacena dicha humedad y luego la transmite al interior, por lo cual explicaría esa diferencia de representación secuenciales entre la temperatura y humedad que se comportaron opuestas entre sí. En el capítulo 4, se aborda con mayor profundidad estos puntos comentados.

En base a los valores obtenidos durante el monitoreo en los 13 meses se determina lo siguiente:

Durante la estación de verano representante del periodo más cálido a nivel exterior que va de los 24.80 a 30.4°C, se comprobó que el A4 mantiene la ganancia de calor en menor medida, que va del 20.19 a 20.93°C, en comparación el A3 que muestra un incremento térmico, que va de 21.54 a 23.99 °C, lo anterior indica que el A4 logra una disminución térmica que se transfiere del exterior al interior, en comparación del A3 en esta estación del año.

Como se menciona dicha estación a pesar de ser la mas cálida, también viene acompañada de lluvias constantes, por lo cual el A4 al tener el sistema constructivo de azotea verde aplicado sobre su cubierta, no tiene contacto directo con la radiación debido a la protección que le ofrece el substrato señalando que este componente funciona como un dispositivo que capta y retiene agua, por lo cual cuando surge el proceso de evapotranspiración provocado por la incidencia de la radiación solar directa, sobre el agua retenida en este dispositivo y también en las gruesas hojas de las plantas Sedums que se soportan en el mismo, impiden que dicha radiación, se transmita y se convierta en una carga térmica al interior de A4.

Con respecto a los valores termohigrometricos presentados en el A3 que por contar solamente con la losa que tiene un recubrimiento de una capa de grava, así como el único muro que tiene un contacto directo con dicha radiación solar, provocan que estos materiales capten, mantengan y transfieran mayor cantidad de energía térmica al interior de dicho espacio. Durante la estación de Invierno representante del periodo más frio al exterior que va de los 21.9 a 25.3 ambos auditorios mostraron el valor térmico más bajo en comparación a las estaciones anteriores correspondiente para el A4 que van del 16.60 al 17.70 °C y para el A3. Se valoro en un rango que va de 17.60 al 18.60°C. , lo anterior indica que el A4 continua manteniendo una disminución térmica que se transfiere del exterior al interior, en comparación del A3 en esta estación del año. Los valores termohigrometricos al interior del A4 (auditorio con azotea verde) sugieren que debido al uso de azotea verde en la cubierta de dicho auditorio, logra disminuir la temperatura interna que varía entre 1°C y 2°C en función de cada estación presentada en el año en comparación del A3, que tiende a aumentar sus valores de 1 a 6°C, mostrando que la sinergia de los materiales que conforman a la azotea verde, generan un sistema constructivo resistente al flujo de calor, que también contribuye a una disminución de térmica y un incremento en la humedad interior, debido a que provoca un efecto enfriador del aire que circula al interior del ambiente interior del espacio.

Sin embargo el ambiente térmico al interior de los auditorios en estas estaciones califica con un mal desempeño alejándose del rango de confort. Cabe mencionar que la higrometría correspondiente a estas estaciones se encuentra dentro de los rangos establecidos por Olgyay (1998) produciendo un entorno higrométrico favorable para los usuarios de dicho espacio.

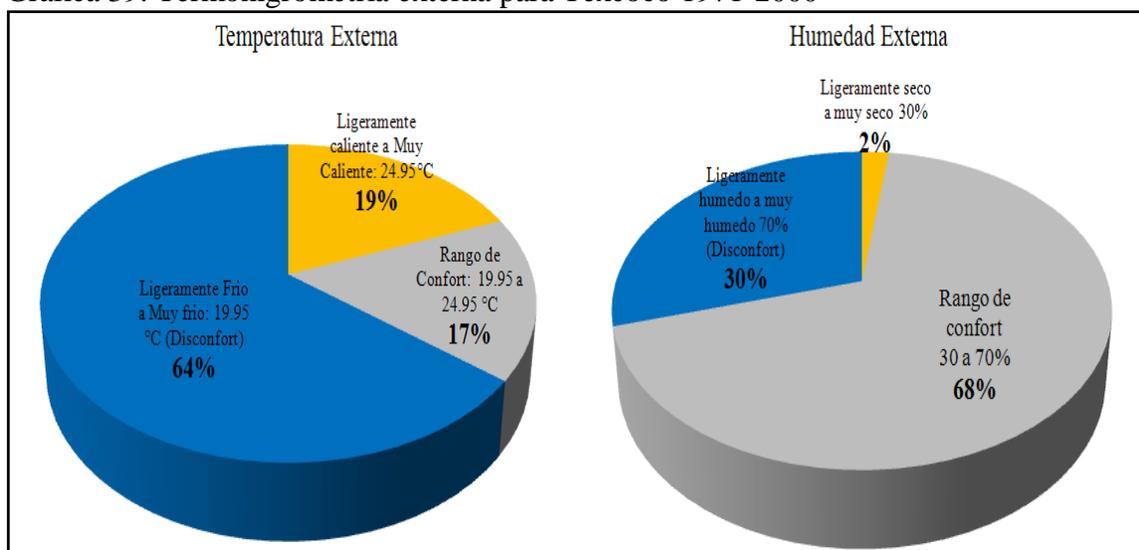
## CAPITULO IV. HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURAS Y AZOTEAS VERDES

#### 4.1 Termohigrometria interna y externa.

El CONAFOVI (2006) menciona que las características de termohigrometria externa en un bioclima semifrío se clasifican de la siguiente manera:

Las temperaturas se encuentran por debajo de los rangos de confort durante todo el año, las temperaturas máximas se acercan ligeramente al confort; mientras que los rangos de humedad relativa están dentro del confort, durante todo el año. Esta explicación se puede apreciar a través de los datos (Ver grafica 39) obtenidos a través del servicio meteorológico nacional de la Comisión Nacional del Agua para la localidad de Texcoco de 1971 al 2000, en donde se proceso dicha información a porcentajes, para una mejor comprensión.

Grafica 39. Termohigrometria externa para Texcoco 1971-2000



Elaboración del autor con datos del SMN.

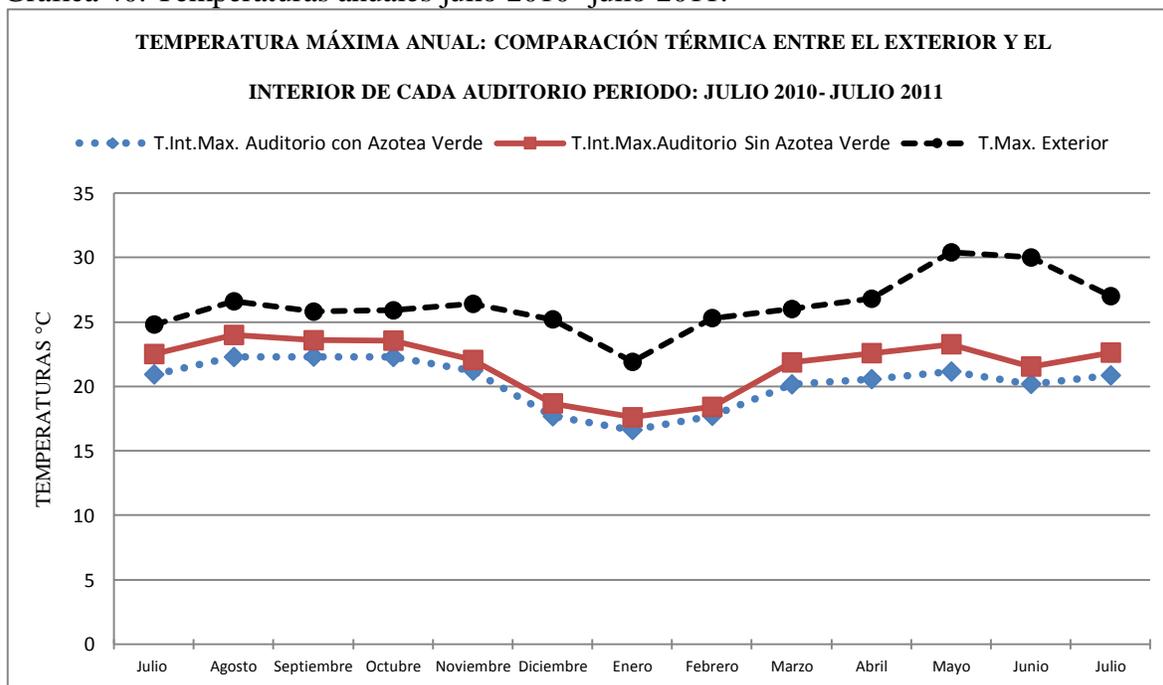
En la grafica anterior se comprobó que un bioclima semifrío, está compuesto de un gran contenido de humedad relativa, la cual influye en la disminución de la energía térmica, de tal modo el comportamiento higrométrico exterior, reflejo que la mayor parte del año se encuentra dentro de las preferencias de bienestar humano (68%) y un disconfort mínimo (30%) en contraste el comportamiento térmico exterior, indica que las condiciones del termopreferendum ( $T_n=22.45^{\circ}\text{C}$  anual) es ligeramente aceptado en una porción mínima

(17%) sin embargo esta variable, se encuentra en una situación de discomfort en la mayor parte del periodo anual (64%).

Para llevar a cabo una comparación en la misma escala de valores, en cuanto a las variables mencionadas, se procedió a obtener las temperaturas y humedades externas específicamente de la localidad de Chapingo, por ello se utilizaron los datos promedio de los valores máximos horarios propiciados por la Estación Meteorológica Automática Davis Instruments Vantage Pro, dichos valores de termohigrometría externa se compararon con los valores de la termohigrometría interna propiciados por los Hobos U-10-003 realizando el monitoreo simultáneamente de la termohigrometría externa e interna en el mismo periodo de estudio que fue llevado a cabo de julio del 2010 a julio del 2011.

Dando como resultado las respectivas graficas que se desglosan en dos partes, en la correspondiente a las temperaturas (ver grafica 40) de forma general se aprecia que la temperatura exterior máxima durante el mes respectivo, suele presentarse en mayor valor en comparación de las temperaturas que se presentaron al interior de cada auditorio.

Grafica 40. Temperaturas anuales julio 2010- julio 2011.



Elaboración del autor.

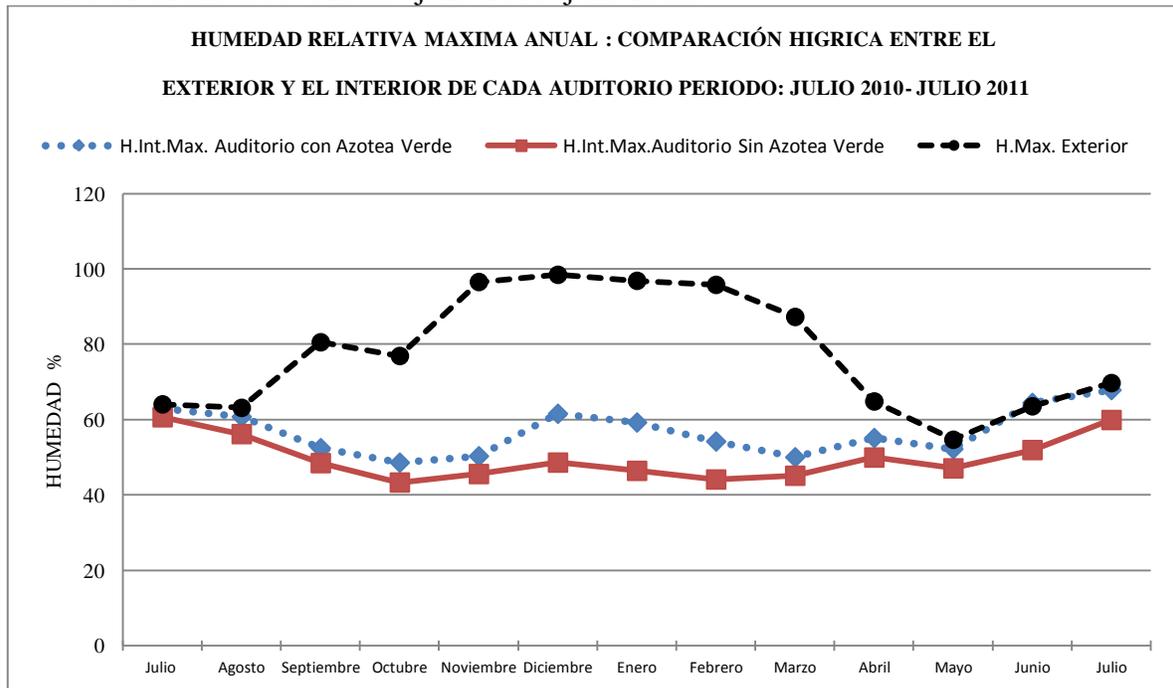
Este recurso nos muestra los cambios de esta variable dados en el año, en el cual se aprecia que la curva de temperatura interior anual del A3 (auditorio sin azotea verde) suele ser de

mayor valor que la curva de temperatura interior anual del A4 (auditorio con azotea verde) lo cual indico que el A4 disminuye el ingreso de carga térmica, que se transmite del exterior al interior de la envolvente de dicho auditorio, en este periodo del monitoreo.

Como ya se pudo percibir, al unir de forma continua los valores de temperaturas internas del A3 y A4, presentados mes tras mes en el sub capitulo 3.4, estos ya no se visualizan de forma semi - recta, ahora ya se muestran en una forma ondulatoria lo cual que deja apreciar en conjunto, los cambios térmicos a nivel anual presentado en el periodo que duro dicho monitoreo.

Referente a la grafica de humedad (ver grafica 41) al juntar las tres humedades presentadas durante el monitoreo, se logro comprobar que efectivamente las humedades externas correspondientes al bioclima semifrío presente en el ambiente que circunda el caso de estudio, muestra que es de un alto valor higrométrico notándose más su incidencia en noviembre, diciembre, enero, febrero y parte de marzo.

Grafica 41. Humedades anuales julio 2010- julio 2011.



Elaboración del autor.

En comparación de la humedad externa, se pudo identificar el cambio que tienen los auditorios con respecto a esta variable, observándose cómo estos reducen su nivel higrico al interior en el cual se aprecia que la curva de humedad interior anual del A4 (auditorio con

azotea verde) suele ser de mayor valor que la curva de temperatura interior anual del A3 (auditorio con azotea verde) lo cual indico que el A4 aumenta el ingreso de humedad relativa, que pasa del exterior al interior de la envolvente de dicho auditorio.

La teoría bioclimática menciona diversas estrategias mediante las cuales se pueden evitar las pérdidas y ganancias de calor, al interior de una edificación durante los periodos más críticos presentados en el año, por ejemplo en Verano que es la estación mas cálida en el año, se debe enfriar el ambiente interior de un espacio, en contraste para la estación de Invierno que es la época mas fría, se debe de proveer calefacción al interior, todo esto se hace con el propósito de procurar el bienestar o confort termohigrometrico para los usuarios ocupantes de un local.

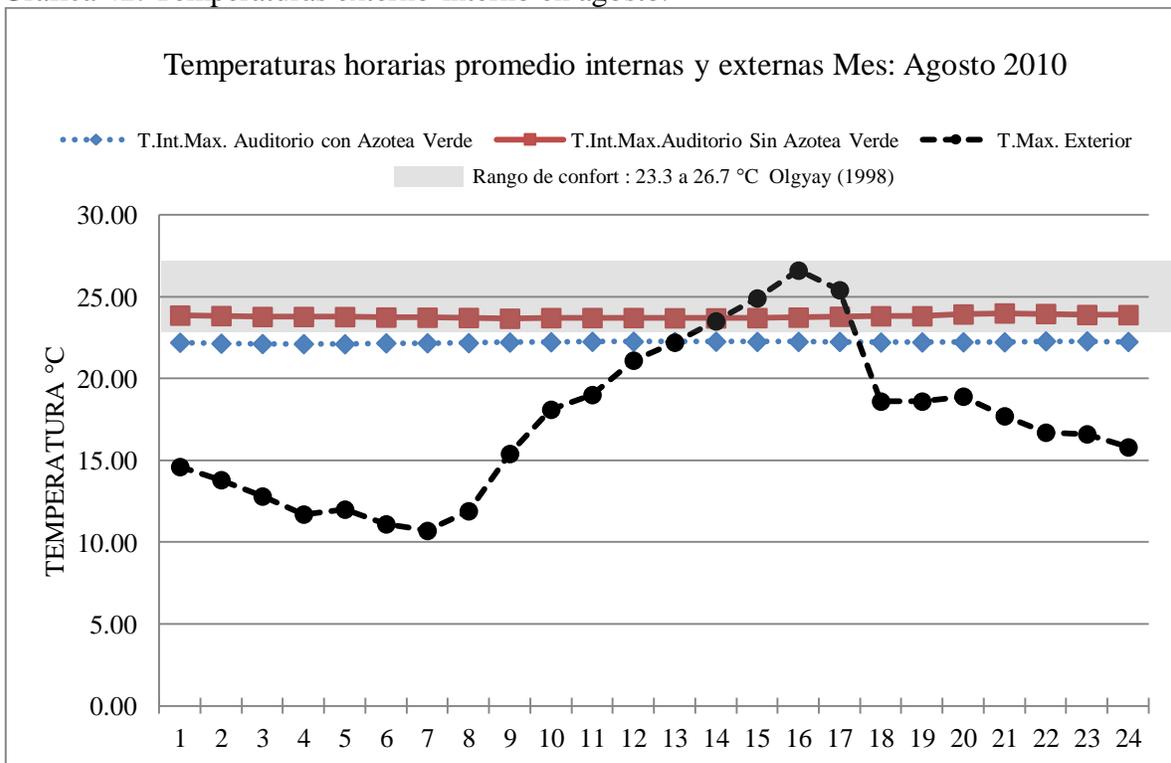
Lo mencionado anteriormente, sirve de introducción para abrir paso al análisis que se muestra a continuación en el presente caso de estudio, que en base a los valores obtenidos se hace una interpretación más detallada, acerca del comportamiento termohigrometrico que se suscito durante el mes más cálido en la estación de verano que fue agosto del 2010, de la misma manera, también se interpreta el caso contrario en donde el mes más frio de la estación de invierno fue enero del 2011.

Enfriamiento interior en la estación de verano:

Como ya se menciona en el subcapítulo 3.5 los auditorios tienen ventilación en forma de aberturas en la parte superior de la cubierta, las cuales dejar salir una cierta cantidad del aire caliente que se encuentra en la parte superior de estos, por ello es que este elemento contribuye en cierta medida a disipar la temperatura interior de los auditorios, particularmente en el caso del A4 que tiene la construcción de una azotea verde, esta le ayuda a producir un mayor enfriamiento y una reducción extra, sobre el calor interior almacenado en el espacio arquitectónico, también este elemento de la envolvente evita que la losa tenga contacto directo con la radiación solar, como ocurre con el A3, en todas las estaciones del año, pero particularmente en la estación de verano la azotea verde, demuestra su eficiente capacidad para impedir el ingreso calorífico, logrando enfriar la temperatura y regular la humedad interior del auditorio A4, aunque como ya se vio la temperatura de dicho auditorio no se encuentra dentro del rango de confort formulado por Olgyay, pero en

el caso de la humedad esta si esta dentro de dicho rango.Sin embargo el A3 tiende a aumentar su temperatura interior, encontrándose dentro de dicho rango de confort térmico para el mes de agosto, este fenómeno de incrementos caloríficos ocurriría también en el A4, si este no tuviera en su cubierta la construcción de azotea verde, dicho aumento es debido a las características térmicas de los materiales que componen a la envolvente de ambos auditorios, que en este caso son de baja conductividad térmica (Ver subcapítulo 4.3) pero son de alta inercia térmica, es decir aptos para almacenar el calor en el día y liberarlo de forma gradual al interior durante la noche, cuando desciende la temperatura exterior (Ver grafica 42) por ello es que impiden el paso de calor de manera inmediata contrario a lo que pasa en el caso de las construcciones livianas, que son de alta conductividad térmica, es decir que dejan pasar calor en un tiempo más corto y en mayor grado, aclarando que cualquier material empleado en la construcción, tiene la capacidad de absorber, acumular y transmitir energía térmica en mayor o menor medida, según sus características y conductividades térmicas.

Grafica 42. Temperaturas externo-interno en agosto.



Elaboración del autor.

Respecto a las disminuciones térmicas presentadas durante el mes de agosto en la estación de verano, se aprecia en las temperaturas promedio máximas de este mes un decremento en el desempeño del A4, reportando unas temperaturas inferiores en comparación a la exterior (Ver tabla 26) mientras que el A3 disminuyó en menor medida que el A4, lo cual indica que los componentes de la azotea verde (vegetación, tierra y la evaporación de agua que se produce en ambas por la energía solar) propician un filtro de disipación térmica adicional.

Tabla 26. Diferencias térmicas en agosto.

Temperaturas Internas y Externas Máximas (°C) Agosto 2010			
Temperatura	<b>T.Int.Max. A 4</b> (Auditorio con Azotea Verde) °C	<b>T.Int.Max. A 3</b> (Auditorio Sin Azotea Verde) °C	<b>T. Exterior</b> °C
Maxima promedio	22.28	23.99	26.6
Temperatura	Diferencia Térmica <b>A 4 - A 3</b>	Diferencia Térmica <b>A 4 - T.E</b>	Diferencia Térmica <b>A 3 - T.E</b>
Maxima promedio	1.71	4.32	2.61

Elaboración del autor.

Konya (1980:45) menciona que la inercia térmica es mayor en los materiales densos y pesados, como es el caso de los materiales que componen a los auditorios, por lo cual los cambios y transmisión de temperatura que se propagan entre estos serán más lentos en términos de tiempo, a ese espacio temporal se le llama retraso térmico (Ver tabla 27) a través de los retrasos obtenidos en la transmisión de calor del exterior al interior en ambos auditorios se puede comprobar que efectivamente los materiales poseen una inercia térmica considerable retrasando 5 horas el ingreso de calor en cada auditorio, pero debido a que el A4 tiene azotea verde esta retrasa el ingreso dos horas más llegando a un total de 7 horas lo cual indica que este sistema dota de una mayor inercia térmica al A4 comparado con el A3.

Tabla 27. Retraso termico para ambos auditorios en agosto.

Retraso térmico al interior del auditorio con azotea verde en comparación del auditorio sin azotea verde								
Mes	<b>T.Max. Exterior Promedio</b>	<b>Hora de T.max Exterior</b>	<b>T.Int.Max. A4</b> Auditorio con Azotea Verde	<b>Hora T.Int.Max. A3</b> Auditorio con Azotea Verde	<b>T.Int.Max. Auditorio sin Azotea Verde</b>	<b>Hora T.Int.Max. Auditorio sin Azotea Verde</b>	<b>R.T. (hrs) Auditorio con Azotea Verde con respecto a la T.max. Exterior</b>	<b>R.T. (hrs) Auditorio sin Azotea Verde con respecto a la T.max. Exterior</b>
Agosto	26.6	15:00	22.28	22:00	23.99	20:00	07:00	05:00

Elaboración del autor.

Szokolay (1983:100) Menciona que para conocer la reducción o decremento térmico dado por los materiales, se debe hacer una relación entre las temperaturas máximas internas y temperaturas máximas externas ( $FA = t_{max}/t_{emax}$ ) mientras más bajo sea el valor del factor de amortiguamiento, mejor capacidad tendrá la envolvente en disminuir el ingreso de flujo térmico al interior. En la tabla 28 se muestra el amortiguamiento de cada una de las temperaturas promedios de cada auditorio en relación a la temperatura exterior y su factor de amortiguamiento respectivo.

Tabla 28. Factor de amortiguamiento para ambos auditorios en agosto.

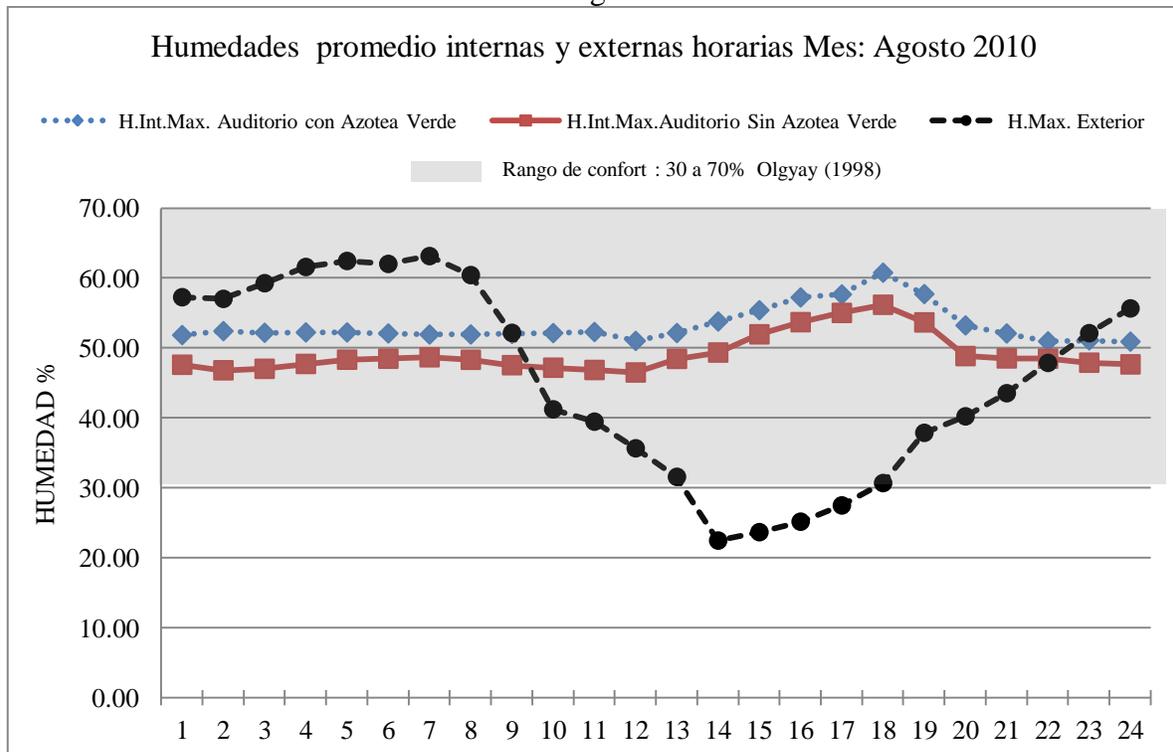
FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO TERMICO EN EL MES MAS CALIDO DE VERANO: 2010					
MES	T.Max. Exterior T.E Promedio	T.Int.Max. A4 Auditorio con Azotea Verde	T.Int.Max. A3 Auditorio sin Azotea Verde	F.A. A4 Auditorio con Azotea Verde	F.A. A3 Auditorio sin Azotea Verde
Agosto	26.6	22.28	23.99	0.84	0.90

Elaboración del autor.

La tabla anterior muestra que los factores de amortiguamientos son menores a 1, lo cual indica, que los materiales son efectivos para disminuir el ingreso de calor exterior y estabilizan las temperaturas en el interior, también se nota que existe una relación en la que entre mientras más capacidad térmica se tiene, como en el caso del A3, menor amortiguamiento se consigue. En comparación el A4 demuestra que mientras menos carga térmica interna tiene, produce un mayor amortiguamiento, debido a que este tiene la construcción de azotea verde en cubierta.

En esta estación de verano se reporta una mayor cantidad de lluvia en comparación de las otras estaciones del año, por lo cual el aire exterior tiene porcentajes de humedad relativa altos, como ya se menciono todos los materiales tienen capacidad de captar, acumular y transmitir calor, también aplica para la humedad, en donde la infiltración del agua procedente del exterior como el agua de lluvia o transmisión de la humedad y por parte del terreno enfrían los materiales en un cierto grado debido a la porosidad de estos, comenta Konya (1980:44) que cuando los materiales aumentan su contenido de humedad, muestran un mayor poder de transmisión higríca, debido a la alta conductividad del agua que presentan, como ya se menciono al principio de este subcapítulo el ambiente exterior presenta un alto grado de humedad relativa, característica principal de un bioclima semifrío. Tocante a las humedades externas en Chapingo para la estación de agosto, presentan un incremento de mayor escala durante el horario nocturno, mientras que en el horario solar tienden a disminuir, sin embargo las humedades en ambos auditorios con respecto a la exterior (Ver grafica 43) tienden a ser menores y más estables para este mes incrementando su nivel higríco en ambos auditorios durante la noche, sin embargo el A4 muestra un mayor aumento en comparación del A3.

Grafica 43. Humedades externas-internas en agosto.



Elaboración del autor.

Como se puede apreciar en la grafica anterior, las humedades presentes al exterior, así como la higrometría interior de los auditorios, proveen la sensación de comodidad y bienestar enmarcada en los rangos de confort que formula Olgyay (1998).

Mencionando que el A4 presenta una mayor cantidad de humedad (Ver tabla 29) debido al uso de azotea verde, dicha humedad es producto del agua de lluvia almacenada por la tierra que compone la capa del substrato y las plantas que se encuentran en dicho sistema, esto da un mayor enfriamiento a la losa evitando el calentamiento de la misma.

Tabla 29. Humedades externas-internas en agosto.

Humedades internas y externas (%) Agosto 2010			
Humedad relativa	<b>H.Int.Max. A 4</b> Auditorio con Azotea Verde %	<b>H.Int.Max. A 3</b> Auditorio Sin Azotea Verde %	H.r. Exterior
Máxima promedio	60.74	56.16	63.12
Humedad relativa	Diferencia higrométrica <b>A 4 - A 3</b>	Diferencia higrométrica <b>Hr.E - A 4</b>	Diferencia higrométrica <b>Hr.E - A 3</b>
Máxima promedio	4.58	2.38	6.96

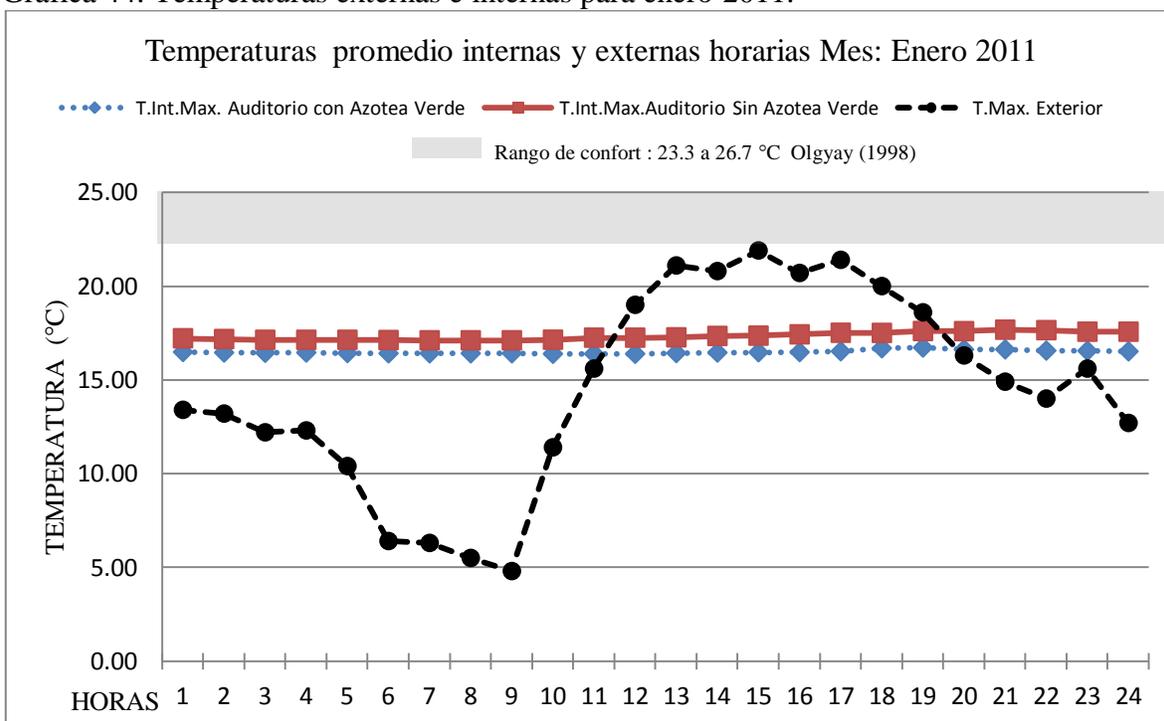
Elaboración del autor.

En contraparte el A3 muestra un ingreso menor de humedad interna, lo cual indica que debido al aumento de temperatura que tiene este, la humedad disminuye, caso contrario al A4 en donde la temperatura disminuye la humedad aumenta. Sin embargo el A3 a pesar de tener pérdidas de humedad mayor que el A4, estas sigue estando dentro del rango de confort. En donde el nivel higrométrico del A4 se acerca a la humedad exterior, faltándole 2.38%, mientras que el A3 se aleja del nivel de humedad exterior faltándole 6.96%.

Calentamiento interno en la estación de invierno:

Los auditorios A3 y A4, sufren de una cierta fuga de aire caliente por dichas ventilas en todos los meses, por lo cual se produce un enfriamiento de calor extra en el espacio arquitectónico, unido a este hecho como ya se menciono los materiales que dotan de una considerable inercia térmica impidiendo el paso inmediato del calor al interior de los auditorios, para enero este sistema tiende a ser negativo para los niveles productivos del bienestar térmicos, en donde las temperaturas exteriores se reportaron como las más bajas en este mes de la estación, quedando prácticamente fuera de confort, mientras que las temperaturas internas reportadas (Ver grafica 44) muestran que el A3 sigue predominando la conservación térmica con 0.98°C arriba que el A4.

Grafica 44. Temperaturas externas e internas para enero 2011.



Elaboración del autor.

Las temperaturas presentadas en este mes, en comparación de agosto indican un descenso térmico mayor, alejándose del confort en donde el A4 muestra el mayor decremento en comparación del A3, (Ver tabla 30) como ya se ha mencionado la azotea verde juega un papel importante en el enfriamiento térmico interior de un espacio y también provee de una elevada inercia térmica, que disminuye la cantidad de calor que ingresa, también ya se comento que los materiales de estas envolventes, por su constitución y características térmicas contribuyen a amortiguar las temperaturas que se transmiten del exterior hacia el interior y en el mes de agosto se vio reflejado estos aspectos.

Sin embargo para el mes de enero los resultados sugieren que la azotea verde está siendo contraproducente en mayor medida, ya que las temperaturas que se generan en el ambiente interior, le dan un mayor enfriamiento al espacio arquitectónico del A4, convirtiéndolo en un lugar incomodo para los usuarios que los utilizan.

Tabla 30. Diferencias térmicas en enero 2011

Temperaturas Internas y Externas Máximas (°C) Enero 2011			
Temperatura	<b>T.Int.Max. A 4 Auditorio con Azotea Verde °C</b>	<b>T.Int.Max. A 3 Auditorio Sin Azotea Verde °C</b>	<b>T. Exterior °C</b>
Máxima promedio	16.62	17.6	21.9
Temperatura	Diferencia Térmica <b>A 4 - A 3</b>	Diferencia Térmica <b>A 4 - T.E</b>	Diferencia Térmica <b>A 3 - T.E</b>
Máxima promedio	0.98	5.28	4.3

Elaboración del autor.

El retraso térmico comparando agosto de enero, fue una hora menor en ambos auditorios, en donde el A4 sigue dominando las horas de retraso térmico (Ver Tabla 31) en comparación del A3.

Tabla 31. Diferencias térmicas en enero 2011

Retraso térmico al interior del auditorio con azotea verde en comparación del auditorio sin azotea verde								
Mes	T.Max. Exterior Promedio	Hora de T.max Exterior	T.Int.Max. Auditorio con Azotea Verde	Hora T.Int.Max. Auditorio con Azotea Verde	T.Int.Max. Auditorio sin Azotea Verde	Hora T.Int.Max. Auditorio sin Azotea Verde	R.T. (hrs) Auditorio con Azotea Verde con respecto a la T.max. Exterior	R.T. (hrs) Auditorio sin Azotea Verde con respecto a la T.max. Exterior
Enero	21.9	14:00	16.62	20:00	17.6	18:00	06:00	04:00

Elaboración del autor.

Con respecto al amortiguamiento para este mes (Ver tabla 32) mostro que también es mayor en comparación de agosto, lo cual indica que las temperaturas se disminuyen mas durante esta estación del año, producto de esto se ve reflejado en la tabla 28, por medio de la cual si se compara agosto de enero se percatara que existe un decremento en el A4 de 5.66 °C y 6.39 para el A3.

Tabla 32. Diferencias térmicas en enero 2011

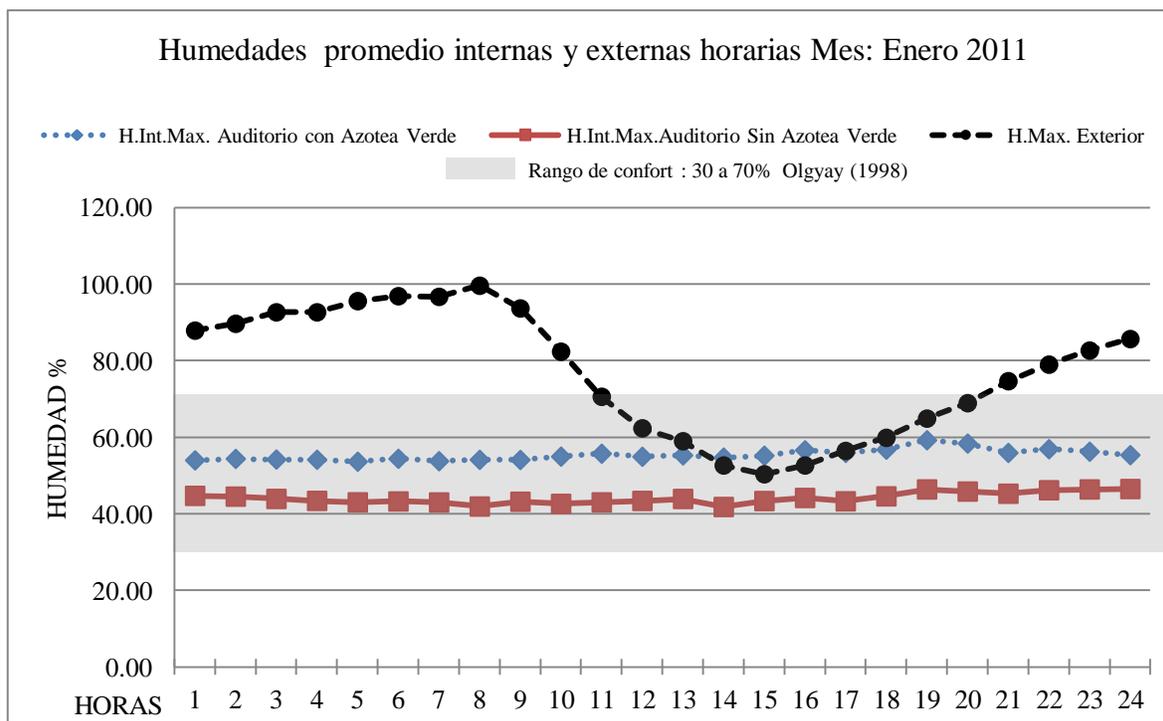
FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO TERMICO EN EL MES MAS FRIO DE INVIERNO: 2011					
MES	T.Max. Exterior T.E Promedio	T.Int.Max. A4 Auditorio con Azotea Verde	T.Int.Max. A3 Auditorio sin Azotea Verde	F.A. A4 Auditorio con Azotea Verde	F.A. A3 Auditorio sin Azotea Verde
Enero	21.9	16.62	17.6	0.76	0.80

Elaboración del autor.

De igual forma el amortiguamiento para este mes en base a las temperaturas presentadas, en la tabla 32 indica que no es favorable ya que disminuye el ambiente térmico haciendo incomodo, lo cual debería ser contrario según lo que menciona la teoría bioclimática para el caso de la estación más fría.

Con respecto a las humedades internas, estas se reportan dentro del rango de confort en todo el tiempo, en comparación a las humedades presentadas al exterior que entran dentro de confort de las 11:00 am hasta las 20:00 pm lo cual indica que el clima exterior es frio en esta época del año, que el presentado durante el mes de agosto.

Grafica 45. Temperaturas externas-internas en enero 2011



Elaboración del autor.

En este mes sigue predominando la humedad en el A4 (Ver tabla 33) manteniéndose un 12.83% mayor que la obtenida en el A3, indicando que sigue permaneciendo confort en ambos auditorios.

Tabla 33. Diferencias térmicas en enero 2011

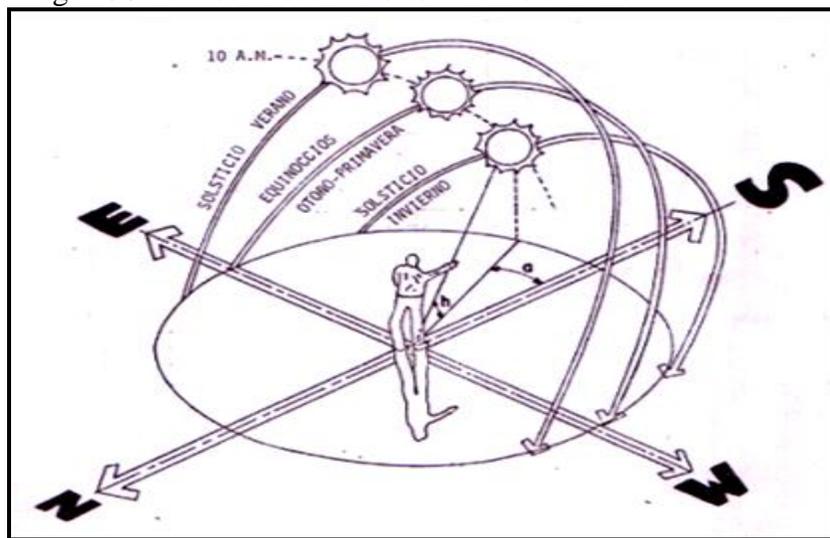
Humedades Internas y Externas Máximas (%) Enero 2010			
Humedad relativa	H.Int.Max. A 4 Auditorio con Azotea Verde %	H.Int.Max. A 3 Auditorio Sin Azotea Verde %	H.r. Exterior
Máxima promedio	59.23	46.4	96.85
Humedad relativa	Diferencia higrométrica A 4 - A 3	Diferencia higrométrica Hr.E- A 4	Diferencia higrométrica Hr.E - A 3
Máxima promedio	12.83	37.62	50.45

Elaboración del autor.

## 4.2 Radiación solar y azoteas verdes

La causa del comportamiento variable en el ambiente térmohigrométrico interior de los auditorios en cada estación del año, se encuentra determinado por una de las fuentes principales de energía naturales existentes en la tierra definida como radiación solar, complementando Puppo (1999:9) comenta que el aporte térmico de la radiación es muy variable, este dependerá del tiempo de exposición de la superficie a los rayos solares y de la cantidad de calorías transmitidas en relación a la orientación y materiales que configuran a dicha edificación. Dichos auditorios se encuentran instalados dentro de la Universidad autónoma de Chapingo en el Estado de México municipio de Texcoco, a una latitud de  $19^{\circ}31' N$ . A través de la ruta solar para esta localidad (Ver imagen 38), se aprecia que en la estación de Verano a fines del mes de junio y principios de julio, la posición del sol con respecto al mediodía, tiende a alcanzar una altura mayor en la bóveda celeste, que en cualquier otro mes del año.

Imagen 38. ruta solar sobre las estaciones del año



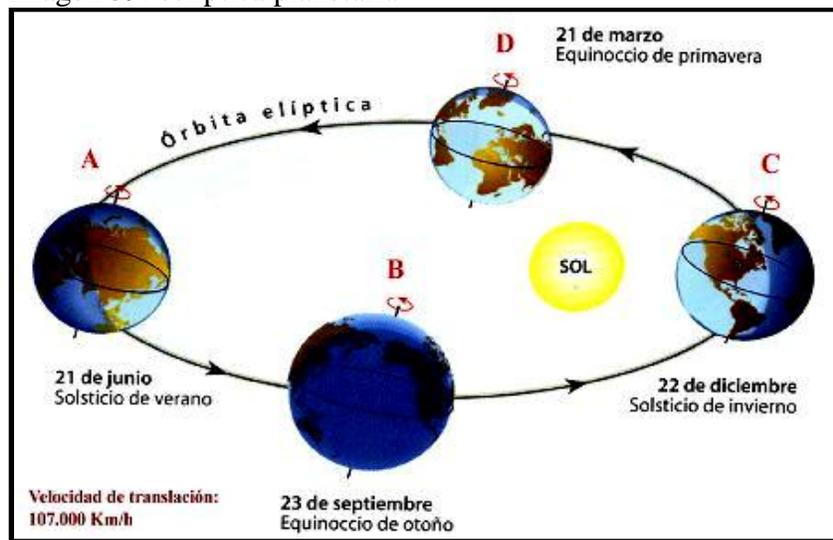
Fuente: Mazria 1983.

En cambio, En Invierno hacia fines del mes de diciembre y principios de enero durante el mediodía el sol alcanza una altura menor en el cielo con respecto a las demás estaciones.

Relacionado con la inclinación solar es necesario mencionar que el origen de dicha inclinación es debido a que el eje de rotación de la Tierra tiene una inclinación correspondiente a  $23,5^\circ$  con respecto a la perpendicular del plano de la eclíptica en donde orbitan los planetas (Ver imagen 39). Esta inclinación es la provocante de que exista una diferente duración del día y la noche dependiendo de las estaciones y que también un hemisferio reciba mayor cantidad de luz que otro, por ejemplo el hemisferio que se encuentra inclinado hacia el Sol es el que recibe más luminosidad, ya que los rayos de luz solar inciden con mayor perpendicularidad, durante más tiempo y sobre más superficie, lo que provoca mayores temperaturas.

Esto nos dice que en verano el Sol se eleva más sobre el horizonte e incide desde más altura, provocando más calor al interior y exterior del caso de estudio; mientras que en invierno se eleva menos e incide con menor intensidad, provocando menos calor.

Imagen 39. eclíptica planetaria



Fuente: Planeta tierra.

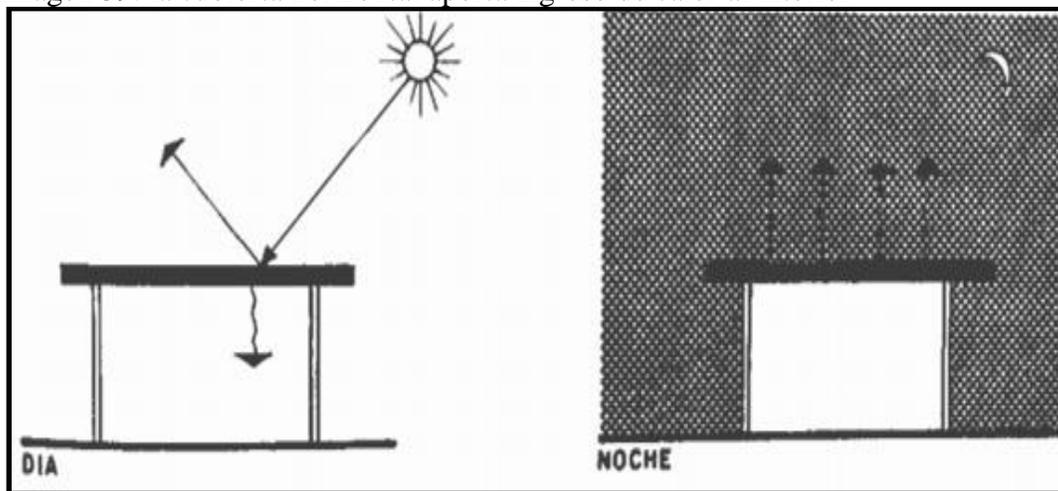
Por eso, durante la estación del verano los días contienen más horas de claridad que los días de la estación de invierno, hay que sumar a este hecho que durante el verano, los rayos del sol llegan a las superficies en una posición más vertical o perpendicular, esto provoca que la energía transmitida tiende a ser en mayor cantidad, en comparación del invierno.

Hablando de superficies, para efectos de esta investigación se hace referencia a los materiales constructivos que configuran la envolvente de los auditorios protagonistas del presente trabajo, entre ellos existe un elemento en particular que debido a la orientación, área relativamente grande a si como la dificultad que representa, para protegerla de la radiación solar se conoce como cubierta o azotea.

La azotea es una superficie construida definida por dos caras, una de ellas es la cara inferior que cumple con la función de cubrir y delimitar el espacio interior del entorno ambiental, mientras que la cara superior, queda expuesta al exterior y prácticamente en completo desuso para realizar alguna actividad específica, de hecho es la parte de la edificación que más se descuida, en términos de tratamiento visual y constructivo en comparación de una fachada, puesto que la azotea es una superficie que tiene como característica el estar situada en un plano horizontal que no está expuesto a la vista del usuario.

Dicha posición horizontal, la convierte en una fuente principal de aportaciones caloríficas al interior del edificio, en este aspecto González (et al) (1986:79) comenta que la cubierta es un elemento de la edificación que durante el día (Ver imagen 39) deja pasar la mayor cantidad de carga térmica hacia el interior de la construcción y por la noche tiene una pérdida de la misma.

Imagen 39. la cubierta horizontal aporta ingreso de calor al interior

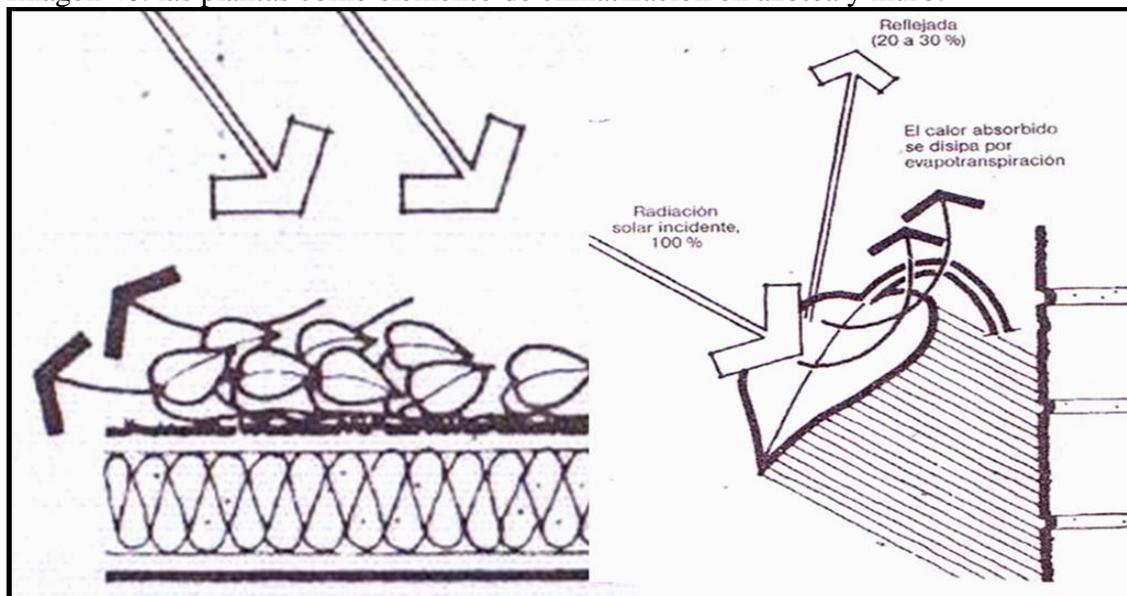


Fuente: González (et al) 1989.

Como se comprobó a través de los valores, tablas y graficas presentadas anteriormente, la azotea verde es una tecnología ecológica que sirve para minimizar en lo más posible la transferencia de calor, dicha tecnología disminuye la temperatura del aire generando un mejor amortiguamiento e incrementando la humedad relativa al interior de una construcción, y este efecto también tiende a ser reflejado exteriormente.

En el sub capítulo 1.3 (concepto y clasificación de azoteas verdes) ya se hablo sobre las propiedades de la vegetación a nivel ambiental y también cuando esta es construida con técnica sobre una cubierta, por lo cual es importante mencionar que Camous; Watson (1986:33) contribuye en este aspecto mencionando que las plantas son medios de climatización muy útiles cuando se colocan en la envoltura del edificio. La temperatura superficial de muros y cubiertas protegidos del sol con vegetación, se reducirá y por consiguiente hacia el interior se transmitirá menos cantidad de calor, este hecho se atribuye a que debido a la energía solar que se intercepta con las hojas, tiende a dispersarse en vez de incidir y acumularse en la cubierta y calentarla, donde la eficacia de la vegetación para controlar dicha radiación solar en la envolvente constructiva, estará en función de la frondosidad o grosor de las hojas.

Imagen 40. las plantas como elemento de climatización en azotea y muro.



Fuente: Camous; Watson 1986.

Referente a la vegetación que tiene la azotea verde del auditorio (Ver foto 53) esta es perteneciente al género *Sedum Praealtum* que en latín se define como "sentado" también se les conoce como plantas suculentas, que en palabras de Stephenson (1994:61) las define como plantas que presentan un engrosamiento en su tallo y hojas que le debido a su característica biológica tienen la capacidad de almacenar y suministrarse autónomamente agua por medio de sus gruesas hojas, en cantidades mucho mayores que en las plantas normales, por lo cual resisten largos periodos de sequia.

Foto 54. Vegetación de azotea verde en auditorio-A4.



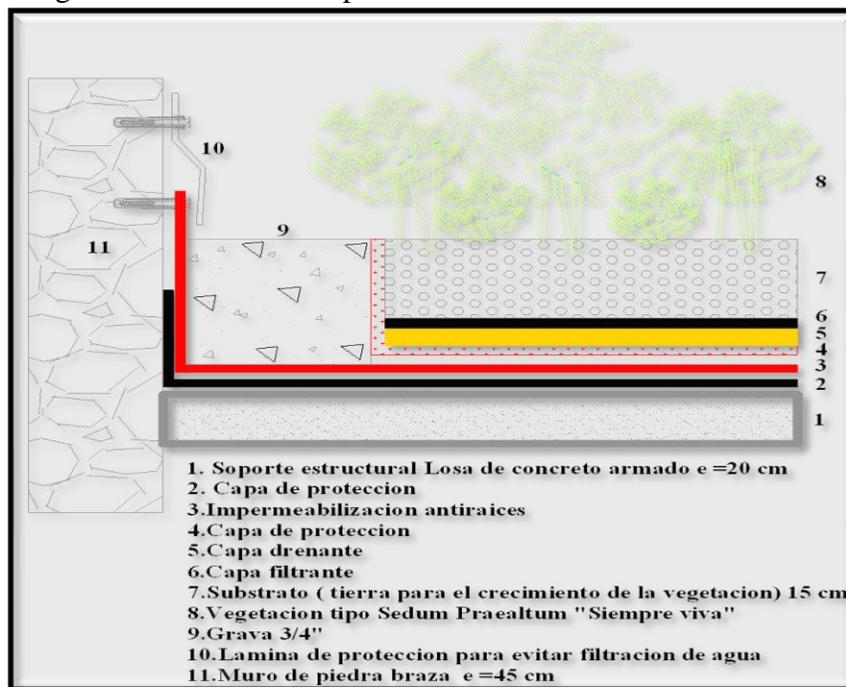
Elaboración del autor.

La vegetación que recubre a la azotea verde de dicho auditorio, recibe la misma cantidad radiación solar por área de superficie igual que la azotea del auditorio que cuenta únicamente con la losa, sin embargo otra característica que tiene la vegetación aparte de dispersar la radiación solar es que la cantidad que llega a ser absorbida por las hojas, tiende a provocar el fenómeno de evaporación en estas, debido a que las hojas retienen agua por lo cual la energía solar captada en este elemento de la planta la consume por el proceso de intercambio de calor, en el que un líquido cambia a estado gaseoso aportando y cediendo energía calorífica, en lo que respecta a la azotea verde la energía que aporta se da en dirección hacia el exterior ya que no puede cederla al interior de la edificación, porque debajo de la vegetación se encuentra el substrato su medio de crecimiento el cual también es otra fuente con alto contenido de inercia térmica y materia húmeda.

Como ya se explico, la azotea verde perteneciente a uno de los auditorios analizados demostró a través de los resultados obtenidos que por el hecho de contener materiales constructivos de gran espesor y peso volumétrico, dotan a dicha edificación de una alta masa térmica, un amortiguamiento calorífico efectivo en la mayor parte del año, acompañado de inercia térmica o capacidad de almacenar calor y así como enfriamiento radiactivo por el efecto de evaporación en la vegetación y substrato, que unidos logran que los cambios de temperatura y calor que se propagan a través de dichos materiales sean más lentos, y la higrometría se presente en mayor cantidad.

A propósito de los materiales y el efecto termohigrometrico que producen los mismos, la azotea verde que se encuentra construida en los auditorios de la Universidad de chapingo, pertenece al tipo extensivo y cuenta con la integración de los siguientes componentes:

Imagen 41. azotea verde tipo extensivo en auditorio 4.



Elaboración del autor.

La sinergia o trabajo en conjunto de todos los materiales que integran a la azotea verde conforman a un elemento de protección que efectivamente disminuye la incidencia de energías externas que se transfieren al interior del auditorio con este sistema en menor cantidad, lo que representa un mejor aislamiento térmico.

#### 4.3 Espacio arquitectónico de los auditorios y azoteas verdes.

Los auditorios objetos del presente caso de estudio, se encuentran conformados por materiales constructivos descritos en el subcapítulo 3.2. para efectos de este apartado la intención es interpretar al espacio arquitectónico en unión con la azotea verde, para explicar su relación con los efectos provocados por la ganancia de temperatura y humedad interior a través de la envolvente del edificio.

Como ya se menciona en capítulos anteriores, la envolvente volumétrica de dicho caso de estudio es participe de cumplir con la función de ser un elemento constructivo limitante del espacio interior con respecto al espacio exterior, subrayando que el exterior, es una fuente generadora de transferencias naturales de energía que se encuentra en relación directa con las condiciones climatológicas determinadas en una región.

Con respecto a este punto se señala que los elementos que intervienen para generar las condiciones climatológicas externas son:

La vegetación:

En arquitectura bioclimática esta es utilizada como un mecanismo para controlar la incidencia solar sobre las edificaciones, también para modificar la velocidad y dirección del viento, como barrera visual, decoración en espacios abiertos, así como proveer de un ambiente exterior confortable ya que aumentan la humedad en el ambiente, García Tavera (1999:196) menciona que la vegetación desempeña funciones de control bioclimático y que los cambios son más notables en el clima debido a que la vegetación intercepta la luz solar disminuyendo la insolación y reflexión solar además del microclima, referente a este párrafo Givoni (1994:193) refiere específicamente a la tierra como recurso útil para enfriar a los edificios, explicando que la superficie del suelo, absorbe la radiación solar dependiendo del material que lo cubre, como es el caso de la vegetación, poniendo como ejemplo el uso de pasto que logra minimizar e incluso eliminar, el efecto de calentamiento refrescando el ambiente y las superficies circundantes.

La estructura física del entorno donde están asentados los auditorios se compone mayormente de vegetación (ver imagen 42) que se presenta de forma abundante compuesta por 17 árboles de raíz profunda como el pino, laurel entre otros distribuidos alrededor de una superficie correspondiente a 3,112 metros cuadrados recubierta de pasto.

Imagen 42. vegetación en el caso de estudio.



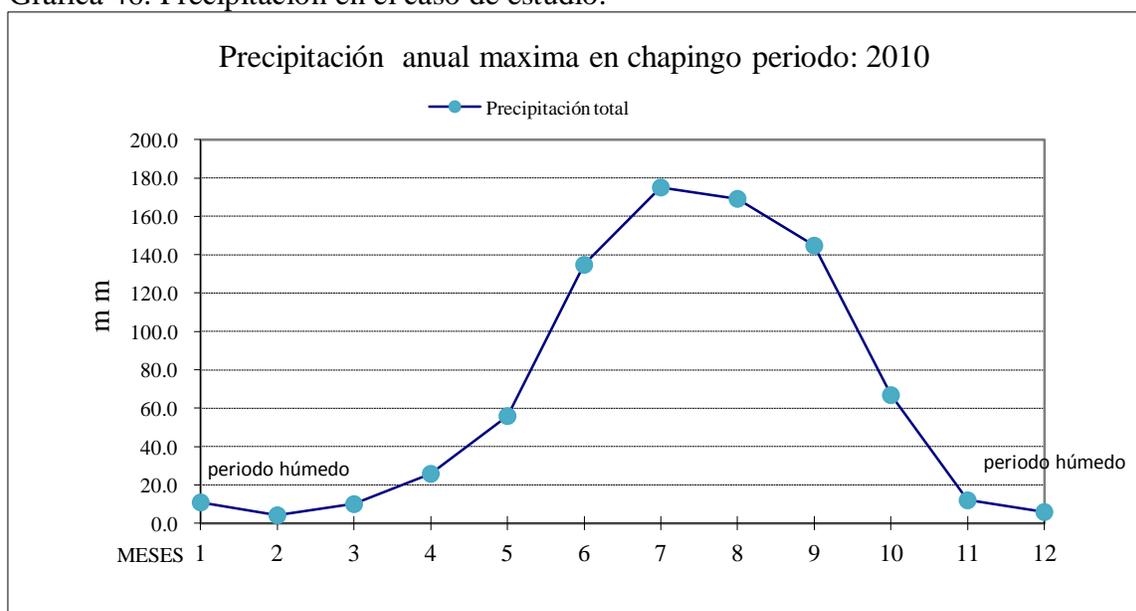
Elaboración del autor.

La importancia de mencionar este dato, radica en la explicación de que al evaporarse el agua contenida por dicha vegetación, se genera mayor producción de higrometría externa, y como la disposición espacial de los auditorios se encuentra en contacto con esta superficie, en especial con el único muro que se ubica al sur del lado posterior de cada auditorio, la humedad contenida tanto en la vegetación como en el medio ambiente, se le transfiere a cada muro, aumentando la higrometría de la cara exterior e interior de este material, funcionando como un elemento de refrigeración en las mismas. A través de estas observaciones y en los valores obtenidos en las tablas de humedad externa y de las características del bioclima semifrío, se deduce a que las condiciones climáticas del sitio en las horas de la noche se presenten humedades más bajas, mientras que en el día sean más cálidas, propiciando la sensación de frescura. En definitiva, recubrir una superficie con vegetación estimula a que la humedad relativa aumente, la acumulación de calor y temperatura del aire disminuya unos cuantos grados menos.

Continuando con la importancia de la vegetación circundante al caso de estudio, hay que mencionar la relación del trinomio; vegetación, humedad y precipitación pluvial, ya que el agua que se infiltra en el suelo depende de la constitución geológica del terreno, cuando existe de por medio una cobertura de vegetal como el pasto que recubre el suelo del caso de estudio, gran parte del agua de lluvia en forma de precipitación, es retenida por la vegetación y cuando los rayos solares inciden sobre dicha superficie vegetal, mediante el proceso de transpiración, es regresada en forma de vapor al ambiente exterior, que da vida a la humedad ambiental.

En lo que concierne a la precipitación recibida en bioclima semifrío de la localidad donde se encuentran los auditorios, el recurso técnico (ver grafica 46) muestra las cantidades de agua, en milímetros, máximas promedio, donde se indica que en la mitad del periodo de evaluación correspondiente al año 2010, se presento una precipitación apreciable en los rangos mensuales de junio a septiembre, lo cual indica que la estación del verano a pesar de ser cálida, también tiene altos índices de lluvias sobre esta localidad. Mientras que la estación de invierno es el periodo menos lluvioso pero más húmedo.

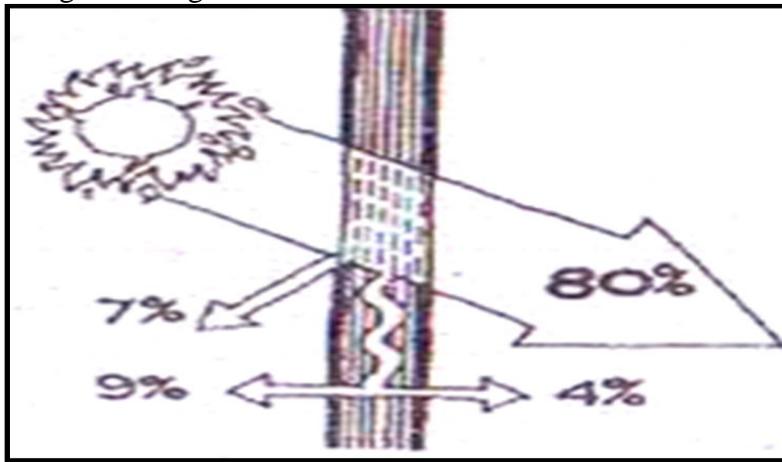
Grafica 46. Precipitación en el caso de estudio.



Elaboración del autor con datos de smn.

Otro elemento importante que se encuentra en la gran mayoría de las edificaciones, y que dicho sea de paso, funciona como conexión visual entre el espacio interior y exterior, así como para iluminación y ventilación, es la ventana. Su importancia radica en que este dispositivo determina en gran medida, las condiciones del clima interior debido a ser asociada desde el punto de vista de la arquitectura bioclimática, como un potencial sistema de ingreso calorífico, por las características del vidrio ligadas a sus condiciones de empleo hacen que una superficie acristalada, sea la mayor fuente conductora del calor en una edificación, (ver imagen 43) ya que por su característica de ser un material transparente, su capacidad para retener a los rayos solares es baja.

Imagen 43. Ingreso de radiación al interior de un local



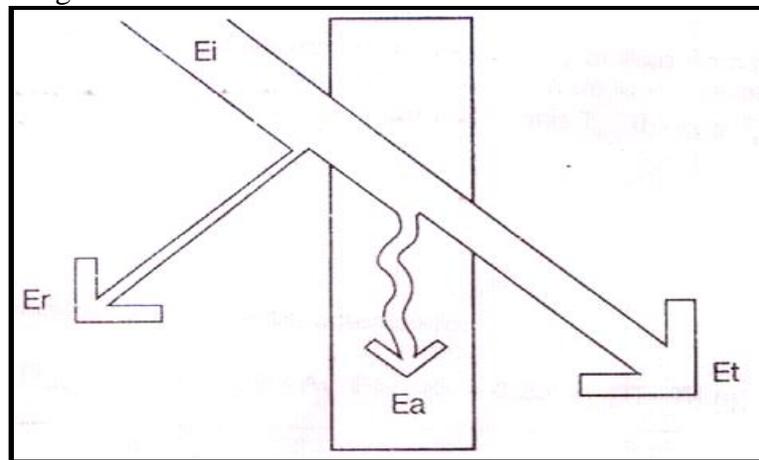
Elaboración del autor.

A la par Konya (1980:45) explica que la radiación solar influye en el edificio en dos formas; no solo es absorbida por las superficies del muro y de la cubierta, sino que también entra a través de las superficies acristaladas que transmite la radiación solar, o radiación de onda corta, trayendo como consecuencia el efecto invernadero.

Para el caso de estudio presente se hace mención de debido a que no se cuentan con este elemento transparente en ninguna de sus cuatro paredes por lo cual el ingreso de calor por este medio queda totalmente anulado, en base a los resultados obtenidos se sustenta que por la ausencia de vidrio en ambos auditorios, el ingreso de calor es proveniente únicamente de la losa y del único muro en contacto directo con la radiación, que está ubicado en dirección sur, por lo cual las temperaturas internas presentadas gráficamente suelen ser casi lineales pareciendo ser más estables, en comparación de las temperaturas externas.

Los factores mencionados como es la radiación solar, la temperatura del aire, humedad relativa, precipitación pluvial, vegetación, que interactúan con la envolvente del caso de estudio, participando activamente para dotar de un cierto nivel de contenido energético exterior a los materiales de la envoltura, provocando que estos tengan posibles pérdidas o ganancias de calor que se transmiten del espacio exterior al interior de dichos auditorios, como fórmula Katzman (2000:79) explicando que la energía calorífica se propaga mientras existan diferencias de temperaturas entre una superficie y otra, cuando el aire exterior de las superficies externas están más calientes que el interior, el calor se transmite a través de la construcción de afuera hacia adentro, así mismo cuando el aire interior tiene una temperatura mas alta que la del exterior, el calor se transmitirá hacia afuera, al respecto Cóllet (1997:133) define a la transmisión térmica, como el tiempo que transcurre entre el momento en que se registra, la temperatura máxima del aire en el exterior y la temperatura máxima del aire en el interior, si a este fenómeno se le añade la existencia de un flujo térmico radiante (energía solar) sobre uno de los ambientes, el proceso de transmisión térmica se ve afectado de manera importante, este es precisamente el caso que se presenta en los edificios en donde la diferencia de nivel térmico entre dos ambientes que se encuentran separados ya sea por una cubierta o pared, se produce un flujo de calor a través de esta que va del ambiente de mayor temperatura al de menor.

Imagen 44. Ganancia de calor en cubiertas o muros.



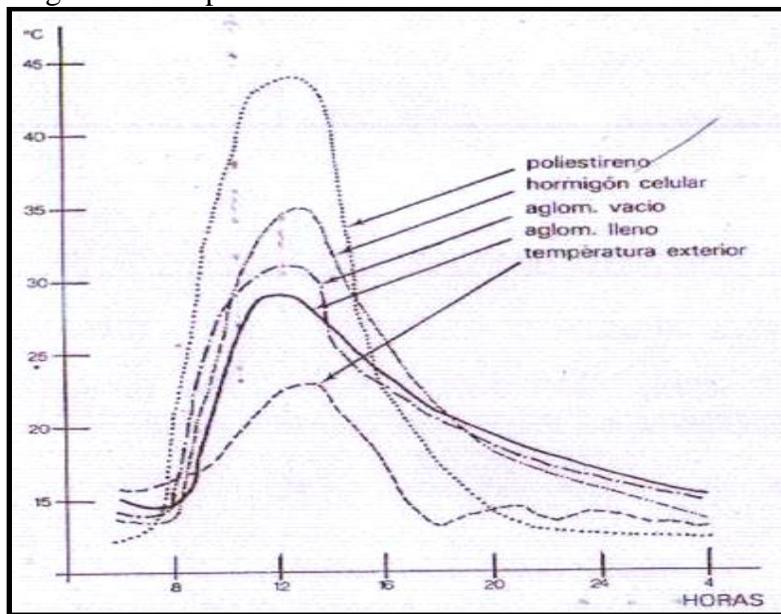
Fuente: Collet, 1997.

Ei- Energía incidente de la radiación solar; Er- Energía reflejada por el material; Ea- Energía acumulada en la cubierta o muro; Et- Energía transmitida al interior de un local.

Por otra parte, se considero las propiedades termofísicas de los materiales de cada elemento que forma la construcción de los auditorios, ya que en virtud de ellas la variación de la temperatura ambiente se amortiguo y desfase al pasar a través del material.

Givoni (1998:93) explica a través de los resultados de experimentaciones (Ver imagen 44) hechas en el Edificio de investigación estacionaria de Haifa Israel, como sigue: los calentamientos instantáneos disminuyen cuando la capacidad de almacenar calor en las paredes aumenta el efecto de acumulación, este efecto aumenta en las paredes pesadas.

Imagen 45. Temperaturas internas con distintos materiales.



Elaboración del autor.

La evolución de temperaturas interiores del edificio mencionado, bajo efectos de la penetración de los rayos solares en función de sus paredes, en base a los resultados obtenidos por Givoni (1998) muestra que cuanto más pesados sean los materiales empleados, mas aplastada queda la curva de temperatura, lo cual muestra la influencia de la inercia térmica en materiales que tienen como característica alta densidad y baja conductividad térmica como más adelante se presentara un cálculo matemático acerca de los materiales que confinan la envolvente constructiva de los auditorios.

Antes de pasar al mencionado cálculo matemático, hay que anunciar que la absorción y transmisión del calor, se da a través de la conducción y esta sucede únicamente en elementos sólidos como son los materiales constructivos, al respecto Deffis; León (1999:138) definen a la conducción como el paso del calor a través de moléculas de un material sólido, dicho paso o propagación del calor varía en función de las diferentes propiedades y capacidades de conductividad térmica presente en los materiales. Con respecto a las características de los materiales de ambos auditorios, (Ver foto 54) estos se encuentran delimitados del exterior por muros de piedra braza con un espesor de 45 cm que al interior cuentan con un aplanado fino con acabado de pintura blanca el auditorio sin el sistema de azotea verde tiene una losa de 20 cm, mientras que el otro auditorio cuenta con un espesor total de 60 cm contando la losa y demás capas que integran a la azotea verde. Como nota aclaratoria, Solo existe un muro que está expuesto a la radiación solar que se ubica del lado posterior en cada auditorio.

Foto 54. A4-Auditorio con azotea verde-Izquierda; A3-Auditorio sin azotea verde-Derecha.



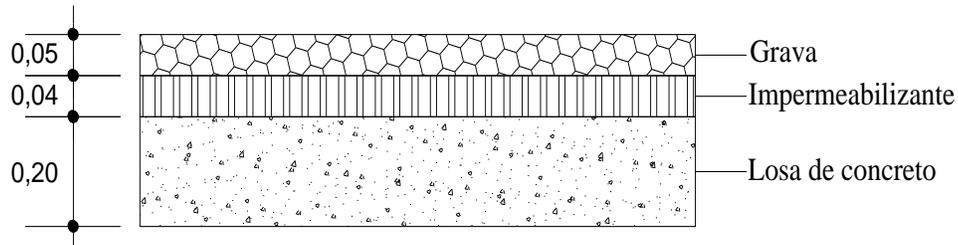
Elaboración del autor.

Para obtener un estimado del flujo de calor que ingresa por medio de los elementos constructivos que configuran a la envolvente de ambos auditorios, se realizó un cálculo térmico, una vez obteniendo dichos datos se determinó el nivel de ingreso calorífico que aportan los muros y losas, con miras a conocer el nivel de conductividad térmica y resistencia al flujo térmico producida por dichos materiales.

Calculo de transferencia de calor (U) y conductividad térmica (Qc) a través de losas y muros de auditorios 3-4.

-Debido a que los cerramientos o muros de las envolventes que componen a cada auditorio, no cuentan con materiales transparentes (vidrio) se omite su intervención para este cálculo.

Losa de auditorio A3 sin azotea verde



Material	espesor	(K) W/m°C
Losa	0.20 cm	1.5
Impermeabilizante	0.004 cm	0.05
Grava	0.05 cm	2

Coefficiente global de transferencia de calor ( en losa de Auditorio Sin Azotea Verde)

$$U = \frac{1}{1/h_e + e/k + 1/h_i}$$

$$U = \frac{1}{1/17.03 + 0.20/1.5 + 0.04/0.05 + 0.05/2.00 + 1/9.36}$$

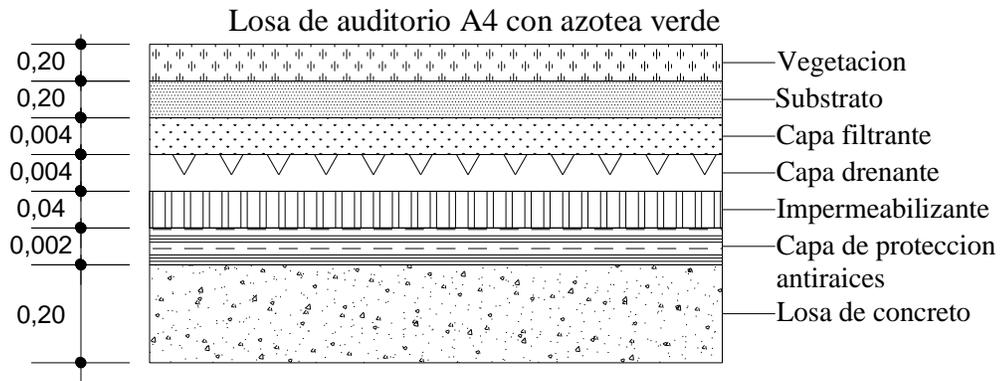
$$U = \boxed{2.457 \text{ W/m}^2\text{C}}$$

Coefficiente de flujo calorífico (Conductividad Térmica) en losa de Auditorio Sin Azotea Verde

$$Q_c = U A (t_e - T_i)$$

$$Q_c = 2.457 \text{ W/m}^2\text{C} \times 105.6 \text{ m}^2 \times (27.3 - 22.31)$$

$$Q_c = \boxed{1,294.7 \text{ W/m}^2 \text{ h} \quad \text{ingreso total de calor por losa}}$$



Material	espesor	(K) W/m°C
Losa	0.20 cm	1.5
2 Capas de proteccion	0.004 cm	1.2
Impermeabilizante	0.004 cm	0.05
Capa drenante	0.004 cm	0.03
Capa filtrante	0.0058 cm	0.002
substrato y vegetacion	0.40 cm	0.12

Coefficiente global de transferencia de calor (en losa de auditorio Con Azotea Verde)

$$U = \frac{1}{1/h_e + e/k + 1/h_i}$$

$$U = \frac{1}{1/17.03 + 0.20/1.50 + 0.004/1.2 + 0.004/0.05 + 0.004/0.03 + 0.0058/0.002 + 0.40/0.12 + 1/9.36}$$

$$U = \boxed{0.148 \text{ W/m}^2\text{°C}}$$

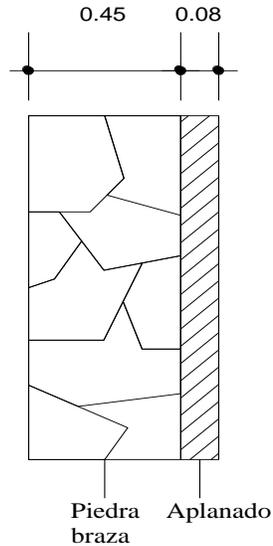
Coefficiente de flujo calorifico (Conductividad Termica) en losa de Auditorio Con Azotea Verde

$$Q_c = U A (t_e - T_i)$$

$$Q_c = 0.148 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 105.6 \text{ m}^2 \times (27.3 - 21.55)$$

$$Q_c = \boxed{89.86 \text{ W/m}^2 \text{ h}} \quad \text{ingreso total de calor por losa}$$

Cerramiento tipo para auditorios 3-4.



Material	espesor	(K) W/m <sup>o</sup> C
Muro de Piedra Braza	0.45 cm	1.53
Aplanado	0.08 cm	0.6

Coefficiente global de transferencia de calor en Muros de auditorios

$$U = \frac{1}{1/34.06 + 0.45/1.53 + 0.08/0.60 + 1/9.36}$$

$$U = \boxed{1.766 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}}$$

Coefficiente de flujo calorifico (Conductividad Termica) en Muros de Auditorios

$$Q_c = U A (t_e - T_i)$$

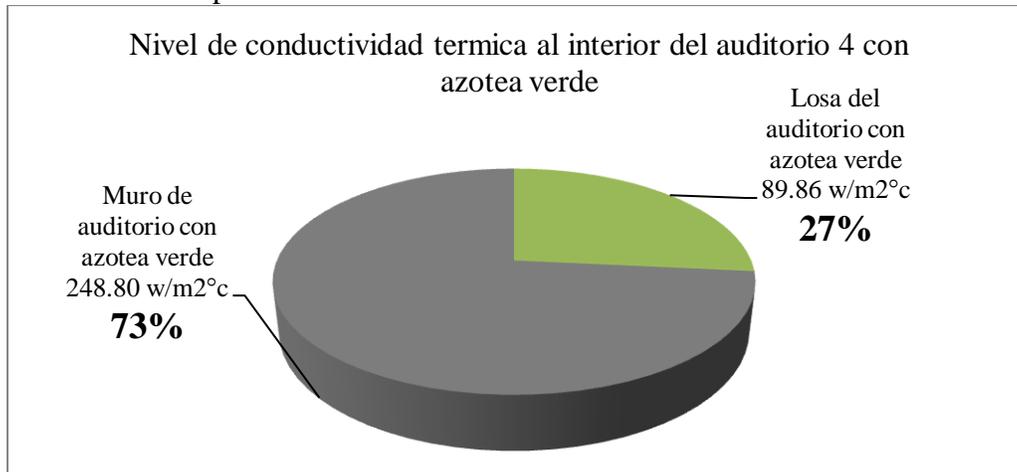
$$Q_c = 1.766 \text{ W/m}^{\circ}\text{C} \times 24.5 \text{ m}^2 \times (27.3 - 21.55)$$

$$Q_c = \boxed{248.80 \text{ W/m}^2 \text{ h}}$$

Ingreso de calor por muros al interior de ambos auditorios.

De acuerdo a los resultados obtenidos por cálculo anterior, en la grafica 47 se muestra el nivel dado en porcentajes de transferencia calorífica, que tienen los materiales envolventes del auditorio 4, en donde se obtuvo un valor de conductividad total de 338.66 w/m<sup>2</sup>°c. Lo cual sugiere que la azotea verde, es un sistema con alta resistencia al flujo térmico y baja Qc. Por ello disminuye la temperatura y aumenta la humedad relativa hacia el interior.

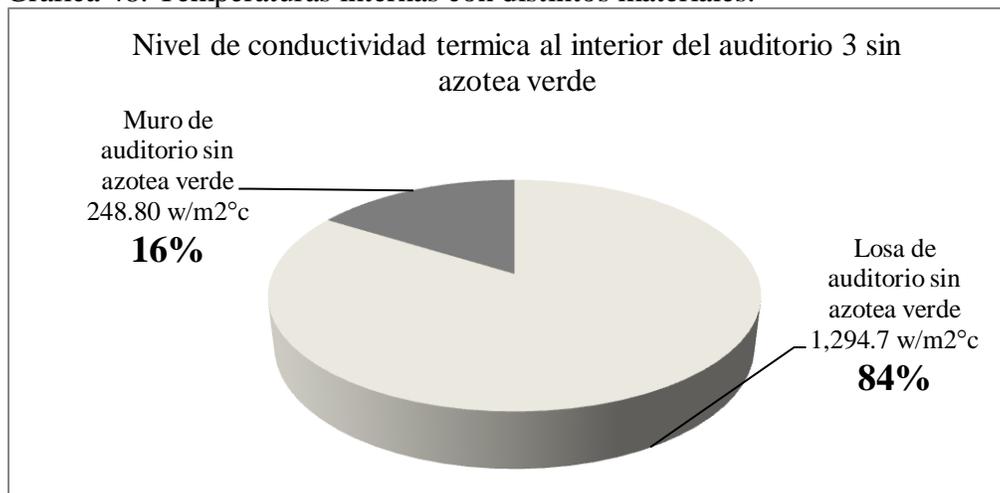
Grafica 47. Temperaturas internas con distintos materiales.



Elaboración del autor.

Mientras que el auditorio 3, (Ver grafica 48) obtuvo una conductividad térmica de 1,544 w/m<sup>2</sup>°c, es un indicador de que la losa sin dicho sistema, aporta un ingreso térmico 14 veces mayor en comparación del auditorio 4, dejando claro que es un material portador de alta conductividad térmica repercutiendo en el aumento de temperatura y disminución de humedad en el ambiente interior del auditorio.

Grafica 48. Temperaturas internas con distintos materiales.

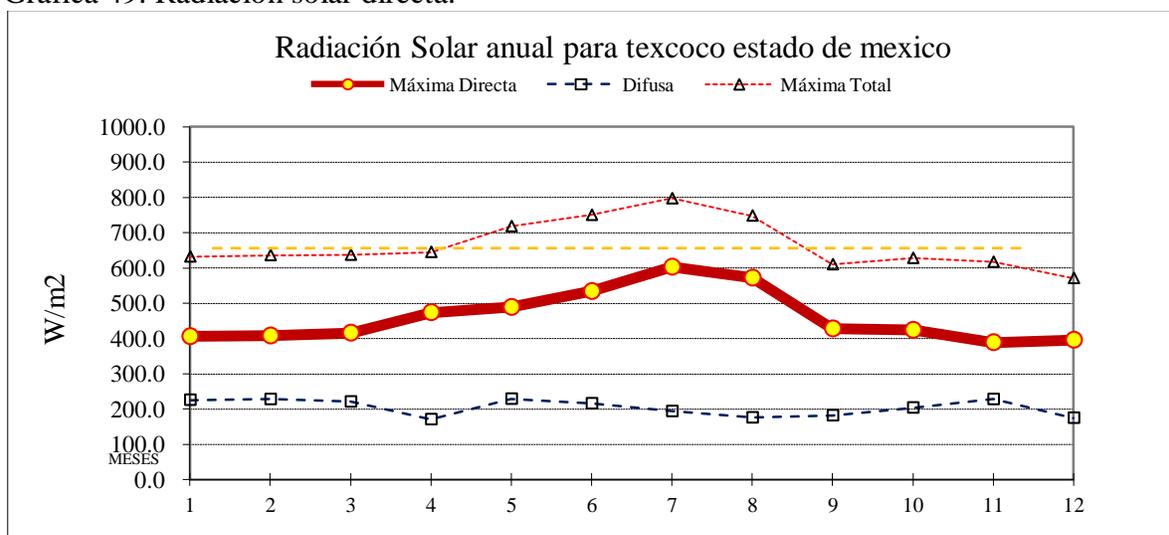


Elaboración del autor.

#### 4.4 Termohigrometria y radiación solar

Como ya se menciona, la intensidad de la radiación solar sobre una superficie, se relaciona con el ángulo de incidencia, pero en este caso no por la porción de atmósfera que los rayos solares deben atravesar, sino por la distribución de estos sobre las superficies en las que se proyectan. Es de especial interés para el trabajo presente tomar en cuenta la radiación solar directa debido a que Olgyay (1998:35) Explica que la radiación de este tipo es la que prácticamente no recibe transformación alguna, al atravesar la capa atmosférica y por ello logra pasar hasta la superficie terrestre, por lo que su intensidad estará determinada en función de la altitud solar y el ángulo de incidencia sobre la superficie, continua comentando que al mediodía cuando el sol se encuentra en el punto más vertical, la cantidad de energía recibida será mayor. Por lo que las superficies más afectadas por la radiación solar directa son los planos conformados por los cerramientos de los edificios.

Grafica 49. Radiación solar directa.



Elaboración del autor con datos de la estación meteorológica montecillo.

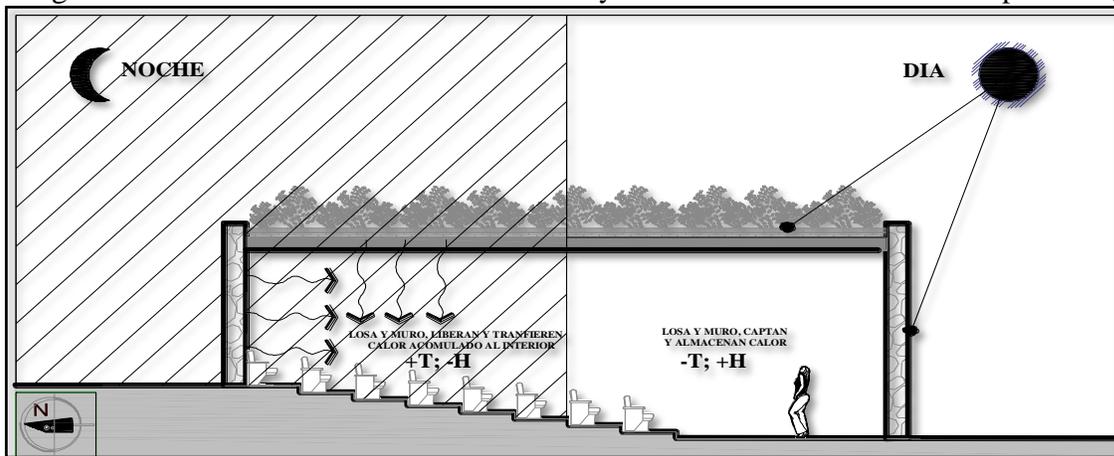
En la grafica (Ver grafica 49) se muestra la radiación solar directa máxima existente en Texcoco 2010, donde los valores obtenidos indican que el periodo de máxima radiación se encuentra situada en la estación de verano que comprende los meses de junio, julio, agosto, en donde julio presenta una mayor incidencia directa de aproximadamente 600 w/m2. Mientras que en invierno compuesta por diciembre, enero y febrero son los periodos de menos incidencia directa llegando a 400 w/m2, es decir 200 w/m2 menos que en Verano.

En el sub capítulo 3.4 se exponen gráficamente a las temperaturas que presentan un movimiento casi rectilíneo, esto es debido a que los auditorios se encuentran en un estado de asilamiento, producto de las propiedad que tienen los materiales, sin bien son elementos que contienen una considerable resistencia térmica en comparación de los materiales convencionales, también tienen una apreciable inercia térmica que les ayuda a acumular calor lo que conduce a que los cambios de temperatura que se propagan a través del material sean más distanciados en tiempo, capturándose y acumulándose por el día y liberándose por la noche dicha energía calorífica. A lo cual Bocanegra (1972) agrega que los materiales pesados, generan el efecto de masa térmica y entre estos materiales se encuentra, la piedra, el adobe y la tierra en general, así como el concreto. Estos materiales pesados, tienen la capacidad de acumular la energía calorífica, producto de la radiación solar, para posteriormente repartirla gradualmente, en toda su composición intrínseca en comparación de los materiales de construcciones livianas, que son de menor espesor y peso específico, por lo cual no tienen capacidad de acumular calor, es decir la energía solar captada la transmiten con mayor facilidad de tiempo al interior de un espacio.

Debido a que los materiales pesados, requieren un mayor transcurso de tiempo horario y una mayor cantidad de energía para aumentar su temperatura para cumplir con este aumento, los procesos de transmisión de calor por conducción a través de ellos propician un efecto de almacenamiento de calor, como se da el caso en los auditorios del presente caso de estudio, los cuales están contruidos por materiales pesados con muros de piedra braza, de un espesor igual a 45 centímetros, es decir, 3 veces el espesor de un muro convencional, las losas de concreto tienen 20 centímetros de espesor, con la particularidad de que encima de la losa de un auditorio, se tiene un agregado de tierra de 15 centímetros que es el sustrato en donde se planto vegetación, dando forma a la azotea verde. Mientras que el otro auditorio, solo tiene la losa de concreto. Pues bien, dichos materiales, reciben una cantidad importante de radiación solar durante el día, como ya se menciona la radiación solar calienta la cara exterior de las losas, los muros y el agregado de tierra. Ese calor, es absorbido y transmitido lentamente hacia la cara interior. Una vez que la losa, el muro y el agregado, recibieron la mayor cantidad de energía calorífica, es decir un par de horas después de que el horario solar termina y entra el horario nocturno para este momento los materiales mencionados, han almacenado una cantidad importante de energía calorífica, tiempo después de que la superficie exterior, ha dejado de recibir radiación.

A pesar de que en la noche, el muro, la losa, y demás agregados mencionados, pierden calor hacia afuera, debido a que la temperatura exterior desciende, una cantidad del calor ganado y acumulado durante el día seguirá ingresando, porque la cara interior de los materiales, alcanza una mayor temperatura con respecto a la temperatura exterior, contribuyendo finalmente a calentar el espacio interior. En este aspecto se determina que las condiciones Termohigrometricas de los auditorios responden a las pérdidas y ganancias de calor que está teniendo en un momento dado, día y noche (Ver imagen 46), en función de factores externos como la estación del año, el bioclima y características ambientales externas, hay que mencionar que la humedad incide en la alteración de la energía térmica incrementándola o disminuyéndola en función de la cantidad calorífica liberada.

Imagen 46. Acumulación térmica durante el día y liberación de calor en la noche para A-3,4.



Elaboración del autor.

Se tiene como ejemplo el comportamiento ambiental interior del auditorio 4 con azotea verde en donde se apreció que durante el verano en el mes de julio 2010 obtuvo un desempeño térmico con un valor de 20.93 °C a las 23:00 hrs en comparación de las demás estaciones, así también la humedad aumentaba en el día hasta un 60% y disminuía durante la noche, mientras que en invierno se exhibió el momento más bajo ya que en temperatura obtuvo un máximo de 16.62°C y una humedad de 55.01%,

En comparación el auditorio 3 sin azotea verde en verano sumo su temperatura a 22.51°C obteniendo 1.58°C más que el auditorio 4 también su higrometría disminuyo a 58.05%, mientras que en invierno su temperatura máxima en febrero llego a 17.60°C y un 46.78% de humedad, a pesar de que la termohigrometría es estable al interior en cualquiera de los dos auditorios se produjo condiciones interiores de mal estar en las variables de estudio.

## CONCLUSIONES.

Con base a los valores obtenidos durante el monitoreo de la investigación presente se relacionan las siguientes conclusiones:

Los datos demuestran que la azotea verde regula el ambiente térmico interior en función de la época del año, debido a la combinación de materiales aislantes de baja conductividad térmica, dado que los rayos solares son captados y absorbidos por la vegetación, las hojas de las plantas tipo Sedum en dicho auditorio, producen sombra directa sobre el substrato impidiendo que llegue de forma directa a la losa, con este hecho se produce un efecto que ocasiona un cambio en la temperatura ello la predispone como un dispositivo para la protección del asoleamiento en verano, sin embargo para invierno es contraproducente.

La vegetación provee de sombreado al substrato, lo cual reduce el sobrecalentamiento sobre el mismo, producto de la radiación solar además de que las plantas tienen la capacidad de reflejar de un 20 a un 30% y disipar la energía solar por la evapotranspiración durante sus procesos biológicos.

De esa manera la inercia térmica producida por los cerramientos, interactúa más eficientemente con la producción termohigrométrica de los espacios interiores, mientras que el aislamiento de los materiales que componen a la azotea verde constituye un filtro al ingreso de calor en la estación del verano, que es el periodo del año más cálido, con esto se comprobó que el auditorio con azotea verde (A4) mantiene la ganancia de calor en menor medida, logrando una disminución térmica en comparación del auditorio sin azotea verde (A3) sin embargo durante los periodos fríos de invierno se desfavorece la temperatura interior del A4 aumentando la pérdida de esta.

Los datos cuantitativos obtenidos en la presente investigación hicieron notar que durante las estaciones de verano e invierno, la cubierta del A4 es decir el auditorio que tiene construida la azotea verde es el que presenta un menor ingreso del flujo de calor y a su vez, obtiene un menor consumo energético. en comparación de la cubierta del A3 es decir el auditorio sin azotea verde, esto es debido a que no cuenta con las mismas capas que forman el aislamiento del A4, por eso es que está cubierta presenta el ingreso del flujo calorífico y el mayor consumo energético.

Se utilizo como parámetro de comparación al espacio arquitectónico que contiene a la cubierta del A3 debido a que ambos auditorios cumplen con las mismas características en cuanto a los materiales, el sistema de ordenamiento geométrico, funcional, dimensional, orientado y ubicado en el mismo sitio, con cubiertas en posición horizontal, dentro un bioclima semifrío. De tal manera que al comparar los datos entre uno y otro, las diferencias dadas entre los mismos, propiciarían información con alto nivel de confianza cuantitativa.

En la mayoría de las edificaciones se emplean azoteas o cubiertas sin aislamiento por ello en la actualidad se busca dar solución a estos problemas que trae consigo la producción y gasto de energía con el aprovechamiento de los medios naturales para contrarrestar estos efectos de acumulación de calor, y como alternativa para contribuir a solucionar este problema de carga térmica interior, se está empleando el uso de azoteas verdes.

Sobre los resultados presentados en el coeficiente de transmisión de calor (U), se debe mencionar que, este se encuentra definido por la presencia del aislamiento. Por lo cual se determino que la sinergia del aislamiento y los materiales que integran a la azotea verde del A4 conllevan a que este sistema constructivo presentara el valor más bajo de ingreso de calor correspondiente a  $89.86 \text{ W/m}^2 \text{ h}$ , mientras que en la azotea del A3 que carece de dichos materiales y aislamiento, presentara el mayor ingreso de calor correspondiente a un total de  $1,294.7 \text{ W/m}^2 \text{ h}$ , lo cual informa que una azotea sin azotea verde ingresa 14 veces mayor cantidad de calor.

Con respecto al retraso térmico, se menciona que estos se encuentran relacionados con la inercia térmica o capacidad de almacenar calor por parte de las azoteas, los datos obtenidos mostraron que la azotea con mayor retraso térmico entre la hora que penetra la energía en la cara exterior de la azotea y la hora a la que se transfiere a la cara interior, en promedio durante los 13 meses de evaluación fue obtenido por el A4 con un total de 5 a 9 hrs, mientras que el A3 consiguió de 3 a 6 hrs de retraso térmico, lo cual indica que la azotea verde tiene la capacidad de almacenar calor durante más tiempo, en comparación de una azotea convencional. En el verano e invierno se apreció el proceso de retraso a favor del A4, mientras que en A3 se vio disminuido este factor.

Por otro lado, la amortiguación de la cantidad de energía que no llega a pasar a través de la azotea, para el A4, fue de 0.62 a 0.88, mientras que en el A3 fue de 0.68 al 0.99, lo cual indica que el A4 con azotea verde amortigua la energía solar, contribuyendo a una disminución térmica al interior del espacio arquitectónico, mientras que el A3 tiene presente una menor eficiencia en el amortiguamiento, lo cual provoca en mayor medida que se ingrese más cantidad de calor al interior del espacio, de igual manera para la estación del verano e invierno se apreció el proceso de amortiguamiento a favor del A4, mientras que en A3 se vio disminuido este factor.

Por medio de la comparación acerca del desempeño térmico de los dos auditorios, se concluyó que, el auditorio con azotea verde (A4) presentaba rangos de temperatura inferiores en comparación del auditorio sin azotea verde (A3)

Los materiales que los constituyen a los cerramientos de ambos auditorios propician que exista un retraso térmico de 5 horas, pero con la existencia de la azotea verde en el A4 se produce un el retraso térmico de 7 horas y un amortiguamiento térmico de 1 a 3°C mejora la aislación térmica de los edificios y la humedad existe debido a un enfriamiento del aire que se encuentra circulando al interior de una edificación.

Sin embargo a pesar de que el amortiguamiento y retraso apuntan favorablemente para el A4, este tiende a estar fuera de los rangos de termohigrometria en las 4 estaciones, pero en mayor medida se nota un alto déficit de bienestar durante el periodo de invierno. Con respecto al A3 este también se ubica fuera de los rangos de confort, pero mantiene una proximidad más cercana a estos rangos en comparación del A4.

El bienestar termohigrometrico, marca los límites de temperatura y humedad para que el ser humano pueda realizar sus procesos metabólicos óptimamente, estos varían en función del grupo humano y su entorno climatológico, para la investigación presente se tomo como criterio los rangos establecidos por Olgay (1962:18) para los lugares establecidos entre los trópicos en donde México se encuentra dentro de dichos rangos.

Derivado de lo anterior es relevante mencionar que el cuerpo humano, se encuentra en un continuo intercambio térmico con su entorno circundante, cuando las condiciones climatológicas externas del medio en donde se encuentra no le son favorables, el organismo humano tiende a ser afectado, ya que para un funcionamiento optimo del mismo requiere de una temperatura interna constante de  $37^{\circ}$ , cualesquiera que sean las condiciones térmicas de su entorno inmediato, cuando una persona es capaz de conservar esa temperatura sin algún tipo de esfuerzo fisiológico, se encuentra en un estado conocido como bienestar térmico, el cual indica su satisfacción fisiológica con respecto a dichas condiciones. Pero cuando este no se encuentra favorecido por su entorno, como respuesta su propio mecanismo de termoregulacion se someterá a un esfuerzo mayor para conservar dicha temperatura interna

Ante tales circunstancias el ser humano a encontrado algunos recursos de termoregulacion para intervenir sobre el medio ambiente y transformarlo a su favor para llevar a cabo sus actividades, por decir algunos se tiene: La propia actividad física, el desplazamiento hacia lugares en donde las circunstancias climáticas sean menos adversas como estar en un espacio cerrado y frio, para desplazarse a un espacio abierto en contacto directo con el sol, la fabricación de ropa y por último las edificaciones.

Sin embargo cuando una edificación presenta circunstancias climatológicas interiores desfavorables, será necesario intervenir en la modificación del mismo para generar un entorno de bienestar termohigrometrico en los usuarios que habitan dicho espacio.

Se determino que las ganancias o pérdidas térmohigrometricas internas que se presentaron al interior de ambos auditorios, fueron controladas por las propiedades termofísicas de los materiales que integran a la envolvente, es decir fueron ganancias indirectas, ya que los rayos solares inciden sobre la masa almacenadora que son los cerramientos, los cuales transfieren el flujo de calor al interior, en otras palabras los materiales con los que se construyeron los auditorios, como los muros de piedra braza, el espesor de 45 cm de estos, la losa de concreto armado con 20 cm de espesor; captan, colectan y almacenan el calor del sol y transforman esa energía en calor transfiriéndola al espacio arquitectónico interior, lamentablemente estos materiales no son los apropiados para llegar alcanzar un bienestar termohigrometrico favorable.

En definitiva la azotea verde y los materiales que componen a los auditorios, no son los más convenientes para generar un entorno termohigrometrico favorable en los usuarios de dicho espacio arquitectónico, para el bioclima semifrío presentado en este caso de estudio.

Analizando los componentes que intervienen en la azotea verde y a su vez en la modificación del comportamiento climatológico interior, se menciona que la capa de substrato es la responsables del desarrollo y la nutrición de la vegetación que se siembra en las azoteas verdes, este elemento parece ser un filtro térmico que dota de ventaja a la cubierta para provocar un calentamiento lento en esta, con ello se logra disminuir y retardar las variaciones térmicas exteriores, que se transmiten al interior en menor medida.

Por otra parte el agua y humedad contenida en el sustrato durante el verano, los datos revelaron que cuando el sustrato estaba humedecido especialmente después de algo de lluvia, bajaba la temperatura interna del A4. Durante el invierno, la presencia de humedad en el sustrato también favorecía la evaporación en las horas de radiación solar, y bajaba las temperaturas del sustrato, lo que suponía pérdidas térmicas por la cubierta y también al interior del espacio arquitectónico del A4.

El aislamiento térmico utilizado en la azotea verde del A4 estuvo compuesto por las capa de protección anti raíces, el impermeabilizante, capa drenante y capa filtrante que proveyeron de una alta resistencia térmica a dicho sistema constructivo, en donde se observo que en este auditorio con azotea verde se obtuvieron las mayores reducciones de temperatura debido a estos componentes.

Se señala que debido a la ausencia de superficies transparentes o acristaladas como ventanas integradas en la envolvente de ambos auditorios, el ingreso calorífico que podría tenerse al interior de estas edificaciones que anulado por lo cual la ganancia de calor es directamente responsable de los materiales con los que cuentan estos, por tanto las temperaturas internas son disminuidas en comparación de otras edificaciones.

El volumen y circulación del viento que se produce al interior de los auditorios es bajo, lo cual propicia a que las temperaturas se presenten en forma semi recta, es decir más estables, en comparación de otros experimentos presentados en esta investigación.

Ante la falta del suministro de agua la azotea verde puede integrar un sistema de recolección, filtrado, purificación y almacenamiento de agua pluvial para ser reutilizada ya sea para su propio riego o en el uso doméstico, evitando que dicho líquido se dirija al drenaje y no sea aprovechada. Por ello es que sería importante integrar a este sistema constructivo un sistema de depósito a fines de lograr la captación de agua de lluvia.

Se confirma que la hipótesis que suscribe: “Las azoteas verdes que están construidas sobre superficies horizontales, ubicadas en edificaciones pertenecientes a bioclimas semifríos, incrementan la humedad relativa y disminuyen la temperatura del aire, en el interior de un espacio arquitectónico”. Se cumple durante todo el año como indican los datos numéricos presentes en las diferentes estaciones del año.

Los valores termohigrométricos presentados en cada auditorio, determino que ambos presentan un déficit en los niveles de bienestar térmico, que se producen al interior de los mismos, mostrando que están alejados del rango de confort térmico marcado por Olgyay 1998. Sin embargo para la higrometría interna presentada estos, se posiciona como favorable para una producir una sensación de bienestar interna en ambos auditorios, al demostrar lo anterior cuantitativamente como se muestra en esta investigación en capítulos anteriores, se confirma el logro del objetivo general planteado.

Por último al analizar la causa y efecto de los factores que intervienen en los cambios del comportamiento termohigrométrico suscitados para ambos auditorios y que se presentaron en el capítulo 4. de la investigación presente, se logro cumplir con el objetivo particular planteado.

## LIMITES DEL PROYECTO.

Durante el desarrollo de la investigación presente, surgieron diversas dificultades por mencionar algunas se comenta que debido a la falta de un lugar para realizar las pruebas respectivas esto provoco un retraso en el avance de dicha investigación, buscando en el camino la Universidad Autonoma de Chapingo junto con el Dr. Ángel Gilberto Navas Gómez autorizaron dichos auditorios para que fueran los modelos de prueba en este proyecto, por lo cual se recomienda que cuando se proponga investigar sobre el presente tema, se busquen en el menor tiempo los posible los lugares y obtener la autorización correspondiente.

Los instrumentos fueron otro punto ya que a falta del apoyo institucional, se tuvo que invertir en ellos de forma individual lo cual aplazo el tiempo de lecturas, por lo cual es factible buscar las alternativas de apoyo ya sea institucional o propio.

Debido a que en la sección de posgrado e investigación, no existía ningún trabajo de investigación referente al tema presente, se tuvo que acudir a los autores y fuentes que ya han investigado sobre dicho tema, por lo cual este trabajo por ser el primero en su género puede ser una guía para encaminar otros proyectos que se desprenden del mismo anunciados mas adelante.

## RECOMENDACIONES.

Para llevar a cabo un estudio acerca de este tema de investigación, por lo anteriormente expuesto se recomienda hacer un análisis profundo sobre el lugar en donde se tiene previsto hacer las pruebas de investigación en donde será necesario conocer:

**A NIVEL EXTERIOR:** Las características geográficas en el que se ubica el caso de estudio, como la altitud, latitud y longitud, así como las características ambientales ya que estas determinan el clima que se presenta en el lugar donde se encuentra el caso de estudio en cuestión.

El ambiente exterior que rodea al caso de estudio, ubicando:

Superficies pavimentadas en contacto directo con el lugar de análisis ya que estas superficies captan y almacenan mayor cantidad de calor que contribuye a modificar el ambiente térmico exterior.

Superficies con recubrimiento vegetal también en contacto directo con el sitio a analizar, debido a que estas áreas por ser permeables, contienen agua que al ser evaporada por los rayos solares se agrega mas humedad al ambiente exterior, ambas superficies influyen en la modificación del comportamiento termohigrometrico exterior.

Arboles, que provean de sombra a dicha edificación ya que serán un filtro solar.

**A NIVEL INTERIOR.** Es vital llevar a cabo previamente una prueba piloto para monitorear las variables climatológicas a estudiar, para conocer el comportamiento que se presenta al interior del espacio arquitectónico de la edificación, durante un periodo de 1 mes durante las 24 horas, para así fundamentar una pre-evaluación y con ello calibrar los instrumentos a emplear.

Conocer los materiales que configuran a la envolvente como son la losa, muros, pisos, recubrimientos, espesores de los mismos tanto a nivel interior y exterior de la envolvente para entender correctamente el modo en que estos intervienen en el comportamiento interior de un espacio arquitectónico, en términos de termohigrometria.

De existir superficies acristaladas, ver su orientación, dimensión para estudiar el ingreso calorífico que están proveen al interior del caso de estudio en cuestión.

## LINEAS DE INVESTIGACION.

El proyecto de investigación presente cumplió totalmente con la hipótesis y objetivos establecidos. A su vez de este proyecto de investigación se derivan otros estudios que en un futuro pueden ser considerados para su desarrollo por lo cual como temas de investigación se sugieren los siguientes:

- Realizar pruebas con otras especies vegetales a las que se tuvieron en este proyecto, como por ejemplo cactáceas, enredaderas, pasto entre otras para ver las opciones más recomendables buscando obtener un mayor beneficio termohigrometrico al interior de un espacio arquitectónico.

- Idear un sistema constructivo de azotea verde que sea estructuralmente aligerado y económico, para que este pueda ser accesible a la mayoría de la población y deje de ser visto como un elemento de alto costo.

- Llevar a cabo pruebas en otros tipos de bioclimas para obtener información cuantitativa sobre este sistema constructivo y determinar la efectividad en términos de bienestar termohigrometrico.

- Fabricar un sistema de colección pluvial mediante el cual atraves de la azotea verde pueda ser captada el agua de lluvia y por medio de un proceso de captación, drenado, filtración, purificación y almacenamiento se pueda reutilizar el agua.

- Trabajar las pruebas en otro género de edificaciones ya que en este proyecto se llevo la prueba en un género educativo, quizás podría realizarse dicha prueba en casa habitación, oficinas, establecimientos comerciales, entre otros.

- Modificar el espesor del substrato en función de la vegetación, haciéndolo en varias pruebas molde para determinar cuál es el espesor más factible en dicho sistema constructivo.

## BIBLIOGRAFIA.

- Auliciems, A; Dear R, (1998) *The Thermal Adaptation and variable Indoor Climate Control” Advances in bioclimatology*. New York, Springer. P. 62
- Bocanegra, Alicia (et al) (1972) *la cubierta y el control térmico de la vivienda*. España. Universidad Mendoza.
- Briz Escribano, Julián (2004) *Naturacion urbana*. España. Mundi prensa.
- Brown, G.Z (1994) *Sol luz y viento. Estrategias para el diseño arquitectónico*. Argentina. Trillas.
- Cóllet, Laura; Maristany, Arturo; Leandra, Abadía (1997) *Diseño bioclimático de viviendas*. Argentina. Eudecor. p.62
- Camous, Roger; Wattson, Donald (1986) *El hábitat bioclimático. De la concepción a la construcción*. Barcelona, España. Gustavo Gilli. P.12
- Carbajal Ávila, Jazmín (2009) *Diseño térmico de azotea verde en clima cálido subhúmedo*. México D.F. Universidad Autónoma de México.
- Deffis Caso, Armando; León Iberri Yolanda (1999). *Energía. Fuentes primarias utilización ecológica*. México D.F. Árbol.
- De Felipe Blanch, José Juan. (1999) *Sistemas solares térmicos de baja temperatura*. España. Universidad Politécnica de Catalunya. p.9
- Edwards, Brian (2004) *Guía básica de la sostenibilidad*. Estados Unidos de América Gustavo Gili.
- Fernández González, Alfredo (2003) *Historia de los índices de confort térmico*. México. Limusa. p. 166
- García Chávez, José Roberto (2001) *Potencial de la Arquitectura Bioclimática para ahorro de energía en edificios*. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. México.

García Tavera, José Luis (1999) *Arquitectura, Medio ambiente y Desarrollo sustentable*. México D.F. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco.

García Villalobos, Ilse (2009) *Quinta fachada: una propuesta técnica y estética*. México D.F. Universidad Autónoma de México.

Givoni, Baruch. (1994) *Passive and Low Energy Cooling of Buildings* . EUA. John Wiley & Sons.

Givoni, Baruch. (1998) *Climate consideration in building and urban design*. EUA.

John Wiley & Sons, Inc.

González, Eduardo (et al) (1986) *Proyecto clima y arquitectura*. Volumen 3. México Gustavo Gili. p.32

Huntinton, Ellworth (1927) *The human habitat*. N.Y. Van Nostrand. p.50

Kaufmann, William (1990) *Notas sobre arquitectura, conceptos básicos*. México. Trillas

Lacomba, Ruth (1991) *Manual de Arquitectura Solar*. México, Trillas

Urbietta Ubilla, Martha Patricia (2008) *Manual para azoteas verdes*. Paraguay. Ririki. p. 4

Machado, María; Brito; Celina, Neila; Javier (2004) *la cubierta ecológica como material de construcción*. España. Dpto. de Construcción y Tecnología Arquitectónica. E. T. S. de Arquitectura. p.16

Martínez, Andrés (2005) *Habitar la cubierta*. Estados Unidos de América. Gustavo Gili,

Mazria, Edward (1983) *El libro de la energía solar pasiva*. España Barcelona. Gustavo Gili. p.25

Moore, Charles; Allen Gerald (1981) *Dimensiones de la arquitectura. Espacio, forma y escala*. Barcelona España. Gustavo Gili. p.17

Minke, Gernot (2003) *Techos Verdes: Planificación, ejecución, consejos prácticos*. Alemania. Nuevo mundo 2004.

Morillón Gálvez, David (2004) *Atlas del bioclima de México*. Universidad Autónoma de México. D. F. p.12

Norberg Schulz, Christian (1980) *Existencia, espacio y arquitectura*. España Barcelona

- Olgay, Víctor (1998) *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona España Gustavo Gili.p.4,14
- Pere, Hereu; Montaner, María Joseph; Oliveras Jordi (1994) *Textos de Arquitectura de la modernidad*. Madrid España. Nerea. P. 132
- Petetta, Luciano. (1997) *Historia de la arquitectura. Antología crítica*. Madrid España, Celeste. p. 71
- Pere, Hereu; Montaner, María Joseph; Oliveras Jordi (1994) *Textos de Arquitectura de la modernidad*. Madrid España. Nerea. P. 132
- Pinazo Ojer, José Manuel (1999) *Manual de climatización. Tomo: transformaciones psicométricas*. España. Escuela Politécnica de Valencia. p. 121-135
- Puppo, Ernesto; Puppo, Giorgio Alberto (1973) *Acondicionamiento natural y arquitectura*. España. Marcombo boixareu. p.26
- Quaroni, Ludovico (1980) *Proyectar un edificio: ocho lecciones de Arquitectura*. Paris Francia. Xarait. p.51
- Rey Martínez, Francisco Javier; Velasco Gómez, Eloy (2006) *Eficiencia energética en edificios: certificación y auditorías energéticas*. Madrid España. Paraninfo. P.41
- Rivas Martínez, Salvador (2004) *Global bioclimatics. Clasificación bioclimática de la tierra*. España. Universidad complutense. P. 12
- Rodríguez Viqueira, Manuel (compilador) (2004) *Introducción a la arquitectura bioclimática*. México. Limusa, P.14-15
- Sampieri Hernández, Roberto (et al) (2008) *Metodología de la investigación*. México. 4 ta. Edición, McGraw-Hill.
- Serra Florensa, Rafael (2005) *Arquitectura y energía natural*. México. Alfa omega.
- Simancas Yavone, Katia Carolina (2003) *Reacondicionamiento bioclimático de viviendas en clima mediterráneo*. Barcelona. Limusa. p.37
- Stephenson, Ray (1994) *Sedum: Cultivated stonecrops*. Estados Unidos de América. Timber Press. P.30.

Tyler Miller, G. (2007) *Ciencia ambiental: desarrollo sostenible, un enfoque integral*. Estados Unidos de América. Cengage Learning Latinoamérica. P.222-223.

Tournikiotis, Panayotis (2001) *La historiografía de la arquitectura moderna*. España Madrid. Mairera /Celeste. P. 42

Tudela, Fernando (1982) *Eco diseñó*. México DF. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. P.64-67.

Viqueira Rodríguez Manuel. (2002) *Estudios de Arquitectura*. México. Limusa. P. 49

White Edward, T. (1991) *Sistemas de ordenamiento. Introducción al proyecto arquitectónico*. Estados Unidos de América, Arizona. Trillas, p. 11-17

Yáñez Enrique (1989) *Arquitectura: teoría, diseño, contexto*. México. Limusa. p.4

## MEDIIOGRAFIA

CONAFOVI (2009) *Uso eficiente de la energía en la vivienda*. México D. F. p.43  
[http://www.conavi.gob.mx/documentos/publicaciones/guia\\_energia.pdf](http://www.conavi.gob.mx/documentos/publicaciones/guia_energia.pdf)

INEGI. Marco Geoestadístico Municipal. *II Conteo de Población y Vivienda 2005*. (MGM-II Conteo 2005) Versión 1.0

<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mex/territorio/default.aspx?tema=m&e=15>

Proyecto de desarrollo municipal 2009 – 2012: *H. Ayuntamiento de Texcoco 2009-2012*.

[http://www.texcoco.gob.mx/foto/documentos/PROYECTO\\_PLAN\\_DESARROLLO\\_MUNICIPAL.pdf](http://www.texcoco.gob.mx/foto/documentos/PROYECTO_PLAN_DESARROLLO_MUNICIPAL.pdf)

Estación Meteorológica Automática Marca David. *Colegio de posgraduados en el área de postgrado en Hidrociencias*. Campus Montecillo. Texcoco Estado de México.

<http://www.cm.colpos.mx/meteoro/index.html>

Norma ambiental para el Distrito Federal NADF-013-RNAT-2007, Especificaciones técnicas para la instalación de sistemas de naturación.

[www.sma.df.gob.mx/conadf/grupos/.../nat\\_diciembre\\_24\\_08.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/conadf/grupos/.../nat_diciembre_24_08.pdf)

## HEMEROGRAFIA

Carroquiño, Santiago (2007) *Cubiertas vegetales*. Coacm. Zaragoza España. P.

Castejón, E. (1983) *Confort Térmico. Método de Fanger para su evaluación*. Madrid España. Instituto Nacional de Seguridad E Higiene en el Trabajo. p.54

Calduch Cervera, Juan (2001) *Temas de composición arquitectónica. Espacio y lugar*. España. Club Universitario. p.10

Camilloni, Inés (2009) *Atlas ambiental de Buenos Aires. Cambio climático*. Argentina. GIGA - Grupo de Investigaciones Geoambientales. p. 148

*Seminario Técnico sobre Cubiertas Ajardinadas: materiales y procesos de construcción para una economía baja en carbono*. 17 de Diciembre 2009. Consejería de Agricultura y agua. Lardin Zambudio, Ginés. España Murcia. Zinco, p.43

## ANEXO A

INDICE DE RECURSOS TECNICOS: Fotos, Graficas, Imágenes, Tablas.

## INDICE DE FOTOGRAFIAS.

Foto 1. Montículos de tumbas, Gales Gran Bretaña.....	23
Foto 2. Torre Guinigi en Lucca, Italia. ....	26
Foto 3. Viviendas Bourg-La-Reine. Arq. François Hennebique.....	27
Foto 4. Casa Villa Savoye. LeCorbusier.....	27
Foto 5. Apartamentos en Viena, Friedensreich Hundertwasser. ....	28
Foto 6. Empleo de vegetación en la cubierta de cada área. ....	29
Foto 7. Edificio corporativo en Hanover.....	29
Foto 8. Terminal marítima de Yokohama, Foa arquitectos.....	30
Foto 9. Centro comercial Vulcano Buono, Arq. Renzo Piano.....	30
Foto 10. Centro Infantil, Henning Larsen Arquitectos. ....	31
Foto 11. Primera referencia de techos enverdecidos. ....	31
Foto 12. Techos de Auditorios enverdecidos con “Sedum” en Chapingo.....	32
Foto 13. Superficie naturada en CICEANA.....	32
Foto 14. Jardín Botánico UNAM México DF. ....	33
Foto 15. Escuela Preparatoria "Ex Cárcel de Mujeres".....	33
Foto 16. Escuela Secundaria "República de Venezuela“.....	34
Foto 17. Escuela Secundaria "República de Venezuela“.....	34
Foto 18. Centro comercial “Plaza Central”. ....	35
Foto 19. Hábitat ecológico “El Acantilado” ....	35
Foto 20. Azotea Verde para Wal Mart, Superama. ....	36
Foto 21. Azotea Verde de Fundidora Monterrey. ....	36
Foto 22. Estación del Metro Insurgentes. ....	37

Foto 23. Cubierta naturada en estacionamiento HSBC. ....	37
Foto 24. Azotea naturada en Cendi. ....	38
Foto 25. Área de Gineco-obstetricia Hospital Belisario Domínguez.....	38
Foto 26. Techo con vegetación leñosa. Alemania. ....	55
Foto 27. Techo con vegetación silvestre, Kassel Alemania. ....	56
Foto 28. Plantas de una cubierta vegetal extensiva.....	57
Foto 29. Plantas de una cubierta vegetal intensiva. ....	58
Foto 30. Edificio Acros Fukuoka. ....	76
Foto 31. Biblioteca de la Universidad de Delft, Holanda. ....	77
Foto 32. Universidad Tecnológica Nanyang, Singapur Asia. ....	78
Foto 33. Museo de la Academia de ciencias en California. ....	79
Foto 34. Cubierta ecológica sobre el edificio de Fitotecnia. ....	86
Foto 35. Espacios definidos por distintas volumetrías. ....	105
Foto 37. Auditorio de Tenerife, Arq. Santiago Calatrava. ....	106
Foto 38. Ubicación del caso de estudio. ....	120
Foto 39. Ubicación de bioclimas por región ecológica. ....	121
Foto 40. Materiales en sentido vertical y horizontal del caso de estudio. ....	122
Foto 41. Angulo fotográfico 1 del espacio interior de auditorio con azotea verde.....	126
Foto 42. Angulo fotográfico 2 del espacio interior de auditorio con azotea verde.....	126
Foto 43. Angulo fotográfico 3 del espacio interior de auditorio con azotea verde.....	127
Foto 44. Angulo fotográfico 1 del espacio interior de auditorio sin azotea verde.....	129
Foto 45. Angulo fotográfico 2 del espacio interior de auditorio sin azotea verde.....	129
Foto 46. Angulo fotográfico 3 del espacio interior de auditorio sin azotea verde.....	130
Foto 47. Vista del espacio exterior de los auditorios con y sin azotea verde.....	131

Foto 48. Acercamiento del auditorio sin azotea verde (A3).....	131
Foto 49. Vista del espacio exterior de auditorio con azotea verde.....	132
Foto 50. Vista del espacio exterior de auditorio con azotea verde (A4) (acercamiento).	132
Foto 51. Instrumento de monitoreo Hobo data logger U10-003.....	136
Foto 52. Garita de Stevenson. ....	137
Foto53. Ventilas sobre las cubiertas de los auditorios A3-A4.....	174
Foto 54. Vegetación de azotea verde en auditorio.....	195

#### INDICE DE GRAFICAS:

Grafica 1. Comportamiento térmico de distintos materiales sobre superficies de cubiertas.	41
Grafica 2. Temperaturas de una cubierta sin vegetación y una cubierta naturada.....	43
Grafica 3. Disminución de ruido en proporción del peso de la cubierta. ....	44
Grafica 4. Normales climatológicas de Tuxtla, 1951-1980.....	96
Grafica 5. Comparación de temperaturas del Domotej con techo Verde y el techo de concreto el día 19 de mayo del 2007.....	99
Grafica 6. Datos de temperaturas externas.....	116
Grafica 7. Datos de humedad externa.....	118
Grafica 8. Grafica estereográfica solar para la universidad de Chapingo.....	135
Grafica 9. Temperaturas Externas ambientales en Chapingo.....	141
Grafica 10. Humedades Externas ambientales para Chapingo. ....	141
Grafica 11. Temperaturas externas máximas y mínimas ambientales. ....	142
Grafica 12. Humedades externas máximas y mínimas ambientales. ....	142
Grafica 13. Temperaturas internas en los auditorios julio 2010. ....	144

Grafica 14. Humedades internas en los auditorios. ....	144
Grafica 15. Temperaturas internas en los auditorios agosto. ....	145
Grafica 16. Humedades internas en los auditorios. ....	145
Grafica 17. Temperaturas internas en los auditorios septiembre. ....	146
Grafica 18. Humedades internas en los auditorios septiembre. ....	146
Grafica 19. Temperaturas internas en los auditorios octubre. ....	147
Grafica 20. Humedades internas en los auditorios octubre. ....	147
Grafica 21. Temperaturas internas en los auditorios noviembre. ....	148
Grafica 22. Temperaturas internas en los auditorios noviembre. ....	148
Grafica 23. Temperaturas internas en los auditorios diciembre. ....	149
Grafica 24. Temperaturas internas en los auditorios diciembre. ....	149
Grafica 25. Temperaturas internas en los auditorios enero. ....	150
Grafica 26. Humedades internas en los auditorios enero. ....	150
Grafica 27. Temperaturas internas en los auditorios febrero. ....	151
Grafica 28. Humedades internas en los auditorios febrero. ....	151
Grafica 29. Temperaturas internas en los auditorios marzo. ....	152
Grafica 30. Humedades internas en los auditorios marzo. ....	152
Grafica 31. Temperaturas internas en los auditorios abril. ....	153
Grafica 32. Humedades internas en los auditorios abril. ....	153
Grafica 33. Temperaturas internas en los auditorios mayo. ....	154
Grafica 34. Humedades internas en los auditorios mayo. ....	154
Grafica 35. Temperaturas internas en los auditorios junio. ....	155
Grafica 36. Humedades internas en los auditorios junio. ....	155
Grafica 37. Temperaturas internas en los auditorios julio. ....	156
Grafica 38. Humedades internas en los auditorios julio. ....	156

Grafica 39. Termohigrometria externa para Texcoco 1971-2000. ....	178
Grafica 40. Temperaturas anuales julio 2010- julio 2011. ....	179
Grafica 41. Humedades anuales julio 2010- julio 2011. ....	180
Grafica 42. Temperatura externa-interna en agosto. ....	182
Grafica 42. Humedades externas-internas en agosto. ....	185
Grafica 43. Temperaturas externas e internas para enero 2011.....	187
Grafica 44. Temperaturas externas-internas en enero 2011. ....	190
Grafica 45. Precipitación en el caso de estudio. ....	199
Grafica 46. Temperaturas internas con distintos materiales. ....	207
Grafica 47. Temperaturas internas con distintos materiales. ....	207
Grafica 48. Radiación solar directa. ....	208

#### INDICE DE IMAGENES:

Imagen 1. Acueductos en Nínive, Mesopotamia.....	24
Imagen 2. Jardines colgantes de Babilonia. ....	24
Imagen 3. Villa de los Misterios Pompeya. ....	25
Imagen 4. Jardín en la azotea de hogar persa. ....	25
Imagen 5. Casa de Carl Rabitz, Berlín Alemania. ....	26
Imagen 6. El museo de Oakland California 1969. ....	28
Imagen 7. La vegetación como productora de oxígeno. ....	43
Imagen 8. Construcción de techos verdes planos. ....	45
Imagen 9. Construcción de techos verdes con débil pendiente. ....	46
Imagen 10. Construcción de techos verdes con fuerte pendiente. ....	46

Imagen 11. Construcción de techos verdes con fuerte pendiente. ....	47
Imagen 12. Detalle constructivo de Cubierta Invertida.....	48
Imagen 13. Construcción de Losa de concreto armado. ....	49
Imagen 14. Detalle constructivo de Cubierta Vegetal. ....	49
Imagen 15. Ejemplos que no son considerados como azotea verde. ....	51
Imagen 16. Efectos por el uso de cubiertas verdes al ambiente. ....	52
Imagen 17. Retención de agua. ....	53
Imagen 18. Limpieza del aire por la vegetación. ....	53
Imagen 19. Reducción de ruido. ....	54
Imagen 20. Componentes básicos de una cubierta naturada. ....	61
Imagen 21. Corte constructivo de cubierta ecológica para prueba. ....	87
Imagen 22. Azotea vegetal, ubicada en la universidad de florida. ....	93
Imagen 23. Diagrama de ubicación de sensores. ....	94
Imagen 24. Diagrama de una sección del edificio. ....	94
Imagen 25. Corte esquemático de techo de concreto armado. ....	97
Imagen 26. Corte esquemático de techo Domotej. ....	98
Imagen 27. Corte esquemático de techo Domotej con techo verde. ....	99
Imagen 28. Disminución de la radiación solar. ....	107
Imagen 29. Disminución de la radiación solar. ....	108
Imagen 30. Ubicación del caso de estudio: Auditorios de la Uach. ....	111
Imagen 31. Longitud y Latitud del Caso de estudio, Auditorios de la Uach. ....	112
Imagen 32. Clasificación climática por municipio. ....	113
Imagen 33. Plantas arquitectónicas de auditorios con azotea verde (izquierda) y sin azotea verde (derecha). ....	123

Imagen 34. Corte longitudinal arquitectónico del A4 (auditorio con azotea verde).....	124
Imagen 35. Corte longitudinal arquitectónico del A3 (auditorio sin azotea verde).....	124
Imagen 36. Ángulos fotográficos del espacio interior de auditorio con azotea verde.....	125
Imagen 37. Ángulos fotográficos del espacio interior de auditorio sin azotea verde.....	128
Imagen 38. ruta solar sobre las estaciones del año.....	191
Imagen 39. la cubierta horizontal aporta ingreso de calor al interior. ....	193
Imagen 40. las plantas como elemento de climatización en azotea y muro. ....	194
Imagen 41. azotea verde tipo extensivo en auditorio 4. ....	196
Imagen 42. Vegetación en el caso de estudio. ....	198
Imagen 43. Ingreso de radiación al interior de un local. ....	200
Imagen 44. Ganancia de calor en cubiertas o muros. ....	201
Imagen 45. Temperaturas internas con distintos materiales. ....	202
Imagen 46. Acumulación térmica durante el día y liberación de calor en la noche para A- 3,4.....	210

#### INDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Cargas adicionales para cada tipo de azotea verde.....	8
Tabla 2. Áreas verdes por delegación, Distrito Federal. ....	11
Tabla 3. Déficit de áreas verdes en m2 por delegación. ....	12
Tabla 4. Déficit de áreas verdes en m2 por delegación. ....	13
Tabla 5. División de los techos verdes según su inclinación. ....	44
Tabla 6. Coeficientes de transmitancia con y sin techo verde sin aislamiento. ....	90
Tabla 7. Coeficientes de transmitancia con y sin techo verde con aislamiento moderado..	90

Tabla 8. Coeficientes de transmitancia con y sin techo verde con buen aislamiento.....	91
Tabla 9. Clasificación climática por municipio. ....	113
Tabla 10. Clasificación de bioclimas por región ecológica. ....	114
Tabla 11. Datos obtenidos de la estación meteorológica de la universidad de chapingo...	115
Tabla 12. Análisis de las Temperaturas horarias para la Uach. ....	134
Tabla 13. Escala de confort.....	134
Tabla14. Ecuaciones matemáticas para calculo de Angulo solar. ....	135
Tabla 15. Media aritmética para las temperaturas internas en los auditorios. ....	139
Tabla 16. Temperaturas en Verano 2010. ....	158
Tabla 17. Humedades en Verano 2010. ....	159
Tabla 18. Temperaturas en Otoño 2010. ....	161
Tabla 19. Humedades en Otoño 2010. ....	161
Tabla 20. Temperaturas en Invierno 2010-2011. ....	165
Tabla 21. Humedades en Invierno 2010-2011. ....	166
Tabla 22. Temperaturas en Primavera 2011. ....	168
Tabla 23. Humedades en Primavera 2011. ....	170
Tabla 24. Temperaturas en Verano 2011. ....	171
Tabla 25. Humedades en Verano2011. ....	173
Tabla 26. Diferencias térmicas en agosto. ....	183
Tabla 27. Retraso termico para ambos auditorios en agosto. ....	183
Tabla 28. Factor de amortiguamiento para ambos auditorios en agosto. ....	184
Tabla 29. Humedades externas-internas en agosto. ....	186
Tabla 30. Diferencias térmicas en enero 2011. ....	188
Tabla 31. Diferencias térmicas en enero 2011. ....	189
Tabla 32. Diferencias térmicas en enero 2011. ....	189

Tabla 33. Diferencias térmicas en enero 2011. ....190

**ANEXO B**

**CEDULAS DE REGISTRO JULIO 2010-JULIO 2011.**



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **TEMPERATURA EXTERNA**

Caso de estudio: Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. **CEDULA 1**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

**Registro Mensual Año 2010.**

DIA	JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE			
	Temp.M ax.	Temp.M in	Temp.M ax.	Temp.M in	Temp.M ax.	Temp.M in	Temp.M ax.	Temp.M in	Temp.M ax.	Temp.M in	Temp.M ax.	Temp.M in		
1	27	13	27	6	29.5	9	26	-4	29	2	24	-3		
2	33.5	13	28	7	29	8	24	-4	26	2	24	-2		
3	28	13	27	8	27	8	21.5	3	22	5	24	5		
4	27	10	28	7	24	9	24	-4	18	1	20	-2		
5	31	11	29	7.5	20.5	11	0	0	21	-11.5	22.5	2		
6	30	11	29	12	25	11	24.5	7	25	-13	26	-1		
7	29.5	12	29	13	26	11.5	25	-1	23	-12	23	-1		
8	27	12	29	13.5	29.5	8.5	26	2	24	-11	18	6.5		
9	23	12	29	12	29	7	27	3	24	-10	12.5	7		
10	28	13	29	11	29	9.5	27	2	25	-9	19.5	4		
11	28	9	28	8	28	10	29	2	27	-6.5	19.5	1		
12	29	8	28	10.5	28	11	28	9	27	-5.5	19.5	-1		
13	29	8	27	12	27	7	24.5	-2	28	-5	21	3.5		
14	28	8	25.5	11	26	6	19	3.5	29.5	-3	20	-1		
15	29	7	29	6	28	6	26	-4.5	29	6	20	4		
16	28	7.5	28	11	27	9	26	-1.5	28	9	21	3		
17	26	7	25.5		22	12	25.5	0	25.5	12	26	3.5		
18	29	6.5	28	11.5	25	11	27.5	-1	28	11	25	3.5		
19	29	12	20.5	9	26.5	12	27	0	20.5	12	26	-2		
20	27	9	27	8	28	10	28	-0.5	27	10	27	-3.5		
21	27	9	26	11	27	9	29	-2	26	9	27	-1.5		
22	20	12	26	9	29.5	6	29	-1.5	26	6	27	-7		
23	23	13	24.5	7	27	7	29	2	24.5	7	28	-7.5		
24	19.5	12	28	5	27	9	30	0	28	0	29.5	-7		
25	25	10	25	11	27	10	29	-4	25	-4	28	-5		
26	27	9	25	8	26	5	29	-1	25	-1	27	-4		
27	29	9	21	7	20	8.5	29	1	21	1	26	-5		
28	26	10.5	27	6	25	11	26	-1	27	-1	27	1		
29	29	10	29	11	25	-3	15	9	29	9	25	8		
30	27	5.5	27	9	24.5	-4	27	2	27	2	19	7		
31	27	10.5	22	8.5			30	2	22	2	20	-1		
<b>DATOS PROMEDIO MENSUAL</b>	<b>27.27</b>	<b>10.08</b>	<b>26.81</b>	<b>8.919</b>	<b>25.55</b>	<b>7.903</b>	<b>25.4</b>	<b>0.5</b>	<b>25.39</b>	<b>0.435</b>	<b>23.29</b>	<b>0.145</b>		



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **TEMPERATURA EXTERNA**

Caso de estudio: Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. **CEDULA 1**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

**Registro Mensual Año 2011.**

DIA	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO	
	Temp.M ax.	Temp.M in												
1	25	-3	27	4	29.5	9	28	-6	33	7	26	8	25	15
2	27	-5	26	-4.5	29	8	27	-7.5	32	5	29	0	25	13
3	27	-5	24	7	27	8	24	-5	28	7	29	2	22	12
4	28	-5	26	8	24	9	23	-6	32	0	32	1	25	11
5	28	-5	26	8	20.5	11	23	-5	31	7	27	5	29	8
6	28	-5	25	7	25	11	25	-4	31	4	31	7.5	29	9.5
7	28	-6.5	28	-5	26	11.5	26	-7	33	5	32	2	30	13
8	28	4.5	27	-2	29.5	8.5	29	-7	35	6	32	4	30	11.5
9	27	7	27	0	29	7	35	5	35	8	33	7	29	11.5
10	28	-6	26	-1	29	9.5	36	8.5	33	8	32	4	28	12
11	27	-7.5	27	-2.5	28	10	35	6.5	33	11	32	4	27	10.5
12	24	-5	26	-1.5	28	11	32	6	33	7	32	2	28	8
13	23	-6	25	-3	27	7	34	2	34	7	34	4	23	10.5
14	23	-5	27	-7	26	6	33	5	35	9	32	6	26	10
15	25	-4	27	-7	28	6	33	8.5	33	8	32	6	28	11
16	26	-4	27.5	-7	27	9	33	7	33	10	32	7	23	9
17	24	-6	29.5	-6	22	12	33	6	33	12.5	33	5	24	10
18	26	-7.5	29	-8	25	11	29	4	35	11	33	8	25	11.5
19	26	-7	29	-5	26.5	12	34	5	34	9	34.5	7	28	6
20	29	-7	30	-6.5	28	10	33	7	34	7.5	32	7	28.5	8
21	28	-6	28	0	27	9	31	4	34	9	26.5	11	29	6
22	26	-6	29	-1	29.5	6	31	8	34	6	29	13	26	6
23	25	-1	28	-1	27	7	31	9	33	10	27	12	30	6.5
24	25	-5	28	-0.5	27	9	33	9	35	5	32	11	27	8
25	26	-5	28	1	27	10	32	8	35	10	25	10	29	10
26	23	-5	28	3.5	26	5	33	7	36	7	27	11.5	28	12
27	29	-5	30	0	20	8.5	33	3	34	5	28	10	27	7
28	27	-3	30	0	25	11	31	4	36	9	28	10	25	7
29	27	-3			25	-3	34	5.5	35	11	21	13	27	12
30	25.5	-1.5			24.5	-4	33	7	36	7	15	13	24	12
31	26	4							28	8			22	9
DATOS PROMEDIO MENSUAL	26.27	-4.02	24.77	-0.97	25.55	7.903	29.9	2.823	33.42	7.613	28.65	6.806	26.66	9.887



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **TEMPERATURA DEL AIRE INTERNA**

Caso de estudio: Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. **CEDULA 2**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

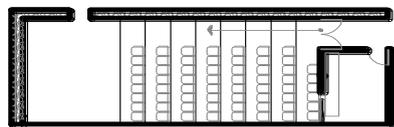
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

**Registro Mensual de: Julio Año 2010.**

Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)												
00:00	A.M	20.4	22.14	22	22.28	20.424	22.25	20.5	22.22	20.68	22.18	21.22	22.16	21.12	22.22
01:00	A.M	20.4	22.01	22	22.21	20.329	22.22	20.5	22.19	20.68	22.18	21.22	22.04	21.091	22.19
02:00	A.M	20.4	22.03	22	22.19	20.329	22.19	20.5	22.15	20.68	22.18	21.22	22.03	21.091	22.15
03:00	A.M	20.38	22.05	22	22.17	20.329	22.17	20.5	22.14	20.68	22.18	21.22	22.02	21.091	22.14
04:00	A.M	20.38	22.08	22	22.13	20.424	22.13	20.5	22.12	20.55	22.18	21.2	22.02	21.091	22.12
05:00	A.M	20.38	22.15	21.7	22.21	20.329	22.21	20.52	22.16	20.55	22.2	21.2	22.14	21.091	22.16
06:00	A.M	20.38	22.17	21.7	22.17	20.329	22.19	20.52	22.17	20.55	22.2	21.2	22.16	20.996	22.17
07:00	A.M	20.38	22.18	21.7	22.15	20.329	22.15	20.52	22.18	20.725	22.2	20.329	22.17	20.996	22.18
08:00	A.M	20.38	22.2	20.329	22.19	20.329	22.19	20.52	22.17	20.725	22.34	20.424	22.18	20.996	22.17
09:00	A.M	20.38	22.24	20.329	22.19	20.329	22.219	20.55	22.19	20.85	22.34	20.901	22.21	20.996	22.38
10:00	A.M	20.4	22.22	20.329	22.19	20.329	22.25	20.55	22.24	20.85	22.34	21.091	22.22	20.996	22.48
11:00	A.M	20.4	22.2	20.329	22.2	20.329	22.268	20.58	22.25	20.94	22.34	20.996	22.22	20.996	22.654
12:00	P.M.	20.4	22.21	20.424	22.2	20.329	22.23	20.58	22.23	20.94	22.34	21.378	22.21	20.996	22.7
13:00	P.M.	20.4	22.23	20.424	22.23	20.329	22.24	20.58	22.24	21.1	22.36	21.378	22.23	21.091	23
14:00	P.M.	20.4	22.25	20.424	22.23	20.35	22.24	20.58	22.21	21.1	22.36	21.378	22.23	21.091	23
15:00	P.M.	20.4	22.25	20.424	22.24	20.35	22.3	20.58	22.21	21.2	22.36	21.378	22.23	21.282	23.55
16:00	P.M.	20.4	22.25	20.424	22.24	20.38	22.3	20.73	22.25	21.2	22.54	21.45	22.24	21.282	23.44
17:00	P.M.	20.43	22.25	20.424	22.24	20.38	22.3	20.73	22.19	21.44	22.54	21.45	22.24	21.282	23.44
18:00	P.M.	20.424	22.28	20.424	22.25	20.424	22.22	20.73	22.11	21.44	22.54	21.2	22.24	21.378	23.44
19:00	P.M.	20.424	22.28	20.424	22.25	20.424	22.12	20.73	22.12	21.32	22.5	20.901	22.25	21.378	23.44
20:00	P.M.	20.424	22.32	20.424	22.3	20.424	22.32	20.73	22.32	21.32	22.5	20.805	22.26	21.378	23.44
21:00	P.M.	20.424	22.32	20.424	22.32	20.619	22.3	20.73	22.3	21.26	22.54	21.2	22.26	21.378	23.55
22:00	P.M.	20.64	22.3	20.62	22.32	20.424	22.3	20.78	22.3	21.54	22.48	20.93	22.26	21.58	23.44
23:00	P.M.	20.54	22.3	20.5	22.32	20.42	22.3	20.74	22.3	21.4	22.4	20.93	22.26	21.37	23.44
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>19.559</b>	<b>22.205</b>	<b>20.907</b>	<b>22.226</b>	<b>19.524</b>	<b>22.234</b>	<b>19.739</b>	<b>22.207</b>	<b>20.988</b>	<b>22.347</b>	<b>21.108</b>	<b>22.187</b>	<b>21.168</b>	<b>22.787</b>

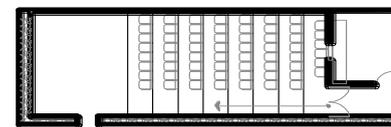
Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Temperatura  
Interna 1  
°C

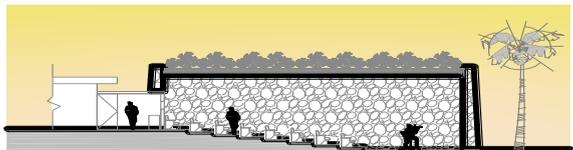


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

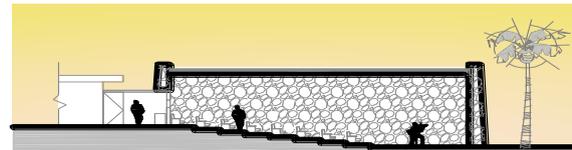
Temperatura  
Interna 2  
°C



Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **TEMPERATURA DEL AIRE INTERNA**

Caso de estudio: Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. **CEDULA 2**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

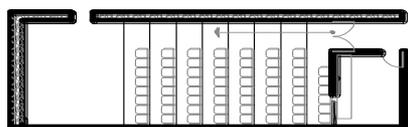
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

Registro Mensual de: **Agosto. Año 2010.**

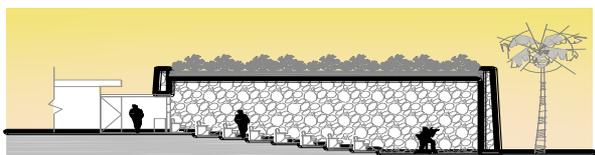
Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)						
00:00	A.M	22.16	24.05	22.22	24	22.19	24.11	22.21	23.96	22.2	23.82	22.2	23.72	22.2	23.32
01:00	A.M	22.04	24.06	22.19	23.96	22.12	24.11	22.15	23.78	22.19	23.82	22.15	23.72	22.14	23.32
02:00	A.M	22.03	24.07	22.15	23.78	22.09	24.11	22.12	23.78	22.19	23.62	22.14	23.72	22.12	23.32
03:00	A.M	22.02	24.07	22.14	23.78	22.08	24.11	22.11	23.78	22.19	23.62	22.14	23.72	22.11	23.32
04:00	A.M	22.02	24.08	22.12	23.78	22.07	24.11	22.1	23.78	22.19	23.62	22.13	23.67	22.1	23.32
05:00	A.M	22.14	24.09	22.16	23.78	22.15	23.98	22.16	23.69	22.19	23.62	22.17	23.67	22.16	23.32
06:00	A.M	22.16	24.09	22.17	23.78	22.17	24	22.17	23.69	22.16	23.53	22.16	23.67	22.16	23.32
07:00	A.M	22.17	24.1	22.18	23.69	22.18	23.96	22.18	23.69	22.16	23.53	22.17	23.67	22.17	23.32
08:00	A.M	22.18	24.1	22.17	23.69	22.18	23.78	22.17	23.69	22.32	23.53	22.25	23.53	22.21	23.32
09:00	A.M	22.21	24.1	22.19	23.69	22.2	23.78	22.2	23.82	22.32	23.67	22.26	23.53	22.23	23.32
10:00	A.M	22.22	24.12	22.24	23.69	22.23	23.78	22.24	23.82	22.32	23.67	22.28	23.53	22.25	23.32
11:00	A.M	22.22	24.12	22.25	23.69	22.24	23.78	22.24	23.82	22.32	23.67	22.28	23.53	22.26	23.32
12:00	P.M.	22.21	24.13	22.23	23.58	22.22	23.78	22.23	23.82	22.32	23.67	22.27	23.53	22.25	23.32
13:00	P.M.	22.23	24.14	22.24	23.58	22.24	23.69	22.24	23.82	22.33	23.72	22.28	23.53	22.26	23.32
14:00	P.M.	22.23	24.14	22.21	23.58	22.22	23.69	22.22	23.82	22.33	23.72	22.28	23.53	22.25	23.43
15:00	P.M.	22.23	24.15	22.21	23.58	22.22	23.69	22.26	23.82	22.33	23.72	22.28	23.72	22.2	23.43
16:00	P.M.	22.24	24.15	22.25	23.96	22.25	23.69	22.26	23.82	22.33	23.72	22.29	23.72	22.1	23.43
17:00	P.M.	22.14	24.16	22.19	24.16	22.17	23.69	22.26	23.82	22.33	23.72	22.29	23.72	22.1	23.43
18:00	P.M.	22.16	24.16	22.11	24.16	22.14	23.69	22.26	23.82	22.35	23.72	22.29	23.72	22.22	23.43
19:00	P.M.	22.17	24.16	22.12	24.16	22.15	24.18	22.26	24.00	22.35	23.72	22.3	23.72	22.22	23.52
20:00	P.M.	22.17	24.19	22.14	24.18	22.16	24.16	22.26	24.14	22.32	23.72	22.3	23.85	22.22	23.65
21:00	P.M.	22.19	24.12	22.32	24.14	22.24	24.29	22.3	24.15	22.32	23.95	22.32	23.72	22.28	23.28
22:00	P.M.	22.24	24.12	22.21	24.05	22.29	24.23	22.25	24	22.35	23.84	22.32	23.72	22.32	23.28
23:00	P.M.	22.21	24.1	22.17	24	22.29	24.13	22.23	24.12	22.26	23.84	22.3	23.72	22.24	23.28
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>22.17</b>	<b>24.12</b>	<b>22.19</b>	<b>23.85</b>	<b>22.18</b>	<b>23.94</b>	<b>22.21</b>	<b>23.85</b>	<b>22.28</b>	<b>23.7</b>	<b>22.24</b>	<b>23.66</b>	<b>22.2</b>	<b>23.36</b>

Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Temperatura  
Interna 1  
°C

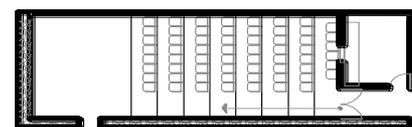


Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde

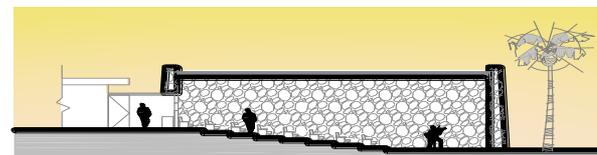


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

Temperatura  
Interna 2  
°C



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD TECAMACHALCO**



**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

Proyecto: Monitoreo climático de **TEMPERATURA DEL AIRE INTERNA**

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 2**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

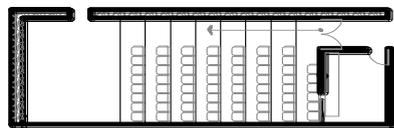
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

**Registro Mensual de: Septiembre. Año 2010.**

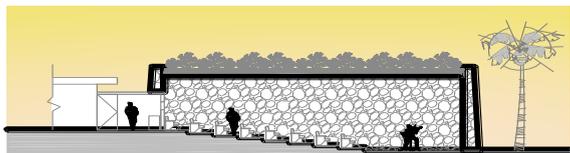
Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)												
00:00	A.M	22.14	23.238	22.19	23.1	22.17	23.89	22.18	23.727	22.185	23.564	22.25	23.401	22.218	23.238
01:00	A.M	22.01	23.245	22.21	23.1	22.17	23.897	22.19	23.734	22.17	23.571	22.22	23.408	22.195	23.245
02:00	A.M	22.03	23.251	22.19	22.963	22.17	23.903	22.18	23.74	22.17	23.577	22.19	23.414	22.18	23.251
03:00	A.M	22.05	23.258	22.17	22.963	22.11	23.91	22.14	23.747	22.17	23.584	22.17	23.421	22.17	23.258
04:00	A.M	22.08	23.264	22.13	22.963	22.11	23.916	22.12	23.753	22.125	23.59	22.13	23.427	22.128	23.264
05:00	A.M	22.15	23.271	22.21	22.963	22.18	23.923	22.195	23.76	22.203	23.597	22.21	23.434	22.206	23.271
06:00	A.M	22.17	23.277	22.17	23.1	22.17	23.929	22.17	23.766	22.17	23.603	22.19	23.44	22.18	23.277
07:00	A.M	22.18	23.284	22.15	23.1	22.17	23.936	22.16	23.773	22.155	23.61	22.15	23.447	22.153	23.284
08:00	A.M	22.2	23.29	22.19	23.1	22.2	23.942	22.195	23.779	22.193	23.616	22.19	23.453	22.191	23.29
09:00	A.M	22.24	23.297	22.219	23.1	22.23	23.949	22.225	23.786	22.222	23.623	22.219	23.46	22.22	23.297
10:00	A.M	22.22	23.303	22.25	23.238	22.24	23.955	22.245	23.792	22.248	23.629	22.25	23.466	22.249	23.303
11:00	A.M	22.2	23.31	22.268	23.245	22.23	23.962	22.249	23.799	22.259	23.636	22.268	23.473	22.263	23.31
12:00	P.M.	22.21	23.316	22.23	23.251	22.22	23.968	22.225	23.805	22.228	23.642	22.23	23.46	22.229	23.316
13:00	P.M.	22.23	23.323	22.24	23.258	22.22	23.975	22.23	23.812	22.235	23.649	22.24	23.466	22.238	23.323
14:00	P.M.	22.25	23.329	22.21	23.264	22.23	23.981	22.22	23.818	22.215	23.655	22.21	23.473	22.213	23.329
15:00	P.M.	22.25	23.329	22.21	23.271	22.3	23.988	22.25	23.825	22.23	23.655	22.2	23.479	22.215	23.329
16:00	P.M.	22.25	23.342	22.3	23.29	22.3	23.994	22.3	23.831	22.25	23.668	22.25	23.486	22.25	23.342
17:00	P.M.	22.25	23.342	22.3	23.29	22.3	23.994	22.3	23.831	22	23.675	22.3	23.492	22.25	23.342
18:00	P.M.	22.28	23.342	22.3	23.29	22.34	24.007	22.3	23.831	22.2	23.681	22.3	23.492	22.27	23.342
19:00	P.M.	22.28	23.342	22.3	23.323	22.34	24.001	22.3	23.838	22.2	23.701	22.3	23.492	22.27	23.356
20:00	P.M.	22.28	23.37	22.32	23.31	22.34	23.99	22.3	23.8	22.29	23.695	22.3	23.499	22.34	23.3
21:00	P.M.	22.31	23.36	22.32	23.31	22.35	23.84	22.32	23.8	22.25	23.45	22.32	23.5	22.32	23.3
22:00	P.M.	22.31	23.36	22.32	23.32	22.35	23.7	22.3	23.8	22.25	23.45	22.19	23.5	22.32	23.25
23:00	P.M.	22.3	23.36	22.32	23.32	22.35	23.7	22.3	23.8	22.25	23.45	22.16	23.5	22.32	23.25
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>22.203</b>	<b>23.184</b>	<b>22.238</b>	<b>23.101</b>	<b>22.241</b>	<b>23.927</b>	<b>22.233</b>	<b>23.789</b>	<b>22.203</b>	<b>23.607</b>	<b>22.227</b>	<b>23.462</b>	<b>22.233</b>	<b>23.295</b>

**Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde**

**Temperatura  
Interna 1**  
°C

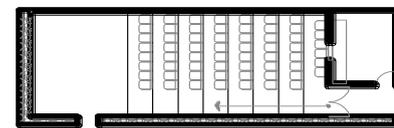


**Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde**

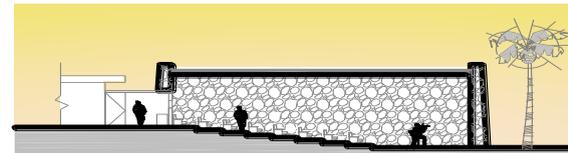


**Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde**

**Temperatura  
Interna 2**  
°C



**Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde**





**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD TECAMACHALCO**



**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

Proyecto: Monitoreo climático de **TEMPERATURA DEL AIRE INTERNA**  
**Caso de estudio: Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 2**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

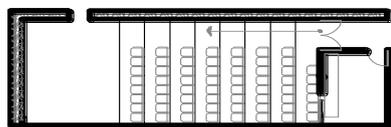
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

**Registro Mensual de: Octubre Año 2010.**

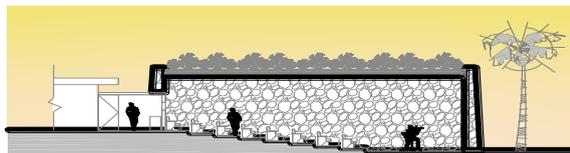
Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)
00:00	A.M	22.1	23.4	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.3	22.3	23.3	22.2	23.3
01:00	A.M	22.0	23.4	22.2	23.3	22.1	23.3	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.3
02:00	A.M	22.0	23.4	22.2	23.3	22.1	23.3	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.3
03:00	A.M	22.1	23.4	22.2	23.3	22.1	23.3	22.1	23.3	22.2	23.0	22.2	23.2	22.2	23.2
04:00	A.M	22.1	23.4	22.1	23.3	22.1	23.3	22.1	23.3	22.1	23.0	22.1	23.2	22.1	23.2
05:00	A.M	22.2	23.4	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.0	22.2	23.2	22.2	23.1
06:00	A.M	22.2	23.4	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.0	22.2	23.2	22.2	23.1
07:00	A.M	22.2	23.35	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.1
08:00	A.M	22.2	23.35	22.2	23.25	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.3
09:00	A.M	22.2	23.35	22.2	23.25	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.4	22.2	23.3	22.2	23.4
10:00	A.M	22.2	23.35	22.3	23.25	22.2	23.3	22.2	23.3	22.2	23.4	22.3	23.3	22.3	23.5
11:00	A.M	22.2	23.35	22.3	23.35	22.2	23.4	22.3	23.4	22.3	23.4	22.3	23.4	22.3	23.5
12:00	P.M.	22.2	23.35	22.2	23.35	22.2	23.4	22.2	23.4	22.2	23.4	22.2	23.4	22.3	23.5
13:00	P.M.	22.2	23.35	22.2	23.35	22.2	23.4	22.2	23.4	22.2	23.5	22.2	23.4	22.3	23.5
14:00	P.M.	22.3	23.35	22.2	23.4	22.2	23.4	22.2	23.4	22.2	23.5	22.2	23.6	22.2	23.5
15:00	P.M.	22.3	23.45	22.3	23.4	22.3	23.4	22.3	23.4	22.2	23.5	22.2	23.6	22.2	23.5
16:00	P.M.	22.2	23.45	22.3	23.4	22.3	23.4	22.3	23.5	22.3	23.5	22.3	23.6	22.2	23.6
17:00	P.M.	22.2	23.45	22.3	23.5	22.3	23.5	22.3	23.5	22.3	23.5	22.3	23.6	22.3	23.6
18:00	P.M.	22.2	23.45	22.3	23.5	22.3	23.5	22.3	23.5	22.3	23.5	22.3	23.6	22.3	23.6
19:00	P.M.	22.2	23.45	22.3	23.6	22.3	23.5	22.3	23.5	22.3	23.5	22.3	23.6	22.3	23.65
20:00	P.M.	22.3	23.6	22.3	23.6	22.3	23.6	22.3	23.5	22.3	23.6	22.3	23.65	22.3	23.6
21:00	P.M.	22.3	23.5	22.4	23.6	22.4	23.5	22.3	23.6	22.4	23.5	22.3	23.65	22.4	23.6
22:00	P.M.	22.3	23.5	22.4	23.6	22.4	23.5	22.3	23.6	22.3	23.5	22.3	23.65	22.4	23.6
23:00	P.M.	22.3	23.5	22.4	23.6	22.4	23.5	22.3	23.6	22.3	23.5	22.3	23.65	22.3	23.6
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>22.19</b>	<b>23.39</b>	<b>22.24</b>	<b>23.40</b>	<b>22.23</b>	<b>23.4</b>	<b>22.23</b>	<b>23.41</b>	<b>22.23</b>	<b>23.38</b>	<b>22.24</b>	<b>23.42</b>	<b>22.25</b>	<b>23.42</b>

**Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde**

**Temperatura  
Interna 1**  
°C

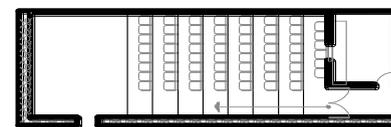


**Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde**

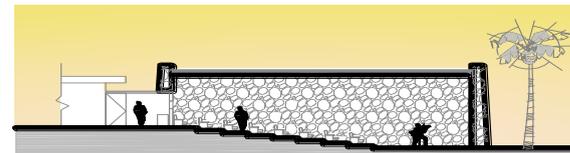


**Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde**

**Temperatura  
Interna 2**  
°C



**Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde**





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **TEMPERATURA DEL AIRE INTERNA**  
Caso de estudio: Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. **CEDULA 2**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

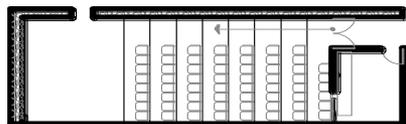
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

**Registro Mensual de: Noviembre Año 2010.**

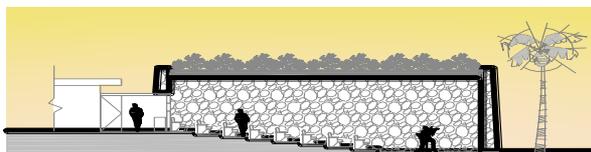
Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)						
00:00	A.M	21.3	22.2	21.19	22.3	21.2	22.2	20.95	21.85	20.60	22	20.32	21	20	20.95
01:00	A.M	21.3	22.2	21.19	22.28	21.2	22	20.95	21.8	20.60	22	20.25	21	20	20.95
02:00	A.M	21.3	22.2	21.19	22.28	21.2	22	20.95	22.14	20.60	21.57	20.25	21	20	20.95
03:00	A.M	21.3	22.2	21.19	22.28	21.2	22	20.95	22.14	20.60	21.57	20.25	21	20	20.95
04:00	A.M	21.3	22.2	21.19	22.1	21.2	22	20.95	22.05	20.60	21.57	20.25	21	20	20.95
05:00	A.M	21.3	22.2	21.19	22.1	21.2	22	20.95	22.05	20.60	21.57	20.25	20.98	19.75	20.95
06:00	A.M	21.3	22.35	21.19	22.1	21.2	22	20.95	22.05	20.60	21.57	20.25	20.98	19.75	20.95
07:00	A.M	21.3	22.35	21.19	22.3	21.2	22.35	20.95	22.33	20.60	21.23	20.25	20.98	19.75	20.52
08:00	A.M	21.1	22.35	21.19	22.3	21.2	22.35	20.95	22.33	20.60	21.23	20.25	20.98	19.75	20.52
09:00	A.M	21.1	22.35	21.19	22.3	21.2	22.35	20.95	22.33	20.60	21.23	20.25	20.98	19.75	20.52
10:00	A.M	21.1	22.35	21.3	22.3	21.2	22.4	20.95	22.35	20.72	21.23	20.25	20.98	19.70	20.52
11:00	A.M	21.1	22.42	21.3	22.3	21.2	22.4	21	22.35	20.72	21.23	20.25	20.98	19.70	20.52
12:00	P.M.	21.1	22.42	21.3	22.3	21.2	22.4	21	22.35	20.72	21.23	20.25	20.98	19.70	20.52
13:00	P.M.	21.1	22.42	21.3	22.3	21.2	22.4	21	22.35	20.72	21.23	20.25	20.98	19.70	20.52
14:00	P.M.	21.1	22.42	22.21	22.3	21.66	22.4	21	22.35	20.72	21.23	20.25	20.98	19.70	20.52
15:00	P.M.	21.1	22.85	22.21	22.45	21.66	22.4	21	22.43	20.72	21.23	20.32	20.98	19.70	20.52
16:00	P.M.	21.25	22.85	22.25	22.45	21.75	22.5	21	22.48	21	21.23	20.32	20.98	20	20.52
17:00	P.M.	21.25	22.85	22.19	22.45	21.72	22.5	21	22.48	21	21.23	20.32	21	20	20.52
18:00	P.M.	21.25	22.85	22.19	22.45	21.72	22.5	21	22.48	21	21.23	20.32	21	20.16	20.52
19:00	P.M.	21.25	22.95	22.19	22.45	21.72	22.8	21.31	22.63	21	21.35	20.32	21.3	20.3	20.62
20:00	P.M.	21.30	22.9	22.18	22.68	21.78	22.75	21.31	22.72	21.2	21.35	20.32	21.35	20.32	20.5
21:00	P.M.	21.17	22.9	22.30	22.65	21.74	22.75	21.40	23	21.20	21.2	20.40	21.32	20.30	20.5
22:00	P.M.	21.17	22.9	21.9	22.65	21.74	22.75	21.45	23.00	21.20	21	20.4	21.32	20.30	20.5
23:00	P.M.	21.17	22.9	21.94	22.65	21.74	22.75	21.45	23.00	21.20	21	20.4	21.32	20.30	20.5
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>21.21</b>	<b>22.52</b>	<b>21.61</b>	<b>22.36</b>	<b>21.42</b>	<b>22.37</b>	<b>21.06</b>	<b>22.37</b>	<b>20.8</b>	<b>21.36</b>	<b>20.29</b>	<b>21.06</b>	<b>19.94</b>	<b>20.65</b>

Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Temperatura  
Interna 1  
°C

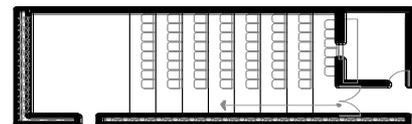


Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde

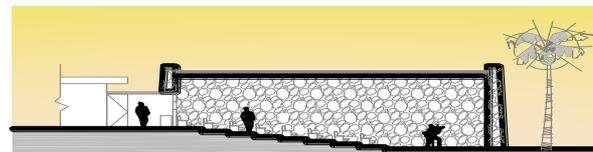


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

Temperatura  
Interna 2  
°C



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD TECAMACHALCO**



**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

Proyecto: Monitoreo climático de **TEMPERATURA DEL AIRE INTERNA**

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 2**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

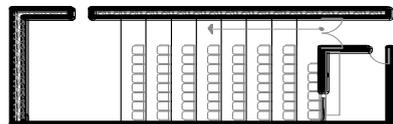
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

**Registro Mensual de: Diciembre Año 2010.**

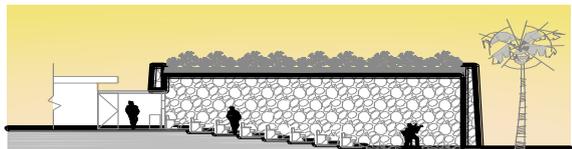
Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)								
00:00	A.M	17.665	18.14	17.57	18.331	17.475	18.426	17.57	18.521	17.379	17.95	16.73	17.57	16.713	17.189
01:00	A.M	17.665	18.14	17.57	18.236	17.475	18.331	17.475	18.236	17.379	17.95	16.713	17.57	16.713	17.189
02:00	A.M	17.665	18.14	17.57	18.236	17.475	18.236	17.475	18.236	17.379	17.855	16.713	17.57	16.713	17.189
03:00	A.M	17.665	18.14	17.57	18.14	17.475	18.236	17.475	18.14	17.284	17.855	16.713	17.57	16.713	17.189
04:00	A.M	17.665	18.14	17.475	18.14	17.475	18.236	17.475	18.14	17.284	17.855	16.713	17.57	16.713	17.189
05:00	A.M	17.57	18.045	17.475	18.14	17.475	18.14	17.475	18.045	17.284	17.855	16.713	17.57	16.713	17.189
06:00	A.M	17.57	18.14	17.475	18.14	17.475	18.14	17.475	18.14	17.284	17.855	16.713	17.57	16.713	17.189
07:00	A.M	17.57	18.045	17.475	18.14	17.379	18.236	17.475	18.14	17.284	17.855	16.713	17.57	16.713	17.189
08:00	A.M	17.57	18.045	17.475	18.045	17.379	18.14	17.475	18.045	17.284	17.855	16.713	17.57	16.713	17.189
09:00	A.M	17.57	18.045	17.379	18.045	17.379	18.045	17.475	18.045	17.284	17.76	16.713	17.475	16.713	17.284
10:00	A.M	17.57	18.045	17.95	18.045	17.379	18.045	17.475	18.045	17.665	18.426	16.713	17.57	16.713	17.95
11:00	A.M	17.665	18.045	17.76	18.045	17.76	18.045	17.475	18.045	17.665	18.236	16.713	17.57	16.713	17.95
12:00	P.M.	17.57	18.14	18.14	18.14	18.236	18.045	17.5	18.045	17.665	18.045	16.713	17.57	16.808	17.95
13:00	P.M.	17.665	18.14	18.236	18.14	17.665	18.045	17.5	18.14	17.665	18.045	16.808	18.045	16.808	17.95
14:00	P.M.	17.665	18.236	18.236	18.236	17.57	19.092	17.5	18.14	17.665	19.092	16.808	18.14	16.808	17.95
15:00	P.M.	17.665	18.236	18.236	18.236	17.57	19.092	17.5	18.14	17.95	19.092	16.808	18.14	16.808	17.95
16:00	P.M.	17.665	18.236	18.236	18.236	18.236	19.092	17.665	18.14	17.76	18.521	16.9	18.521	16.903	17.95
17:00	P.M.	17.665	18.236	18.236	18.236	18.4	19.34	17.665	18.14	17.665	18.331	16.9	18.14	16.903	17.95
18:00	P.M.	17.665	18.236	18.26	18.426	18.711	19.567	17.665	18.236	17.855	18.426	16.9	18.045	16.903	17.95
19:00	P.M.	17.665	18.331	18.34	18.14	17.855	19.52	17.75	18.14	18.331	19.5	16.9	18.996	16.903	18.14
20:00	P.M.	17.7	18.236	17.98	18.14	17.76	19.52	17.7	18.14	17.57	18.236	16.95	19	17.1	17.95
21:00	P.M.	17.665	18.236	17.76	18.14	17.665	19.52	17.7	18.14	17.56	18.331	16.9	19	17	17.95
22:00	P.M.	17.665	18.14	17.76	18.14	17.665	19.52	17.7	18.14	17.57	18.521	16.9	19	16.903	17.57
23:00	P.M.	17.665	18.14	17.665	18.14	17.57	19.52	17.7	18.14	17.57	18.616	16.9	19	16.903	17.57
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>17.639</b>	<b>18.152</b>	<b>17.826</b>	<b>20.615</b>	<b>17.688</b>	<b>18.672</b>	<b>17.556</b>	<b>18.144</b>	<b>17.553</b>	<b>18.253</b>	<b>16.79</b>	<b>18.014</b>	<b>16.804</b>	<b>17.613</b>

**Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde**

**Temperatura  
Interna 1  
°C**

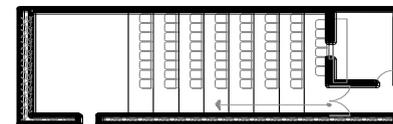


**Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde**

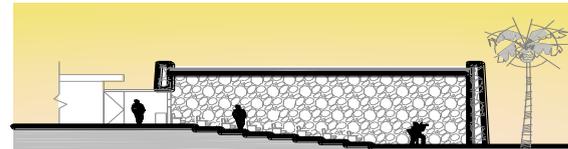


**Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde**

**Temperatura  
Interna 2  
°C**



**Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde**





**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD TECAMACHALCO**



**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

Proyecto: Monitoreo climático de **TEMPERATURA DEL AIRE INTERNA**

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 2**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

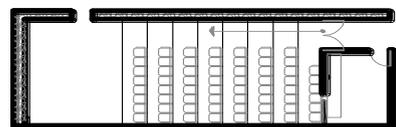
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

**Registro Mensual de: Enero Año 2011.**

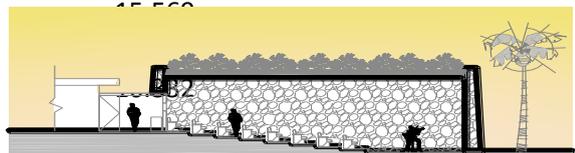
Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)
00:00	A.M	16.713	17.189	16.73	17.57	16.523	17.189	16.332	17.094	16.332	17.189	16.332	16.999	16.427	17.284
01:00	A.M	16.713	17.189	16.713	17.57	16.427	17.094	16.332	16.999	16.237	17.094	16.332	16.999	16.427	17.284
02:00	A.M	16.713	17.189	16.713	17.57	16.332	16.999	16.332	16.903	16.237	16.999	16.332	16.999	16.427	17.284
03:00	A.M	16.713	17.189	16.713	17.57	16.332	16.999	16.332	16.903	16.332	16.999	16.332	16.999	16.427	17.284
04:00	A.M	16.713	17.189	16.713	17.57	16.332	16.999	16.237	16.903	16.237	16.999	16.332	16.999	16.427	17.284
05:00	A.M	16.713	17.189	16.713	17.57	16.237	16.999	16.237	16.903	16.237	16.999	16.332	16.999	16.427	17.189
06:00	A.M	16.713	17.189	16.713	17.57	16.237	16.999	16.237	16.808	16.237	16.999	16.332	16.999	16.427	17.189
07:00	A.M	16.713	17.189	16.713	17.57	16.237	16.999	16.237	16.808	16.237	16.999	16.332	16.999	16.427	17.189
08:00	A.M	16.713	17.189	16.713	17.57	16.237	16.999	16.237	16.808	16.237	16.999	16.332	16.999	16.427	17.189
09:00	A.M	16.713	17.284	16.713	17.475	16.141	17.22	16.141	16.808	16.237	16.999	16.332	16.999	16.427	17.189
10:00	A.M	16.713	17.95	16.713	17.57	16.141	17.22	16.141	16.808	16.237	16.999	16.332	16.999	16.427	17.189
11:00	A.M	16.713	17.95	16.713	17.57	16.141	17.22	16.141	16.808	16.237	16.999	16.332	16.999	16.427	17.189
12:00	P.M.	16.808	17.95	16.713	17.57	16.141	17.35	16.141	16.808	16.332	16.999	16.427	16.999	16.427	17.189
13:00	P.M.	16.808	17.95	16.808	18.045	16.237	17.35	16.141	16.808	16.332	16.999	16.427	17.05	16.427	17.189
14:00	P.M.	16.808	17.95	16.808	18.14	16.237	17.35	16.25	16.808	16.332	16.999	16.427	17.05	16.427	17.189
15:00	P.M.	16.808	17.95	16.808	18.14	16.237	17.45	16.3	17.2	16.332	16.999	16.427	17.05	16.427	17.189
16:00	P.M.	16.903	17.95	16.9	18.521	16.237	17.66	16.427	17.2	16.332	16.999	16.427	17.05	16.427	17.189
17:00	P.M.	16.903	17.95	16.9	18.14	17.284	17.66	16.427	17.5	16.332	16.999	16.523	17.08	16.427	17.189
18:00	P.M.	16.903	17.95	16.9	18.045	17.379	17.9	16.68	18.045	16.333	16.999	16.427	17.094	16.427	17.189
19:00	P.M.	16.903	18.14	16.9	17.95	16.618	17.88	16.7	17.85	16.35	17.05	16.427	17.05	16.44	17.25
20:00	P.M.	17.1	17.95	16.95	18.996	16.523	17.88	16.5	17.65	16.32	16.999	16.523	17.045	16.44	17.189
21:00	P.M.	16.903	17.95	16.9	19	16.427	17.88	16.5	17.5	16.32	16.999	16.427	17.03	16.427	17.189
22:00	P.M.	16.903	17.57	16.9	19	16.427	17.7	16.45	17.5	16.3	16.999	16.427	16.999	16.427	17.189
23:00	P.M.	16.903	17.57	16.9	19	16.332	17.7	16.332	17.5	16.3	16.999	16.427	16.999	16.427	17.189
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>16.8</b>	<b>17.613</b>	<b>16.79</b>	<b>17.971</b>	<b>16.392</b>	<b>17.362</b>	<b>16.324</b>	<b>17.122</b>	<b>16.29</b>	<b>17.013</b>	<b>16.388</b>	<b>17.02</b>	<b>16.428</b>	<b>17.211</b>

**Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde**

**Temperatura  
Interna 1**  
°C

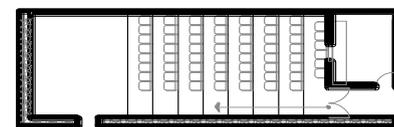


**Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde**

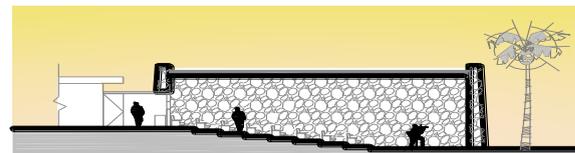


**Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde**

**Temperatura  
Interna 2**  
°C



**Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde**





**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD TECAMACHALCO**



**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

Proyecto: Monitoreo climático de **TEMPERATURA DEL AIRE INTERNA**

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 2**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

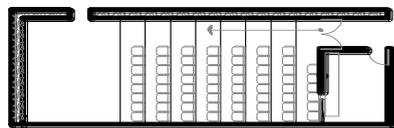
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

**Registro Mensual de: Febrero Año 2011.**

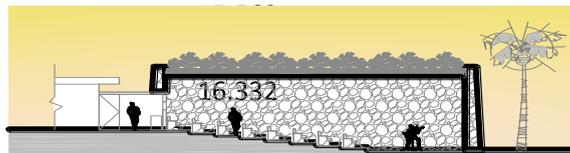
Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)						
00:00	A.M	16.427	17.284	16.45	17.2	16.65	17.5	17.24	17.55	17.5	18.16	17.84	18.6	18.45	19.2
01:00	A.M	16.427	17.284	16.45	17.2	16.65	17.5	17.24	17.55	17.45	18.16	17.84	18.6	18.45	19.2
02:00	A.M	16.427	17.284	16.45	17.2	16.65	17.5	17.15	17.55	17.45	18.16	17.84	18.6	18.45	19.2
03:00	A.M	16.427	17.284	16.45	17.2	16.65	17.5	17.15	17.55	17.45	18.16	17.82	18.6	18.45	19.2
04:00	A.M	16.427	17.284	16.45	17.2	16.65	17.35	17.15	17.55	17.45	18.16	17.82	18.6	18.45	19.25
05:00	A.M	16.427	17.189	16.45	17.2	16.65	17.35	17.15	17.55	17.45	18.33	17.82	18.6	18.4	19.25
06:00	A.M	16.427	17.189	16.45	17.22	16.65	17.35	17.15	17.55	17.48	18.33	17.82	18.6	18.4	19.25
07:00	A.M	16.427	17.189	16.45	17.22	16.68	17.35	17.15	17.55	17.48	18.33	17.82	18.6	18.4	19.345
08:00	A.M	16.427	17.189	16.45	17.22	16.68	17.35	17.32	17.55	17.48	18.45	17.82	18.74	18.4	19.345
09:00	A.M	16.427	17.189	16.45	17.22	16.68	17.35	17.32	17.55	17.64	18.45	17.82	18.75	18.4	19.345
10:00	A.M	16.427	17.189	16.45	17.34	16.8	17.38	17.32	17.77	17.64	18.45	17.86	18.847	19	19.345
11:00	A.M	16.427	17.189	16.45	17.34	16.8	17.38	17.32	17.77	17.68	18.45	17.86	18.922	19	19.45
12:00	P.M.	16.427	17.189	16.618	17.34	16.8	17.38	17.4	17.77	17.68	18.55	17.86	18.997	19	19.45
13:00	P.M.	16.427	17.189	16.618	17.475	16.95	17.38	17.42	18.04	17.68	18.55	17.86	18.997	19.25	19.54
14:00	P.M.	16.427	17.189	16.618	17.475	16.95	17.38	17.42	18.04	17.68	18.56	17.94	18.997	19.25	19.54
15:00	P.M.	16.427	17.189	16.618	17.475	16.95	17.38	17.42	18.04	17.8	18.56	17.94	18.997	19.43	19.9
16:00	P.M.	16.427	17.189	16.84	17.475	16.95	17.38	17.5	18.04	17.8	18.56	17.94	19.04	19.43	20.18
17:00	P.M.	16.427	17.189	16.84	17.5	17.284	17.38	17.5	18.15	17.8	18.56	17.94	19.04	19.43	20.35
18:00	P.M.	16.427	17.25	16.84	17.55	17.284	17.5	17.5	18.15	17.8	18.64	18.05	19.04	19.43	20.64
19:00	P.M.	16.427	17.189	16.84	17.5	17.379	17.5	17.6	18.2	18	18.6	18.24	19.1	19.52	20.76
20:00	P.M.	16.44	17.189	17	17.5	17.3	17.5	17.64	18.15	17.8	18.6	18.2	19.1	19.65	20.68
21:00	P.M.	16.427	17.189	16.618	17.5	17.3	17.5	17.58	18.15	17.8	18.55	18.2	19.1	19.45	20.68
22:00	P.M.	16.427	17.189	16.618	17.5	17.3	17.5	17.58	18.15	17.8	18.55	18.2	19.1	19.34	20.68
23:00	P.M.	16.427	17.189	16.618	17.5	17.25	17.5	17.5	18.16	17.8	18.55	18.2	19.1	19.28	20.65
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>16.428</b>	<b>17.211</b>	<b>16.587</b>	<b>17.356</b>	<b>16.912</b>	<b>17.423</b>	<b>17.363</b>	<b>17.837</b>	<b>17.65</b>	<b>18.434</b>	<b>17.94</b>	<b>18.861</b>	<b>18.946</b>	<b>19.768</b>

Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Temperatura  
Interna 1  
°C

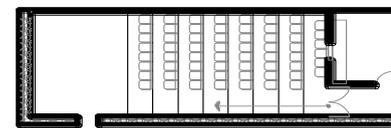


Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde

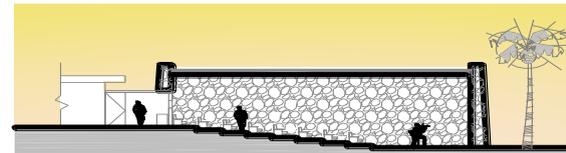


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

Temperatura  
Interna 2  
°C



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD TECAMACHALCO**



**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

Proyecto: Monitoreo climático de **TEMPERATURA DEL AIRE INTERNA**

**Caso de estudio: Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 2**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

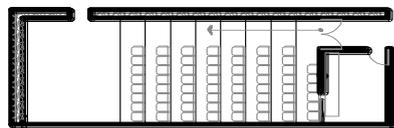
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

**Registro Mensual de: Marzo Año 2011.**

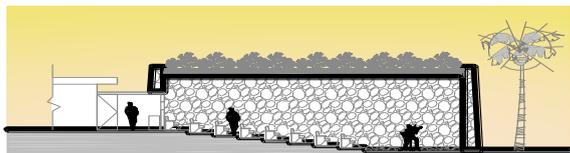
Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)												
00:00	A.M	19.187	21	19.282	21.091	19.662	21.187	19.758	21.4	20.043	21.58	19.948	21.83	19.97	21.85
01:00	A.M	19.187	20.88	19.187	21.091	19.662	21.282	19.758	21.4	19.948	21.58	19.948	21.83	19.95	21.75
02:00	A.M	19.187	20.75	19.187	21.091	19.567	21.282	19.662	21.4	19.948	21.45	19.948	21.83	19.95	21.75
03:00	A.M	19.187	20.75	19.187	21.091	19.567	21.187	19.662	21.2	19.948	21.45	19.948	21.83	19.95	21.75
04:00	A.M	19.187	20.75	19.187	20.996	19.567	21.187	19.662	21.2	19.948	21.45	19.948	22.05	19.95	21.75
05:00	A.M	19.187	20.66	19.187	20.996	19.567	21.282	19.662	21.2	19.853	21.6	19.948	22.05	19.95	21.75
06:00	A.M	19.187	20.66	19.187	20.996	19.567	21.282	19.662	21.2	19.853	21.6	19.948	22.05	19.95	21.75
07:00	A.M	19.22	20.72	19.187	20.996	19.472	21.282	19.662	21.2	19.853	21.85	19.948	22.15	20.138	21.75
08:00	A.M	19.22	20.72	19.187	20.996	19.472	21.282	19.662	21.2	19.853	21.85	19.948	22.19	20.138	21.75
09:00	A.M	19.22	20.72	19.187	21.091	19.567	21.282	19.662	21.2	19.853	22	19.948	22.219	20.138	21.78
10:00	A.M	19.24	20.72	19.28	21.091	19.567	21.282	20.043	21.2	19.853	22	19.948	22.25	20.138	21.78
11:00	A.M	19.24	20.72	19.28	21.187	19.567	21.378	19.948	21.66	19.853	22	20.043	22.268	20.138	21.78
12:00	P.M.	19.27	21	19.28	21.187	19.567	21.473	19.948	21.66	19.853	22.15	20.043	22.23	20.234	21.78
13:00	P.M.	19.27	21	19.472	21.187	19.567	21.473	19.948	21.66	19.948	22.2	20.043	22.24	20.329	21.94
14:00	P.M.	19.3	21	19.472	21.187	19.662	21.473	19.948	21.66	19.948	22.28	20.043	22.21	20.329	21.94
15:00	P.M.	19.3	21.25	19.52	21.2	19.662	21.473	19.948	21.84	20.043	22.28	20.1	22.21	20.329	21.94
16:00	P.M.	19.3	21.25	20.138	21.2	20.519	21.473	19.948	21.45	20.043	22.3	20.12	22.21	20.329	21.94
17:00	P.M.	19.3	21.25	20.138	21.2	20.519	21.473	19.948	21.44	20.043	22.3	20.12	22.19	20.424	22.16
18:00	P.M.	19.3	21.3	20.138	21.2	20.75	21.473	20	21.4	20.12	22.24	20.12	22.19	20.424	22.16
19:00	P.M.	19.3	21.4	20.138	21.2	20.75	21.473	20.138	21.4	20.12	22.34	20.138	22.32	20.424	22.25
20:00	P.M.	19.389	21.35	20.138	21.25	20.901	21.76	20.138	21.4	20.12	22.15	20.138	22.18	20.329	22.14
21:00	P.M.	19.187	21.22	20.2	21.24	20.9	22.238	20.25	21.84	20	22.15	20.138	22.16	20.329	22.14
22:00	P.M.	19.187	21.16	19.948	21.24	20.9	22.238	20.138	22.38	19.948	21.8	20.138	22	20.329	22.14
23:00	P.M.	19.187	20.94	19.758	21.25	20.9	22.238	20.138	21.3	19.948	21.56	20.138	21.94	20.329	21.85
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>19.239</b>	<b>20.965</b>	<b>19.536</b>	<b>21.136</b>	<b>19.975</b>	<b>21.477</b>	<b>19.887</b>	<b>21.454</b>	<b>19.956</b>	<b>21.923</b>	<b>20.031</b>	<b>22.109</b>	<b>20.187</b>	<b>21.899</b>

Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Temperatura  
Interna 1  
°C

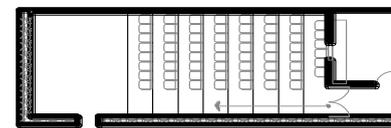


Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde

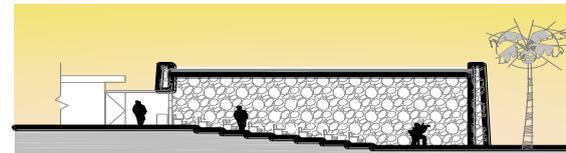


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

Temperatura  
Interna 2  
°C



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **TEMPERATURA DEL AIRE INTERNA**

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 2**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

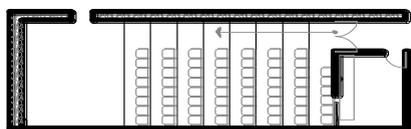
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

Registro Mensual de: **Abril Año 2011.**

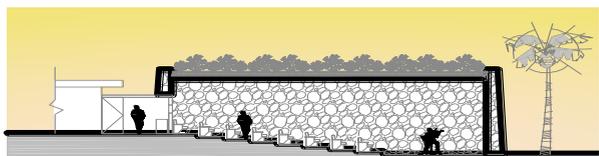
Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)
00:00	A.M	19.758	21.187	19.97	21.282	19.8	21.52	20.21	22.142	20	22.41	20.44	23.14	21	23.2
01:00	A.M	19.758	21.187	19.9	21.282	19.8	21.52	20.138	22.142	20	22.41	20.44	23.14	21	23.198
02:00	A.M	19.662	21.187	19.9	21.282	19.8	21.52	20.138	22.142	20	22.41	20.44	23.14	21	23.198
03:00	A.M	19.662	21.187	19.9	21.282	19.8	21.52	20.138	22.142	20	22.4	20.44	23.12	21	23.198
04:00	A.M	19.662	21.091	19.9	21.473	20	21.52	20.08	22.142	20	22.4	20.44	23.12	20.95	23.198
05:00	A.M	19.662	21.091	19.9	21.473	20	21.52	20.08	22.142	20	22.4	20.44	23.12	20.95	23.198
06:00	A.M	19.662	21.091	19.95	21.473	20	21.76	20.22	22.142	20	22.4	20.44	23.12	20.95	23.198
07:00	A.M	19.662	21.091	19.95	21.569	20	21.76	20.22	22.142	20.14	22.4	20.55	23.25	20.95	23.38
08:00	A.M	19.662	20.996	19.95	21.569	20	21.76	20.22	22.142	20.14	22.4	20.55	23.25	20.95	23.38
09:00	A.M	19.662	20.996	19.95	21.569	20.1	21.94	20.369	22.142	20.24	22.4	20.66	23.25	21	23.38
10:00	A.M	20.043	20.996	20.138	21.664	20.1	21.94	20.369	22.142	20.24	22.54	20.66	23.25	21	23.55
11:00	A.M	19.948	20.996	20.138	21.664	20.1	21.94	20.369	22.142	20.24	22.54	20.66	23.27	21	23.55
12:00	P.M.	19.948	20.996	20.138	21.664	20.24	22.429	20.43	22.2	20.38	22.68	20.66	23.27	21	23.6
13:00	P.M.	19.948	20.996	20.234	21.664	20.24	22.429	20.43	22.2	20.38	22.68	20.85	23.27	21.08	23.6
14:00	P.M.	19.948	20.996	20.234	21.664	20.329	22.429	20.43	22.2	20.45	22.763	20.94	23.27	21.08	23.6
15:00	P.M.	19.948	21.091	20.234	21.74	20.329	22.333	20.43	22.45	20.45	22.763	20.94	23.27	21.08	23.6
16:00	P.M.	19.948	21.26	20.25	21.74	20.4	22.333	20.5	22.45	20.45	22.763	21.05	23.3	21.08	23.74
17:00	P.M.	19.948	21.26	20.25	21.74	20.32	22.238	20.5	22.42	20.45	22.95	21.05	23.28	21.08	23.74
18:00	P.M.	19.948	21.26	20.25	21.74	20.32	22.238	20.5	22.42	20.55	22.95	21.05	23.28	21.08	23.7
19:00	P.M.	20.138	21.34	20.25	21.8	20.25	22.525	20.36	22.42	20.64	22.95	21.05	23.3	21.08	23.74
20:00	P.M.	20.25	21.34	20.25	21.569	20.4	22.5	20.36	22.42	20.5	22.84	21.05	23.28	21.08	23.7
21:00	P.M.	20.25	21.3	20.3	21.569	20.1	22.5	20.5	22.45	20.5	22.84	21.02	23.28	21.1	23.67
22:00	P.M.	20.25	21.3	19.85	21.569	20.1	22.5	20.2	22.42	20.5	22.84	21.02	23.3	21	23.67
23:00	P.M.	20.25	21.3	19.8	21.569	20.1	22.5	20.2	22.42	20.5	22.84	21.02	23.3	21	23.67
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>19.899</b>	<b>21.147</b>	<b>20.066</b>	<b>21.567</b>	<b>20.11</b>	<b>22.049</b>	<b>20.308</b>	<b>22.257</b>	<b>20.281</b>	<b>22.624</b>	<b>20.744</b>	<b>23.232</b>	<b>21.02</b>	<b>23.486</b>

Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Temperatura  
Interna 1  
°C

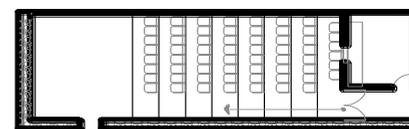


Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde

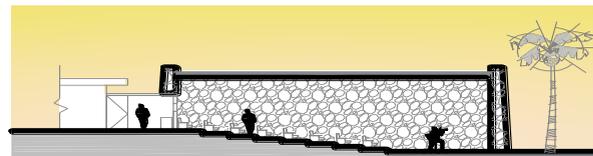


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

Temperatura  
Interna 2  
°C



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD TECAMACHALCO**



**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

Proyecto: Monitoreo climático de **TEMPERATURA DEL AIRE INTERNA**

**Caso de estudio: Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 2**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

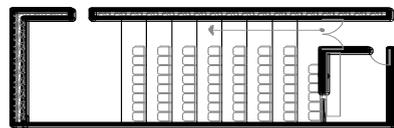
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

**Registro Mensual de: Mayo Año 2011.**

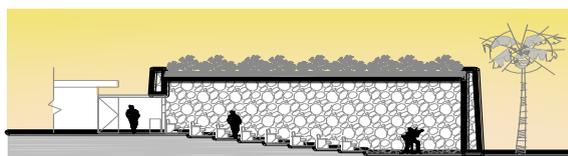
Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)
00:00	A.M	21	23.869	21	23.448	20.98	23.5	21.05	23.448	21	23.4	20.95	22.165	20.95	22.165
01:00	A.M	21	23.869	21	23.448	20.98	23.04	21.05	23.448	21	23.16	20.95	22.165	20.95	22.165
02:00	A.M	21	23.869	20.95	23.351	20.98	23.04	21.05	23.351	21.22	23.16	20.95	22.165	20.95	21.12
03:00	A.M	21	23.869	20.95	23.34	20.98	23.04	21.05	23.34	21.34	23.16	20.95	22.165	20.95	21.12
04:00	A.M	20.95	23.869	20.95	23.351	20.98	23.04	21.05	23.34	21.4	23.16	20.95	22.165	20.84	21.12
05:00	A.M	20.95	23.86	20.95	23.255	20.98	23.04	21.05	23.255	21.387	22.85	20.95	22.165	20.84	21.12
06:00	A.M	20.95	23.86	20.95	23.255	20.98	23.04	21.06	23.255	21.387	22.85	20.95	22	20.84	21.12
07:00	A.M	20.95	23.86	21	23.23	21.05	23.35	21.06	23.23	21.387	22.85	20.95	22	20.84	21.12
08:00	A.M	20.95	23.869	21	23.23	21.05	23.35	21.06	23.23	21.35	22.94	20.95	22.06	20.84	21.42
09:00	A.M	21	23.869	21	23.45	21.05	23.35	21.06	23.23	21.35	22.94	20.95	22.06	20.88	21.42
10:00	A.M	21	23.869	21	23.45	21.05	23.35	21.15	23.23	21.35	22.94	21.03	22.06	20.88	21.42
11:00	A.M	21	23.869	21	23.45	21.05	23.5	21.15	23.23	21.32	22.94	21.03	22.06	20.88	21.65
12:00	P.M.	21	23.966	21	23.45	21.05	23.5	21.15	23.23	21.32	22.94	21.03	22.06	20.88	21.65
13:00	P.M.	21.08	23.966	21.08	23.45	21.05	23.5	21.15	23.23	21.387	22.94	21.03	22.06	20.88	21.65
14:00	P.M.	21.08	24.35	21.08	23.448	21.05	23.5	21.15	23.448	21.387	22.94	21.03	22.06	20.95	21.65
15:00	P.M.	21.08	24.35	21.08	23.448	21.05	23.5	21.15	23.448	21.387	23	21.03	22.12	20.95	21.98
16:00	P.M.	21.08	24.61	21.08	23.545	21.05	23.54	21.15	23.448	21.387	23	21.03	22	21	21.98
17:00	P.M.	21.08	24.545	21.15	23.545	21.05	23.43	21.15	23.545	21.387	23	21.03	21.76	21.05	21.98
18:00	P.M.	21.08	24.545	21.08	23.448	21.08	23.43	21.2	23.448	21.42	23	21.05	21.66	21.05	21.86
19:00	P.M.	21.08	24.641	21.08	23.545	21.08	23.54	21.2	23.448	21.42	23	21.05	21.66	20.92	21.66
20:00	P.M.	21.08	24.62	21.15	23.835	21.08	23.43	21.2	23.545	21.42	23.12	21.05	21.5	20.92	21.5
21:00	P.M.	21.1	24.62	21	23.835	21.12	23.43	21.24	23.835	21.45	23.1	21.08	22.12	21.05	21.98
22:00	P.M.	21.1	24.62	21	23.545	21.1	23.43	21.22	23.4	21.3	23.1	21.05	21.24	20.88	21.2
23:00	P.M.	21.1	24.62	21	23.545	21.1	23.43	21.22	23.4	21.3	23.1	21.05	21.24	20.86	21.2
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>21.029</b>	<b>24.161</b>	<b>21.022</b>	<b>23.454</b>	<b>21.04</b>	<b>23.346</b>	<b>21.126</b>	<b>23.376</b>	<b>21.336</b>	<b>23.025</b>	<b>21.003</b>	<b>21.946</b>	<b>20.918</b>	<b>21.552</b>

**Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde**

**Temperatura  
Interna 1**  
°C

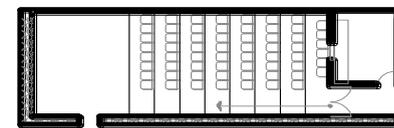


**Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde**

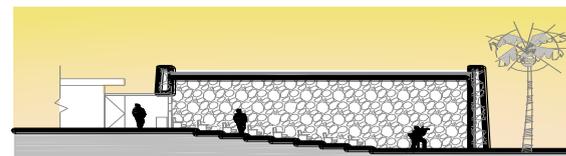


**Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde**

**Temperatura  
Interna 2**  
°C



**Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde**





**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD TECAMACHALCO**



**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

Proyecto: Monitoreo climático de **TEMPERATURA DEL AIRE INTERNA**

**Caso de estudio: Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 2**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

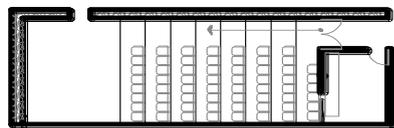
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

**Registro Mensual de: Junio Año 2011.**

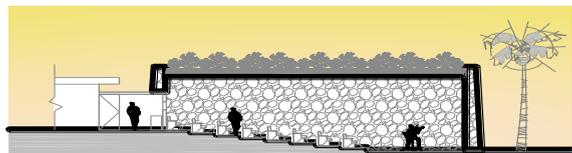
Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)						
00:00	A.M	20.31	21.287	20.3	21.35	20.519	21.45	20.424	21.9	20.424	21.805	20.14	21.424	19.642	21.334
01:00	A.M	20.31	21.287	20.3	21.35	20.424	21.45	20.329	21.9	20.424	21.805	20.04	21.424	19.642	21.334
02:00	A.M	20.31	21.282	20.3	21.35	20.424	21.45	20.329	21.9	20.424	21.71	20.04	21.424	19.642	21.334
03:00	A.M	20.31	21.282	20.29	21.35	20.424	21.45	20.329	21.9	20.424	21.71	20.04	21.424	19.464	21.334
04:00	A.M	20.31	21.187	20.29	21.35	20.424	21.45	20.424	21.88	20.424	21.71	19.84	21.424	19.464	20.288
05:00	A.M	20.31	21.187	20.29	21.35	20.424	21.56	20.329	21.88	20.424	21.71	19.84	21.424	19.464	20.25
06:00	A.M	20.31	21.187	20.29	21.56	20.424	21.56	20.329	21.88	20.424	21.71	19.84	21.424	19.464	20.25
07:00	A.M	20.31	21.187	20.29	21.56	20.424	21.56	20.329	21.88	20.424	21.71	19.84	21.424	19.35	20.23
08:00	A.M	20.31	21.187	20.2	21.56	20.329	21.56	20.329	21.88	20.424	21.71	19.88	21.424	19.35	20.23
09:00	A.M	20.31	21.187	20.2	21.56	20.329	21.56	20.329	21.88	20.329	21.71	19.88	21.329	19.42	20.23
10:00	A.M	20.22	21.282	20.2	21.56	20.329	21.6	20.329	21.9	20.424	21.615	19.89	21.329	19.42	20.23
11:00	A.M	20.22	21.282	20.2	21.56	20.329	21.6	20.329	21.9	20.424	21.615	19.89	21.329	19.42	20.23
12:00	P.M.	20.22	21.282	20.2	21.58	20.329	21.6	20.329	21.9	20.424	21.615	19.89	21.329	19.42	20.28
13:00	P.M.	20.22	21.378	20.2	21.58	20.329	21.6	20.329	21.9	20.424	21.615	19.89	21.329	19.44	20.28
14:00	P.M.	20.22	21.378	20.2	21.58	20.329	21.6	20.329	21.9	20.424	21.71	19.89	21.424	19.45	20.28
15:00	P.M.	20.22	21.378	20.2	21.6	20.329	21.6	20.424	21.9	20.424	21.71	20	21.424	19.45	20.28
16:00	P.M.	20.22	21.473	20.2	21.6	20.424	21.6	20.424	22	20.424	21.71	20	21.424	19.45	20.34
17:00	P.M.	20.22	21.473	20.2	21.6	20.34	21.77	20.424	22	20.45	21.71	20	21.424	19.47	20.38
18:00	P.M.	20.3	21.473	20.2	21.64	20.34	21.77	20.424	22	20.424	21.71	20	21.424	19.47	20.38
19:00	P.M.	20.3	21.5	20.24	21.64	20.24	21.77	20.424	22	20.329	21.71	19.88	21.424	19.47	20.34
20:00	P.M.	20.3	21.5	20.24	21.64	20.24	21.77	20.35	22	20.519	21.71	19.79	21.424	19.38	20.34
21:00	P.M.	20.3	21.573	20.24	21.64	20.424	21.8	20.35	22.28	20.615	21.85	19.75	21.424	19.37	20.24
22:00	P.M.	20.35	21.52	20.33	21.75	20.1	21.8	20.424	22.2	20.615	21.85	20	21.4	19.37	20.34
23:00	P.M.	20.32	21.52	20.3	21.7	20.1	21.8	20.4	22.2	20.73	21.85	20	21.4	19.48	20.3
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>19.434</b>	<b>21.345</b>	<b>20.246</b>	<b>21.542</b>	<b>20.347</b>	<b>21.614</b>	<b>20.365</b>	<b>21.957</b>	<b>20.45</b>	<b>21.72</b>	<b>19.927</b>	<b>21.402</b>	<b>19.457</b>	<b>20.461</b>

Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Temperatura  
Interna 1  
°C

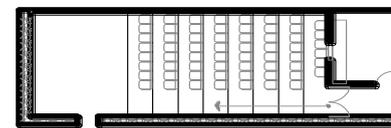


Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde

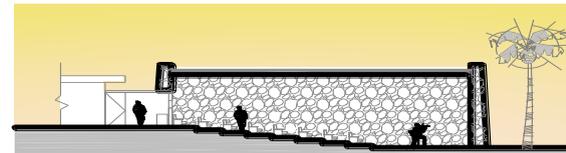


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

Temperatura  
Interna 2  
°C



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD TECAMACHALCO**



**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

Proyecto: Monitoreo climático de **TEMPERATURA DEL AIRE INTERNA**

**Caso de estudio: Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 2**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

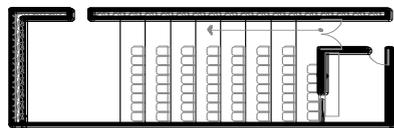
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

**Registro Mensual de: Julio Año 2011.**

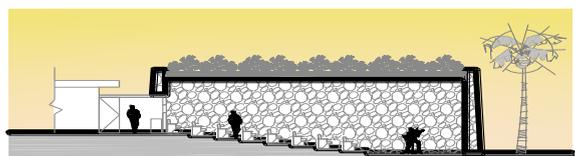
Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)	Temp.1 (°C)	Temp.2 (°C)						
00:00	A.M	19.95	21	19.95	21.05	19.9	21.22	19.985	21.95	20.05	22	20.42	23.564	20.86	23.727
01:00	A.M	19.95	21	19.84	21.05	19.9	21.19	19.985	21.95	20.05	22	20.42	23.571	20.86	23.734
02:00	A.M	19.95	21	19.85	21.05	19.9	21.15	19.985	21.251	20	22	20.42	23.577	20.86	23.74
03:00	A.M	19.95	20.97	19.84	21.05	19.9	21.14	19.985	21.258	20	21.931	20.35	23.584	20.75	23.747
04:00	A.M	19.84	20.97	19.85	20.98	19.9	21.12	19.985	21.258	20	21.931	20.35	23.59	20.75	23.753
05:00	A.M	19.84	20.57	19.84	20.98	19.9	21.16	19.985	21.258	20	21.931	20.35	23.597	20.75	23.76
06:00	A.M	19.7	20.57	19.75	20.94	19.82	21.17	19.84	21.277	20	21.931	20.35	23.603	21.2	23.766
07:00	A.M	19.7	20.23	19.75	20.7	19.82	21.18	19.84	21.277	20	21.447	20.35	23.61	21.2	23.773
08:00	A.M	19.7	20.23	19.75	20.7	19.82	21.17	19.84	21.277	20.25	21.447	20.38	23.616	21.2	23.779
09:00	A.M	19.7	20.23	19.75	20.7	19.82	21.19	19.88	21.297	20.25	21.447	20.38	23.623	21.2	23.786
10:00	A.M	19.7	20.23	19.75	20.7	19.95	21.24	19.88	21.297	20.25	21.447	20.38	23.629	21.2	23.792
11:00	A.M	19.845	20.23	19.75	20.7	19.95	21.25	20.02	21.297	20.25	21.728	20.45	23.636	21.2	23.799
12:00	P.M.	19.845	20.1	19.9	20.665	19.95	21.23	20.02	21.538	20.35	21.728	20.45	23.642	21.45	23.805
13:00	P.M.	19.845	20.1	19.9	20.67	20.15	21.24	20.02	21.538	20.35	21.728	20.76	23.649	21.45	23.812
14:00	P.M.	19.9	20.1	19.9	21.725	20.15	21.21	20.15	21.538	20.35	21.885	20.76	23.649	21.65	23.812
15:00	P.M.	19.9	20.15	19.9	21.706	20.15	21.21	20.14	21.905	20.56	21.885	20.76	23.662	21.65	23.825
16:00	P.M.	19.9	20.15	20.1	21.745	20.15	21.25	20.15	21.905	20.56	22.12	20.98	23.668	21.7	23.831
17:00	P.M.	20	20.2	20.2	20.725	20.22	21.25	20.15	22	20.56	22.12	20.98	23.675	21.7	23.838
18:00	P.M.	20	20.2	20.2	20.725	20.22	21.25	20.34	22	20.74	22.12	20.98	23.642	21.73	23.844
19:00	P.M.	20	20.2	20.35	20.76	20.3	21.32	20.34	22	20.74	22.25	21.24	23.642	21.73	23.851
20:00	P.M.	20	20.2	20.35	20.76	20.3	21.32	20.34	22.2	20.86	22.25	21.24	23.642	21.8	23.857
21:00	P.M.	20.15	22.24	20.35	21.56	20.3	21.35	20.45	22.2	20.85	22.532	21.45	23.642	21.8	23.864
22:00	P.M.	20.15	22.201	20.42	21.55	20.32	21.34	20.53	22.254	20.85	22.615	21.5	23.681	21.8	23.844
23:00	P.M.	20.2	22.21	20.42	21.5	20.35	21.34	20.52	22.2	21	23.538	21.5	23.642	21.95	23.877
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>19.905</b>	<b>20.637</b>	<b>19.986</b>	<b>21.029</b>	<b>20.048</b>	<b>21.229</b>	<b>20.098</b>	<b>21.664</b>	<b>20.37</b>	<b>22</b>	<b>20.717</b>	<b>23.627</b>	<b>21.352</b>	<b>23.801</b>

Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Temperatura  
Interna 1  
°C

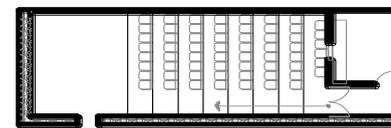


Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde

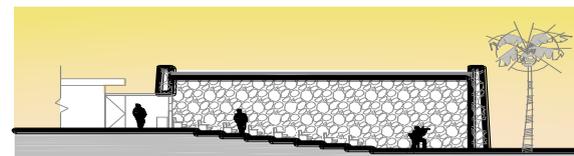


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

Temperatura  
Interna 2  
°C



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **HUMEDAD RELATIVA EXTERNA**

Caso de estudio: Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. **CEDULA 3**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

Registro Mensual Año 2010.

DIA	JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
	Hum.Ma x.	Hum.Mi n										
1	91	51	96	34	96	44	97	17	93	35	93	35
2	91	41	97	33	95	33	97	21	98	28	98	28
3	91	45	95	37	95	36	96	31	98	48	98	48
4	96	39	96	35	95	54	95	28	100	40	100	40
5	97	27	94	36	96	70	0	0	99	31	99	31
6	95	36	96	50	96	62	92	29	98	30	98	30
7	95	45	96	44	95	52	97	29	98	35	98	35
8	95	51	96	42	95	38	95	23	99	56	99	56
9	95	62	96	44	96	33	97	20	99	77	99	77
10	95	49	96	35	96	33	96	20	94	41	94	41
11	96	46	96	38	95	36	97	18	94	35	94	35
12	96	40	95	4.4	96	36	83	20	95	36	95	36
13	95	28	95	5.3	97	33	94	20	94	36	94	36
14	94	35	95	49	97	40	94	42	94	30	94	30
15	95	37	97	34	97	36	98	19	76	30	76	30
16	95	30	97	45	95	33	97	14	95	37	95	37
17	96	35	94	53	85	69	97	21	82	37	82	37
18	96	37	97	47	95	49	99	16	84	30	84	30
19	96	40	96	46	95	55	96	22	100	21	100	21
20	96	48	96	39	97	50	97	16	100	19	100	19
21	95	40	95	49	95	41	97	13	74	16	74	16
22	95	70	95	45	96	33	95	17	99	12	99	12
23	95	70	98	48	96	42	97	18	90	14	90	14
24	96	76	97	36	95	41	99	13	87	20	87	20
25	96	52	96	55	95	37	95	12	99	23	99	23
26	96	60	96	41	96	33	95	13	100	27	100	27
27	95	33	97	61	96	51	96	18	100	21	100	21
28	95	54	97	41	96	33	97	19	100	25	100	25
29	95	29	96	45	97	19	98	73	79	29	79	29
30	96	37	96	30	96	17	98	40	95	49	95	49
31	96	35	96	55	0	0	98	25	0	0	99	39
DATOS PROMEDIO MENSUAL	95.03	44.45	95.97	40.54	92.32	39.97	92.87	22.16	90.74	31.23	93.94	32.48



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **HUMEDAD RELATIVA EXTERNA**

Caso de estudio: Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. **CEDULA 3**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

**Registro Mensual Año 2011.**

DIA	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO	
	Hum.Ma x.	Hum.Mi n												
1	79	23	65	24	96	44	97	21	100	23	90	35	100	60
2	100	25	96	31	95	33	100	33	100	20	99	15	100	65
3	100	19	100	37	95	36	80	21	98	35	97	16	100	55
4	100	17	85	40	95	54	85	20	100	26	100	15	100	46
5	100	17	85	50	96	70	100	26	98	24	100	33	100	37
6	99	20	85	27	96	62	100	40	100	18	95	21	99	37
7	99	19	100		95	52	100	30	100	18	100	17	100	44
8	100	27	100	35	95	38	100	26	79	16	99	19	99	55
9	70	23	97	24	96	33	96	21	69	24	100	20	100	50
10	85	19	96	36	96	33	98	20	79	25	100	21	100	46
11	89	24	100	31	95	36	83	17	100	25	96	15	100	43
12	100	31	100	40	96	36	100	22	95	24	100	18	100	41
13	100	38	100	22	97	33	85	20	95	19	100	18	100	59
14	100	21	85	14	97	40	94	30	100	20	100	20	100	69
15	100	24	97	10	97	36	86	20	100	25	100	19	100	44
16	79	25	91	11	95	33	86	27	100	24	85	34	100	55
17	91	16	95	13	85	69	99	20	98	19	100	24	100	55
18	91	15	70	13	95	49	100	20	80	22	90	26	100	35
19	95	20	95	16	95	55	61	18	80	21	100	27	99	39
20	84	19	95	20	97	50	79	22	91	22	95	49	98	35
21	89	28	85	22	95	41	91	31	92	25	100	51	100	35
22	97	25	99	22	96	33	91	38	91	23	99	44	100	50
23	59	35	100	27	96	42	95	21	69	22	99	44	100	47
24	80	31	97	33	95	41	84	24	94	15	100	30	100	43
25	89	26	100	28	95	37	85	25	88	21	100	50	100	34
26	100	34	99	30	96	33	99	16	86	18	100	40	100	34
27	100	20	100	31	96	51	100	33	82	20	100	38	99	44
28	100	30	95	22	96	33	97	69	66	20	100	41	99	44
29	96	35			97	19	100	49	94	18	100	67	98	39
30	96	25			96	17	99	55	98	29	100	100	100	49
31	94	30			0	0	100	50	100	20			100	46
DATOS PROMEDIO MENSUAL	92.29	24.55	84.26	22.87	92.32	39.97	92.58	28.55	91.03	21.97	94.97	31.19	99.71	46.29



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**UNIDAD TECAMACHALCO**



**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

Proyecto: Monitoreo climático de **HÚMEDAD RELATIVA INTERNA.**

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México.** **CEDULA 4**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

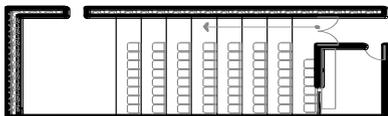
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

Registro Mensual de: **Julio Año 2010.**

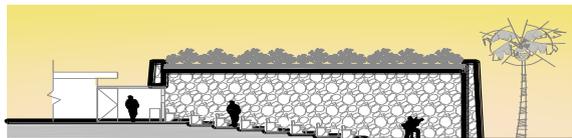
Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)
00:00	A.M	62.29	55.26	61.02	60.18	59.68	55.76	57.99	55.52	60.65	57.65	60.18	54.76	56.26	56.82
01:00	A.M	61.98	52.13	61.15	60.93	58.20	56.06	57.94	52.74	61.35	56.26	60.93	52.06	56.41	56.93
02:00	A.M	62.02	53.33	60.11	61.14	60.30	56.31	58.56	53.96	62.58	56.41	61.14	56.82	56.82	57.96
03:00	A.M	63.15	57.95	62.55	60.79	57.26	56.26	58.56	54.46	62.05	56.82	60.79	56.93	57.06	56.82
04:00	A.M	62.11	55.65	61.5	61.98	59.64	56.41	58.16	52.63	61.60	56.93	61.98	60.14	57.34	56.93
05:00	A.M	62.45	56.58	63.25	62.02	56.35	56.82	58.27	51.46	62.05	57.21	62.02	56.82	57.62	56.72
06:00	A.M	62.45	58.24	60.45	63.15	62.13	56.93	59.6	57.57	61	57.45	63.15	56.93	57.90	56.87
07:00	A.M	63.00	60.90	62.58	62.11	63.30	56.72	61.46	60.30	62.98	61.92	62.11	56.72	64.60	62.27
08:00	A.M	63.00	61.39	61.45	61.35	60.53	56.72	61.68	60.64	62.98	62.64	61.35	56.72	64.60	63.32
09:00	A.M	63.20	61.97	60.51	60.72	59.86	57.19	58.23	61.53	62.98	63.24	60.72	57.19	64.33	62.50
10:00	A.M	63.51	62.10	62.27	59.88	64.88	57.57	60.70	61.25	62.90	63.92	59.88	57.57	60.70	59.64
11:00	A.M	64.60	62.12	63.32	58.33	62.41	57.74	60.27	60.63	62.98	61.55	58.33	57.74	60.29	57.57
12:00	P.M.	64.28	62.12	63.50	55.42	68.13	56.87	61.90	60.03	63.06	60.70	55.42	57.57	61.48	56.82
13:00	P.M.	63.76	60.49	64.60	54.21	67.90	62.27	63.50	60.90	63.06	60.29	54.21	56.82	62.92	56.93
14:00	P.M.	63.50	60.29	64.60	52.22	64.35	63.32	64.44	60.72	62.58	61.48	52.22	56.93	60.51	57.09
15:00	P.M.	65.21	60.03	64.33	51.70	66.65	62.50	63.82	60.95	61.90	62.92	51.70	57.09	59.97	56.87
16:00	P.M.	66.05	62.65	63.47	47.93	61.65	59.64	60.95	52.68	61.34	62.92	47.93	56.87	59.42	56.61
17:00	P.M.	63.29	60.5	62.58	48.20	62.68	57.57	61.20	61.24	61.70	62.59	48.20	56.61	62.90	56.98
18:00	P.M.	63.29	61.65	62.05	57.00	58.20	56.82	62.88	60.54	61.92	61.26	57.00	56.98	62.98	59.41
19:00	P.M.	63.02	59.84	61.60	55.42	60.30	57.97	59.71	59.58	61.82	59.98	55.42	59.41	63.06	57.95
20:00	P.M.	62.45	56.80	62.05	53.21	59.65	55.34	59.16	55.72	61.53	58.64	53.21	55.34	53.33	58.10
21:00	P.M.	62.11	57.30	61.68	50.65	58.46	56.99	58.50	58.31	60.49	54.64	50.65	56.99	57.95	55.26
22:00	P.M.	61.58	56.98	60.89	51.26	60.35	55.98	57.36	57.46	60.29	55.64	51.26	55.98	55.65	56.66
23:00	P.M.	61.60	57.21	61.32	51.7	59.64	57.32	58.1	56.67	61.32	55.78	51.7	57.32	56.58	58.34
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>63.08</b>	<b>58.9</b>	<b>62.2</b>	<b>56.73</b>	<b>61.35</b>	<b>57.63</b>	<b>60.12</b>	<b>57.81</b>	<b>61.96</b>	<b>59.53</b>	<b>56.73</b>	<b>56.85</b>	<b>59.61</b>	<b>57.97</b>

Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

**Humedad Relativa Interna 1 %**

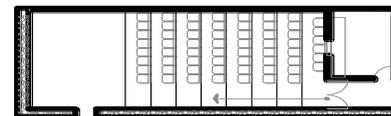


Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde

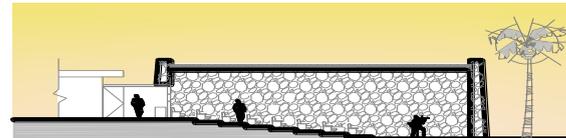


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

**Humedad Relativa Interna 2 %**



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **HUMEDAD RELATIVA INTERNA.**

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 4**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

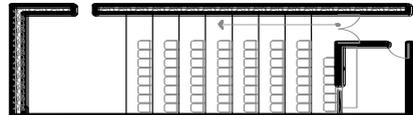
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

Registro Mensual de: **Agosto Año 2010.**

Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)
00:00	A.M	50.73	47.68	50.2	47.52	53.2	47.6	51.7	47.56	52.45	47.58	52.08	47.57	52.43	47.58
01:00	A.M	51.07	46.84	51.07	46.76	53.67	46.8	52.37	46.78	53.02	46.79	52.7	46.79	52.86	46.79
02:00	A.M	50.77	47.01	50.77	47	53.49	47.01	52.13	47	52.81	47	52.47	47	52.64	47
03:00	A.M	51.02	47.93	51.02	47.55	53.36	47.74	52.19	47.65	52.78	47.69	52.48	47.67	52.63	47.68
04:00	A.M	51.1	48.27	51.1	48.34	53.27	48.31	52.19	48.32	52.73	48.31	52.46	48.32	52.59	48.32
05:00	A.M	51.18	48.51	51.18	48.41	52.91	48.46	52.05	48.44	52.48	48.45	52.26	48.44	52.37	48.44
06:00	A.M	51.06	48.61	51.06	48.68	52.72	48.65	51.89	48.66	52.31	48.65	52.1	48.66	52.2	48.66
07:00	A.M	51.26	48.58	51.26	48.11	52.55	48.35	51.91	48.23	52.23	48.29	52.07	48.26	52.15	48.27
08:00	A.M	51.61	48.24	51.61	47.1	52.35	47.67	51.98	47.39	52.17	47.53	52.08	47.46	52.12	47.29
09:00	A.M	51.86	48.1	51.86	46.54	52.35	47.32	52.11	46.93	52.23	47.13	52.17	47.03	52.2	47.08
10:00	A.M	52.18	47.93	52.18	46.12	52.35	47.03	52.27	46.57	52.31	46.8	52.29	46.69	52.3	46.74
11:00	A.M	51.18	48.41	51.18	45.21	50.81	46.81	51	46.01	50.9	46.41	50.95	46.21	50.93	46.31
12:00	P.M.	52.13	49.05	51.59	47.14	51.92	48.15	52.2	48.68	52.95	49.35	52.75	49.65	51.3	47
13:00	P.M.	52.6	49.57	55.49	49.57	53.14	49.57	54.32	49.57	53.73	49.57	54.02	49.57	53.09	47.91
14:00	P.M.	53.78	49.82	57.13	54.82	54.45	52.32	55.79	53.57	55.12	52.95	55.46	53.26	55.91	46.82
15:00	P.M.	59.46	51.24	59.46	57.24	55	54.24	57.23	55.74	56.12	54.99	56.67	55.37	56.5	46.9
16:00	P.M.	60	53.88	60	58.88	55.67	56.38	57.83	57.63	56.75	57.01	57.29	57.32	55.91	43.88
17:00	P.M.	60.64	56.96	62.14	59.76	61.49	58.36	61.81	59.06	61.65	58.71	61.73	58.89	55.72	41.39
18:00	P.M.	58.91	54.99	59.51	55.12	57.66	55.06	58.59	55.09	58.12	55.07	58.35	55.08	52.68	45.08
19:00	P.M.	55.1	47.49	53.54	50.16	52.8	48.82	53.17	49.49	52.99	49.16	53.08	49.32	51.78	47.32
20:00	P.M.	51.8	46.98	49.32	48.82	54	48.51	51.66	49.67	52.83	48.15	52.25	48.65	52.54	48.69
21:00	P.M.	52.45	47.8	47.65	48.72	53.98	47.9	50.75	49.51	50.23	48.71	50.49	48.23	50.95	48.25
22:00	P.M.	50.21	47.4	50.92	46.7	54.2	47.64	50.47	48.46	50.64	48.91	50.43	47.98	50.64	48.06
23:00	P.M.	50.5	47	51.26	48	54.1	46.84	50.5	49	50.34	47.64	50.16	47.98	49.34	47
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>53.02</b>	<b>49.1</b>	<b>53.02</b>	<b>49.68</b>	<b>53.81</b>	<b>49.4</b>	<b>53.25</b>	<b>49.79</b>	<b>53.33</b>	<b>49.62</b>	<b>53.28</b>	<b>49.64</b>	<b>52.66</b>	<b>47.02</b>

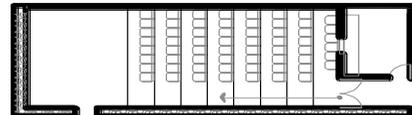
Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Humedad Relativa Interna 1 %

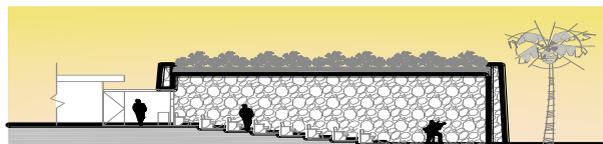


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

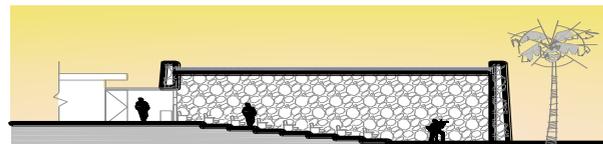
Humedad Relativa Interna 2 %



Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **HUMEDAD RELATIVA INTERNA.**

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 4**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

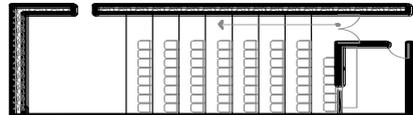
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

Registro Mensual de: **Septiembre Año 2010.**

Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)
00:00	A.M	49.54	35.41	48.27	37.44	48.91	36.43	48.59	36.93	48.75	36.68	48.67	36.81	48.71	36.74
01:00	A.M	48.16	34.78	48.12	36.76	48.14	35.77	48.13	36.27	48.14	36.02	48.13	36.45	48.13	36.23
02:00	A.M	48.99	35.03	48.4	37.32	48.7	36.18	48.55	36.75	48.62	36.46	48.56	36.6	48.59	36.53
03:00	A.M	49.43	34.9	48.57	37.51	49	36.21	48.79	36.86	48.89	36.53	48.84	36.69	48.87	36.61
04:00	A.M	49.54	46.07	49.32	38.34	49.43	42.21	49.38	40.27	49.4	41.24	49.39	37.98	49.4	39.61
05:00	A.M	50.22	49.77	50.5	38.53	50.36	44.15	50.43	41.34	50.4	42.75	50.41	40.65	50.4	41.7
06:00	A.M	50.42	48.52	50	38.1	50.21	43.31	50.11	40.71	50.16	42.01	50.13	38.98	50.14	40.49
07:00	A.M	50.35	47.62	50.65	38.01	50.5	42.82	50.58	40.41	50.54	41.61	50.56	37.29	50.55	39.45
08:00	A.M	50.12	47.33	49.34	47.1	49.73	47.22	49.54	47.16	49.63	47.19	49.85	37.09	49.74	42.14
09:00	A.M	50.04	47.79	48.64	46.54	49.34	47.17	48.99	46.85	49.17	47.01	49.08	46.92	49.12	46.96
10:00	A.M	59.78	48.81	48.7	46.05	54.24	47.43	51.47	46.74	52.86	47.09	49.04	49.75	50.95	48.42
11:00	A.M	59.43	48.41	48.41	45.14	53.92	46.78	51.17	45.96	52.54	46.37	48.73	46.16	50.64	46.26
12:00	P.M.	59.5	46.92	48.34	45.45	53.92	46.19	51.13	45.82	52.53	46	48.7	45.91	50.61	45.96
13:00	P.M.	59.62	47.93	47.54	46.12	53.58	47.03	50.56	46.57	52.07	46.8	48.19	45	50.13	45.9
14:00	P.M.	58.4	48.98	48.99	46.82	53.7	47.9	51.34	47.36	52.52	47.63	48.81	44.5	50.66	46.07
15:00	P.M.	58.53	49.97	49.38	47.44	53.96	48.71	51.67	48.07	52.81	48.39	49.11	48.23	50.96	48.31
16:00	P.M.	57.85	49.54	47.11	43.01	52.48	46.28	49.8	44.64	51.14	45.46	47.34	41.93	49.24	43.69
17:00	P.M.	56.21	48.79	46.43	41.65	51.32	45.22	48.88	43.44	50.1	44.33	46.36	40.76	48.23	42.54
18:00	P.M.	57.11	40.54	47	36.34	52.06	38.44	49.53	37.39	50.79	37.92	47.06	43.9	48.93	40.91
19:00	P.M.	49.63	39.26	49.62	34.71	49.63	36.99	49.62	35.85	49.62	49.46	49.32	38.15	49.47	43.81
20:00	P.M.	49.34	38.43	52.72	37.81	51.03	38.12	51.88	37.97	41.95	38.04	51.91	34.8	46.93	36.42
21:00	P.M.	46.87	38.6	50.18	38.84	51.76	38.72	52.12	38.78	51.94	38.75	42.03	35.49	46.99	37.12
22:00	P.M.	49.81	39.34	48.6	39.44	49.21	39.39	48.9	39.42	49.06	39.4	48.98	36.03	49.02	37.72
23:00	P.M.	49.84	38.54	51.89	37.64	50.87	38.09	51.38	37.86	51.12	37.97	51.25	34.75	51.19	36.36
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>52.86</b>	<b>43.8</b>	<b>49.03</b>	<b>40.92</b>	<b>51.08</b>	<b>42.36</b>	<b>50.1</b>	<b>41.64</b>	<b>50.2</b>	<b>42.55</b>	<b>48.77</b>	<b>40.45</b>	<b>49.48</b>	<b>41.5</b>

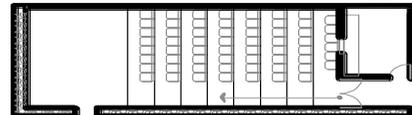
Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Humedad Relativa Interna 1 %

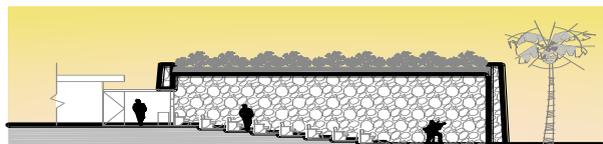


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

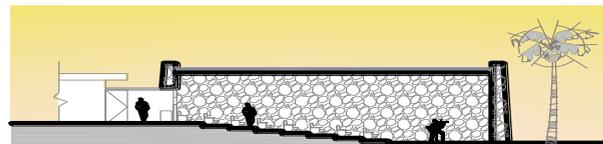
Humedad Relativa Interna 2 %



Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **HUMEDAD RELATIVA INTERNA**.  
Caso de estudio: Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. **CEDULA 4**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

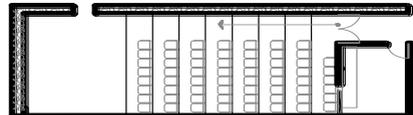
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

Registro Mensual de: **Octubre Año 2010.**

Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)
00:00	A.M	53.4	42.76	40.36	36.45	44.21	37.62	42.65	39.03	48.72	44.45	46.95	35.65	38.77	37
01:00	A.M	53.97	42.82	41.58	36.97	44.9	37.33	44.02	38.6	48.65	44.29	46.79	45.6	37.28	34.65
02:00	A.M	52.02	41.07	42.29	37.22	44.75	37.79	44.02	37.52	48.32	44.32	47.2	35.11	36.3	34.5
03:00	A.M	52.2	42.12	42.63	37.29	44.05	38.81	43.26	36.63	47.74	43.54	45.62	34.71	38.77	32.54
04:00	A.M	55.38	41.76	42.87	37.25	43.17	38.9	42.53	36.48	47.11	42.87	46.76	34.08	37.54	33.89
05:00	A.M	52.61	43.97	42.41	35.9	43.17	39.3	42.56	35.92	46.54	41.95	46.23	43.08	36.41	32.44
06:00	A.M	52.4	42.6	42.08	35.84	42.14	39.7	42.16	35.37	45.93	40.96	45.8	32.28	45.34	30.6
07:00	A.M	53.97	42.09	41.3	35.44	51.46	40.1	41.42	34.73	45.25	40.04	45.41	31.64	34.61	39.41
08:00	A.M	55.02	41.55	41.86	35.23	50.46	44.87	37.16	34.11	39.98	39.19	44.95	40.8	44.28	39.11
09:00	A.M	55.2	40.85	44.78	32.89	50.58	43.83	39.27	34.96	50.11	40.36	44.89	41.57	43.95	40.73
10:00	A.M	55.38	49.16	44	34.49	52.87	42.65	44.84	35.95	51.19	42.84	45.31	42.53	44.31	44.32
11:00	A.M	55.61	47.06	45.05	35.49	50.03	41.12	42.65	37.04	51.01	43.74	46.45	44.23	46.04	43.52
12:00	P.M.	55.54	49.31	46.21	37.59	52.64	39.77	45.14	37.29	47.45	43.72	46.48	43.41	46.6	47.15
13:00	P.M.	55.31	43.35	46.17	42.36	52.1	38.98	43.05	37.98	45.52	39.78	45.41	41.61	41.24	41.61
14:00	P.M.	55.13	46.25	41.96	44.5	52.56	42.65	42.13	39.53	42.54	34.87	43.83	39.65	40.6	39.55
15:00	P.M.	55.13	46.22	42.57	43.49	54.65	45.21	41.61	40.37	35.41	32.91	41.48	37.04	38.23	36.48
16:00	P.M.	55.13	46.45	43.14	42.74	55.61	42.74	41.76	38.53	34.78	32.07	40.4	36.67	36.06	35.71
17:00	P.M.	55.13	46.72	34.54	44.64	55.82	42.37	39.19	43.34	35.03	35.84	39.59	35.84	31.19	33.02
18:00	P.M.	52.66	47.15	45.75	45.65	54.35	41.48	40.95	45.82	34.9	39.67	39.76	36.36	32.85	32.1
19:00	P.M.	53.6	43.2	46.83	42.29	53.11	40.07	44.1	45.8	36.07	44.19	44.24	37	34.93	30.82
	P.M.	51.17	42.47	48.13	45.23	46.77	39.78	42.95	45.03	41.3	39.82	41.74	33.35	42.31	34.65
21:00	P.M.	50.20	44.92	43.73	45.57	44.85	40.8	45.2	40.83	40.71	47.96	47.65	40.64	30.36	35.65
22:00	P.M.	51.20	43.65	49.64	45.32	47.69	41.23	47.02	46.46	45.71	47.64	41.45	41.45	39.54	35.24
23:00	P.M.	50.20	43.15	48.51	46.18	48.26	39.99	48.55	46.78	46.77	48.15	43.98	41.45	39.35	35
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>53.65</b>	<b>44.19</b>	<b>43.68</b>	<b>39.83</b>	<b>49.17</b>	<b>40.71</b>	<b>42.84</b>	<b>39.34</b>	<b>44.03</b>	<b>41.47</b>	<b>44.52</b>	<b>38.57</b>	<b>39.04</b>	<b>36.65</b>

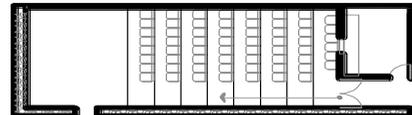
Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Humedad Relativa Interna 1 %

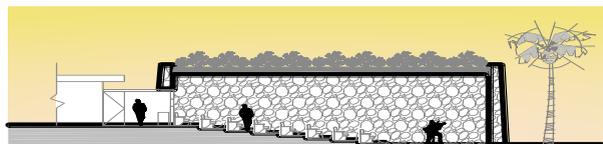


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

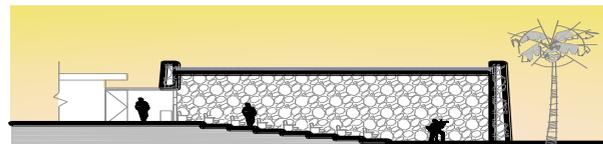
Humedad Relativa Interna 2 %



Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **HUMEDAD RELATIVA INTERNA.**

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 4**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

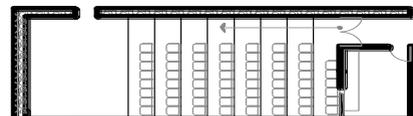
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

Registro Mensual de: **Noviembre Año 2010.**

Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)
00:00	A.M	49.89	48.19	45.38	47.32	51.54	41.13	54.41	51.99	50.3	48.61	49.85	43.5	39.17	32.47
01:00	A.M	50.22	47.9	44.24	43.14	52.17	49.22	54.2	50.77	50.47	47.64	47.41	43.5	41.01	31.63
02:00	A.M	50.55	47.9	42.79	41.07	50.95	47.77	52.93	45.13	50.09	47.32	44.64	42.5	42.41	31.39
03:00	A.M	40.88	45.9	41.33	48.94	50.12	46.8	51.99	43.12	49.36	47.15	41.69	40.65	42.9	32.12
04:00	A.M	51.21	46.18	40.13	47.32	49.03	45.85	50.85	47.33	49.49	47.12	42.82	43.1	43.03	33.15
05:00	A.M	51.54	49.54	49.73	46.24	48.19	45	49.63	45.57	49.46	47.3	41.7	43.05	43.03	30.18
06:00	A.M	51.87	48.96	48.82	45.66	47.4	43.85	48.45	45.55	49.56	47.21	40.44	42.3	43.27	30.32
07:00	A.M	52.2	49.38	47.83	44.69	46.66	43.39	48.1	45	49.69	48.16	48.87	44.61	43.18	30.05
08:00	A.M	52.53	49.74	47.03	43.15	45.99	50.25	47.19	43	49.72	47.93	47.75	42.09	42.78	39.05
09:00	A.M	52.86	49.62	46.41	42.72	45.87	52.05	46.7	42.76	49.26	47.43	40.68	43.36	42.57	40.88
10:00	A.M	53.19	43.32	49.04	42.23	45.69	50.05	46.64	43.46	49.09	47.27	43.36	42.66	41.67	40.25
11:00	A.M	52.81	40.56	52.35	43.36	51.06	58.83	53.17	44.85	50.59	47.24	46.27	43.67	41.64	38.42
12:00	P.M.	51.35	50.9	54.22	44.06	53.52	50.41	53.04	46.25	52.56	47.55	48.16	43.55	49.97	37.33
13:00	P.M.	50.29	51.78	52.76	41.3	51.98	56.15	54.07	48.48	50.59	47.52	42.82	41.27	49.54	36.11
14:00	P.M.	48.11	49.33	48.41	37.48	44.7	58.19	52.66	50.24	49.83	47.42	44.55	40.22	48.79	45.57
15:00	P.M.	45.8	46.24	37.89	42.98	46.92	50.55	52.43	54.67	48.42	48.52	45.83	40.3	48.54	45.99
16:00	P.M.	52.38	47.13	36.88	41.38	46.03	50.27	52.35	55.29	52.37	49.96	43.73	39.03	48.26	39.45
17:00	P.M.	51.8	47.53	37.26	38.92	46.21	56.19	52.42	52.55	56.85	51.18	41.74	38.12	39.43	36.16
18:00	P.M.	42.71	48.52	38.95	32.39	49.08	50.53	52.3	51.78	58.26	51.5	40.79	43.25	38.11	32.04
19:00	P.M.	43.57	52.56	41.37	34.97	51.94	42.88	52.26	51.22	55.79	52.82	49.62	45.45	38.4	31.81
20:00	P.M.	40.55	49.88	42.5	32.38	54.16	50.52	51.93	52.63	57.44	50.43	48.72	48.61	35.82	32.12
21:00	P.M.	42.22	50.15	44.35	37.32	51.78	47.38	54.64	53.91	56.58	51.18	56.75	45.42	40.37	31.94
22:00	P.M.	41.98	50.09	42.21	36.77	53.65	44.26	51.1	52.54	56.21	51.07	55.61	44.65	41.23	31.99
23:00	P.M.	42.32	49.1	42.83	34.93	52.16	43.66	50.4	51.63	56.35	52.14	54.21	45.21	42.2	30.65
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>48.45</b>	<b>48.35</b>	<b>44.78</b>	<b>41.28</b>	<b>49.45</b>	<b>48.97</b>	<b>51.41</b>	<b>48.74</b>	<b>52.01</b>	<b>48.82</b>	<b>46.17</b>	<b>42.92</b>	<b>42.81</b>	<b>35.04</b>

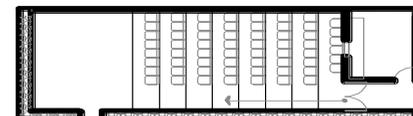
Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Humedad Relativa Interna 1 %

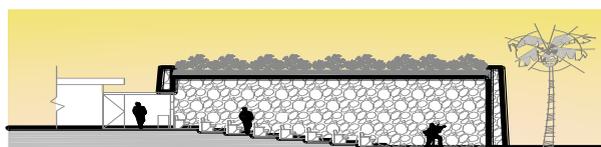


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

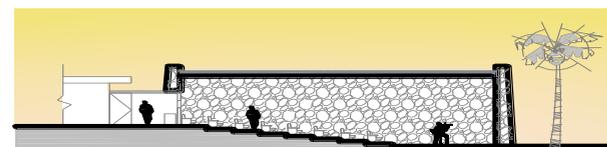
Humedad Relativa Interna 2 %



Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **HUMEDAD RELATIVA INTERNA.**

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 4**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

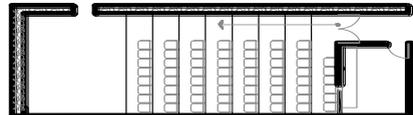
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

Registro Mensual de: **Diciembre Año 2010.**

Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)
00:00	A.M	52.44	42.65	52.13	43.5	52.58	44.21	54.4	44.87	56.8	45.5	56.87	46.7	55.2	42.9
01:00	A.M	52.44	44.02	53.01	43.5	53.11	44.9	54.97	43.83	56.67	45.9	56.29	43.83	55.38	43.75
02:00	A.M	54.3	44.02	53.29	42.5	52.96	44.75	55.02	42.65	54.45	44.5	55.26	42.2	55.61	42.05
03:00	A.M	53.3	43.26	53.26	40.65	52.81	44.05	55.2	41.12	55.6	45.65	55.63	41.12	54.4	41.17
04:00	A.M	55.23	42.53	52.63	43.1	51.35	43.17	55.38	39.77	56.2	43	55.87	49.77	54.97	43.17
05:00	A.M	53.27	42.56	53.87	43.05	50.29	43.17	55.61	38.52	54.1	42.1	56.7	48.52	55.02	42.14
06:00	A.M	52.91	42.16	52.7	42.3	49.89	52.14	64.4	47.62	53.2	44.14	57.11	47.62	55.2	41.46
07:00	A.M	53.72	41.42	53.11	54.61	60.22	51.46	64.97	47.33	55.3	46.46	54.88	47.33	65.38	46.46
08:00	A.M	54.55	37.16	62.88	52.09	60.25	50.46	65.02	47.79	56.35	46.46	56.5	47.79	65.61	50.58
09:00	A.M	62.35	39.27	63.5	53.36	60.35	50.58	65.2	48.81	54.4	46.46	53.87	48.81	65.54	52.87
10:00	A.M	56.35	34.84	62.73	52.66	61.35	52.87	65.38	48.41	54.35	46.46	52.7	48.41	65.31	50.03
11:00	A.M	62.35	32.65	63.61	53.67	63.19	50.03	65.61	46.92	53.81	46.46	53.11	46.92	65.13	52.64
12:00	P.M.	60.81	37.14	61.62	53.55	63.19	52.64	65.54	47.93	52.04	46.46	52.88	47.93	65.13	42.1
13:00	P.M.	61.04	38.05	64.1	51.27	60.98	52.1	65.31	48.98	55.14	45	53.5	48.98	65.13	52.56
14:00	P.M.	64.14	42.13	65.69	50.22	58.11	52.56	65.13	42.65	54.45	44.56	52.73	42.65	65.13	44.65
15:00	P.M.	64.45	41.61	62.14	40.3	65.8	54.65	65.13	45.21	55	44.2	53.61	45.21	62.66	55.2
16:00	P.M.	55	41.76	64.33	39.03	62.38	55.61	65.13	42.74	54.06	46.61	54.57	42.74	63.6	55.61
17:00	P.M.	64.06	43.19	64.09	38.12	61.8	45.82	65.13	42.37	53.49	44.82	57.55	42.37	64.77	55.82
18:00	P.M.	55.49	44.6	53.96	33.25	52.71	43.35	52.66	40.48	54.66	42.35	56.22	41.48	60.20	44.35
19:00	P.M.	55.66	43.18	52.17	35.45	54.57	43.11	51.6	43.07	50.9	41.84	56.98	40.07	57.36	40.11
20:00	P.M.	52.9	45.95	53	36.61	57.55	46.77	54.77	43.78	54.66	46.77	52.32	43.78	52.58	42.77
21:00	P.M.	56.66	46.2	53.37	35.42	56.22	48.85	54.20	43.8	55.37	44.85	56.09	40.8	54.01	41.85
22:00	P.M.	55.12	47.02	52.86	34.65	56.98	47.69	53.15	42.23	53.5	47.69	57.96	42.23	54.44	42
23:00	P.M.	57.71	46.55	53.42	35.21	56.32	48.26	53.58	41.99	54.19	45.26	58.1	41.99	54.87	40.26
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>56.93</b>	<b>41.83</b>	<b>57.39</b>	<b>43.67</b>	<b>57.29</b>	<b>48.47</b>	<b>59.69</b>	<b>44.29</b>	<b>54.53</b>	<b>45.15</b>	<b>55.3</b>	<b>44.97</b>	<b>59.69</b>	<b>46.1</b>

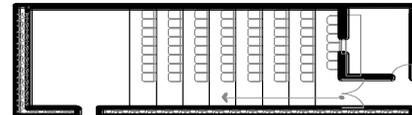
Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Humedad Relativa Interna 1 %

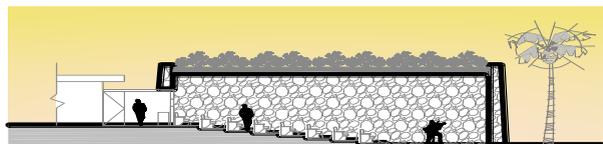


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

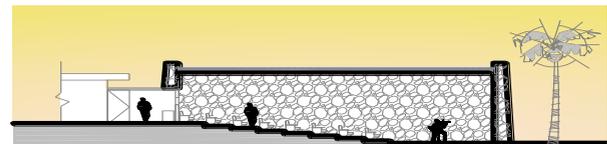
Humedad Relativa Interna 2 %



Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **HUMEDAD RELATIVA INTERNA.**

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 4**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

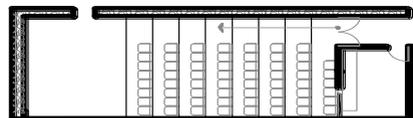
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

Registro Mensual de: **Enero Año 2011.**

Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)
00:00	A.M	53.44	43.65	53.75	43.5	54.26	44.55	55.3	45.88	53.2	44.21	54.01	44.87	53.95	46.4
01:00	A.M	53.44	43.55	54.12	44.2	54.63	44.65	55.97	44.33	53.67	44.9	55.39	43.83	53.38	46.2
02:00	A.M	54	42.02	54.29	43.6	54.87	44.75	55	44.6	53.49	44.75	55.2	42.65	52.6	45.05
03:00	A.M	54.44	44.26	53.26	41.52	53.7	44.45	55.45	43.42	53.36	44.05	55.3	41.12	53.54	45
04:00	A.M	54.23	43.3	53.63	42.8	54.11	43.17	54.85	42.77	53.27	43.17	52.37	39.77	53	46.21
05:00	A.M	55.27	44.19	53.87	43	53.88	43.17	55.12	44.52	52.91	43.17	54.7	38.52	55	46.21
06:00	A.M	54.91	43.16	54.7	42.9	52.35	43.14	53.4	47.62	52.72	42.14	53.11	37.62	55.2	44.4
07:00	A.M	54.68	42.22	55.11	44.27	53.19	44.46	55.25	43.33	52.55	41.46	52.88	37.33	55.2	40.46
08:00	A.M	54.54	49.16	55.88	43.02	53.19	43.46	52	47.79	52.35	40.46	55.5	37.79	55.2	40.58
09:00	A.M	55.54	49.4	54.5	43.3	54.98	40.58	56	42.81	52.35	40.58	55.83	38.81	55.54	42.87
10:00	A.M	63.34	47.4	54.73	43.56	53.22	44.7	54.51	44.17	52.35	42.87	56.6	38.41	55.31	40.03
11:00	A.M	62.22	50.5	53.86	44.65	52.25	42.13	53.22	46.95	50.81	40.03	56.98	36.92	55.13	42.64
12:00	P.M.	61.25	51.14	54.64	45.56	53.39	43.35	54.24	44.65	51.04	42.64	57.33	37.93	55.13	42.1
13:00	P.M.	51.39	40.05	52	43.17	54.22	43.33	55	42.48	56.14	42.1	59.09	38.98	55.13	42.56
14:00	P.M.	55.22	43.1	53.9	42.3	55.2	43.64	53.55	44.65	54.45	42.56	58.96	42.65	55.13	44.65
15:00	P.M.	65.65	42.61	52.14	41.21	55	44.5	54.98	45.84	55	44.65	60.87	45.21	52.66	45.2
16:00	P.M.	56.02	41.6	54.33	40.63	55.2	43.16	55.43	43.74	55.06	45.61	62	42.74	53.6	45.61
17:00	P.M.	63.57	44.1	55.09	42.65	56.16	45.82	55.83	45.57	56.67	45.82	55.37	42.37	54.77	45.82
18:00	P.M.	65.87	45.6	53.96	45.65	57.31	47.4	56.76	48.8	57.66	44.35	68.86	48.65	54.20	44.35
19:00	P.M.	54.66	46.78	55.17	45.45	56.13	45.11	57.98	47.97	58.2	46.54	67.42	40.07	59	48.99
20:00	P.M.	55.9	45.95	53	44.64	55.13	41	57.77	48.78	57.66	46.77	58.47	43.78	53.58	46
21:00	P.M.	55.45	46.2	53.37	45	56.13	45.85	56.20	47.8	56.37	48.85	66.26	40.8	54.5	48.8
22:00	P.M.	55.12	45.02	52.2	46.32	56.13	47.69	54.15	48.3	56	47.69	65.68	42.23	54.44	47.55
23:00	P.M.	54.46	46.55	54.22	45.21	52.87	48.26	52.58	48	54.19	48.26	65.1	41.99	54	47.26
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>56.86</b>	<b>45.06</b>	<b>53.99</b>	<b>43.67</b>	<b>54.48</b>	<b>44.26</b>	<b>55.02</b>	<b>45.62</b>	<b>54.23</b>	<b>44.07</b>	<b>58.47</b>	<b>41.04</b>	<b>54.55</b>	<b>44.79</b>

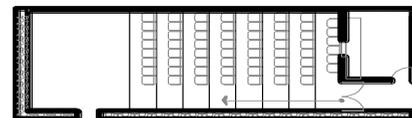
Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Humedad Relativa Interna 1 %

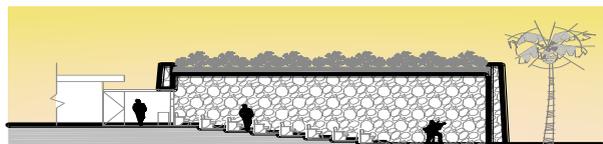


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

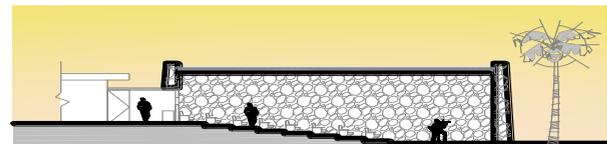
Humedad Relativa Interna 2 %



Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO**



**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

Proyecto: Monitoreo climático de **HUMEDAD RELATIVA INTERNA.**

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 4**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

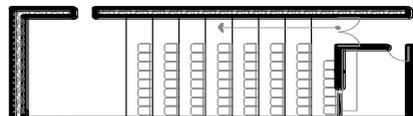
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

Registro Mensual de: **Febrero Año 2011.**

Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)
00:00	A.M	43.44	33.65	43.2	34.21	44.4	44.87	53.75	43.5	52.58	44.21	53.95	46.4	54.01	44.87
01:00	A.M	43.44	33.55	43.67	34.9	44.97	43.83	54.12	44.2	53.11	44.9	53.38	46.2	55.39	43.83
02:00	A.M	44	32.02	54	34.75	45.02	42.65	54.29	43.6	52.96	44.75	52.6	45.05	55.2	42.65
03:00	A.M	44.44	34.26	43.36	34.05	45.2	41.12	53.26	41.52	52.81	44.05	53.54	45	55.3	41.12
04:00	A.M	44.23	33.3	43.27	33.17	45.38	39.77	53.63	42.8	51.35	43.17	53	46.21	52.37	39.77
05:00	A.M	45.27	34.19	42.91	33.17	55.61	38.52	53.87	43	50.29	43.17	55	46.21	54.7	38.52
06:00	A.M	44.91	33.16	42.72	32.14	44.4	37.62	54.7	42.9	49.89	42.14	55.2	44.4	53.11	37.62
07:00	A.M	44.68	32.22	42.55	31.46	54.97	37.33	55.11	44.27	52.88	41.46	55.2	40.46	50.22	37.33
08:00	A.M	44.54	49.16	52.35	40.46	55.02	37.79	55.88	43.02	55.5	40.46	55.2	40.58	50.25	37.79
09:00	A.M	55.54	49.4	52.35	40.58	55.2	38.81	54.5	43.3	55.83	40.58	55.54	42.87	50.35	38.81
10:00	A.M	53.34	47.4	52.35	42.87	55.38	38.41	54.73	43.56	56.6	42.87	55.31	40.03	51.35	38.41
11:00	A.M	52.22	40.5	50.81	40.03	55.61	36.92	53.86	44.65	56.98	40.03	55.13	42.64	53.19	36.92
12:00	P.M.	51.25	41.14	51.04	42.64	55.54	37.93	54.64	45.56	52.33	42.64	55.13	42.1	53.19	37.93
13:00	P.M.	51.39	40.05	56.14	42.1	55.31	38.98	52	43.17	53.09	42.1	55.13	42.56	50.98	38.98
14:00	P.M.	55.22	43.1	54.45	42.56	55.13	42.65	53.9	42.3	54.96	42.56	55.13	44.65	48.11	42.65
15:00	P.M.	55.65	42.61	55	44.65	55.13	45.21	52.14	41.21	50.87	44.65	52.66	45.2	45.8	45.21
16:00	P.M.	56.02	41.6	55.06	45.61	55.13	42.74	54.33	40.63	52	45.61	53.6	45.61	52.38	42.74
17:00	P.M.	43.57	44.1	46.67	45.82	55.13	42.37	55.09	42.65	54.37	45.82	54.77	45.82	51.8	42.37
18:00	P.M.	45.87	37.6	47.66	39.35	42.66	41.48	53.96	45.65	52	44.35	54.20	44.35	52.71	44.65
19:00	P.M.	44.66	46.78	43.2	42.54	40.6	40.07	55.17	35.45	44.42	43.11	55.95	48.99	54.57	45.07
20:00	P.M.	42.9	43.95	41.66	43.77	44.77	43.78	46	44.64	43.47	44.77	53.58	46	57.55	43.78
21:00	P.M.	44.45	46.2	46.37	41.85	44.20	40.8	53.37	45	43.26	43.85	54.5	48.8	56.22	40.8
22:00	P.M.	43.12	45.02	36	42.69	43.15	42.23	52.2	46.32	43.68	42.69	54.44	47.55	56.98	42.23
23:00	P.M.	44.46	46.55	44.19	42.26	43.58	41.99	54.22	45.21	44.1	42.26	54	47.26	56.32	41.99
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>47.44</b>	<b>40.48</b>	<b>47.54</b>	<b>39.48</b>	<b>49.65</b>	<b>40.74</b>	<b>53.7</b>	<b>43.25</b>	<b>51.22</b>	<b>43.17</b>	<b>54.42</b>	<b>44.79</b>	<b>53</b>	<b>41.09</b>

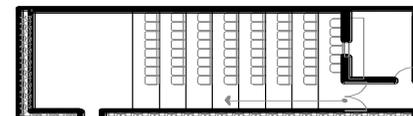
Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

**Humedad Relativa Interna 1 %**

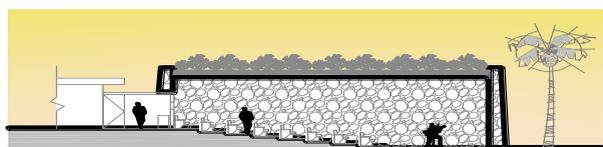


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

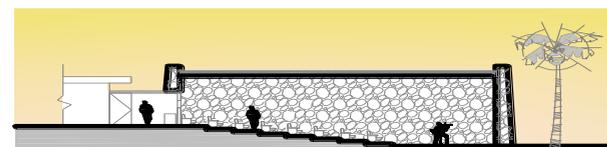
**Humedad Relativa Interna 2 %**



Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO**



**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

Proyecto: Monitoreo climático de **HUMEDAD RELATIVA INTERNA.**

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 4**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

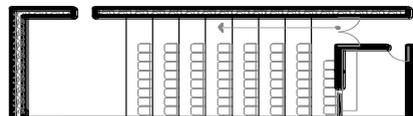
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

Registro Mensual de: **Marzo Año 2011.**

Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)
00:00	A.M	54.4	48.76	40.36	36.45	44.21	44.87	42.65	39.03	48.72	44.45	46.95	35.65	48.77	37
01:00	A.M	44.97	47.82	41.58	36.97	44.9	43.83	44.02	38.6	48.65	44.29	46.79	45.6	47.28	47.65
02:00	A.M	45.02	46.65	42.29	37.22	44.75	42.65	44.02	37.52	48.32	44.32	47.2	45.11	46.3	44.5
03:00	A.M	45.2	42.12	42.63	37.29	44.05	41.12	43.26	36.63	47.74	43.54	45.62	44.71	48.77	42.54
04:00	A.M	45.38	41.76	42.87	37.25	43.17	39.77	42.53	36.48	47.11	42.87	46.76	44.08	47.54	43.89
05:00	A.M	45.61	43.97	42.41	35.9	43.17	38.52	42.56	35.92	46.54	41.95	46.23	43.08	46.41	42.44
06:00	A.M	54.4	42.6	52.08	36.84	42.14	37.62	42.16	35.37	45.93	40.96	45.8	42.28	45.34	40.6
07:00	A.M	54.97	44.09	51.3	37.44	41.46	37.33	41.42	34.73	45.25	40.04	45.41	41.64	44.61	39.41
08:00	A.M	55.02	45.55	41.86	38.23	40.46	37.79	37.16	34.11	39.98	39.19	44.95	40.8	44.28	39.11
09:00	A.M	65.2	47.85	54.78	42.89	40.58	38.81	39.27	34.96	50.11	40.36	44.89	41.57	43.95	40.73
10:00	A.M	55.38	49.16	44	44.49	42.87	38.41	44.84	35.95	51.19	42.84	45.31	42.53	44.31	44.32
11:00	A.M	65.61	47.06	55.05	45.49	40.03	36.92	42.65	37.04	51.01	43.74	46.45	44.23	46.04	43.52
12:00	P.M.	65.54	49.31	56.21	47.59	42.64	37.93	45.14	37.29	47.45	43.72	46.48	43.41	46.6	47.15
13:00	P.M.	65.31	53.35	56.17	52.36	42.1	38.98	43.05	37.98	45.52	49.78	45.41	41.61	41.24	41.61
14:00	P.M.	62.13	56.25	51.96	50.5	42.56	42.65	42.13	39.53	42.54	44.87	53.83	39.65	44.6	39.55
15:00	P.M.	61.13	56.22	52.57	46.49	44.65	45.21	41.61	40.37	35.41	42.91	51.48	37.04	43.23	38.48
16:00	P.M.	65.13	56.45	43.14	45.74	45.61	42.74	41.76	38.53	34.78	42.07	50.4	36.67	41.06	36.71
17:00	P.M.	55.13	56.72	54.54	44.64	45.82	42.37	39.19	43.34	35.03	45.84	49.59	35.84	39.19	34.02
18:00	P.M.	52.66	51.15	53.75	45.65	44.35	41.48	40.95	45.82	34.9	39.67	46.76	36.36	37.85	33.1
19:00	P.M.	53.6	46.2	54.83	43.29	43.11	41.07	44.1	45.8	33.07	30.19	45.24	32.64	34.23	32.82
20:00	P.M.	49.77	48.47	52.13	43.23	40.77	40.78	48.95	45.03	32.3	33.12	42.74	35.35	35.31	33.65
21:00	P.M.	44.20	49.92	48.73	43.57	42.85	40.8	48.2	43.03	33.71	34.96	44.65	33.64	34.66	34.65
22:00	P.M.	43.15	47.32	48.64	42.71	41.69	41.23	47.02	43.46	35.71	36.64	43.45	33.45	35.54	32.24
23:00	P.M.	43.58	47.5	49.51	43.18	40.26	41.99	48.15	43.78	36.77	34.15	42.98	34.45	34.35	31.58
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>53.85</b>	<b>48.59</b>	<b>48.89</b>	<b>42.31</b>	<b>42.84</b>	<b>40.62</b>	<b>43.2</b>	<b>39.18</b>	<b>42.41</b>	<b>41.1</b>	<b>46.47</b>	<b>39.64</b>	<b>42.56</b>	<b>39.22</b>

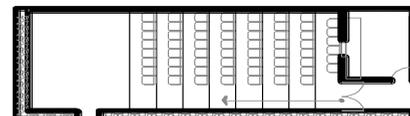
Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

**Humedad Relativa Interna 1 %**

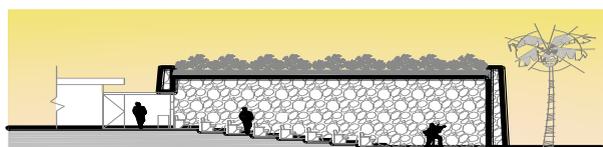


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

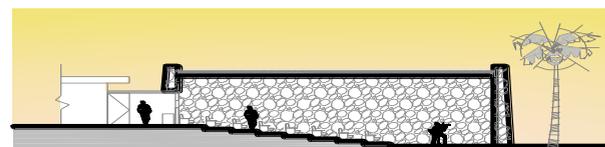
**Humedad Relativa Interna 2 %**



Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **HUMEDAD RELATIVA INTERNA**.

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México.** **CEDULA 4**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

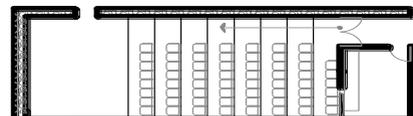
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

Registro Mensual de: **Abril Año 2011.**

Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)
00:00	A.M	52.58	48.19	55.38	47.32	51.54	51.13	47.41	51.99	50.3	46.61	49.85	42.5	39.17	32.47
01:00	A.M	53.11	47.9	54.24	43.14	52.17	49.22	41.2	50.77	50.47	47.64	47.41	41.5	41.01	31.63
02:00	A.M	52.96	47.9	52.79	41.07	50.95	47.77	42.93	45.13	50.09	47.32	44.64	42.5	42.41	31.39
03:00	A.M	52.81	45.9	51.33	48.94	50.12	46.8	47.99	43.12	49.36	47.15	41.69	40.65	42.9	32.12
04:00	A.M	51.35	46.18	50.13	47.32	49.03	45.85	40.85	47.33	49.49	47.12	42.82	43.1	43.03	33.15
05:00	A.M	50.29	49.54	49.73	46.24	48.19	45	39.63	45.57	49.46	47.3	41.7	43.05	43.03	30.18
06:00	A.M	49.89	48.96	48.82	45.66	47.4	43.85	48.45	45.55	49.56	47.21	40.44	42.3	53.27	30.32
07:00	A.M	52.22	49.38	47.83	44.69	50.66	43.39	32.1	45	49.69	48.16	48.87	44.61	53.18	40.05
08:00	A.M	53.25	49.74	47.03	43.15	55.99	42.02	37.19	43	50.72	47.93	45.75	43.09	52.78	49.05
09:00	A.M	52.35	49.62	46.41	42.72	55.87	42.05	46.7	42.76	51.26	47.43	49.68	45.36	52.57	48.88
10:00	A.M	54.35	43.32	49.04	42.23	55.69	50.05	46.64	43.46	52.09	47.27	53.36	47.66	55.45	50.25
11:00	A.M	53.19	40.56	52.35	43.36	51.06	48.83	53.17	44.85	51.59	47.24	56.27	48.67	61.64	48.42
12:00	P.M.	53.19	50.9	54.22	44.06	53.52	50.41	53.04	46.25	52.56	47.55	58.16	46.55	59.97	57.33
13:00	P.M.	50.98	51.78	52.76	41.3	51.98	46.15	54.07	48.48	53.59	47.52	52.82	47.27	69.54	56.11
14:00	P.M.	55.11	49.33	48.41	37.48	54.7	48.19	52.66	50.24	50.83	47.42	54.55	45.22	58.79	55.57
15:00	P.M.	55.8	46.24	37.89	42.98	56.92	50.55	52.43	54.67	51.42	48.52	55.83	48.3	58.54	55.99
16:00	P.M.	52.38	47.13	36.88	41.38	56.03	50.27	52.35	55.29	52.37	49.96	53.73	49.03	58.26	56.45
17:00	P.M.	51.8	47.53	37.26	38.92	56.21	46.19	52.42	52.55	51.85	51.18	51.74	48.12	58.43	46.16
18:00	P.M.	52.71	48.52	38.95	42.39	52.08	50.53	52.3	50.78	52.26	51.5	50.79	43.25	48.11	36.04
19:00	P.M.	54.57	52.56	51.37	40.97	51.94	47.88	42.26	41.22	50.79	42.82	49.62	41.45	48.4	32.83
20:00	P.M.	50.55	42.88	52.5	48.34	49.16	46.52	41.93	32.63	51.44	40.43	44.22	43.61	42.82	33.12
21:00	P.M.	56.22	50.15	51.35	47.32	51.78	50.38	36.64	33.91	52.58	41.18	48.75	42.42	40.37	34.82
22:00	P.M.	56.98	50.09	52.21	46.77	53.65	49.26	41.1	32.54	53.21	41.07	45.61	43.65	41.23	35.99
23:00	P.M.	56.32	49.1	52.83	44.93	52.16	48.66	40.4	31.63	51.35	42.14	44.81	43.21	42.2	35.65
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>53.12</b>	<b>48.06</b>	<b>48.82</b>	<b>43.86</b>	<b>52.45</b>	<b>47.54</b>	<b>45.66</b>	<b>44.95</b>	<b>51.18</b>	<b>46.65</b>	<b>48.88</b>	<b>44.46</b>	<b>50.3</b>	<b>41.42</b>

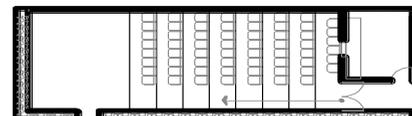
Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Humedad Relativa Interna 1 %

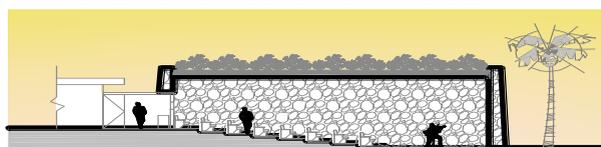


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

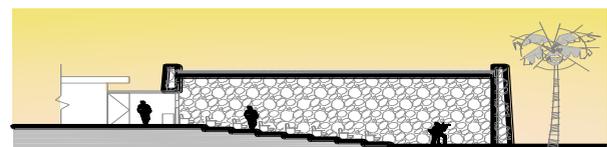
Humedad Relativa Interna 2 %



Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **HUMEDAD RELATIVA INTERNA.**

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México.** **CEDULA 4**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

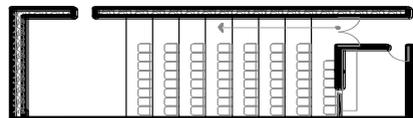
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

Registro Mensual de: **Mayo Año 2011.**

Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)
00:00	A.M	49.54	35.41	48.27	37.44	48.91	36.43	48.59	36.93	48.75	36.68	48.67	36.81	48.71	36.74
01:00	A.M	48.16	34.78	48.12	36.76	48.14	35.77	48.13	36.27	48.14	36.02	48.13	36.14	48.13	36.08
02:00	A.M	48.99	35.03	48.4	37.32	48.7	36.18	48.55	36.75	48.62	36.46	48.58	36.6	48.6	36.53
03:00	A.M	49.43	34.9	48.57	37.51	49	36.21	48.79	36.86	48.89	36.53	48.84	36.69	48.87	36.61
04:00	A.M	49.54	36.07	49.32	38.34	49.43	37.21	49.38	37.77	49.4	37.49	49.39	37.63	49.4	37.56
05:00	A.M	50.22	39.77	50.5	38.53	50.36	39.15	50.43	38.84	50.4	39	50.41	38.92	50.4	38.96
06:00	A.M	51.42	38.52	50	38.1	50.21	38.31	50.11	38.21	50.16	38.26	50.13	38.23	50.14	38.24
07:00	A.M	52.35	41.62	50.65	38.01	50.5	37.82	50.58	37.91	50.54	37.86	50.56	37.89	50.55	37.88
08:00	A.M	53.12	43.33	51.34	37.1	49.73	37.22	49.54	37.16	49.63	37.19	49.58	37.17	49.61	37.18
09:00	A.M	55.04	44.79	52.64	36.54	49.34	37.17	48.99	36.85	49.17	37.01	49.08	36.93	49.12	36.97
10:00	A.M	57.78	46.81	54.7	36.05	49.24	37.43	48.97	36.74	49.11	37.09	49.04	36.91	49.07	37
11:00	A.M	58.43	48.41	56.41	35.14	48.92	36.78	48.67	35.96	48.79	36.37	48.73	36.16	48.76	36.26
12:00	P.M.	60.5	49.92	55.34	35.45	48.92	36.19	48.63	35.82	48.78	36	48.7	35.91	48.74	35.96
13:00	P.M.	63.62	50.93	57.54	36.12	48.58	37.03	48.06	36.57	48.32	36.8	48.19	36.69	48.26	36.74
14:00	P.M.	62.4	52.98	58.99	36.82	48.7	37.9	48.84	37.36	48.77	37.63	48.81	37.5	48.79	37.56
15:00	P.M.	58.53	53.97	59.38	37.44	48.96	38.71	49.17	38.07	49.06	38.39	49.11	38.23	49.09	38.31
16:00	P.M.	57.85	51.54	57.11	43.01	47.48	41.28	47.3	42.14	47.39	41.71	47.34	41.93	47.36	41.82
17:00	P.M.	56.21	50.79	56.43	41.65	46.32	40.22	46.38	40.94	46.35	40.58	46.36	44.76	46.35	40.67
18:00	P.M.	54.11	48.54	52.65	46.34	47.06	42.44	47.03	44.39	47.04	43.42	47.03	43.9	47.04	43.66
19:00	P.M.	49.63	45.43	49.62	49.71	49.63	43.99	49.62	46.85	49.62	49.46	49.62	45.15	47.62	48.81
20:00	P.M.	48.34	46.25	47.72	47.81	51.03	43.12	51.88	45.47	51.95	44.29	51.91	44.88	46.93	44.59
21:00	P.M.	46.37	46.11	48.02	48.84	51.76	43.48	52.12	46.16	51.94	44.82	52.03	42.49	44.85	45.15
22:00	P.M.	47.81	47.54	48.6	49.44	49.21	43.99	48.9	46.72	49.06	45.35	48.98	43.03	45.02	45.69
23:00	P.M.	46.84	45.54	47.89	47.64	50.87	43.09	51.38	45.36	51.12	44.22	51.25	44.79	45.19	44.51
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>53.18</b>	<b>44.54</b>	<b>52.01</b>	<b>40.3</b>	<b>49.21</b>	<b>39.04</b>	<b>49.17</b>	<b>39.67</b>	<b>49.21</b>	<b>39.53</b>	<b>49.19</b>	<b>39.39</b>	<b>48.19</b>	<b>39.56</b>

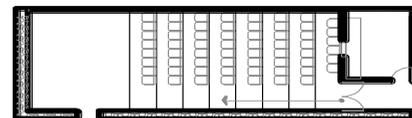
Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Humedad Relativa Interna 1 %

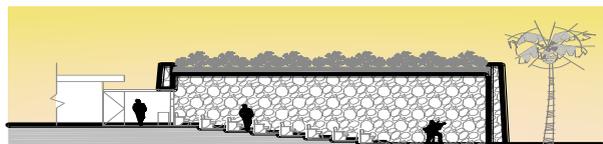


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

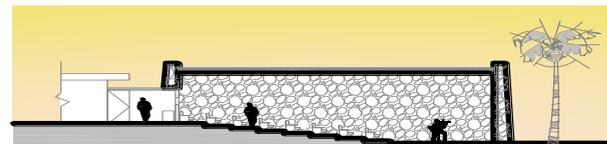
Humedad Relativa Interna 2 %



Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **HUMEDAD RELATIVA INTERNA.**

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 4**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

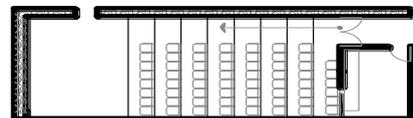
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

Registro Mensual de: **Junio Año 2011.**

Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)
00:00	A.M	50.98	44.95	51.98	41.95	59.96	43.78	50.73	48.29	59.55	53.2	59.5	46.95	52.05	52.12
01:00	A.M	52.35	45.45	52.9	43.08	61.9	42.26	52.66	48.64	59.22	53.67	61.13	45.08	54.66	51.49
02:00	A.M	51.35	46.19	51.9	42.81	52.92	42.3	50.77	48.46	56.26	53.49	60.79	46.81	56.26	52.71
03:00	A.M	52	45.74	50.32	43.44	53.32	43.97	53.58	48.64	56.54	53.36	58.79	47.44	53.54	51.27
04:00	A.M	50.65	45.71	50.66	45.68	52.66	41.43	54.27	48.78	52.35	53.27	58.79	46.68	52.55	50.14
05:00	A.M	52.46	45.9	54.62	40.8	51.71	40.2	55.32	48.92	52	52.91	54.27	45.8	67.24	53.05
06:00	A.M	51.71	45.32	52.48	40.48	51.11	45.77	55.66	48.91	52.65	52.72	54.35	45.48	53.62	53.21
07:00	A.M	52.11	44.63	55.35	41.62	56.84	45.33	58.25	48.91	62.46	52.55	52.35	52.64	62.35	53.25
08:00	A.M	53.84	44.32	52.71	42.96	60.61	47.69	57.45	49.27	61.71	52.35	52	55.96	62	52.82
09:00	A.M	55.61	46.89	52.11	46.06	62.65	48.23	58.35	49.39	61.11	52.35	51.71	56.06	62.65	55.36
10:00	A.M	54.25	46.18	54.84	48.48	62.46	48.79	59	49.67	60.84	52.35	51.11	55.48	62.46	61.87
11:00	A.M	56.46	45.95	55.61	49.3	63.58	48.76	61.71	49.45	60.61	50.81	50.84	55.3	63.58	51.71
12:00	P.M.	55.54	44.29	64.62	55.12	63.62	47.96	61.11	49.56	63.58	51.04	50.61	55.12	63.62	59.11
13:00	P.M.	58.56	48.79	55.58	54.94	63.58	47.82	60.84	48.28	63.62	46.14	56.5	54.94	63.58	58.84
14:00	P.M.	60.87	49.82	68.52	54.76	64.27	48.97	60.61	47.56	66.54	44.45	59.49	54.76	64.27	60.61
15:00	P.M.	61.26	44.26	60.52	44.58	62.32	48.22	66.55	47.66	59.55	45	59.13	54.58	65.32	61.03
16:00	P.M.	66.54	54.73	63.58	44.4	65.66	49	65	47.83	68.4	44.06	56.26	54.4	65.66	53.95
17:00	P.M.	66.26	54.51	64.27	44.23	66.26	49.54	59.05	48.76	66.26	43.49	56.54	54.23	66.26	62.96
18:00	P.M.	66.54	49.47	65.32	44.05	66.54	50.34	59.55	48.76	58.54	53.66	56.55	54.05	66.54	63.11
19:00	P.M.	56.55	47.42	63.66	43.87	60.84	48.91	59.22	49.31	56.55	52.9	59.22	53.87	59.55	55.29
20:00	P.M.	54.24	48.38	59.26	43.69	58.35	48.32	60.66	49.73	50.77	53.66	57.95	49.19	56.91	54.74
21:00	P.M.	52.35	43.42	54.54	45.51	52.05	43.09	55.95	52.8	57.97	54.37	53.44	43.2	53.52	51.85
22:00	P.M.	50.09	44.38	51.85	47.78	53.54	44.86	50.04	52.35	53.06	54	55.48	43.12	55.94	50.18
23:00	P.M.	50.25	43.42	51.68	43.15	53.8	43.63	51.28	50.7	52.15	53.19	52.65	42.2	52.24	49.96
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>55.53</b>	<b>46.67</b>	<b>56.62</b>	<b>45.53</b>	<b>59.19</b>	<b>46.22</b>	<b>57.4</b>	<b>49.19</b>	<b>58.85</b>	<b>51.21</b>	<b>55.81</b>	<b>50.56</b>	<b>59.85</b>	<b>55.03</b>

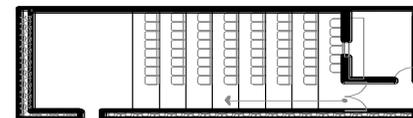
Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Humedad Relativa Interna 1 %

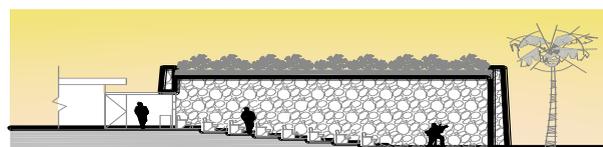


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

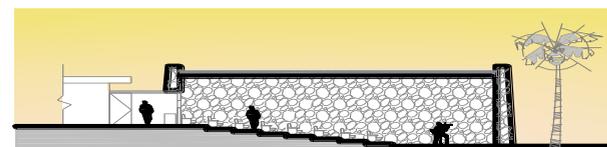
Humedad Relativa Interna 2 %



Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD TECAMACHALCO



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Proyecto: Monitoreo climático de **HUMEDAD RELATIVA INTERNA.**

Caso de estudio: **Universidad autónoma de chapingo, Texcoco, Estado de México. CEDULA 4**

Dir. De Proyecto: **Dr. Juan Raymundo Mayorga Cervantes**

Investigador: **Damian Elizarraras Ambrocio**

Lugar: **Auditorios de la Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México**

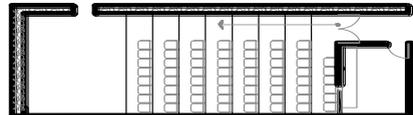
Ubicación Geográfica: **LATITUD: 19° 31'00" N LONGITUD: 98°53'00" ALTITUD: 2,216 MSNM**

Registro Mensual de: **Julio Año 2011.**

Hora	Horario	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO	
		Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)	Humedad Relativa 1 (%)	Humedad Relativa 2 (%)
00:00	A.M	60.51	51.21	62.79	54.44	63.26	52.14	62.9	56.13	61.18	63.41	62.28	54.04	61.26	60.44
01:00	A.M	61.95	52.35	62.72	52.44	63.05	52.58	62.98	54.01	60.6	59.83	61.77	60.67	62.05	61.44
02:00	A.M	60.33	51.08	62.65	54.3	62.95	52.91	62.98	54.29	62.74	60.88	60.91	55.76	60.95	60.3
03:00	A.M	61.21	52.93	61.58	53.3	61.76	52.52	62.9	55.26	60.03	56.05	60.23	55.72	61.76	61.3
04:00	A.M	62.23	52.13	60.53	52.23	62.58	52.6	62.98	55.63	63.18	54.14	59.58	53.46	62.58	60.23
05:00	A.M	60.09	51.01	61.39	52.27	62.39	52.37	63.06	55.87	61.03	53.92	59.02	52.97	63.39	61.09
06:00	A.M	63.09	54.29	62.32	51.91	61.2	62.52	64.06	56.7	59.74	53.53	58.72	54.91	63.2	61.03
07:00	A.M	65.98	56.26	64.25	50.72	62.92	62.06	67.86	57.11	56.36	53.03	58.66	56.03	64.92	61.89
08:00	A.M	65.98	56.63	67.02	55.55	64.63	51.41	67.75	56.88	59.72	52.54	58.54	58.91	64.63	62.82
09:00	A.M	67.88	57.87	68.98	57.35	64.47	61.27	67.65	59.5	66.79	52.26	67.6	58.03	64.47	62.69
10:00	A.M	67.86	62.7	66.82	55.35	64.12	61	67.54	58.73	66.69	51.63	66.51	56.61	64.12	60.56
11:00	A.M	67.75	64.11	68.71	58.35	65.86	60.6	67.54	56.61	61.83	49.8	65.86	55.76	63.86	62.43
12:00	P.M.	67.65	64.88	69.65	60.81	65.61	60.54	67.43	61.62	66.57	49.7	66.56	55.89	65.61	61.3
13:00	P.M.	67.54	66.5	68.52	61.04	67.44	60.69	61.53	61.1	66.78	50.89	62.17	56.18	67.44	61.17
14:00	P.M.	67.54	55.73	68.39	56.14	66.28	60.56	69.78	58.69	69.57	51.23	64.88	56.58	64.28	59.98
15:00	P.M.	67.43	56.61	68.32	64.45	65.2	60.43	66.11	59.14	67.93	51.5	65.22	56.95	63.2	59.85
16:00	P.M.	67.43	58.86	68.2	65	68.12	60.3	67.54	62.33	69.44	55.96	69.06	57.11	65.12	59.73
17:00	P.M.	67.43	57.22	67.13	64.06	69.04	60.17	67.65	62.09	62.93	56.98	68.28	57.7	64.04	59.48
18:00	P.M.	67.43	56.04	64.07	63.49	68.04	59.98	65.65	60.96	67.99	57.03	61.26	50.29	63.04	57.36
19:00	P.M.	64.54	54.28	62.01	58.66	64.96	59.85	65.65	60.87	64.2	59.26	66.48	52.97	62.96	56.24
20:00	P.M.	62.65	52.4	61.82	59.9	62.35	61.41	62.86	58	63.13	59.43	64.19	53.7	60.35	54.12
21:00	P.M.	61.65	51.4	63.64	51.66	62.16	53.06	61.71	55.37	62.07	60.75	66.75	53.32	61.16	52.12
22:00	P.M.	62.65	52.24	60.96	53.12	61.96	54.21	61.24	52.86	61.01	62.05	67.92	51.93	60.96	51.57
23:00	P.M.	60.07	51.95	62.34	54.89	60.77	53.21	62.27	52.42	60.22	64.9	67.87	50.82	62.7	52.85
<b>DATOS PROMEDIO</b>		<b>64.54</b>	<b>55.86</b>	<b>64.78</b>	<b>56.73</b>	<b>64.21</b>	<b>57.43</b>	<b>64.98</b>	<b>57.59</b>	<b>63.41</b>	<b>55.86</b>	<b>63.76</b>	<b>55.26</b>	<b>63.25</b>	<b>59.25</b>

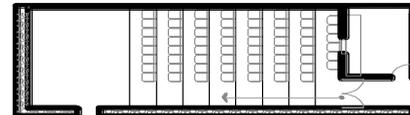
Planta arquitectonica Auditorio c o n Azotea Verde

Humedad Relativa Interna 1 %

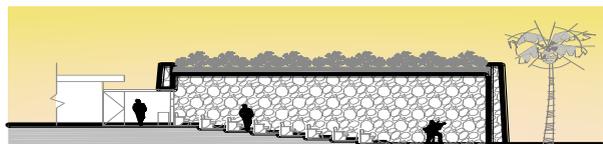


Planta arquitectonica Auditorio s i n Azotea Verde

Humedad Relativa Interna 2 %



Corte transversal de Auditorio c o n Azotea Verde



Corte transversal de Auditorio s i n Azotea Verde

