

00164 2.ij



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**División de Estudios de Posgrado e Investigación
Facultad de Arquitectura**

**CRITERIOS CIENTÍFICOS DE LA FORMA
ARQUITECTÓNICA
-Un Arquetipo-**

Luis Arturo Jiménez Portes

**Tesis para optar por el grado de Maestro en Arquitectura
opción Tecnología.**

1998



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

258937



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO

DIRECTOR DE TESIS:

M. EN ARQ. FRANCISCO REYNA GÓMEZ

SINODALES PROPIETARIOS:

M. EN ARQ. EDUARDO SAAD ELJURE

M. EN ARQ. JORGE RANGEL DÁVALOS

SINODALES SUPLENTE:

M. EN ING. PERLA SANTA ANA LOZADA

M. EN ARQ. ANTONIO BAUTISTA KURI

**Dedico este trabajo a los arquitectos que
persiguen la belleza y la perfección a través
de la ciencia.**

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por iluminarme siempre.
A mis padres por creer en mí.
A mi esposa por su compañía.
Y demás familiares que me han apoyado siempre.

Gracias también al Mto. Francisco Reyna Gómez por su atenta correspondencia desde antes de mi llegada a éste país, y también por sus acertados comentarios durante mis estudios. A los maestros Jorge Rangel Dávalos, Perla Santa Ana Lozada y Antonio Bautista Kuri, a todos ellos les agradezco mucho; un millón de gracias. Me hubiese gustado compartir un poco más de tiempo con el Mto. Eduardo Saad Eljure, pues la admiración que sienten muchos por él, la he sentido también; muchas gracias por todo.

Quisiera recordar y al mismo tiempo agradecer a mi primer profesor de Proyectos, el Arq. Arsenio Luis Espinal por su apoyo en mis reflexiones acerca de la forma en la arquitectura. También a la Arq. Dionis Martínez de Cambiazo por su tolerancia, flexibilidad y comprensión con aquellos que comienzan la carrera de arquitectura con muchos sueños e ilusiones.

De manera muy especial quiero agradecer también al Dr. Santiago Cruz López y su esposa Rosario Bournigal de Cruz, ex-Embajadores por República Dominicana en México, por todas las atenciones prestadas. Además al Ing. Fernando O. Luna Rojas director de Fundación ICA, por esa mano amiga que siempre me tendió.

Gracias a todos.

DISTILO

Vine de República Dominicana a estudiar una Maestría en Arquitectura opción Tecnología, en la Universidad Nacional Autónoma de México. La razón por la cuál opté por México para la realización de mis estudios, fue por la afinidad de los sistemas constructivos de estos dos países latinoamericanos. Obviamente quería ir a estudiar a un país más desarrollado tecnológicamente que Rep. Dominicana, pero no quería ir a una nación de primer mundo, puesto que la distancia en desarrollo científico que puede haber entre Dominicana y uno de estos países, es cada vez mayor. Y por esto quizás no iba a poder adecuar los conocimientos adquiridos a la realidad dominicana, a mi regreso. Además como arquitecto que quería involucrarse en los aspectos tecnológicos de la Arquitectura, profundizando principalmente en las estructuras para así poder construir con mejor calidad y conciencia, busqué un país donde se construyera fundamentalmente con concreto, con mano de obra barata y de tecnología superior.

Estando en México, a través de la Embajada de Rep. Dominicana, me enteré del programa de becas de Fundación ICA. Gracias a la beca-financiamiento pude realizar mis estudios con cierta holgura económica.

Durante mis estudios de maestría me desarrollé en el área de las estructuras, pues era lo que me había propuesto desde República Dominicana por las razones antes mencionadas, y porque fue uno de los temas que se abordaron débilmente durante mis estudios de licenciatura. Con el tiempo sucedió totalmente lo contrario y fue el tema que con mayor profundidad podría abordar, sobrepasando todas mis expectativas. Por esto faltando ya poco para finalizar mis estudios decidí cambiar hacia otros temas, para profundizar más en aquellos, que en ese entonces los tenía un poco olvidados.

Mi gran sueño se ha cumplido en mi trabajo de investigación ó tesis de Maestría. Desde que inicié los estudios de licenciatura me preocupó el tema de la Forma en la Arquitectura. Los estudios de posgrado me sirvieron de herramienta para elaborar este trabajo que titulé: "Criterios Científicos de la Forma Arquitectónica" -Un Arquetipo-; donde demostré la objetividad del Proceso de Diseño Arquitectónico en el momento de dar Forma a un proyecto. Los Criterios que se trataron son cuantificables, demostrables y verificables; todos ellos apuntando a la economía dada por la forma. Finalmente se elaboró un Arquetipo. Con esta investigación quise aportar un grano de arena a la conformación de la Ciencia Arquitectónica. Pues siempre he creído que a la belleza y a la perfección se pueden llegar no sólo por el arte, sino a través de la Ciencia.

Gracias a México pude materializar este sueño y a la vez parir estas ideas que me molestaban en mi interior, hasta que no las desarrollase y las diera a conocer.

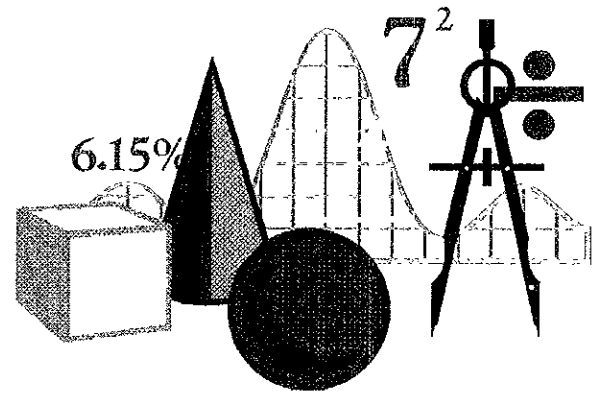
Muchas gracias, nueva vez.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
A) CRITERIOS CIENTÍFICOS DE LA FORMA ARQUITECTÓNICA, Un Arquetipo	
B) OBJETIVOS	
C) MOTIVACIÓN	
D) HIPÓTESIS	
E) CONTENIDO	
1- ANTECEDENTES	15
2- ANÁLISIS	18
2.1- IDEAS Y REFLEXIONES	
2.2- ERGONOMÍA	
2.3- LA CIRCULACIÓN	
2.4- RELACIONES DE ÁREAS	
2.5- INSTALACIONES	
2.6- ESTRUCTURACIÓN	
2.7- LA ENVOLVENTE	
2.8- ASPECTOS CLIMÁTICOS	
2.9- UN ARQUETIPO	
2.10- EL TERRENO	
2.11- LA ALTURA	
2.12- LA RADIALIDAD	
3- EXPERIMENTACIÓN	33
3.1- LA ENVOLVENTE	34
• Fraccionamientos	

• Geometría de la Planta Arquitectónica	
• Relieve y Forma	
• Estimación de Costos	
3.2- ASPECTOS CLIMÁTICOS	43
• Transmisión del Calor	
• Radiación del Calor	
• Climas Fríos	
• Climas Calientes	
• Estimación de Costos	
3.3- EL TERRENO	65
• Triangulares	
• Cuadrados	
• Rectangulares	
CONCLUSIÓN	72
A) ANÁLISIS ECONÓMICO	
B) EL ARQUETIPO	
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	81

INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

A) CRITERIOS CIENTÍFICOS DE LA FORMA ARQUITECTÓNICA -Un Arquetipo-

Por Criterios entendemos; Pautas ó Conceptos que adoptan los Arquitectos para su orientación en la toma de decisiones durante el proceso de diseño. Dentro de la gran cantidad de Criterios que puede tomar un Arquitecto para ello, podríamos clasificarlos en Criterios Cualitativos y Criterios Cuantitativos; llamándoles a estos últimos también, Criterios Científicos, siempre y cuando se puedan demostrar y verificar.

Los Criterios Cualitativos hoy en día, son los que determinan la mayor de las veces la forma concreta de los espacios y edificios. Como resultado de esto tenemos una Arquitectura Subjetiva y carente de rigor científico en cuanto a la "forma concreta" de nuestros edificios, cayendo también parte de esto en el ramo de lo artístico.

Los Criterios que analizaremos son los de carácter científico, determinantes de la forma arquitectónica. Al referirnos a la forma, no es a la simple organización y relación que guardan unos espacios entre sí y su entorno, tomándose el esquema gráfico de dicha organización ya sea de una computadora u otro medio, como la resultante formal; pues esto no está determinando la forma de un proyecto, es sólo y solamente eso, un esquema.

Estas relaciones y organizaciones se pueden realizar mediante Criterios Científicos, pero no determinan la forma concreta de los espacios o edificios; cuando no se procede mediante este enfoque erróneo, entonces por lo general, se delegan estas funciones determinantes a los Criterios Cualitativos con su implícita subjetividad.

El alcance de esta investigación queda encerrado con lo anterior referido, en analizar unos Criterios Científicos que determinen verdaderamente la "forma concreta" de nuestros edificios.

Es obvio que como todo Criterio de Diseño, sean acogidos ó rechazados, según el proyecto que se esté realizando.

Un Arquetipo: Veremos durante el desarrollo de este trabajo que dichos Criterios nos va llevando a un Arquetipo, o sea, a una idealización que reúne todos los conceptos que trataremos. Todo esto debido a que los Criterios Científicos que analizaremos se apoyan uno con otros, como las Leyes de la Naturaleza, guardando una armonía única.

B) OBJETIVOS

El presente trabajo no pretende ser un "Manual" de Criterios Científicos de la Forma Arquitectónica, pues sólo desarrollaré aquellos que de alguna manera u otra me relacioné con ellos durante mi profesión. Este trabajo más bien es con fines didácticos y sirve para complementar asignaturas a nivel de licenciatura, como: Morfología de Edificios y Teoría de la Arquitectura. También es útil para todo arquitecto interesado en mejorar su proceso de diseño de proyectos, desde el punto de vista formal y objetivo. La razón de ser de ésta investigación es con fines de dar a conocer un enfoque diferente del análisis de la forma en un proyecto arquitectónico. Además de aportar elementos científicos ó criterios objetivos al proceso del diseño, para así dar más cuerpo a la conformación de la Ciencia Arquitectónica. **La mayor utilidad técnica que se puede aprovechar de todo esto es en cuanto a la economía en obras se refiere**, tanto en el costo inicial como en el costo en toda su vida útil, considerando únicamente la forma del edificio.

C) MOTIVACIÓN

Este tema ha sido mi preocupación desde que comencé los estudios de Arquitectura; observé que el profano encontraba bello a un edificio por su color, textura, materiales, decoración interior, etc..., menos por su forma, que más bien la aceptaba, salvo excepciones de algunos edificios. También me preguntaba como era posible que los Arquitectos encontraran de bellas formas estos mismos edificios. Entonces estamos en el mismo caso del pintor abstracto y el

profano nuevamente, con la salvedad de que un edificio lo “vivimos un conjunto de personas” y una pintura sólo la “observa un interesado”. El profano no entiende la pintura abstracta, ni la belleza que pueda ver en las formas cúbicas de un edificio, u otras formas producto del arte por el arte. Con esto quedé convencido de que las formas de un edificio no pueden ser tratadas como si fuera una escultura contemporánea con todo el valor artístico que en ella envuelve. Pues como dije antes, un edificio es para vivirlo y es útil para muchas personas; también debe de ser bello, pero hablo de aquella belleza que puede percibirla hasta un niño de 5 años. Las formas de un edificio deben provocar deleite como un paisaje; no tener que ser arquitecto para encontrar bellas las formas de un edificio, pues esto ya no es belleza, otra cosa muy probablemente.

Todo esto me llevó a pensar que la parte más descuidada de la arquitectura actual es la forma. Es penoso que sea la forma, y no el color, textura, u otra cosa; pues la forma es uno de los factores que más influye en el humano. Estas reflexiones me hicieron inclinarme hacia la Arquitectura Orgánica. Esta arquitectura habla de una integración total a la Naturaleza. Hemos visto los ejemplos de Frank Lloyd Wright, donde se utilizan los materiales de la zona, se considera el usuario como el protagonista del edificio, se suavizan las formas y se evitan las aristas, etc..., pero aún el edificio no guarda en la totalidad una integración con la naturaleza, debido por ejemplo a la manera de producción de energía, tratamiento de aguas negras, etc..., y menos aún en cuanto a la integración formal que es el ramo que vamos a tratar en busca de esta integración total. Pues es obvio que la ciencia trata de explicar fenómenos naturales, si queremos edificios de integración completa con la naturaleza en cuanto a la forma, tenemos que auxiliarnos de lo que la ciencia hoy nos puede ofrecer, en cuanto al conocimiento de las formas naturales se refiere. Es muy sabido en el ámbito científico que **las formas de los cuerpos son determinadas por las fuerzas que en ellos inciden y por la función que desempeñan**. También se ha podido observar que cuando los cuerpos no cumplen con estos dos grandes requisitos naturales-formales, van en perjuicio de la economía y eficacia de ellos mismos. En la naturaleza hay una armonía absoluta y quién está en ella se ajusta, o paga las consecuencias en proporción a su desviación. De estas leyes naturales determinantes de las formas de los cuerpos, podemos decir también que están íntimamente relacionadas y que no se da una sin la otra.

D) HIPÓTESIS

Con esta investigación quiero **demostrar la veracidad de estas leyes naturales** que inciden en la forma de los cuerpos, pero aplicada a los edificios. Para fines de estudio de estas leyes desacoplé el trabajo en Criterios Científicos para profundizar en los aspectos comunes de toda edificación, pero todos ellos caen en una de estas dos leyes fundamentalmente.

La principal finalidad funcional de todo edificio es la protección del usuario por medio de una superficie ó envolvente, de la manera más económicamente posible. Dentro de todas las eventualidades de la cual el hombre se protege a través de un edificio, sólo se analizarán aquellas que influyen realmente sobre la forma. En esta parte analizaremos específicamente la relación superficie-volumen de diferentes formas geométricas **buscando la opción que ofrezca menor superficie por volumen, resultando esto en economía;** y de esta manera también obtener la mejor protección ante las inclemencias del tiempo, ya que los criterios climáticos que se analizarán y por la relación superficie-volumen, hacen de todos estos criterios, determinantes de la forma de los edificios.

Las fuerzas incidentes en los edificios son las diferentes solicitaciones que se consideran durante un análisis estructural dado, estos criterios que se analizarán son determinantes de la forma de los edificios. La función de la estructura es **mantener en equilibrio estático la superficie ó envolvente, de la manera más económica, ante las fuerzas incidentes;** que a la vez se encuentra dicha envolvente protegiendo al usuario. He aquí donde se refleja la unidad que encierran ambas leyes de "proteger", de tal manera que interactúan para determinar la forma de los edificios. Se podría hablar además de una tercera ley, la economía, si es que la queremos separar, pero al final y al cabo interactúan todas juntas para llegar al resultado formal de un edificio.

La primera etapa del trabajo es analítica. Algunos de los criterios analizados pasarán a la segunda parte, la experimental, donde se demostrarán mediante **modelos matemáticos ó físicos**. La hipótesis se estará demostrando constantemente a través de toda la investigación, y además tendremos un análisis económico dentro de las conclusiones, que la confirmará.

E) CONTENIDO

Antecedentes:

Aquí vamos hacer referencia a los antecedentes históricos e investigaciones realizadas directa ó indirectamente sobre esta rama del conocimiento.

Análisis:

Comenzaremos tratando ideas y reflexiones del tema en cuestión, aquí lo principal es ir profundizando en este nuevo enfoque del análisis de la forma en la Arquitectura y sus posibilidades futuras. Se trata, entre otras cosas, del papel que desempeñan las Relaciones de Áreas dentro del proceso de diseño, la circulación, la ergonomía de los espacios, etc...; todos estos temas se comentarán.

Analizaremos la finalidad última de todo edificio, la "protección" donde tocaremos los puntos relativos a la envolvente y su geometría. Pues como bien sabemos una edificación sirve fundamentalmente para resguardar al usuario de la lluvia, nieve, brisas, animales, humedad y temperaturas extremosas, etc...; y por esto la piel del edificio juega un papel protagónico. En el análisis se parte de la geometría de la Esfera por su relación superficie-volumen, y se analiza también la transmisión del Calor por conducción, convección y radiación; según la forma de la envolvente.

También analizaremos las fuerzas internas que determinan la forma de un edificio, y veremos aquí las instalaciones, como: Redes de Ductos de Aire Acondicionado ó Calefacción, Tuberías, Cables en General, Colectores Solares, etc...; buscando en estos la economía por su configuración y su relación con la forma del edificio.

Y por último analizaremos las fuerzas externas que determinan la forma de un edificio, donde trataremos primero sobre el comportamiento de los materiales, formas de los elementos estructurales, para luego tratar sobre las diferentes solicitaciones como las fuerzas Gravitacionales, Sísmicas, y de Viento. El análisis de estas solicitaciones nos llevan a configuraciones estructurales bien definidas, y de aquí surge la propuesta de hacer un análisis comparativo entre una estructuración Radial vs. una estructuración Ortogonal.

Antes de comenzar con la segunda etapa, la experimentación, vamos a definir y aclarar un poco el concepto de Un Arquetipo, pero esto lo vamos a desarrollar a totalidad en la conclusión.

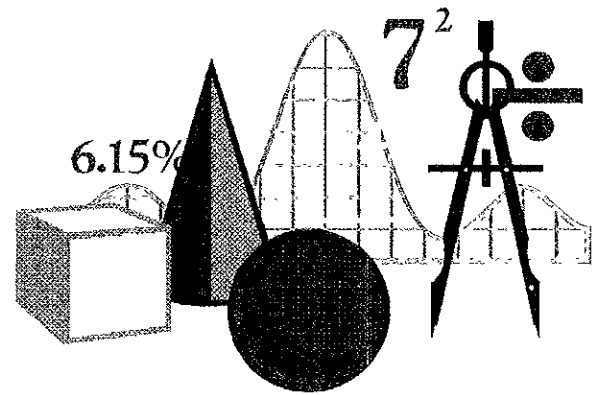
Experimentación:

Se procede a la experimentación a través de modelos matemáticos ó físicos comparables. Para todo esto se utilizó el programa Mathcad, v4 para Windows. Los criterios que se trataron en esta etapa fueron aquellos que lo ameritaban para su demostración.

Conclusión:

Finalmente tendremos las conclusiones, donde se podrá apreciar mejor en el análisis económico el fruto de esta investigación, y además tendremos el planteamiento del Arquetipo.

ANTECEDENTES



I- ANTECEDENTES

Según la introducción de Ignasi de Solà-Morales en el libro Principios elementales de la forma en arquitectura, de Franco Fonatti; nos dice sobre una evolución en cuanto al enfoque del análisis de la forma arquitectónica a través del tiempo.

Primero en la cultura clásica se observó que las formas eran dictadas por leyes de la proporción para la composición de edificios, luego en el modernismo la forma no es el resultado de un trabajo razonado sino de un hallazgo fruto del genio o de la casualidad apartada de toda convención limitativa o de un sistema previamente establecido.

Después en la tradición vanguardista, la enseñanza de la Bauhaus llevaba este alejamiento de todo posible establecimiento de un tratado a su más extremas consecuencias, con el Punto y la Línea.

La psicología gestalística, a partir de categorías de la percepción, organizó un sistema abierto, ilimitado y siempre flexible mediante el cual sólo se pretendía iniciar al futuro creador. Franco Fonatti en el citado libro plantea la forma a través de un análisis geométrico, partiendo de las formas elementales básicas como el círculo, cuadrado y el triángulo. En ese realiza lo que él llama "operaciones", que consistían en analogías, yuxtaposición, asociación, etc..., de éstas figuras.

Él también clasificó en las siguientes categorías para desarrollo de la planimetría de un proyecto, como sigue: Geometría elemental, Estructura compleja de panal, Composición, Forma anómala (forma libre), Organicismo y Formas exógenamente determinadas.

Herbert Muck en el prólogo del mismo libro manifestaba que entre el Organicismo y la otra categoría llamada Formas exógenamente determinadas deberían estar haciendo una sola, pues las dos parten del medio ambiente como determinante de la forma. Pero él aclara que por falta de vocabulario para diferenciar entre una arquitectura que hace analogía con la naturaleza y otra que se basa en las leyes de la naturaleza, condiciones impuestas, fuerzas

actuantes, etc...; se procedió a definir las como Organicismo y Formas exógenamente determinadas, respectivamente.

En mi opinión lo que veo aquí con el Organicismo, es los primeros indicios de una ciencia, que comienza con la observación y la manera empírica de explicar los fenómenos; y con las Formas exógenamente determinadas, veo un Organicismo más evolucionado y entrando de lleno en el campo de lo científico.

Sir D' Arcy Wentworth Thompson, clasicista, políglota, matemático y zoólogo en su libro "On Growth and Form" (1942), fue de los primeros hombres que enfocó el problema de la forma desde esta perspectiva. En este libro se desarrolla la idea de que las formas naturales expresan el equilibrio entre las fuerzas interiores de crecimiento y las fuerzas exteriores del medio ambiente. Su tesis es que las formas naturales constituyen, por así decirlo, un diagrama material de las fuerzas internas y externas.

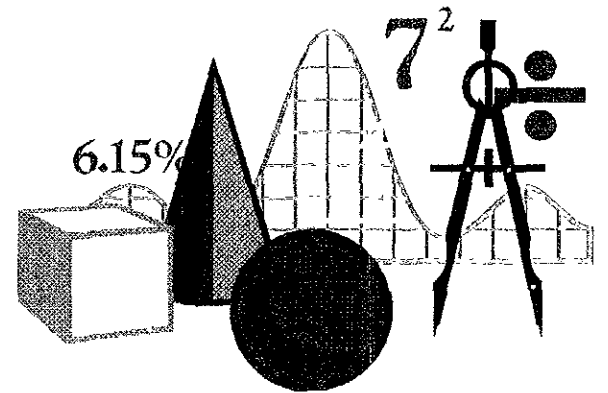
Por la misma línea Christopher Williams en su libro "Los Orígenes de la Forma" desarrolla más este enfoque y lo trata en un contexto más general. Tratando las formas de los animales, plantas, paisajes, objetos creados por el hombre, etc...

También hay arquitectos que motivados de alguna manera de resolver el problema de la forma han propuesto soluciones formales arquitectónicas, como:

Pierre Robert Sabady, con "Biosolar-Modul H1": Este es un Prototipo de la forma de una vivienda, donde además están envueltos varios criterios científicos desde el punto de vista de la Arquitectura Biosolar.

Y otros más, pero Criterios Científicos de la Forma Arquitectónica lo que quiere hacer es un análisis de la forma desde el punto de vista que hemos estado tratando, y de igual manera proponer más que una solución, un Arquetipo.

ANALYSIS



2- ANÁLISIS

2.1- IDEAS Y REFLEXIONES

Es muy pesado y deprimente la sensación que producen los espacios cúbicos, especialmente cuando son de tamaños medianos y pequeños. He pensado en varias ocasiones hacer el siguiente experimento: observar a un vigilante dentro de una torre de observación de esas que se construían en las esquinas de los castillos antiguos, donde apenas la ocupaba completamente una persona de pie, ó a lo sumo dos. En esto pequeños espacios la tensión producida por la forma en el humano se hace más perceptible; imaginemos uno de planta triangular y el otro de planta circular, y que una persona en cada uno de ellos tenga que permanecer por un día dentro de este lugar. Me parece que la persona metida en el nicho, por decirlo así, de planta triangular tendrá un comportamiento más tenso y depresivo, y luego esta misma persona dentro del espacio de planta circular tendría en menor grado este comportamiento, pues no hay que olvidar que ambos espacios son muy pequeños y producen cierta sensación de claustrofobia. Me gustaría conocer los resultados de un experimento de esta naturaleza.

Durante mis estudios de la carrera de arquitectura, traté de justificar las formas arquitectónicas como un producto de la actividad humana dentro de los espacios, o sea la actividad determinaba la forma. Estaba de acuerdo que si los muebles, la estandarización y modulación provenían del mundo industrializado que hoy vivimos, la respuesta arquitectónica óptima a ésta realidad eran los espacios cúbicos. Pero esto lo vemos así cuando analizamos el problema en tres dimensiones, pues vemos que dichos espacios se pueden aprovechar mejor cuando contienen en ellos objetos cúbicos. Se decía que para un depósito de almacenamiento de agua, pues que mejor que un cilindro ó una esfera, y así siguiendo la regla de que los espacios se ajustan a lo que contienen. Pero cuando analizamos el problema en cuatro dimensiones la variable agregada es el tiempo, en este caso tendríamos que considerar los cuerpos contenidos en movimiento. El hombre y los objetos se mueven o los mueven durante el desarrollo de las actividades a través del tiempo, y plantear el problema de esta manera genera formas no cúbicas.

2.2- ERGONOMÍA

Lo primero que hay que señalar sobre la postura anterior es que el principal objeto que se va a contener dentro de un espacio arquitectónico, es el hombre. Bien sabido está que el humano es un 95% agua aproximadamente, y con esto dejo claro que los espacios actuales ó paralelepípedos no están pensados para el hombre, más bien para sus muebles y objetos considerados estáticos. El hombre se ha adaptado a esta situación, pero no se ha diseñado pensando en acomodar a este hombre. La ergonomía es una ciencia que ha estado aportando mucho en estos aspectos, por sus enfoques en sus análisis, donde se parte del hombre y para el hombre.

La postura que proponía durante mis estudios, consistía en un análisis en cuatro dimensiones. El tiempo, además del largo, ancho y el alto. Pues analizaba las circulaciones de los motores y humanos dentro de los espacios. Por poner un ejemplo, un almacén donde se almacenan cajas, automáticamente nos viene a la mente un edificio de planta rectangular y formando un paralelepípedo, si sólo pensamos en las cajas. Pero cuando pensamos en la circulación de los humanos que entran y salen haciendo sus actividades de almacenamiento, los montacargas y en la forma como se mueven, la manera óptima de realizar todas estas operaciones, y todo esto en función del tiempo de la actividad; muy probablemente quedemos convencidos de que la forma elegida para este edificio no fue la ideal.

Muchas veces se le hecha la culpa a los sistemas constructivos actuales que no permiten esta libertad de las formas, pero esto no es cierto. El problema viene desde la mesa del arquitecto, por la pereza que le produce utilizar un compás, por no querer profundizar en la geometría, y por no tratar de resolver los espacios de manera funcional con formas no comunes. Los ingenieros calculista le cuesta mucho trabajo analizar estructuras de configuración no convencional. Y así viene toda una cadena de pereza y de poco amor hacia lo que se hace, donde se interponen también los intereses establecidos.

Este análisis en cuatro dimensiones, establecía que todo cuerpo tenía dos movimientos básicos: rotación y traslación. Se podría dar forma a un espacio que iba contener X objeto, pero si no se sabía como se movía en función del tiempo, no se iba dar una respuesta

satisfactoria al problema. Se analizó el humano en función de sus movimientos propios de la circulación y por los movimientos de rotación y traslación. En conclusión llegué a la idea de que el espacio ideal para el humano son los espacios de planta circular, considerando todas estas variables en un sentido general.

Otro aspecto que me llamó mucho la atención es el efecto de las aristas de los espacios. Si bien psicológicamente no son agradables, también no son deseables funcionalmente. En las esquinas se colocan macetas, plantas, mesitas, escultura, etc..., y todo aquello que sirva para llenar un rincón. Las esquinas producen cierta tensión psicológica, y se refleja de alguna manera esto, en la forma que tienen los pararrayos para atraer las descargas eléctricas. También cuando un personal está en zona de alta tensión, se evitan ciertas posturas del cuerpo, que dejen las extremidades expuestas en forma similar a la de un pararrayos, porque se puede producir una descarga eléctrica por el gran campo magnético que hay en estas zonas. La forma se convierte aquí en algo de vida ó muerte. Cuando demuestren los ergónomos de manera, física-psicológicamente, el efecto de las aristas en los pequeños y medianos espacios arquitectónicos, tendremos un gran paso dado y demostrado objetivamente.

2.3- LA CIRCULACIÓN

La solución de la circulación en las edificaciones, siempre ha sido de gran interés por parte de los arquitectos. Pues un buen ordenamiento en la planta arquitectónica persiguiendo optimizar al mínimo los metros cuadrados destinados a esta función, es un criterio que se ha manejado desde hace mucho tiempo. Cuando se procede de esta manera se logra también mayor aprovechamiento de las áreas utilitarias. Todo esto llevó a la creación de plantas arquitectónicas que partían de un punto central que se relacionaba directamente con varias áreas dentro del edificio, consiguiéndose economía al reducirse el área total destinada a la circulación. Esto se logró generalmente colocando este punto central en el centro geométrico de la planta arquitectónica, evitándose así los largos corredores. Un ejemplo de esto lo tenemos con las viviendas que desde el vestíbulo se puede acceder a las habitaciones, a la cocina y a las áreas sociales; otro ejemplo serían los edificios convencionales como hoteles,

oficinas, etc..., donde hay un lobby, y desde éste se puede acceder a la circulación vertical y a otros espacios directamente. Esta área que sirve de distribución puede ser de diversas maneras, en forma de anillo rodeando un bloque de circulación vertical, un jardín interior, etc..., ó también puede ser simplemente un espacio normal funcionando como vestíbulo ó lobby.

Muchas veces estos espacios tienen que relacionarse directamente en un mismo nivel con 5, 6 ó más espacios cosa que se logra de manera más óptima con una solución radial, solución rechazada la más de las veces simplemente por su geometría. Lo que por lo general se hace es que prefieren aumentar el área destinada a la distribución para alcanzar las puertas ó accesos de todos los espacios, incrementando el costo de la obra. La solución radial, a diferencia de ésta, llega a todos los accesos sin necesidad de incrementar el área de distribución y por esto nos ofrece una economía adicional. Además proceder incrementando el área de distribución bajo un esquema ortogonal a veces fuerza la planta arquitectónica a ser de forma rectangular, con sus respectivas desventajas.

Cuando tenemos el espacio de distribución en forma de anillo central, lo aconsejable es que éste sea de forma circular por razones de economía; pero muchas veces conviene que sea en forma de triángulo cuando éste tiene que dar acceso a muchas dependencias ó se requiera por ventilación natural en el caso que rodee un jardín interior.

2.4- RELACIONES DE ÁREAS

En las relaciones de áreas nos resultan muchas veces espacios, no de distribución ó circulación, que están relacionados directamente hasta con siete ó más espacios. Esto si lo traducimos directamente al lenguaje de la geometría nos resultarían esquemas radiales de ordenamiento del programa arquitectónico. Un ejemplo parecido lo podemos ver con los baños en los edificios convencionales formando parte del núcleo de servicios, y al centro de la planta arquitectónica. Cuando no se ha hecho así por cuestiones de distancia y magnitud de la obra de planta rectangular, entonces se ha procedido a la colocación de varias unidades de baños uniformemente distribuidos. Pero no deja de ser más antieconómico que lo que una

solución radial nos puede ofrecer con un sólo núcleo de servicios, para la misma magnitud de obra y distancia, y todo esto se debe a la propiedad de equidistancia que la radialidad nos puede ofrecer en plantas arquitectónicas compactas. El esquema radial-equidistante nos permite con un mayor rango de magnitud de obra, mantener un sólo núcleo de servicios, repercutiendo todo esto en la economía del proyecto.

2.5- INSTALACIONES

Las instalaciones desde un sólo núcleo central, como pueden ser cables, ductos, etc..., si parten desde éste y se ramifican a puntos equidistantes de forma radial, se logran disminuir los calibres ó grosores de estas ramificaciones y la potencia de la fuente impulsora. Todo esto se traduce en economía porque se logran menores distancias de recorridos. También cuando dichas tuberías ó ductos tienen sección circular disminuyen los costos de las ramificaciones y la potencia de la fuente impulsora, resultando en una economía adicional. Esto se debe a que la sección circular tiene menor superficie por área provocando menores gastos de material en las ramificaciones; y por esta misma relación también tenemos menor fricción disminuyéndose la caída de presión, y provocando menores requerimientos de potencia en la fuente impulsora.

Los colectores solares tendrán una importancia primordial en la arquitectura del futuro, y dependerá bastante la forma de los edificios para la colocación de estos en busca de la radiación directa. A partir de que mucho de estos sistemas funcionarán como girasoles, la planta circular en edificios altos ofrecerá ventajas para estos.

Algunas veces lo que debería ser más económico por su semejanza ó integridad con la naturaleza, como los criterios que hemos ido manejando, no lo son, por razones técnicas, comerciales, política, etc. A medida que la técnica se ha ido desarrollando la influencia de éste factor es cada vez menor. Pero factores comerciales como el proteccionismo en las industrias, muchas veces favorecen productos de altos costos de producción y funcionamiento con respecto a otros de menores costos e íntegros con la naturaleza, para proteger intereses particulares. La política con los aranceles, las leyes de protección, etc...; ejerce así su

influencia. Todas estas razones influyen parcialmente en que podamos ver hoy en día, que lo que resulta más económico en un país no lo es para otro país, cuando las leyes de la naturaleza son las mismas para todo el universo. Algunas veces tendremos que dejar a un lado lo ideal u óptimo desde el punto de vista de los Criterios Científicos de la Forma Arquitectónica, por lo que la realidad viciada localmente nos impone, y aquello que se ajuste lo mejor posible a lo ideal.

2.6- ESTRUCTURACIÓN

El ordenamiento radial nos puede llevar a configuraciones estructurales radiales ó de varios ejes estructurales. Se hace más dificultoso el análisis estructural, pero ya en estos tiempos con el uso de computadoras modernas y métodos de análisis tan precisos y sofisticados, deja esto de ser un problema. La simetría es una cualidad que generalmente tienen estos tipos de configuraciones, cosa que de diferentes maneras simplifican el análisis estructural. La ventaja que observo de esta configuración estructural vs. una ortogonal es la distribución de las fuerzas horizontales (sísmicas y de viento), de forma más uniforme entre todos sus elementos resistentes, provocando esto menor dimensionamiento ó acero, y por ende economía. Específicamente en las vigas es donde se refleja esta uniformidad en la distribución de las fuerzas horizontales, por la disposición que guardan bajo un esquema radial ó de múltiples ejes estructurales. De esta manera se evita lo que sucede en las estructuras de ejes ortogonales, que ante una fuerza horizontal en la dirección de uno de sus dos ejes, el 50% de las vigas de un entrepiso dado, que son las que pertenecen al eje perpendicular a la dirección de dicha fuerza, su trabajo se considera nulo en un análisis simplificado ó muy poco si es que se utiliza un método de análisis tridimensional. Esto hace que las vigas bajo un esquema radial, a diferencia, tengan menores momentos de diseño y por esto menor peralte ó acero. Si se opta por diseñar el miembro con menor peralte, vamos a obtener a parte de la economía por menor volumen, menor altura de entrepiso haciendo al edificio menos alto, y también menor masa a considerar por entrepiso en el análisis estructural. Por esto último se benefician una vez más las vigas y ahora también las columnas, o sea todo el sistema. Este tipo de configuración por lo general ofrece menos posibilidades para resistir torsiones, por las mismas razones que hemos estado planteando. Pero la mayoría de las veces que se utiliza

ésta configuración es en plantas simétricas en múltiples direcciones, haciendo desaparecer prácticamente el problema; además como toda estructura si se disponen los miembros resistentes a la torsión como es debido se obtiene una estructura sana.

En una planta arquitectónica circular ó polígona regular por lo general el ordenamiento de los espacios responden a un esquema radial, y por consiguiente la estructura ideal es la que siga este patrón aún no esté expuesta. En una planta arquitectónica cuadrada pues la estructura de ejes ortogonales es la que mejor representa su morfología, pero aún así recomendaría una estructura de esquema radial ó de múltiples ejes por las ventajas dichas anteriormente; e igualmente para la planta arquitectónica rectangular u otra.

Si analizamos la relación que hay entre la forma de los elementos estructurales y la configuración del sistema en su totalidad veremos algo realmente interesante. Parece que cuando tenemos una estructura radial ó de múltiples ejes, las formas de las columnas deben de ser circulares, y cuando tenemos una estructura de ejes ortogonales y planta cuadrada las columnas deben de ser cuadrada, y por último cuando es de planta rectangular deberían de ser rectangulares. Todo esto obviamente es analizándolo bajo sistemas flexibles ó de marcos. Lo que realmente está sucediendo es que si comparamos dos columnas de igual área de sección, una circular y la otra cuadrada, obtenemos que la primera permite mayor excentricidad antes de que comience a trabajar a flexocompresión que la segunda en su eje diagonal. La cuadrada en cambio permite mayor excentricidad que la circular en sus ejes ortogonales. Con esto, más lo que sabemos de las diferentes configuraciones, podemos afirmar que donde la configuración de ejes ortogonales es débil ante las fuerzas horizontales, que es cuando la dirección de la fuerza coincide con uno de sus ejes, por otro lado tenemos que las columnas cuadradas son fuertes en esta dirección. Pero donde esta configuración es fuerte, que es cuando la dirección de la fuerza no coincide con uno de sus ejes, por otro lado las columnas son débiles, pues actúan en su eje diagonal. Luego podemos decir que hay cierta compensación y relación entre estos dos factores. En el caso de la configuración radial ó de múltiples ejes, podemos decir que el sistema es homogéneo independientemente de la dirección de las fuerzas horizontales y demanda una columna que tenga un comportamiento homogéneo en las diferentes direcciones como es la circular. Y como lo hemos visto en la realidad arquitectónica en plantas rectangulares bajo un esquema ortogonal de estructuración,

las columnas son de forma rectángulares, y la dirección del lado mayor coincide con la dirección del lado menor de la planta. Guardando también cierta compensación y relación entre estos dos factores.

Las fuerzas horizontales producidas por el viento se disminuyen considerablemente en el análisis estructural, al considerar la superficie de un edificio de planta circular ó polígona regular de muchos lados. Cuando estamos diseñando para localidades que tienen historia de huracanes este factor es de suma importancia, pues no es poca la diferencia entre las respuestas de un edificio de planta circular y otro de planta cuadrada ó rectangular, y esto lo vemos mejor cuando se analiza bajo un método de análisis minucioso y con ayuda de la aerodinámica.

Como vemos todo nos lleva a la radialidad, hasta cuando vertimos una masa de hotcake se distribuye sobre la plancha de forma radial formando una circunferencia, salvo si la plancha tiene otra forma y la masa llegue a estos bordes. Si analizamos este fenómeno tan cotidiano, encierra éste una gran realidad ó factor determinante de la forma, la fuerza gravitacional. Con una materia tan sensible a esta fuerza como lo es la masa de hotcake, podemos ver la tendencia natural de los cuerpos que están sobre la superficie terrestre a ser de planta circular, como los cráteres lunares donde también existe este tipo de fuerza, pero en menor grado. Esto no lo podemos ver fácilmente con materiales duros, pero la influencia sobre estos cuerpos es la misma, y es válida para los edificios. Muchos han pensado que los edificios del futuro van hacer esféricos, debido a la propiedades de esta forma geométrica. Este volumen es el mayor que pueda haber con relación a la superficie que lo envuelve. Por ende es la forma más económica de crear un espacio, pues la superficie protectora de todo espacio cuesta y tiene siempre un valor considerable. Además a menor superficie con relación a un volumen, menor frío ó calor habrá en su interior y por esto menores serán los costos en sistemas de climatización artificial. Comparto la opinión de aquellos que han pensado así, siempre y cuando estos edificios del futuro, más que edificios serán naves espaciales, o estarán enterrados ó sumergidos. O sea que la fuerza que va a incidir en ellos es nula ó centrífuga, pero no será la fuerza gravitacional. Me parece que los edificios, si analizamos todas las variables que hemos ido expresando, más bien serán en forma de cilindro. Esto

siempre y cuando la geometría y magnitud del terreno con relación al volumen a construir, lo permitan.

El perfil de estos edificios estará condicionada a la dirección de la fuerza gravitacional, o sea rectos. Está bastante demostrado que el camino más corto que toma una fuerza es el óptimo; es el caso de las columnas y la carga axial que se transmiten por ellas. Es normal que dichos edificios por un balcón u otro mecanismo técnico, no serán perfectamente lineales en toda su verticalidad, pero se entiende que estructuralmente si serán completamente verticales. Han surgido propuestas formales en formas cónicas ó derivadas, y que por sus cualidades estructurales van en "pro" de estas formas, el problemas de estas posturas es que no se comparan paralelamente con relación al volumen. Por ejemplo un edificio con este tipo de configuración y otro recto, ambos con igual forma geométrica y área en planta baja, y lo más importante con igual volumen, tendríamos que el edificio recto tendría menos altura que el otro. Por esto a mayor altura, mayor sollicitación de volteo y de sus elementos estructurales, pues es una masa multiplicada por una mayor altura, aunado a mayor presión del viento. Ni hablar de aquellos edificios que son estrechos abajo y anchos arriba, que por su comportamiento de péndulo invertido no son deseables. Nos quedaremos entonces con el término medio, edificio recto esculpido por las fuerzas gravitacionales, o sea la naturaleza.

Cuando fraccionamos un volumen hay un incremento de la superficie envolvente total, provocando también un incremento del número de miembros estructurales en todo el proyecto. Este incremento del número de miembros estructurales va relacionado específicamente al incremento que se obtiene de superficie envolvente que no incluye los techos, pero el primero es menor que el segundo, porque siempre tenemos miembros estructurales internos que no se incrementan por el fraccionamiento dado, a diferencia de los externos que están relacionados íntimamente con dicha superficie envolvente. Por todo esto podemos afirmar que hay un incremento en los costos estructurales de un proyecto arquitectónico cuando se procede al fraccionamiento. Es por esta razón también que debemos evitar al máximo soluciones formales arquitectónicas en un edificio que provoquen por comportamiento estructural la división de su sistema estructural. Es obvio que cuando se procede a la división por esto es porque así resulta más sana y económica la estructura, pero muchas veces se puede prevenir encontrarse bajo esta situación. También debemos tratar de proyectar la menor cantidad

posible de juntas de expansión por temperatura en un edificio, porque lo estamos fraccionando estructuralmente.

Haciendo una estimación superficial de incremento de costos estructurales por malas decisiones formales podríamos referir un incremento del 10% aprox. por fraccionamiento en general, y un 10% aprox. adicional por estructuración ortogonal y no verticalidad, obteniendo un 20% aprox. en total. Sabiendo de antemano que el costo de obra bruta ó estructural representa un 30% aprox. del costo total de una obra, tenemos que por malas decisiones formales se podrían incrementarse en un 6% aprox. los costos totales de una obra. Esta estimación se podría realizar de manera más profunda en la parte experimental de este trabajo, pero resultaría muy tedioso para el valor de la información que obtendríamos, pues estamos hablando del mencionado 6% aproximadamente. Ahora bien, si consideramos una zona con historia de huracanes, el no tomar las decisiones formales correctas incrementaría notablemente este porcentaje.

2.7- LA ENVOLVENTE

La geometría de la planta arquitectónica de forma circular nos ofrece la ventaja de tener poca superficie con relación al volumen. Ya hemos explicado el por qué de un cilindro y no una esfera. Es bueno señalar también que la escala del proyecto es un factor preponderante en esta relación volumen-superficie, puesto que a mayor magnitud menor será la superficie con relación al volumen, y es por esto que nos oponemos en la medida de lo posible al fraccionamiento. Por otro lado a parte del ahorro que se tiene por menores gastos en superficie envolvente y en equipos e instalaciones de climatización artificial, tenemos un volumen que atenúa por su forma aerodinámica las fuerzas producidas por el viento. La demostración de este criterio se desarrolla en la parte experimental, donde los volúmenes que se analizaron son de perfiles rectos por las razones tratadas en el inciso anterior.

2.8- ASPECTOS CLIMÁTICOS

Aquí lo más importante es el análisis de Radiación, Convección y Conducción del calor al edificio, según su forma. Sabemos de antemano que intervienen las variables de superficie envolvente con relación al volumen, pero por otro lado tenemos el factor aerodinámico que influye en la transmisión y radiación del calor, por la fricción del viento en la superficie envolvente, involucrándose en este momento la convección. La inclinación de los rayos solares con respecto a la superficie por su forma, es otro factor que se analiza. Por último tenemos como repercute todo esto en los costos de equipos e instalaciones, y energéticos por diferencia de capacidad.

La demostración de este criterio se desarrolla en la parte experimental, donde los volúmenes que se analizaron son los mismos del inciso anterior.

2.9- UN ARQUETIPO

Esto tiene la finalidad de reunir los conceptos tratados de una manera sintetizada en un modelo idealizado, creando con esto por decirlo de alguna manera un macro-criterio. Con lo que tenemos hasta ahora nos acercaremos a un arquetipo.

La forma de los edificios de grandes techos y de poca altura de hoy día, será también la forma del coronamiento de estas edificaciones, ó simplemente no tendrán coronamiento. La idea de este coronamiento es que por lo general este tipo de cubiertas pesan poco y su forma está dictada por la acción de la fuerza gravitacional formando una especie de casco esférico de remate.

La base de estos edificios se ajustarán por completo a la geometría del terreno, pero siempre y cuando halla suficiente terreno se debe considerar como la mejor opción la planta circular desde su base.

El cuerpo del edificio será la proyección de su planta arquitectónica manteniendo la verticalidad y de la menor altura posible.

Y así sucesivamente hasta darnos una idea de la óptimo sin llegar a una solución en concreto. En las conclusiones se expone el arquetipo.

2.10- EL TERRENO

Proyectos como plazas comerciales, el facto terreno es muy importante. Pues según estudios realizados al respecto, dependiendo del contexto social, son recomendables aquellos edificios que ocupen sus dos primeros niveles para el comercio y el tercero para recreación. La razón es que las personas que visitan estos centros, van con una actitud de paseo y no son muy dados a subir muchas escaleras, ni a entrar en elevadores. Es por esto la recomendación de ocupar los primeros niveles para el comercio; y los restaurantes, recreo y demás ocupando los niveles superiores. Además debemos recordar que estos locales comerciales se venden ó se alquilan por metros cuadrados. Todo esto obliga a utilizar al máximo el terreno, como otros proyectos similares, y el edificio se ajusta a la geometría del terreno. Muchas veces se hace una especie de intercambio cediendo parte del terreno para lograr cierta atracción que supuestamente atraerá más clientes, con el sacrificio de deja de vender ó alquilar uno cuantos metros cuadrados, pero ya esta actitud es algo arriesgada y puede que no funcione como lo planeado.

Dejando a un lado este tipo de postura y analizando objetivamente el problema, podemos afirmar que lo primero que debemos considerar es la geometría y magnitud del terreno con relación al volumen a construir. Entendiéndose por geometría del terreno a la forma bidimensional que tiene la superficie útil ó elegida para la construcción, dentro de un solar determinado. Esta forma de superficie por lo general está dictada por la geometría del solar, por los límites impuestos por normatividades urbanas (linderos), por árboles que se quieran conservar, por analogía de la superficie útil a una figura geométrica conocida, por consideraciones del diseñador, entre otras variables.

Se ha podido demostrar que bajo la situación de poco terreno y mucho volumen lo más económico es adaptar la planta arquitectónica a la geometría y magnitud del terreno. Se ha demostrado también, ya en este trabajo, que en el caso inverso de mucho terreno y poco volumen lo más económico es que el volumen a construir sea de forma cilíndrica y de la menor altura posible. La menor altura se logra previendo el primer nivel lo más grande posible y de aquí en adelante se proyecta la planta manteniendo la verticalidad; algunas veces la posibilidad de menor altura no es la que resulta más económica y sí la posibilidad que le sigue

en el orden ascendente dado, pero para saber precisar cuál de ésta es la más económica realmente, necesitamos hacer un estudio con ayuda de los modelos explicados en la parte experimental concerniente a la envolvente y a los aspectos climáticos. Por otro lado tenemos la condición mixta, o sea suficiente terreno para suficiente volumen. El diseñador aquí define el terreno según el programa general, dejando la posibilidad de que elija la forma geométrica del terreno de construcción, en base al área calculada para dicha función. De esta forma se trata de que el área elegida sea de forma circular ó polígona regular, en segunda instancia cuadrada, y por último el rectángulo de menor relación b/h. Con todo esto obtener la planta arquitectónica de mayor tamaño posible y así sucesivamente al igual que en el caso de mucho terreno y poco volumen.

Los dos casos extremos, que no es la condición mixta, nos puso a pensar sobre la posibilidad de que resultase más económico la planta arquitectónica circular inscrita en el terreno, que la adaptación de la planta arquitectónica a la geometría y magnitud del terreno. Todo esto bajo la condición de poco terreno y mucho volumen, comparando y viendo las ventajas de cada postura. Efectivamente se confirmó lo dicho anteriormente y esto lo vemos en la parte experimental de éste trabajo, en lo referente al terreno.

2.11- LA ALTURA

La decisión de qué altura debe de tener un edificio, aparte de la normatividad urbana existente en la zona, se determina por varios factores y más bien es una resultante. No cabe la menor duda que la altura implica a la forma directamente. Por todos los criterios que hemos visto hasta ahora y por los modelos de la parte experimental de este trabajo, se confirma que la altura ideal y más económica para un edificio, es la menor posible ó la siguiente en orden ascendente.

Hay otros factores que intervienen en la determinación de la altura como son:

El sistema constructivo a emplear, puesto que hay sistemas que son muy económico cuando se refiere a edificaciones de un solo nivel, cuando de otra manera lo podríamos haber realizado en dos o tres niveles con otro sistema constructivo y más caro. Sistemas también

que resultan muy económicos para edificaciones de hasta cinco niveles, que cuando más, se tendría que utilizar otro sistema y más costoso.

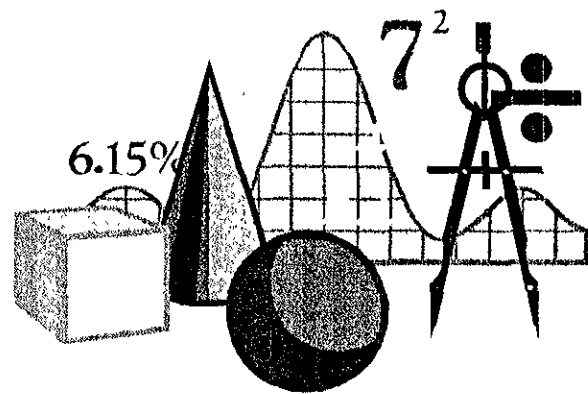
También las normatividades impuestas influyen en el costo, puesto que los edificios de 4 a 5 niveles pueden prescindir de elevadores y otros aditamentos que se exigen a edificios de mayor altura.

2.12- LA RADIALIDAD

En el futuro se espera una sociedad protectora de la ecología y aprovechadora al máximo de los recursos naturales. Arquitectos proponen ciudades para el futuro, que captan la energía solar mediante una organización radial de la ciudad persiguiendo la luz del sol. Ejemplos de esto tenemos: Ciudad solar "USONIE" de G. Alexandroff, y también el proyecto italiano de aldea solar para 500 habitantes de Conti, Gaspari y Sermont.

Es increíble como todo nos conduce a una verdad innegable, la radialidad. Y lo bueno de todo esto es que se puede crear una metodología del diseño arquitectónico basada en los criterios científicos que apenas comenzamos a palpar. Un verdadero método del diseño que nos determine la forma, y que perfectamente podríamos elaborar programas para computadoras, gracias a su objetividad. Esto sería la gran ambición a lograr y lo que una vez predijo el gran maestro de todo los tiempos, Le Corbusier, advirtiéndolo a los arquitectos lo siguiente: "Dentro de poco no tendréis nada que hacer". En su libro "Hacia una nueva Arquitectura", nos refirió también de una estética técnica inspirada en las leyes de la economía y la geometría para lograr el ordenamiento y la armonía de las formas.

EXPERIMENTACIÓN

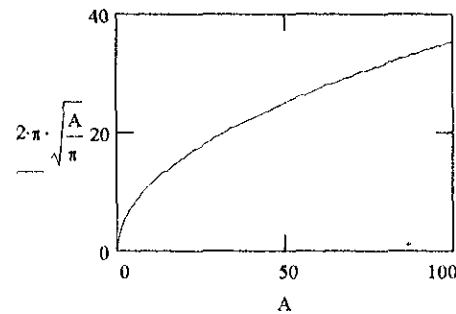


3- EXPERIMENTACIÓN

3.1- LA ENVOLVENTE

Tenemos que para una circunferencia: ($P = 2 \cdot 3.14 \cdot \text{radio}$), y ($A = 3.14 \cdot \text{radio}^2$). Luego despejando el radio en Área, y sustituyendo en Perímetro; tenemos:

$$A = 0..100$$



Con este comportamiento que se refleja en la gráfica podemos deducir lo siguiente:

Mientras más grande sea el área a considerar, menor será su perímetro con relación a dicha área. Esto se aplica también, a volumen con relación a superficie.

Luego mientras mayor sea la magnitud de un proyecto, más económico resultará, puesto que su relación volumen-superficie será mayor. Por ejemplo, es más económico resolver un proyecto en un sólo edificio grande que fragmentándolo en tres ó más edificios pequeños.

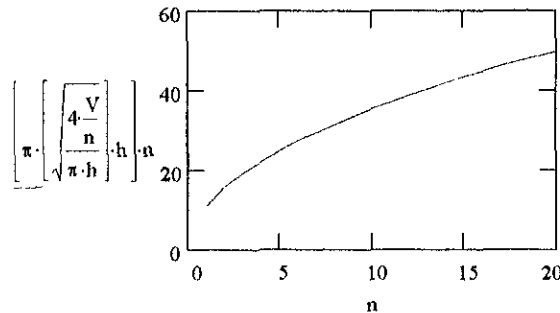
"FRACCIONAMIENTOS Y LA ENVOLVENTE"

Para continuar con nuestro análisis vamos a crear tres modelos donde se apreciará que tanto aumenta la envolvente total de un proyecto (no incluye techo), según vayamos fraccionando el volumen a construir. En el primero vamos a considerar la altura como una constante, pues como bien sabemos en muchas ocasiones queremos decidir cuanto departamentos, módulos, etc..., queremos por entrepiso; ó también decidir cuantas unidades, edificios, etc..., queremos manteniendo la misma altura, ya sea por normatividad ó por razones técnicas.

El modelo a continuación es una relación de Superficie total de envolvente en función del número de fragmentaciones a lo que ha sido sometido un volumen. Altura constante.

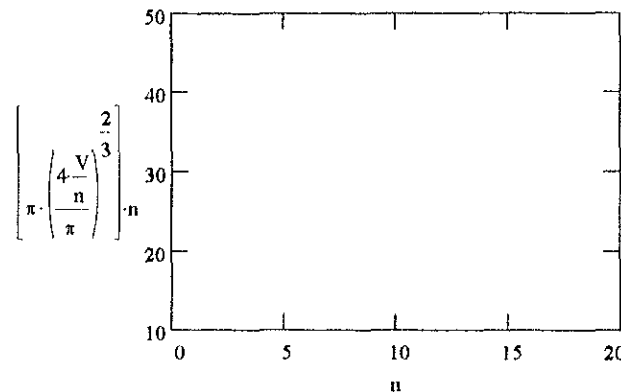
Para la determinación de la fórmula partimos del volumen del cilindro y relacionamos con la fórmula de obtención de su superficie curva-envolvente. La variable n , es el número de fraccionamiento.

$h = 1$ altura constante $n = 1 .. 20$ números de fraccionamientos $V = 10$ volumen a construir



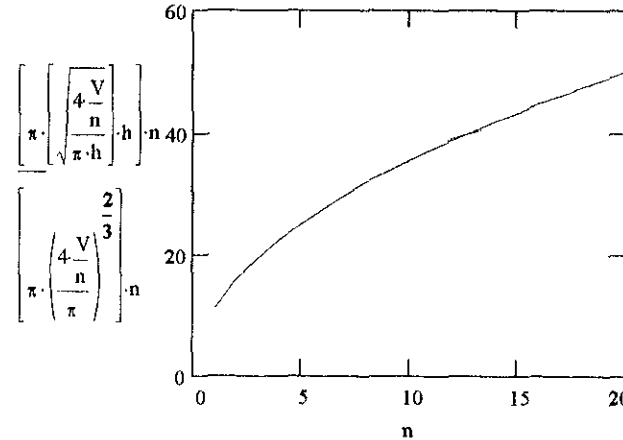
Por lo que vemos en el gráfico, podemos deducir que los primeros fraccionamientos son los que más adolecen de un aumento considerable en la superficie total de la envoltente, y paradójicamente el arquitecto tiende a tomar este tipo de decisiones de fraccionamiento en el rango que estamos manejando.

El modelo siguiente es una relación de Superficie total de envoltente en función del número de fragmentaciones a lo que ha sido sometido un volumen. Altura = diámetro, para mantener cuerpos compactos, según vayan fraccionándose. Para la determinación de la fórmula partimos del volumen del cilindro y relacionamos con la fórmula de obtención de su superficie curva-envolvente. La variable n , es el número de fraccionamiento.



Al igual que en el caso anterior los primeros fraccionamientos son los más críticos, para la superficie de envoltente.

Comparamos los dos comportamientos para fines de apreciación, mediante el siguiente gráfico.



Línea continua cuando la altura es una constante = 1

Línea discontinua cuando la altura es igual al diámetro.

Como podemos ver hay un punto de intersección que puede variar en función de la (altura constante) que se eligió para el primer modelo.

$$\left[\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h} \right) \cdot h \right] \cdot 1 = 11.21$$

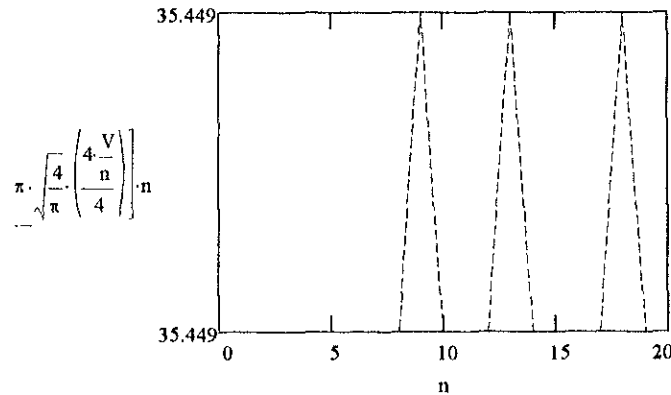
Superficie en metros cuadrados de la envolvente del volumen a construir sin fraccionar. Altura constante = 1.

$$\left[\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot 1 = 17.13$$

En esta relación se consideró la altura igual al diámetro, para así obtener constantemente cilindros compactos. El resultado de 17.13 metros cuadrados de superficie, corresponde al volumen que hemos estado considerando y sin fraccionar. Como ven la diferencia en este caso que se expone, es considerable, y la mejor opción es el cilindro de poca altura y mucho diámetro.

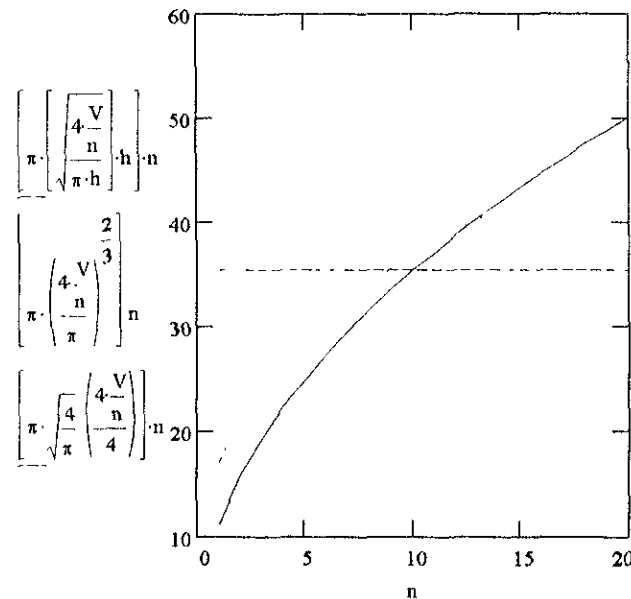
Este último modelo es una relación de Superficie total de envolvente en función del número de fragmentaciones a lo que ha sido sometido un volumen. El diámetro es una constante = 1.128 (1m² de área).

Para la determinación de la fórmula partimos del volumen del cilindro y relacionamos con la fórmula de obtención de su superficie curva-envolvente. La variable n, es el número de fraccionamiento.



Realmente esta línea es recta y es una constante la superficie, independientemente de la cantidad de fraccionamientos.

Es bueno aclarar que hemos estado fraccionando un cilindro de diferentes maneras, pero igualmente éste análisis pudiese haberse realizado con otra forma geométrica. Comparamos los tres comportamientos para fines de apreciación, mediante el siguiente gráfico.



Línea continua cuando la altura es una constante = 1
Línea discontinua (trazos cortos), cuando la altura es igual al diámetro.
Línea discontinua (trazos largos), cuando el diámetro es una constante = 1.128.
Hay que señalar que aparentemente la mejor opción es al principio del primer modelo, pero muchas veces esto es irreal en arquitectura, puesto que en esta situación quizás no podríamos resolver adecuadamente la ventilación e iluminación. Cuando tenemos mucho fraccionamiento a fuerza, pensaríamos al final del tercer modelo, pero puede también que se dé una condición irreal.

Como vemos la magnitud ó escala de un proyecto es un factor determinante de la forma arquitectónica. Pues te inclina a proyectar un todo grande, en vez de muchas partes pequeñas y fragmentadas. Lo importante aquí no es como fragmentar, sino evitar la fragmentación. De estos modelos se pueden concluir muchos criterios; también se puede estimar el porcentaje de incremento de costos en superficie de envolvente de un proyecto, producto de las malas decisiones del proyectista. Haciendo ver lo importante que son las decisiones concerniente a la forma arquitectónica.

Comenzaremos haciendo las relaciones entre las superficie envolvente total a 20 fraccionamientos y las superficie envolvente sin fraccionamiento. Está claro que en la realidad pueden darse fraccionamientos menor ó mayor de 20, también no necesariamente siguiendo rigurosamente uno de los tres modelos explicados, sino combinaciones de estos. Por esto último se realizará un promedio.

$$\frac{\left[\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot \frac{V}{20}}{\pi \cdot h} \right) \cdot h \right] \cdot 20}{\left[\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot \frac{V}{1}}{\pi \cdot h} \right) \cdot h \right] \cdot 1} = 4.472$$

Para el primer modelo

$$\frac{\left[\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot \frac{V}{20}}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot 20}{\left[\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot \frac{V}{1}}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot 1} = 2.714$$

Para el segundo modelo

$$\frac{\left[\pi \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi}} \left(\frac{4 \cdot \frac{V}{20}}{4} \right) \right] \cdot 20}{\left[\pi \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi}} \left(\frac{4 \cdot \frac{V}{1}}{4} \right) \right] \cdot 1} = 1$$

Para el tercer modelo

Promedio:

$$\frac{4.472 + 2.714 + 1}{3} = 2.729$$

Relación paredes ext.-int.:

$$\frac{150}{45} = 3.333$$

Esto podría ser el factor por el cual podemos multiplicar la superficie de envolvente de un volumen sin fraccionar, para tener un estimado de cuánto podría incrementarse los costos por envolvente si tomáramos la decisión de fragmentar, (más o menos). Pero no; hay un fenómeno que ocurre en los edificios cada vez que fragmentamos, y es que el 50% de la superficie de envolvente que se incrementa a la ya existente, no son más que paredes de interior que pasaron a ser de exterior. Por esto, a

esta parte de superficie de envolvente hay que afectarla por un factor que considere la diferencia en costo entre paredes interiores y paredes exteriores.

En esta relación se consideró \$150 pesos metro cuadrado pared exterior y \$45 pesos metro cuadrado pared interior. Obviamente esta relación puede variar más o menos dependiendo del tipo de proyecto. Consideramos ésta por ser de término medio.

$$\frac{100}{3.3333} = 30$$

Porcentaje del costo
pared interior con relación
al costo pared exterior.

$$100 - 30 = 70$$

$$\frac{70}{100} = 0.7$$

Porcentaje de pared exterior a
considerar, afectada por el fenómeno.

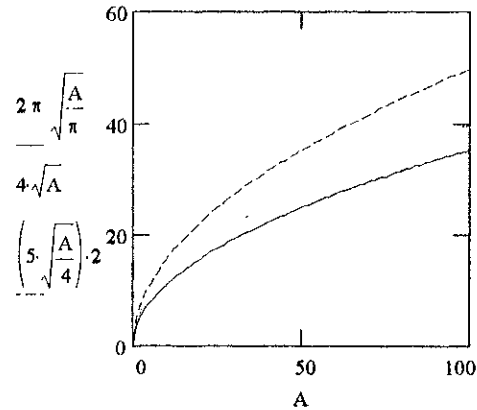
Factor por el cuál se multiplicará al
50% de la superficie de envolvente
incrementada por fraccionamiento.

$$\left[\left[\left(\frac{4.472 + 2.714 + 1}{3} \right) - 1 \right] \cdot 0.7 \right] + \left[\left(\frac{4.472 + 2.714 + 1}{3} \right) - 1 \right] + 1 = 2.469 \quad \text{FACTOR REAL}$$

POR FRACCIONAMIENTO LOS COSTOS DE LA ENVOLVENTE DE UN PROYECTO PUEDEN INCREMENTARSE EN UN 146.9%, MÁS O MENOS.

"LA GEOMETRÍA DE LA PLANTA ARQUITECTÓNICA Y LA ENVOLVENTE"

Tenemos que para una circunferencia: $(P = 2 \cdot 3.14 \cdot \text{radio})$, y $(A = 3.14 \cdot \text{radio}^2)$. Luego despejando el radio en Área, y sustituyendo en Perímetro obtenemos una expresión. Así de manera similar se hizo con el cuadrado y con un rectángulo de relación $(b/h) = (4/1)$. El objeto de este análisis es considerar el incremento de superficie envolvente por la geometría de la planta arquitectónica. Obviamente para ser la comparación se consideró el área de las figuras iguales. Se optó por dicha relación en el rectángulo, porque se cumple bastante en la realidad arquitectónica. También no es ésta la peor condición que pueda existir, puesto que la planta en forma de triángulo es peor aún.



Línea continua para la circunferencia.
Línea discontinua (trazos cortos), para el cuadrado.
Línea discontinua (trazos largos), para el rectángulo.
Como se puede apreciar hay una relación que se mantiene independientemente del tamaño de la planta arquitectónica a considerar, y es la relación entre perímetros de las diferentes formas geométricas. A continuación obtendremos dichas relaciones.

$$\frac{4 \cdot \sqrt{50}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{50}{\sqrt{\pi}}} = 1.128 \quad \frac{4 \cdot \sqrt{100}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{100}{\sqrt{\pi}}} = 1.128$$

Relación de perímetros del cuadrado y el círculo.
Hay un 12.8% de incremento en la superficie envolvente, independientemente del tamaño.

$$\frac{\left(5 \cdot \sqrt{\frac{50}{4}}\right) \cdot 2}{4 \cdot \sqrt{50}} = 1.25 \quad \frac{\left(5 \cdot \sqrt{\frac{100}{4}}\right) \cdot 2}{4 \cdot \sqrt{100}} = 1.25$$

Relación de perímetros del rectángulo y el cuadrado.
Hay un 25% de incremento en la superficie envolvente, independientemente del tamaño.

$$\frac{\left(5 \cdot \sqrt{\frac{50}{4}}\right) \cdot 2}{2 \cdot \pi \cdot \frac{50}{\sqrt{\pi}}} = 1.41 \quad \frac{\left(5 \cdot \sqrt{\frac{100}{4}}\right) \cdot 2}{2 \cdot \pi \cdot \frac{100}{\sqrt{\pi}}} = 1.41$$

Relación de perímetros del rectángulo y el círculo.
Hay un 41% de incremento en la superficie envolvente, independientemente del tamaño.

Vamos a tomar ésta última relación, y al igual como pasó en el análisis por fraccionamiento, vamos a considerar el fenómeno de sustitución de paredes interiores por paredes exteriores. Este hecho sucede de manera similar y afecta al 50% de la superficie incrementada.

$$\left[\left[\frac{(1.41) - 1}{2} \right] \cdot 0.7 \right] + \frac{(1.41) - 1}{2} + 1 = 1.349 \quad \text{FACTOR REAL}$$

POR GEOMETRÍA EN PLANTA LOS COSTOS DE LA ENVOLVENTE DE UN PROYECTO PUEDEN INCREMENTARSE EN UN 34.9%, MÁS O MENOS.

"RELIEVE Y LA ENVOLVENTE"

Bien sabemos que los edificios tienen entradas y salientes, ya sea por los balcones, jerarquía de un volumen, por una planta arquitectónica ramificada, etc...; considerar en % el incremento de superficie de envolvente en función de estas variables no sería lo suficientemente objetivo de establecer. Más bien enunciarnos aquí, que el "relieve" es una variable que también afecta al costo de la superficie envolvente, incrementándolo según las irregularidades del volumen. Es obvio que el edificio sin ramificar, sin entradas y salientes, es el más económico, no sólo por superficie envolvente sino por otros factores como estructurales y constructivos.

"LA FORMA Y LA ENVOLVENTE"

Esta es la parte final correspondiente al análisis de costo de superficie de envolvente. Como habíamos mencionado anteriormente lo que se persigue en parte es saber en tanto por ciento, lo que podría incrementarse los costos por superficie de envolvente en un proyecto arquitectónico, si no se tomaban las decisiones correctas en cuanto a la forma.

$$146.9 + 34.9 = 181.8$$

Sumando el porcentaje por fraccionamiento y el porcentaje por geometría de la planta arquitectónica, tenemos un incremento de 181.8% (más o menos) en los costos de superficie de envolvente. Como ven es más del doble y casi el triple, pudiendo ser más ó menos. Si a esto le adicionamos la variable "relieve" es aún más.

“ESTIMACIÓN DE COSTOS POR LA ENVOLVENTE”

El costo de la piel de un edificio oscila entre un 25% a un 35% del costo total de la obra. Puede ser más ó puede ser menos de dicho rango, dependiendo del tipo de envolvente y tipo de acabado en el interior. Podemos tomar un 30% como un medio aproximado. Por las malas decisiones formales de un proyectista el costo por envolvente en un edificio puede incrementarse en un 181.8% más o menos, entonces considerando todo lo anterior expuesto podemos concluir que el costo de una obra puede incrementarse en un 54.54% más o menos. Dejando a un lado los fraccionamientos y considerando la forma de la planta arquitectónica, tenemos un incremento en el costo total de la obra de un 10.47% más o menos; con más probabilidades de que sean mayores los porcentajes a que sean menores.

3.2- ASPECTOS CLIMÁTICOS

"TRANSMISIÓN DEL CALOR"

En la transmisión del calor (conducción), vamos a considerar toda la superficie de los volúmenes que se analizarán, puesto que en la transmisión el volumen gana ó pierde calor por toda ella. Si observamos la fórmula tenemos: Calor total = $U \cdot A \cdot (T_{\text{ext}} - T_{\text{int}})$, donde U = Coeficiente de Transmisión, A = área a considerar, y $(T_{\text{ext}} - T_{\text{int}})$ = Diferencia de Temperaturas. Ésta última variable es una constante para todas las superficies a considerar en un volumen, con una ubicación y duración de actividad dada. El coeficiente de transmisión es relativo al material de la superficie, pero involucra otras variables como la convección.

Primero vamos a analizar como afecta la convección (Factor Vectorial Exterior), al Coeficiente de Transmisión, por tipo de superficie ya sea curva ó plana. Curva cuando el volumen sea un cilindro, plana cuando el volumen sea un paralelepípedo. En este análisis a continuación se considerará en el caso del volumen cilíndrico una velocidad del viento, como el inmediato inferior a la velocidad considerada en el paralelepípedo. Todo esto debido a la menor fricción del viento en la superficie curva, con respecto a la plana. Como ven no se obtendrán resultados precisos por la poca objetividad en el planteamiento, pero ésta variable de convección afecta muy poco en los resultados que obtendremos al final de todo el análisis de Transmisión del Calor. El F.V.E. se considera a partir de los 18 metros de altura en adelante.

Siguiendo con la convección tenemos: Vel. del viento = 12 km/h ó menos el coef. de convección = 23.3 unidades, para una Vel = 18 km/h ó menos el coef. = 29.1 Uds., y para una Vel = 24 km/h ó menos el coef. = 34.9 Uds.; si tenemos que la superficie envolvente es de tabique de 15 cm. de espesor, considerando aplanados de cemento y yeso, exterior-interior respectivamente, tenemos:

$$U1 = \frac{1}{\frac{1}{34.9} + \frac{1}{9.3} + \frac{0.03}{0.87} + \frac{0.12}{0.87} + \frac{0.02}{0.70}}$$

$U1 = 2.966$ Uds. para una Vel. del viento = 24 km/h ó menos.

$$U_2 = \frac{1}{\frac{1}{29.1} + \frac{1}{9.3} + \frac{0.03}{0.87} + \frac{0.12}{0.87} + \frac{0.02}{0.70}}$$

$U_2 = 2.917$ Uds. para una Vel. del viento = 18 km/h ó menos.

$$U_3 = \frac{1}{\frac{1}{23.3} + \frac{1}{9.3} + \frac{0.03}{0.87} + \frac{0.12}{0.87} + \frac{0.02}{0.70}}$$

$U_3 = 2.846$ Uds. para una Vel. del viento = 12 km/h ó menos.

En el caso que analizamos un cilindro y un paralelepípedo, tomaríamos por ejemplo para el paralelepípedo la Vel. del viento = 24 km/h, y nos resulta un $U = 2.966$ Uds. para la superficie envolvente en cuestión, y para el cilindro tomaríamos un $U = 2.917$ Uds., para considerar menor fricción, que es el inmediato inferior, correspondiente a una Vel. del viento de 18 km/h ó menos. Y así sucesivamente, aumentando esta diferencia según tomemos velocidades menores como 18 km/h y 12 km/h, respectivamente. Pero cuando tenemos superficies con mayor capacidad de aislamiento, ésta diferencia disminuye; por todo esto podríamos considerar tomar esta diferencia como un medio aproximado.

Como ven la diferencia que tenemos es imperceptible, y es de un 5% de incremento aproximadamente de energía calorífera transmitida por la superficie de envolvente, entre el cilindro y el paralelepípedo. Considerando que la transmisión de calor por la envolvente del edificio oscila entre el 65% al 95% del calor total por transmisión, vamos a suponer un 80% como medio aproximado.

$$80 \cdot 0.05 = 4$$

Podemos concluir entonces que hay un incremento del 4% de energía calorífera transmitida más o menos, entre el cilindro y el paralelepípedo con igual cantidad y tipo de superficie de envolvente.

Siguiendo con el análisis vamos hacer una relación entre los diferentes U ; de superficie envolvente, de techo y piso. Los coeficientes de transmisión del piso y techo son mucho menores que el de la superficie de envolvente; tenemos para pisos directo en tierra un $U =$

0.28 Uds. y para una azotea normal considerando plafón tenemos un $U = 0.92$ Uds., considerando el área de piso igual al área de techo podemos sumar estos dos coeficientes para poderlo aplicar a una sola área de éstas. Luego tenemos un $U = 1.2$ Uds., y esto lo relacionamos con el coeficiente de superficie de envolvente, que no es más que el promedio resultante del coeficiente de un cristal simple de seis milímetros de espesor y el coeficiente de una pared exterior de tabique de 15 cm. de espesor, más aislante. Como ven se tomaron dos puntos extremos, pero aún así guarda cierta incertidumbre, puesto que hay edificios que están completamente cubiertos de cristal y otros que por el contrario tienen poco cristal y mucha piel aislante. Para el cristal tenemos un $U = 6.4$ Uds., y para la pared un $U = 2.0$ Uds., y el promedio nos dio un $U = 4.2$ Uds.

$$\frac{4.2}{1.2} = 3.5$$

Relacionando el coeficiente de superficie envolvente con el coeficiente techo-piso. Luego por este factor 3.5 vamos a dividir el área techo-piso, para que esté todo en función del coeficiente de la superficie de envolvente.

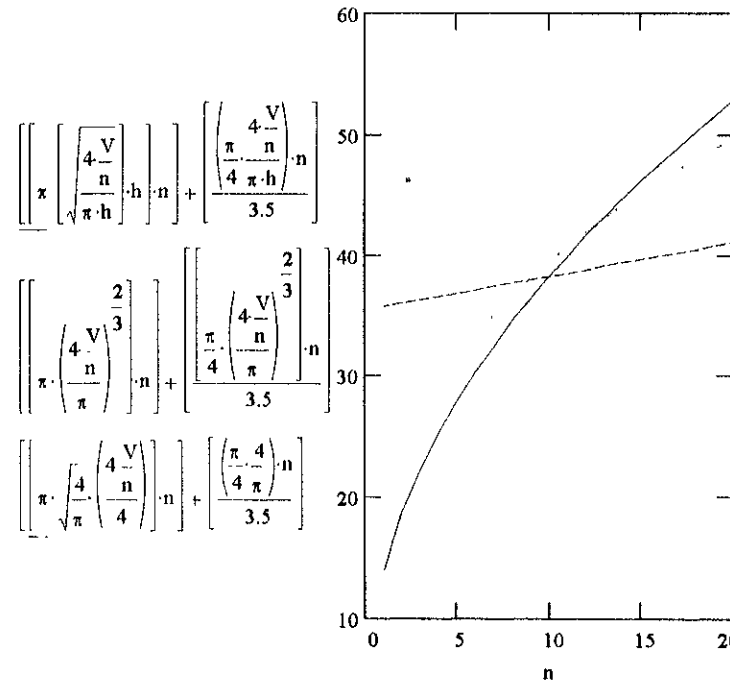
"FRACCIONAMIENTOS Y LA TRANSMISIÓN DEL CALOR"

Los modelos a continuación son una relación de Superficie total a transmisión del calor en función del número de fragmentaciones a lo que ha sido sometido un volumen. Para el primer modelo se considera la altura como una constante, para el segundo la altura = diámetro, para mantener así cuerpos compactos según vayan fraccionándose, y en el tercero el diámetro es una constante = 1.128 (1m^2 de área).

Para la determinación de la fórmula partimos del volumen del cilindro y relacionamos con la fórmula de obtención de su superficie curva-envolvente, además sumamos el área correspondiente a techo-piso afectada por el factor. La variable n , es el número de fraccionamiento.

En todo esto estamos considerando lo mismo que se consideró para el análisis de la superficie de envolvente.

Comparamos los tres comportamientos de estos modelos para fines de apreciación, mediante el gráfico siguiente.



Línea continua cuando la altura es una constante = 1

Línea discontinua (trazos cortos), cuando la altura es igual al diámetro.

Línea discontinua (trazos largos), cuando el diámetro es una constante = 1.128.

Aparentemente era de esperarse que al principio del segundo modelo fuese el ideal, puesto que el volumen compacto es el que tiene menor superficie. No sucede así por la participación del factor 3.5 que considera la relación de los coeficientes de transmisión de las diferentes superficies del volumen.

Vamos hacer las relaciones entre las superficies a 20 fraccionamiento y las superficies sin fraccionamiento. Está claro que en la realidad pueden darse fraccionamientos menor ó mayor de 20, también no necesariamente siguiendo rigurosamente uno de los tres modelos explicados, sino combinaciones de estos. Por esto último se realizará un promedio.

$$\left[\left[\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h} \right) \cdot h \cdot 20 \right] + \left[\frac{\left(\frac{\pi \cdot 4 \cdot V}{4 \cdot \pi \cdot h} \right) \cdot 20}{3.5} \right] \right] = 3.767$$

$$\left[\left[\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot 20 \right] + \left[\frac{\left[\frac{\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{20} \right)^{\frac{2}{3}}}{4} \right] \cdot 20}{3.5} \right] = 2.714$$

$$\left[\left[\pi \cdot \sqrt[4]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} \cdot \frac{4}{4} \right] \cdot 20 \right] + \left[\frac{\left(\frac{\pi \cdot 4}{4 \cdot \pi} \right) \cdot 20}{3.5} \right] = 1.152$$

$$\left[\left[\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h} \right) \cdot h \cdot 1 \right] + \left[\frac{\left(\frac{\pi \cdot 4 \cdot V}{4 \cdot \pi \cdot h} \right) \cdot 1}{3.5} \right] \right]$$

$$\left[\left[\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot 1 \right] + \left[\frac{\left(\frac{\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{1} \right)^{\frac{2}{3}}}{4} \right) \cdot 1}{3.5} \right]$$

$$\left[\left[\pi \cdot \sqrt[4]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} \cdot \frac{4}{4} \right] \cdot 1 \right] + \left[\frac{\left(\frac{\pi \cdot 4}{4 \cdot \pi} \right) \cdot 1}{3.5} \right]$$

Para el primer modelo

Para el segundo modelo

Para el tercer modelo

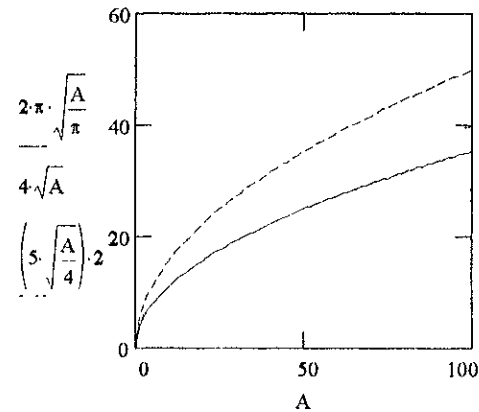
Promedio:

$$\frac{3.767 + 2.714 + 1.152}{3} = 2.544$$

POR FRACCIONAMIENTO DE UN PROYECTO, CON UNA UBICACIÓN Y TIPO DE SUPERFICIE DADA, LA ENERGÍA CALORÍFERA TRANSMITIDA PUEDE INCREMENTARSE EN UN 154.4%, MÁS O MENOS.

"LA GEOMETRÍA DE LA PLANTA ARQUITECTÓNICA Y LA TRANSMISIÓN DEL CALOR"

Tenemos que para una circunferencia: ($P = 2 \cdot 3.14 \cdot \text{radio}$), y ($A = 3.14 \cdot \text{radio}^2$). Luego despejando el radio en Área, y sustituyendo en Perímetro obtenemos una expresión. Así de manera similar se hizo con el cuadrado y con un rectángulo de relación ($b/h = (4/1)$). El objeto de este análisis es considerar el incremento de superficie envolvente por la geometría de la planta arquitectónica, influyendo esto en la transmisión del calor directamente. Obviamente para ser la comparación se consideró el área de las figuras iguales. Se optó por dicha relación en el rectángulo, porque se cumple bastante en la realidad arquitectónica. También no es ésta la peor condición que pueda existir, puesto que la planta en forma de triángulo es peor aún.



Línea continua para la circunferencia.
Línea discontinua (trazos cortos), para el cuadrado.
Línea discontinua (trazos largos), para el rectángulo.
Como se puede apreciar hay una relación que se mantiene independientemente del tamaño de la planta arquitectónica a considerar, y es la relación entre perímetros de las diferentes formas geométricas.

$$\frac{\left(5 \cdot \sqrt{\frac{50}{4}}\right) \cdot 2}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{50}{\pi}}} = 1.41 \qquad \frac{\left(5 \cdot \sqrt{\frac{100}{4}}\right) \cdot 2}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{100}{\pi}}} = 1.41$$

Relación de perímetros del rectángulo y el círculo.
Hay un 41% de incremento en la superficie envolvente, independientemente del tamaño.

Considerando que la transmisión de calor por la envolvente del edificio oscila entre el 65% al 95% del calor total por transmisión, vamos a suponer un 80% como medio aproximado.

$$80 \cdot 0.41 = 32.8$$

POR LA GEOMETRÍA EN PLANTA DE UN PROYECTO, CON UNA UBICACIÓN Y TIPO DE SUPERFICIE DADA, LA ENERGÍA CALORÍFERA TRANSMITIDA PUEDE INCREMENTARSE EN UN 32.8%, MÁS O MENOS.

"RELIEVE Y LA TRANSMISIÓN DEL CALOR"

Bien sabemos que los edificios tienen entradas y salientes, ya sea por los balcones, jerarquía de un volumen, una planta arquitectónica ramificada, etc...; considerar en % el incremento de superficie de envolvente, y por ende el incremento de energía calorífera en función de estas variables no sería lo suficientemente objetivo de establecer. Más bien enunciamos aquí, que el "relieve" es una variable que también afecta a la superficie envolvente, incrementándola según las irregularidades del volumen y por ende también aumenta la cantidad de energía calorífera transmitida. Es obvio que el edificio sin ramificar, sin entradas y salientes, es el más económico; no sólo por superficie envolvente y menor transmisión de energía calorífera, sino por otros factores como estructurales y constructivos.

"LA FORMA Y LA TRANSMISIÓN DEL CALOR"

Esta es la parte final correspondiente al análisis de transmisión del calor. Como habíamos mencionado anteriormente lo que se persigue en parte, es saber en tanto por ciento, lo que podría incrementarse la energía calorífera transmitida a un proyecto arquitectónico, si no se tomaban las decisiones correctas en cuanto a la forma. **Es bueno aclarar ahora que este porcentaje también lo es de incremento de pérdida de calor en el caso de edificios ubicados en climas fríos, y se esté analizando la posibilidad de calefacción.** O sea que se aplica para ambos casos el porcentaje, y la forma ideal arquitectónica es la misma también.

$$154.4 + 32.8 + 4 = 191.2$$

Sumando el porcentaje por fraccionamiento, el porcentaje por geometría de la planta arquitectónica y el porcentaje por forma de la superficie, tenemos un incremento de 191.2% (más o menos) de energía calorífera transmitida, en un proyecto con una ubicación y tipo de superficie dada. Como ven es más del doble y casi el triple, pudiendo ser más ó menos. Si a esto le adicionamos la variable "relieve" es aún más.

"RADIACIÓN DEL CALOR"

En el calor producido por radiación, vamos a considerar en los volúmenes que se analizarán toda la superficie iluminada directamente por el sol. Primero vamos analizar como afecta la convección (Factor Vectorial Exterior) a los resultados, por tipo de superficie ya sea curva ó plana. Curva cuando el volumen sea un cilindro, plana cuando el volumen sea un paralelepípedo. En este análisis a continuación se considerará en el caso del volumen cilíndrico una velocidad del viento, como el inmediato inferior a la velocidad considerada en el paralelepípedo. Todo esto debido a la menor fricción del viento en la superficie curva, con respecto a la plana. Como ven no se obtendrán resultados precisos por la poca objetividad en el planteamiento. También a diferencia del caso de la transmisión del calor, veremos en la radiación un comportamiento inverso. Recordando, F.V.E. sólo a los 18 m. en adelante.

Siguiendo con la convección tenemos: Vel. del viento = 12 km/h ó menos el coef. de convección = 23.3 Uds., para una Vel = 18 km/h ó menos el coef. = 29.1 Uds., y para una Vel = 24 km/h ó menos el coef. = 34.9 Uds.; si tenemos que la superficie envolvente es de tabique de 15 cm. de espesor, considerando aplanados de cemento y yeso, exterior-interior respectivamente, tenemos: 930 watt, radiación en México, D.F.

$$\alpha = 7 \quad \text{declinación} \quad \text{az} = 19 \quad \text{azimut} \quad \beta = \arccos(\cos(\alpha \cdot \text{deg}) \cdot \cos(\text{az} \cdot \text{deg})) \quad \beta = 20.204 \cdot \text{deg}$$

$$U1 = 2.966$$

Para una Vel. del viento = 24 km/h ó menos.

$$S1 = 930 \cdot \sin(\alpha \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos(\beta) \cdot 90 \cdot \frac{U1}{34.9} \cdot 0.6 \quad S1 = 1.986 \cdot 10^3$$

$$U2 = 2.917$$

Para una Vel. del viento = 18 km/h ó menos.

$$S2 = 930 \cdot \sin(\alpha \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos(\beta) \cdot 90 \cdot \frac{U2}{29.1} \cdot 0.6 \quad S2 = 2.342 \cdot 10^3$$

$$U3 = 2.846$$

Para una Vel. del viento = 12 km/h ó menos.

$$S3 = 930 \cdot \sin(\alpha \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos(\beta) \cdot 90 \cdot \frac{U3}{23.3} \cdot 0.6 \quad S3 = 2.854 \cdot 10^3$$

En el caso que analizamos un cilindro y un paralelepípedo, tomaríamos por ejemplo para el paralelepípedo la Vel. del viento = 18 km/h, y nos resulta un $S = 2,342$ w para la superficie envolvente en cuestión, y para el cilindro tomaríamos un $S = 2,854$ w, para considerar menor fricción, que es el inmediato inferior, correspondiente a una Vel. del viento de 12 km/h ó menos. Y así sucesivamente, disminuyendo esta diferencia según tomemos velocidades mayores como 24 km/h y 18 km/h, respectivamente. Pero cuando analizamos los techos, por la estructura de su fórmula, ésta diferencia aumenta; por todo esto podríamos considerar tomar esta diferencia como un medio aproximado.

$$\frac{S3 \cdot 100}{S2} = 121.853$$

Caso 1

$$\frac{S2 \cdot 100}{S3} = 82.066$$

Caso 2

Como ven la diferencia que tenemos es de un 22% de incremento aproximadamente de energía calorífica por radiación en la superficie de envolvente, entre el cilindro y el paralelepípedo. Esto es una ventaja del cilindro en Lugares fríos, pero una desventaja para éste en Lugares calientes. Probablemente sea esto lo único que no apoye lo concerniente a la no contradicción de criterios, puesto que hasta ahora todo apuntaba hacia el cilindro bajo cualquier circunstancia. También se deduce que hay una disminución de un 18% aproximadamente de energía calorífica por radiación en la superficie de envolvente, en la utilización del paralelepípedo en vez del cilindro, observándolo desde el punto de vista de zonas calientes. Considerando que la radiación del calor por la envolvente del edificio oscila entre el 65% al 95% del calor total por radiación, vamos a suponer un 80% como medio aproximado.

$$80 \cdot 0.18 = 14.4$$

Podemos concluir entonces que hay una disminución del 14.4% de energía calorífica radiada más o menos, entre el cilindro y el paralelepípedo con igual cantidad y tipo de superficie de envolvente. (Este valor se tomará negativo)

Siguiendo con el análisis vamos hacer una relación entre las diferentes superficies, de envolvente y de techo. Los coeficientes de transmisión del techo son mucho menores que el de la superficie de envolvente. También vamos a considerar los rayos solares completamente

perpendiculares a las superficies en cuestión. Tenemos para una azotea normal considerando plafón un $U = 0.92$ Uds., resolvemos y el resultado de esto lo relacionamos con el resultado de superficie de envolvente, que no es más que el promedio del resultado de un cristal simple de seis milímetros de espesor y el resultado de una pared exterior de tabique de 15 cm. de espesor, más aislante. Como ven se tomaron dos puntos extremos, pero aún así guarda cierta incertidumbre, puesto que hay edificios que están completamente cubiertos de cristal y otros que por el contrario tienen poco cristal y mucha piel aislante. Dichas relaciones se harán con los resultados en watt de las fórmulas siguientes:

$$\beta_p = \arccos(\cos(1 \cdot \text{deg}) \cdot \cos(0 \cdot \text{deg}))$$

$$\beta_p = 1 \cdot \text{deg}$$

$$S_m = 930 \cdot \sin(1 \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos(\beta_p) \cdot 90 \cdot \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$$

$$S_m = 895 \cdot 157$$

Resultado de 90 m2 de muro.

$$S_c = 930 \cdot \sin(1 \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos(\beta_p) \cdot 90 \cdot 0.94$$

$$S_c = 2.041 \cdot 10^4$$

Resultado de 90 m2 de cristal.

$$S = \frac{S_m + S_c}{2}$$

$$S = 1.065 \cdot 10^4$$

Resultado promedio.

$$S_t = 930 \cdot \sin(90 \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot 90 \cdot \frac{0.92}{29.1} \cdot 0.6$$

$$S_t = 1.588 \cdot 10^3$$

Resultado de 90 m2 de techo.

$$\frac{S}{S_t} = 6.708$$

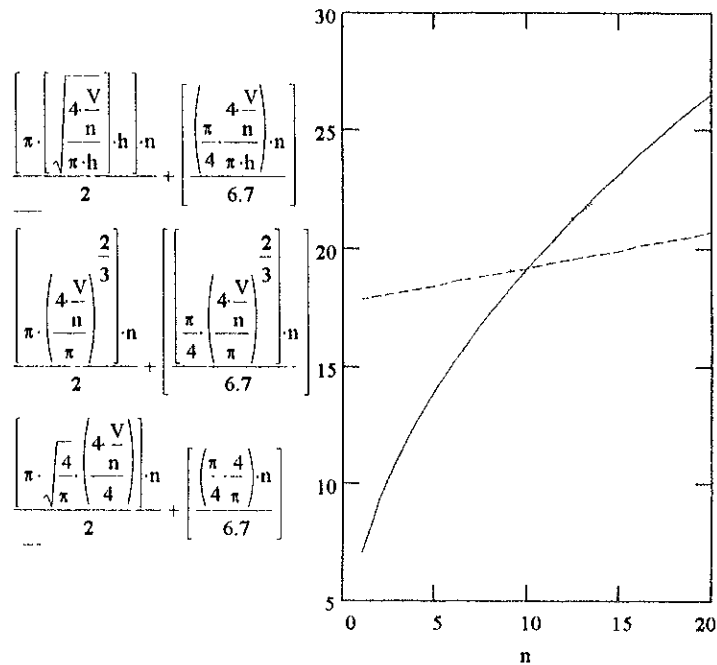
Relacionando el resultado de superficie envolvente con el resultado de techo.

Luego por este factor 6.7 vamos a dividir el área de techo, para que esté todo en función de la superficie de envolvente.

"FRACCIONAMIENTOS Y RADIACIÓN DEL CALOR"

Los modelos a continuación son una relación de Superficie total expuesta a radiación y por ende el calor generado por ello, en función del número de fragmentaciones a lo que ha sido sometido un volumen. Para el primer modelo se considera la altura como una constante, para el segundo la altura = diámetro, para mantener así cuerpos compactos según vayan fraccionándose, y en el tercero el diámetro es una constante = 1.128 (1m² de área).

Para la determinación de la fórmula partimos del volumen del cilindro y relacionamos con la fórmula de obtención de su superficie curva-envolvente, además sumamos el área correspondiente al techo afectada por el factor. La variable n , es el número de fraccionamiento. En todo esto estamos considerando lo mismo que se consideró para el análisis de la superficie de envolvente. Comparamos los tres comportamientos de estos modelos para fines de apreciación, mediante el siguiente gráfico.



Línea continua cuando la altura es una constante = 1

Línea discontinua (trazos cortos), cuando la altura es igual al diámetro.

Línea discontinua (trazos largos), cuando el diámetro es una constante = 1.128.

Aparentemente era de esperarse que al principio del segundo modelo fuese el ideal, puesto que el volumen compacto es el que tiene menor superficie. No sucede así por la participación del factor 6.7 que considera la relación de los coeficientes de transmisión, que también inciden en la radiación del calor de las diferentes superficies del volumen.

Vamos hacer las relaciones entre las superficies a 20 fraccionamiento y las superficies sin fraccionamiento. Está claro que en la realidad pueden darse fraccionamientos menor ó mayor de 20, también no necesariamente siguiendo rigurosamente uno de los tres modelos explicados, sino combinaciones de estos. Por esto último se realizará un promedio.

$$\frac{\left[\frac{\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h} \right) \cdot h \cdot 20}{2} + \frac{\left(\frac{\pi \cdot \frac{4 \cdot V}{20}}{4 \cdot \pi \cdot h} \right) \cdot 20}{6.7} \right]}{\left[\frac{\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h} \right) \cdot h \cdot 1}{2} + \frac{\left(\frac{\pi \cdot \frac{4 \cdot V}{1}}{4 \cdot \pi \cdot h} \right) \cdot 1}{6.7} \right]} = 3.742$$

$$\frac{\left[\frac{\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot 20}{2} + \frac{\left[\frac{\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{20} \right)^{\frac{2}{3}} \right]}{4 \cdot \frac{\pi}{\pi}} \cdot 20}{6.7} \right]}{\left[\frac{\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot 1}{2} + \frac{\left[\frac{\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{1} \right)^{\frac{2}{3}} \right]}{4 \cdot \frac{\pi}{\pi}} \cdot 1}{6.7} \right]} = 2.714$$

$$\frac{\left[\frac{\pi \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi}} \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{4} \right) \cdot 20}{2} + \frac{\left(\frac{\pi \cdot 4}{4 \cdot \pi} \right) \cdot 20}{6.7} \right]}{\left[\frac{\pi \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi}} \cdot \left(\frac{4 \cdot V}{4} \right) \cdot 1}{2} + \frac{\left(\frac{\pi \cdot 4}{4 \cdot \pi} \right) \cdot 1}{6.7} \right]} = 1.159$$

Para el primer modelo

Para el segundo modelo

Para el tercer modelo

Promedio:

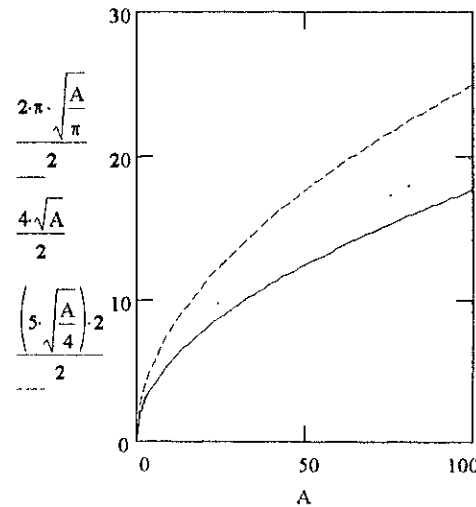
$$\frac{3.742 + 2.714 + 1.159}{3} = 2.538$$

POR FRACCIONAMIENTO DE UN PROYECTO, CON UNA UBICACIÓN Y TIPO DE SUPERFICIE DADA, LA ENERGÍA CALORÍFERA POR RADIACIÓN PUEDE INCREMENTARSE EN UN 153.8%, MÁS O MENOS.

"LA GEOMETRÍA DE LA PLANTA ARQUITECTÓNICA Y RADIACIÓN DEL CALOR"

Este análisis en su primera parte es igual al que se hizo en la transmisión del calor, excepto que en la radiación el sol actúa sólo en el 50% de la superficie envolvente en un instante, pero aún así los resultados son los mismos. En la segunda parte se analizará más bien el efecto de la curvatura de la superficie por la geometría de la planta arquitectónica, donde los objetos analizados tendrán la misma cantidad y tipo de superficie.

Tenemos que para una circunferencia: $(P = 2 \cdot 3.14 \cdot \text{radio})$, y $(A = 3.14 \cdot \text{radio}^2)$. Luego despejando el radio en Área, y sustituyendo en Perímetro obtenemos una expresión. Así de manera similar se hizo con el cuadrado y con un rectángulo de relación $(b/h) = (4/1)$. El objeto de este análisis es considerar el incremento de superficie envolvente por la geometría de la planta arquitectónica, influyendo esto en la radiación del calor directamente. Obviamente para ser la comparación se consideró el área de las figuras iguales. Se optó por dicha relación en el rectángulo, porque se cumple bastante en la realidad arquitectónica. También no es ésta la peor condición que pueda existir, puesto que la planta en forma de triángulo es peor aún.



Línea continua para la circunferencia.
Línea discontinua (trazos cortos), para el cuadrado.
Línea discontinua (trazos largos), para el rectángulo.
Como se puede apreciar hay una relación que se mantiene independientemente del tamaño de la planta arquitectónica a considerar, y es la relación entre perímetros de las diferentes formas geométricas.

$$\frac{\left(5 \cdot \sqrt{\frac{50}{4}}\right) \cdot 2}{2} = 1.41 \quad \frac{\left(5 \cdot \sqrt{\frac{100}{4}}\right) \cdot 2}{2} = 1.41$$

$$\frac{\left(2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{50}{\pi}}\right)}{2} \quad \frac{\left(2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{100}{\pi}}\right)}{2}$$

Relación de perímetros del rectángulo y el círculo.
Hay un 41% de incremento en la superficie envolvente, independientemente del tamaño.

Considerando que la radiación de calor por la envolvente del edificio oscila entre el 65% al 95% del calor total por radiación, vamos a suponer un 80% como medio aproximado.

$$80 \cdot 0.41 = 32.8$$

POR LA GEOMETRÍA EN PLANTA DE UN PROYECTO, CON UNA UBICACIÓN Y TIPO DE SUPERFICIE DADA, LA ENERGÍA CALORÍFERA RADIADA PUEDE INCREMENTARSE EN UN 32.8%, MÁS O MENOS.

En esta segunda parte del análisis tenemos una circunferencia que la llevamos a un polígono regular de 24 lados, un cuadrado y un rectángulo de relación (b/h) = (4/1); todos tienen un perímetro de igual longitud. La inclinación de los rayos solares con respecto a las superficies determinará en qué objeto se observa un comportamiento más óptimo. Se analizará en un período de 6 horas, que es el tiempo que dilata el sol para dominar la geometría de estos cuerpos. La inclinación solar será una constante para obviar las variables, posición y latitud donde ocurre el fenómeno. Comenzaremos con el polígono que nos representa la planta circular y solamente la verificaremos en una única hora, puesto que nos da el mismo resultado a cualquier hora. Datos obtenidos en watt.

$\beta 8 = \arccos (\cos (\alpha \cdot \text{deg}) \cdot \cos (8 \cdot \text{deg}))$	$S 8 = 930 \cdot \sin (\alpha \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos (\beta 8) \cdot 4 \cdot \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$S 8 = 74.754$
$\beta 8 = 10.615 \cdot \text{deg}$		
$\beta 22 = \arccos (\cos (\alpha \cdot \text{deg}) \cdot \cos (22 \cdot \text{deg}))$	$S 22 = 930 \cdot \sin (\alpha \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos (\beta 22) \cdot 4 \cdot \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$S 22 = 69.992$
$\beta 22 = 23.034 \cdot \text{deg}$		
$\beta 37 = \arccos (\cos (\alpha \cdot \text{deg}) \cdot \cos (37 \cdot \text{deg}))$	$S 37 = 930 \cdot \sin (\alpha \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos (\beta 37) \cdot 4 \cdot \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$S 37 = 60.288$
$\beta 37 = 37.563 \cdot \text{deg}$		
$\beta 52 = \arccos (\cos (\alpha \cdot \text{deg}) \cdot \cos (52 \cdot \text{deg}))$	$S 52 = 930 \cdot \sin (\alpha \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos (\beta 52) \cdot 4 \cdot \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$S 52 = 46.475$
$\beta 52 = 52.333 \cdot \text{deg}$		
$\beta 68 = \arccos (\cos (\alpha \cdot \text{deg}) \cdot \cos (68 \cdot \text{deg}))$	$S 68 = 930 \cdot \sin (\alpha \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos (\beta 68) \cdot 4 \cdot \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$S 68 = 28.278$
$\beta 68 = 68.172 \cdot \text{deg}$		
$\beta 83 = \arccos (\cos (\alpha \cdot \text{deg}) \cdot \cos (83 \cdot \text{deg}))$	$S 83 = 930 \cdot \sin (\alpha \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos (\beta 83) \cdot 4 \cdot \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$S 83 = 9.2$
$\beta 83 = 83.052 \cdot \text{deg}$		

Aquí se puede ver en 1/4 de la circunferencia los seis planos que la componen y sus resultados.

$$(S8 + S22 + S37 + S52 + S68 + S83) \cdot 2 = 577.973$$

Radiación a cualquier hora, en la circunferencia.

En el cuadrado tenemos:

$\beta_0 = \text{acos}(\cos(\alpha \cdot \text{deg}) \cdot \cos(0 \cdot \text{deg}))$	$S_0 = 930 \cdot \sin(\alpha \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos(\beta_0) \cdot 24 \cdot \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$S_0 = 452.93$
$\beta_0 = 7 \cdot \text{deg}$		
$\beta_{15} = \text{acos}(\cos(\alpha \cdot \text{deg}) \cdot \cos(15 \cdot \text{deg}))$	$S_{15} = 930 \cdot \sin(\alpha \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos(\beta_{15}) \cdot 24 \cdot \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$S_{15} = 437.497$
$\beta_{15} = 16.519 \cdot \text{deg}$		
$\beta_{30} = \text{acos}(\cos(\alpha \cdot \text{deg}) \cdot \cos(30 \cdot \text{deg}))$	$S_{30} = 930 \cdot \sin(\alpha \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos(\beta_{30}) \cdot 24 \cdot \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$S_{30} = 392.249$
$\beta_{30} = 30.732 \cdot \text{deg}$		
$\beta_{45} = \text{acos}(\cos(\alpha \cdot \text{deg}) \cdot \cos(45 \cdot \text{deg}))$	$S_{45} = 930 \cdot \sin(\alpha \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos(\beta_{45}) \cdot 24 \cdot \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$S_{45} = 320.27$
$\beta_{45} = 45.425 \cdot \text{deg}$		
$\beta_{60} = \text{acos}(\cos(\alpha \cdot \text{deg}) \cdot \cos(60 \cdot \text{deg}))$	$S_{60} = 930 \cdot \sin(\alpha \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos(\beta_{60}) \cdot 24 \cdot \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$S_{60} = 226.465$
$\beta_{60} = 60.246 \cdot \text{deg}$		
$\beta_{75} = \text{acos}(\cos(\alpha \cdot \text{deg}) \cdot \cos(75 \cdot \text{deg}))$	$S_{75} = 930 \cdot \sin(\alpha \cdot \text{deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos(\beta_{75}) \cdot 24 \cdot \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$S_{75} = 117.227$
$\beta_{75} = 75.114 \cdot \text{deg}$		

Ya calculadas las superficies a las distintas horas, procederemos a obtener los totales y escoger la hora más desfavorable.

$S_0 = 452.93$	a la primera hora	
$S_{15} + S_{75} = 554.724$	a la segunda hora	
$S_{30} + S_{60} = 618.714$	a la tercera hora	$S_{45} + S_{45} = 640.54$
$S_{45} + S_{45} = 640.54$	a la cuarta hora	a la cuarta hora, a los 45°, fué la crítica.
$S_{60} + S_{30} = 618.714$	a la quinta hora, es igual a la tercera y así sucesivamente.	

En el rectángulo tenemos:

$Sr0 = 930 \sin(\alpha \text{ deg})^3 \cdot \cos(\beta 0) \cdot 38.4 \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$Sr0 = 724.688$	$sr0 = 930 \sin(\alpha \text{ deg})^3 \cdot \cos(\beta 0) \cdot 9.6 \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$sr0 = 181.172$
$Sr15 = 930 \sin(\alpha \text{ deg})^3 \cdot \cos(\beta 15) \cdot 38.4 \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$Sr15 = 699.995$	$sr15 = 930 \sin(\alpha \text{ deg})^3 \cdot \cos(\beta 15) \cdot 9.6 \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$sr15 = 174.999$
$Sr30 = 930 \sin(\alpha \text{ deg})^3 \cdot \cos(\beta 30) \cdot 38.4 \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$Sr30 = 627.599$	$sr30 = 930 \sin(\alpha \text{ deg})^3 \cdot \cos(\beta 30) \cdot 9.6 \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$sr30 = 156.9$
$Sr45 = 930 \sin(\alpha \text{ deg})^3 \cdot \cos(\beta 45) \cdot 38.4 \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$Sr45 = 512.432$	$sr45 = 930 \sin(\alpha \text{ deg})^3 \cdot \cos(\beta 45) \cdot 9.6 \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$sr45 = 128.108$
$Sr60 = 930 \sin(\alpha \text{ deg})^3 \cdot \cos(\beta 60) \cdot 38.4 \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$Sr60 = 362.344$	$sr60 = 930 \sin(\alpha \text{ deg})^3 \cdot \cos(\beta 60) \cdot 9.6 \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$sr60 = 90.586$
$Sr75 = 930 \sin(\alpha \text{ deg})^3 \cdot \cos(\beta 75) \cdot 38.4 \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$Sr75 = 187.563$	$sr75 = 930 \sin(\alpha \text{ deg})^3 \cdot \cos(\beta 75) \cdot 9.6 \frac{2.0}{29.1} \cdot 0.6$	$sr75 = 46.891$

Ya calculadas las superficies a las distintas horas, procederemos a obtener los totales y escoger la hora más desfavorable.

$Sr0 = 724.688$	a la primera hora
$Sr15 + sr75 = 746.886$	a la segunda hora
$Sr30 + sr60 = 718.185$	a la tercera hora
$Sr45 + sr45 = 640.54$	a la cuarta hora

$Sr15 + sr75 = 746.886$
a la segunda hora, a los
15° azimut de la base, fué la crítica.

$$\frac{S45 + S45}{(S8 + S22 + S37 + S52 + S68 + S83) \cdot 2} = 1.108$$

$$\frac{Sr15 + sr75}{S45 + S45} = 1.166$$

$$\frac{Sr15 + sr75}{(S8 + S22 + S37 + S52 + S68 + S83) \cdot 2} = 1.292$$

Relación de resultados del cuadrado y el círculo. Hay un 10.8% de incremento de energía calorífica radiada.

Relación de resultados del rectángulo y el cuadrado. Hay un 16.6% de incremento de energía calorífica radiada.

Relación de resultados del rectángulo y el círculo. Hay un 29.2% de incremento de energía calorífica radiada.

Considerando que la radiación de calor por la envolvente del edificio oscila entre el 65% al 95% del calor total por radiación, vamos a suponer un 80% como medio aproximado.

$$80 \cdot 0.292 = 23.36$$

POR LA GEOMETRÍA EN PLANTA DE UN PROYECTO, CON UNA UBICACIÓN Y TIPO DE SUPERFICIE DADA, Y CONSIDERANDO ESPECÍFICAMENTE LA INCLINACIÓN DE LOS RAYOS SOLARES, LA ENERGÍA CALORÍFERA RADIADA PUEDE INCREMENTARSE EN UN 23.36%, MÁS O MENOS.

"RELIEVE Y LA RADIACIÓN DEL CALOR"

Bien sabemos que los edificios tienen entradas y salientes, ya sea por los balcones, jerarquía de un volumen, una planta arquitectónica ramificada, etc...; considerar en % el incremento de superficie de envolvente, y por ende el incremento de energía calorífera en función de estas variables no sería lo suficientemente objetivo de establecer. Más bien enunciamos aquí, que el "relieve" es una variable que también afecta a la superficie envolvente, incrementándola según las irregularidades del volumen y por ende tiende a aumentar la cantidad de energía calorífera radiada, **pero por otro lado estos tipos de configuraciones generan muchas superficies sombreadas y podríamos hablar de cierta compensación.** Es obvio que el edificio sin ramificar, sin entradas y salientes, es el más económico; no sólo por superficie envolvente y menor radiación de energía calorífera, sino por otros factores como estructurales y constructivos.

"LA FORMA Y LA RADIACIÓN DEL CALOR"

Esta es la parte final correspondiente al análisis de radiación del calor. Como habíamos mencionado anteriormente lo que se persigue en parte, es saber en tanto por ciento, lo que podría incrementarse la energía calorífera radiada a un proyecto arquitectónico, si no se tomaban las decisiones correctas en cuanto a la forma. **Este porcentaje de incremento se**

aplica a proyectos ubicados tanto en zonas calientes como frías, obviamente restando el porcentaje producto del factor vectorial exterior. En el caso de edificios ubicados en climas fríos, lo que se persigue es captar la mayor cantidad posible de radiación solar, pero para esto se requiere de mayor superficie expuesta cosa que por otro lado genera pérdida de calor por transmisión, además de que se crea una disminución del calor radiado producto del factor vectorial exterior. Vamos a seguir analizando todo esto en detalle, en la página siguiente.

$$(153.8 + 32.8 + 23.36) \cdot 14.4 = 195.56$$

Sumando el porcentaje por fraccionamiento, los porcentajes por geometría de la planta arquitectónica y restando el porcentaje por forma de la superficie (F.V.E.), tenemos un incremento de 195.56% (más o menos) de energía calorífera radiada, en un proyecto con una ubicación y tipo de superficie dada. Como ven es más del doble y casi el triple, pudiendo ser más ó menos.

"CLIMAS FRÍOS"

$191.2 - 195.56 = -4.36$ Restamos el porcentaje de incremento de pérdida de calor por transmisión, por el porcentaje de incremento de ganancia de calor por radiación. Este resultado no es de fiar, puesto que la radiación ocurre durante el día y la transmisión ocurre tanto en el día como en la noche.

En un metro cuadrado de superficie veremos la cantidad de calor ganada y perdida en watt por radiación y transmisión respectivamente, durante las 24 horas del día.

$$(6.41 \cdot 8) \cdot 24 = -1.229 \cdot 10^3$$

$$Sf = 930 \sin(20 \text{ deg})^{\frac{1}{3}} \cdot \cos(\beta 30) \cdot 1 \cdot 0.94$$

$$Sf = 525.504 \quad Sf3 = 1.577 \cdot 10^3$$

Pérdida por transmisión a través de un cristal simple, en 24 horas. La diferencia de temperatura (Text.-Tint.) es de 8° c.

Ganancia por radiación a través de un cristal simple, en una hora. En un lugar frío el sol podría salir por 6 horas, pero no todas las superficies se beneficiarán de esto. Tomaremos sólo 3 horas como una manera de considerar esta situación.

(SF3) - 1229 = 347.512

Como se observa hay una pequeña ganancia de calor durante todo el día, al restar a la ganancia por radiación la pérdida por transmisión.

En conclusión todo esto es muy hipotético, puesto que cada caso en particular, tendría que estudiarse. La pequeña ganancia obtenida a lo mejor se pierde cuando consideramos el factor vectorial exterior en la radiación y transmisión, costos adicionales de mantenimiento por superficie envolvente adicional, entre otras cosas. En este caso seguiríamos con la idea de la planta circular para lugares fríos como la mejor opción, puesto que aunque esta resta prácticamente nos da cero, hay otros criterios científicos que nos dan puntos a favor. Además estaríamos en esta situación solamente los días de invierno, porque durante las noches de invierno y el resto del año tendríamos una suma en vez de una resta, como es el caso de los edificios ubicados en zonas calientes donde se apoya de manera absoluta esta forma circular en planta. Siempre buscaremos los rayos solares del Sur, para estas edificaciones de climas fríos.

La forma ideal aparentemente para lugares fríos considerando únicamente estos aspectos climáticos y persiguiendo esta pequeña ganancia de calor, sería una planta en forma de trapecio como lo ha propuesto el Arq. Pierre Robert Sabady, en el prototipo que él llama "Biosolar-Modul H1". Donde el lado mayor de dicho trapecio se orienta hacia el Sur. Es bueno señalar ahora que una planta arquitectónica circular se puede descomponer en múltiples trapecios ó triángulos dispuestos radialmente, logrando con esto en parte las ventajas de ambos enfoques en una sola idea.

"CLIMAS CALIENTES"

Como habíamos mencionado anteriormente para climas calientes, la planta circular ó polígona regular, es la forma indudablemente más óptima. Esto se debe naturalmente por la poca superficie expuesta con relación a su volumen. Muchos autores han recomendado para ciertas zonas calientes la planta de forma rectangular, donde los lados menores están orientados hacia el Este y Oeste. Justifican esta forma orientada así, para captar las brisas e iluminación con las grandes fachadas norte y sur, y para dar menor superficie expuesta a la

radiación en el Este y Oeste. Estas zonas calientes tienen poca latitud y por esto el sol de verano pasa a 90° aprox. de inclinación a las 12:00 horas, y las fachadas Este y Oeste son castigadas más severamente por la forma en que el sol sale y se acuesta. Por esta razón también es que siempre se ha señalado que la mayor cantidad de calor que percibe una vivienda de estas zonas proviene de los techos.

Realmente es una postura con cierta lógica puesto que las fachadas peligrosas por su magnitud para la radiación solar, están ubicadas donde el sol siempre lleva una inclinación máxima y por esto no golpea con mucha fuerza, en cambio durante bastante tiempo de las mañanas y las tardes el sol irradia desde el Este y el Oeste, con poca inclinación, y por ende la radiación es fuerte en éstas fachadas; pero como se orientan las pequeñas fachadas en este sentido provoca cierta compensación, y es así como se protege la forma de la planta rectangular a las radiaciones solares.

No siempre se puede orientar la planta rectangular de esta manera, y en el caso de que se pudiera vemos lo siguiente: Podríamos decir que esta planta rectangular tiene un comportamiento similar a la planta circular en cuanto al análisis de radiación por tipo de superficie, sea plana o curva. O bien tendríamos un resultado igual ó aproximado al resultado del cilindro, pero cuando analizamos la radiación por geometría de la planta arquitectónica, al tener el rectángulo mayor superficie expuesta que el círculo, la planta rectangular pierde ante la planta circular en el análisis, ya completo, por radiación.

Por otro lado el captar las brisas e iluminación con mayor superficie orientadas al Norte y al Sur, trae consigo los problemas que hemos ido tratando durante todo este trabajo, además estos dos aspectos no solamente se resuelven con este recurso, sino de otras maneras más y con mejores resultados.

“ESTIMACIÓN DE COSTOS DE AIRE ACONDICIONADO Y CONSUMO ELÉCTRICO”

Podríamos suponer por experiencia en el Cálculo de Ganancia de Calor para A/A, que el 50% más o menos del Gran Total de Calor calculado, proviene de la suma del calor generado por

Transmisión y Radiación. Si por malas decisiones formales tenemos un incremento de energía calorífica por Transmisión y Radiación, aproximadamente de 194%; podemos entonces decir que hay un incremento del Gran Total de Calor de 97%, y por relaciones directas este porcentaje de incremento lo es de Toneladas de Refrigeración, de Costos Iniciales en Equipos e Instalación, y de Consumo eléctrico por parte del equipo.

Sabemos que generalmente el consumo energético de un equipo de A/A, anda más o menos igual al consumo por iluminación y demás. Podemos decir entonces que hay un incremento del consumo eléctrico en el proyecto arquitectónico con A/A, de 48.5% más o menos, producto de malas decisiones formales por parte del proyectista. Si esto lo vemos a largo plazo y el capital ahorrado mensualmente se invierte ó se va depositando en una cuenta de alto rendimiento, tendríamos ahorros que superan aún más dicho porcentaje. ¡Increíble, pero cierto! ...sólo por la forma.

Si hiciéramos a un lado los fraccionamientos y nos concentramos en la forma de la planta arquitectónica tendríamos lo siguiente: Si por malas decisiones formales tenemos un incremento de energía calorífica por Transmisión y Radiación, aproximadamente de 40%; podemos entonces decir que hay un incremento del Gran Total de Calor de 20%, y por relaciones directas este porcentaje de incremento lo es de Toneladas de Refrigeración, de Costos Iniciales en Equipos e Instalación, y de Consumo eléctrico por parte del equipo. Podemos decir entonces que hay un incremento del consumo eléctrico en el proyecto arquitectónico con A/A, de 10% más o menos, producto de malas decisiones formales por parte del proyectista.

Por otro lado tenemos que el metro cuadrado de construcción actualmente anda por los \$2,000 pesos mejicanos, más o menos, y la media en el cálculo de carga anda por los 35 metros cuadrados por tonelada de refrigeración. Si por tonelada de refrigeración los costos de equipo e instalación andan por los \$9,750 pesos mejicanos, entonces tendremos un costo de A/A de \$278 pesos mejicanos por metro cuadrado. Esto quiere decir que el 12% más o menos, del costo total de la obra con A/A, corresponde a la partida de equipo e instalación del sistema de climatización. En conclusión tenemos que por malas decisiones formales los costos en equipo e instalación de A/A se incrementan en un 97% y por ende el costo total de

la obra se incrementa en un 11.64%, más o menos. Si hacemos a un lado los fraccionamientos tenemos un incremento en el costo total de la obra de un 2.4%, más o menos.

Es bueno recalcar, que esto es una estimación y que así como podrían ser menores los porcentajes, con mucho más probabilidad podrían ser mayores.

3.3- EL TERRENO

Aquí vamos a analizar la interacción que existe entre la geometría del terreno y la geometría de la planta arquitectónica, entendiéndose como geometría del terreno a la forma bidimensional que tiene la superficie útil ó elegida para la construcción, dentro de un solar determinado. Esta forma de superficie por lo general está dictada por la geometría del solar, por los límites impuestos por normatividades urbanas (linderos), por árboles que se quieran conservar, por analogía de la superficie útil a una figura geométrica conocida, por consideraciones del diseñador, entre otras variables.

Es obvio que cuando nos encontramos en la situación de poco terreno y mucho volumen a construir, se busque la utilización máxima del terreno desde los primeros niveles. Por otro lado sabemos hasta ahora que cuando se da lo contrario, mucho terreno y poco volumen, la mejor opción es el cilindro de poca altura. A sabiendas de esta realidad se planteó de la siguiente manera los análisis: El objeto de éstos es saber cuándo conviene, en el caso de poco terreno y mucho volumen, seguir la forma del terreno con la planta arquitectónica ó diseñar el edificio con planta arquitectónica circular inscrita en la forma de dicho terreno. Los resultados naturalmente nos confirmarán que lo más óptimo siempre es la adaptación al terreno, bajo esta situación de poco terreno y mucho volumen, e independientemente de la forma de éste. Un ejemplo serían los rascacielos de las grandes metrópolis, entre otros.

En terrenos de forma circular ó análoga, situación que podría resultar por definición de áreas dentro de un solar, indudablemente la planta arquitectónica circular ó polígona regular es la mejor decisión, al igual que si estuviésemos en el caso de mucho terreno y poco volumen. Esta situación de definición de áreas dentro de un solar dado, se genera cuando tenemos por lo general una condición mixta o sea suficiente terreno para suficiente volumen, guardando cierto equilibrio. Así se van estableciendo las áreas que se destinarán para construcción, vegetación, estacionamientos, etc...; dejando la posibilidad de que el diseñador elija la forma geométrica del terreno de construcción, en base al área calculada para dicha función.

"TERRENOS TRIANGULARES Ó ANÁLOGOS"

Vamos a comenzar con un terreno triangular donde sus ángulos interiores son: 30°, 60°, y 90°. Por geometría sabemos que hay una relación entre un triángulo y la circunferencia inscrita en éste, y por esta razón vamos a realizar el análisis en base a un ejemplo tipo.

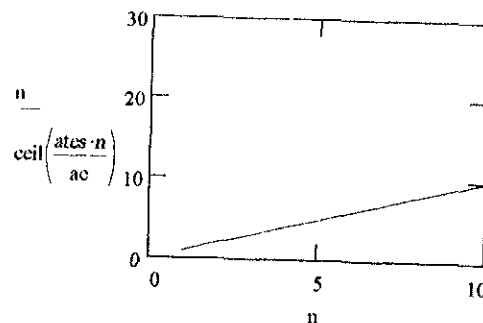
$r = 3$	Radio de la circunferencia inscrita.	$pc = 2 \cdot \pi \cdot r$ $pc = 18.85$	Perímetro de la circunferencia.	$ac = \pi \cdot r^2$ $ac = 28.274$	Área de la circunferencia.
---------	--------------------------------------	--	---------------------------------	---------------------------------------	----------------------------

Por otro lado tenemos para el triángulo:

$ates = 58.17691454$	Área del triángulo escaleno.	$ptes = \frac{ates}{r} \cdot 2$ $ptes = 38.785$	Perímetro del triángulo escaleno en función del área y el radio de su circunferencia inscrita.
----------------------	------------------------------	--	--

El factor de Radiación que involucra las superficies de techo y de envolvente es de 6.7, pero para poder sacar un promedio con el de transmisión debemos considerar que la radiación actúa la mitad del día sobre una superficie de envolvente, y en los techos actúa durante todo el día. Es por esto que vamos a trabajar con un factor para la radiación de 3.35, y que sacando un promedio con el de transmisión que es de 3.5, tendríamos un factor común de 3.4. Altura de entrepiso igual a la unidad. Ceil y Floor = entero inmediato superior e inferior resp.

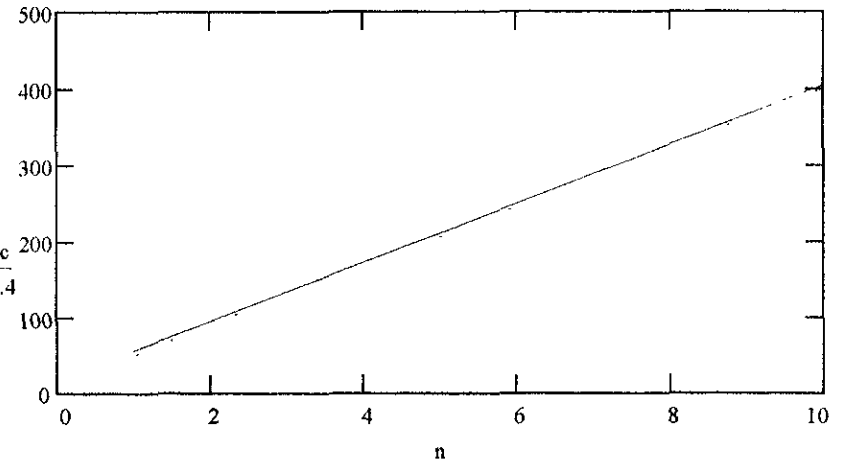
$n = 1 \dots 10$ Número de pisos del edificio adaptado al terreno.



En esta gráfica podemos ver las alturas de las dos propuestas. Vemos que si el edificio se construyera con la planta arquitectónica circular inscrita, resultaría con un poco más del doble de la altura que si fuese la planta adaptada al terreno. Por razones estructurales, instalaciones, etc...; el edificio adaptado a su terreno es el óptimo.

$$\frac{ptes \cdot n + \frac{ates}{3.4}}$$

$$\frac{\text{floor}\left(\frac{ates \cdot n}{ac}\right) \cdot pc + 2\pi \cdot \sqrt{\frac{ates \cdot n - ac \cdot \text{floor}\left(\frac{ates \cdot n}{ac}\right)}{\pi}} + \frac{ac}{3.4}}$$



Como vemos en esta gráfica las superficies expuestas de las dos propuestas se mantienen iguales a medida que aumenta el volumen, o sea que rige el comportamiento del primer gráfico y efectivamente la mejor opción es la adaptación al terreno de forma de triángulo escaleno.

Triángulo Isósceles de ángulos interiores de 45°, 45°, y 90°.

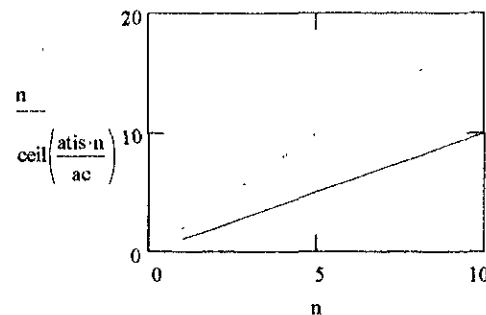
$$atis = 52.45584412$$

Área del triángulo isósceles.

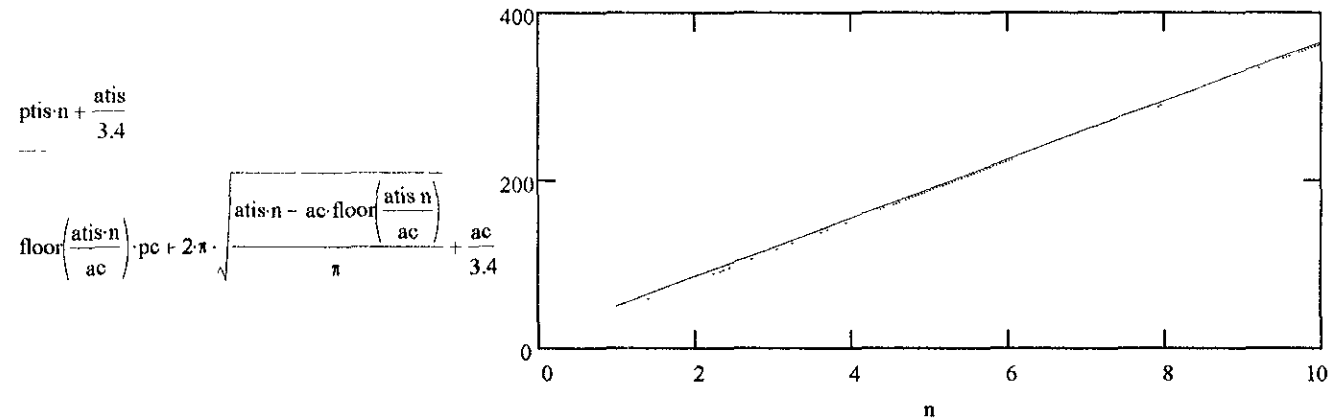
$$ptes = \frac{atis}{r} \cdot 2$$

$$ptes = 34.971$$

Perímetro del triángulo isósceles en función del área y el radio de su circunferencia inscrita.



En esta gráfica podemos ver las alturas de las dos propuestas. Vemos que si el edificio se construyera con la planta arquitectónica circular inscrita, resultaría con un poco menos del doble de la altura que si fuese la planta adaptada al terreno. Por razones estructurales, instalaciones, etc...; el edificio adaptado a su terreno es el óptimo.



Como vemos en esta gráfica las superficies expuestas de las dos propuestas se mantienen iguales a medida que aumenta el volumen, o sea que rige el comportamiento del primer gráfico y efectivamente la mejor opción es la adaptación al terreno de forma de triángulo isósceles.

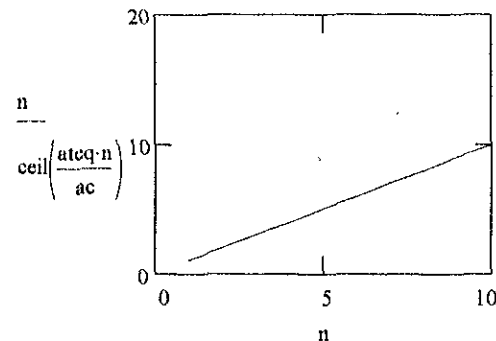
Triángulo Equilátero de ángulos interiores de 60 °.

$$\text{ateq} = 46.76537180$$

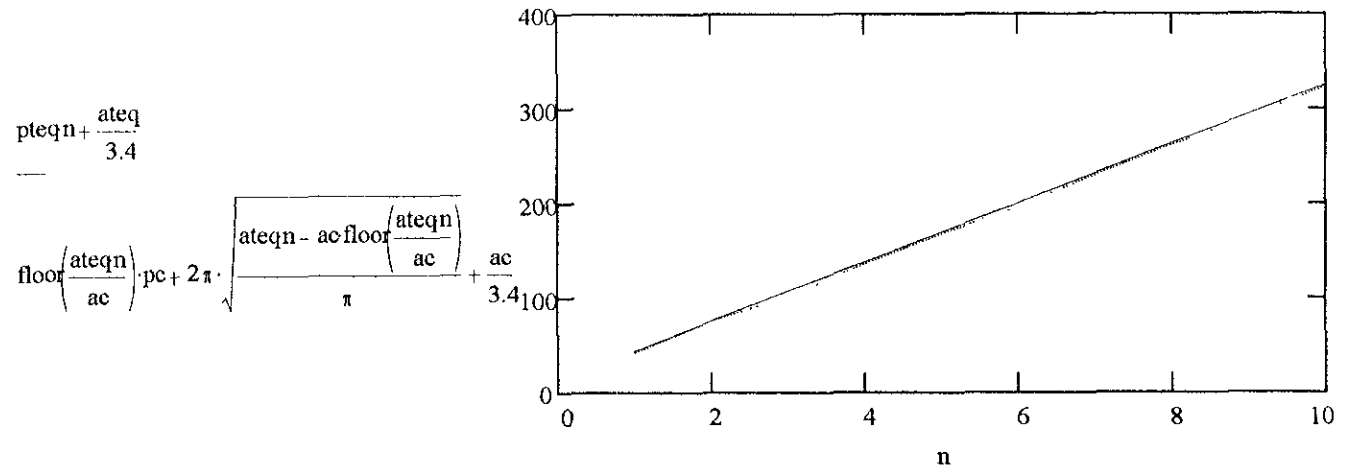
Área del triángulo
equilátero.

$$\text{pteq} = \frac{\text{ateq}}{r} \cdot 2 \quad \text{pteq} = 31.177$$

Perímetro del triángulo equilátero en
función del área y el radio de su
circunferencia inscrita.



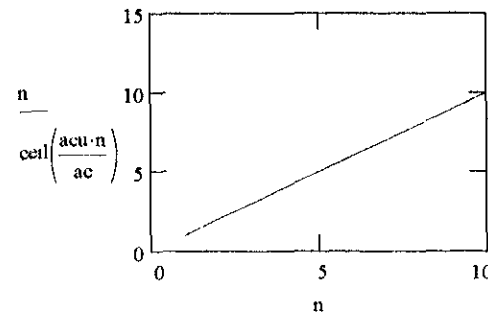
En esta gráfica podemos ver las alturas de las dos propuestas. Vemos que si el edificio se construyera con la planta arquitectónica circular inscrita, resultaría 2/3 aprox. de mayor altura que el de la planta adaptada al terreno. Por razones estructurales, instalaciones, etc...; el edificio adaptado a su terreno es el óptimo.



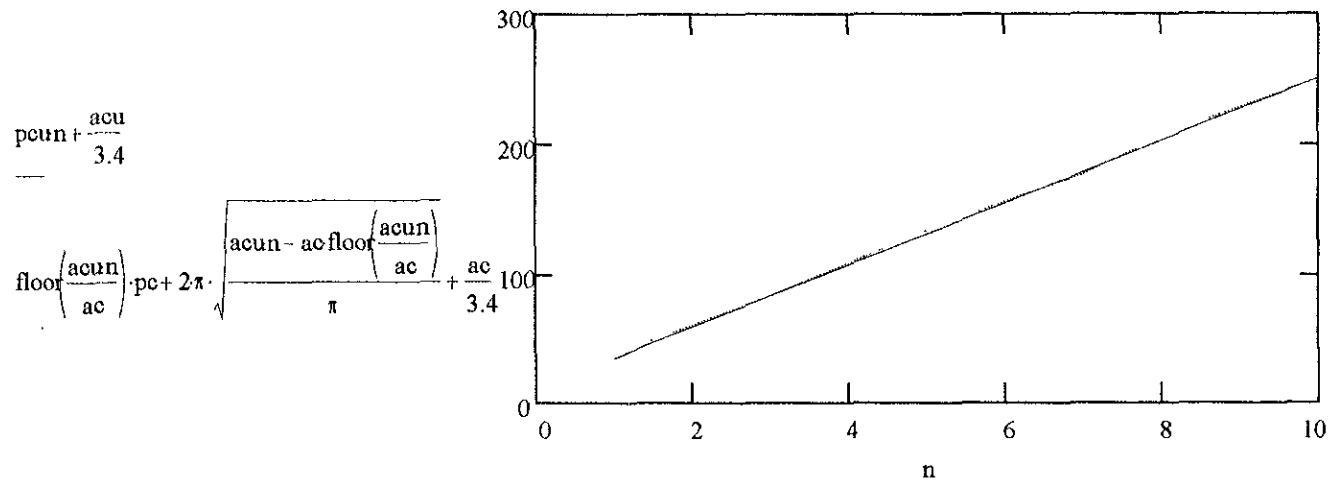
Como vemos en esta gráfica las superficies expuestas de las dos propuestas se mantienen iguales a medida que aumenta el volumen, o sea que rige el comportamiento del primer gráfico y efectivamente la mejor opción es la adaptación al terreno de forma de triángulo equilátero.

"TERRENOS CUADRADOS Ó ANÁLOGOS"

$acu = 36$ Área del cuadrado. $pcu = \sqrt{acu \cdot 4}$ $pcu = 24$ Perímetro del cuadrado con circunferencia inscrita de radio dado, en función del área.



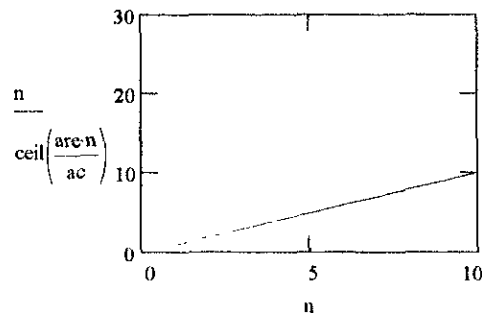
En esta gráfica podemos ver las alturas de las dos propuestas. Vemos que si el edificio se construyera con la planta arquitectónica circular inscrita, resultaría 1/4 aprox. de mayor altura que el de la planta adaptada al terreno. Por razones estructurales, instalaciones, etc...; el edificio adaptado a su terreno es el óptimo.



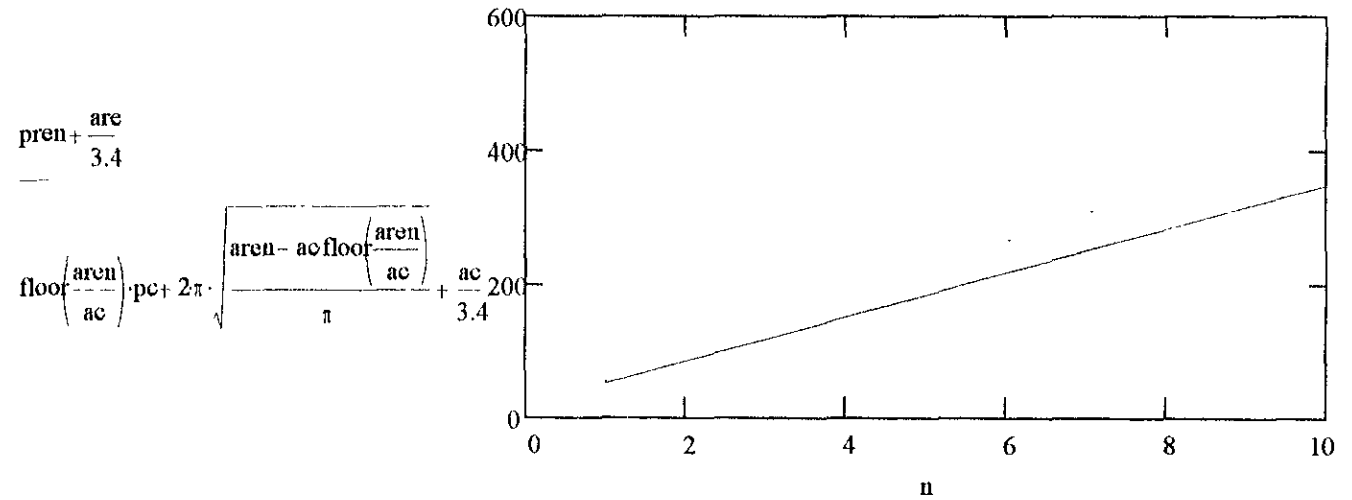
Como vemos en esta gráfica las superficies expuestas de las dos propuestas se mantienen iguales a medida que aumenta el volumen, o sea que rige el comportamiento del primer gráfico y efectivamente la mejor opción es la adaptación al terreno de forma cuadrada.

"TERRENOS RECTÁNGULARES Ó ANÁLOGOS", relación h/b=1/1.75

are = 63 Área del rectángulo. $pre = \left(r \cdot 2 + \frac{are}{r \cdot 2}\right) \cdot 2$ pre = 33 Perímetro del rectángulo con circunferencia inscrita de radio dado, en función del área.

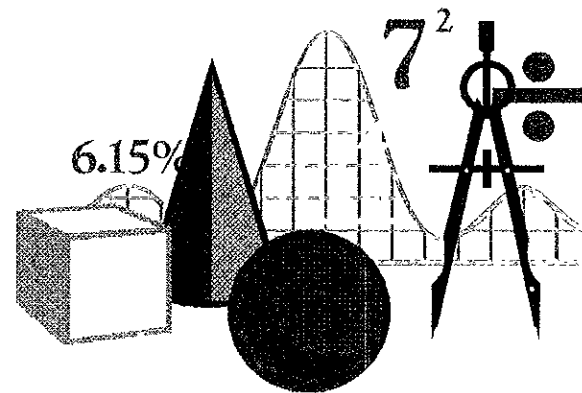


En esta gráfica podemos ver las alturas de las dos propuestas. Vemos que si el edificio se construyera con la planta arquitectónica circular inscrita, resultaría con un poco más del doble de la altura que si fuese la planta adaptada al terreno. Por razones estructurales, instalaciones, etc...; el edificio adaptado a su terreno es el óptimo.



Como vemos en esta gráfica a diferencia de las otras, las superficies expuestas de las dos propuestas no se mantienen iguales a medida que aumenta el volumen, y en este caso conviene la adaptación al terreno mientras mayor volumen estemos considerando durante el análisis. O sea que ambos gráficos coinciden y efectivamente la mejor opción es la adaptación al terreno de forma rectangular.

CONCLUSION



CONCLUSIÓN

Quedó demostrada la hipótesis durante todo el desarrollo de la investigación, de que **las leyes naturales-formales que determinan la forma de los cuerpos en el universo, determinan también la forma de los edificios por pertenecer a él.** Los Criterios Científicos fueron los vehículos que nos llevaron a esta verdad, pero como dije en la Introducción, éste trabajo no es un Manual puesto que hay otros Criterios Científicos que no se trataron y que se desprenden de éstas leyes.

Por otro lado quiero informar que en el desarrollo del presente se repiten constantemente ciertos puntos, y no es otra cosa que aunque queramos separar las ciencias para estudiarlas y entenderlas mejor, el conocimiento es sólo uno; al dividir lo indivisible se crean muchas relaciones entre sus partes y para no perdernos repetimos, recordamos ó recalamos. Ya en la parte experimental se repiten textualmente algunas afirmaciones por la metodología lógica empleada para la demostración.

A) ANÁLISIS ECONÓMICO

Vamos a ver cuánto pueden incrementarse los costos iniciales aproximadamente en un proyecto arquitectónico, por las malas decisiones formales del proyectista. Decimos, más o menos, pues como han visto en éste trabajo siempre se buscó la media ó el error con mayor probabilidad de ocurrencia.

Tenemos que por la envolvente el costo de una obra puede incrementarse en un 54.54% más o menos. También que en proyectos donde se utiliza Aire Acondicionado el costo total de la obra se podría incrementar en un 11.64%, más o menos, y por las mismas razones. Por cuestiones estructurales teníamos por estimación superficial un 6% aproximadamente de incremento de los costos totales de una obra por malas decisiones formales, pero sin considerar la influencia del viento sobre el tipo de superficie del edificio. Considerando esto último podríamos hablar de un 10% aproximadamente, teniendo en cuenta que las cargas producidas por viento se combinan con otras cargas, o sea que bien podría ser más. Si

sumamos lo que tenemos hasta ahora, nos resultaría un incremento del 76.18% de los costos totales de una obra. Tomando en cuenta la circulación, las relaciones de áreas, las instalaciones restantes, requisitos por la altura del edificio, otros aspectos mencionados, y otros no tratados; **fácilmente llegaríamos al 100% aproximadamente de incremento de los costos iniciales de una obra producto de las malas decisiones formales arquitectónicas.** O sea el doble y con más probabilidad de que sea más y no menos. Una diferencia como ésta invertida a plazo fijo en un banco, durante el tiempo de vida útil del edificio, es inimaginable cuantas veces se multiplicaría el capital.

Por otro lado estudios recientes han afirmado que los gastos de mantenimiento, remodelaciones, energéticos, etc..., en un edificio en toda su vida útil, son el doble ó el triple de su costo inicial. De aquí ha venido la importancia de recurrir a la alta tecnología para el ahorro de energéticos en los mencionados edificios inteligentes. Podríamos hablar también de edificios de formas inteligentes, pues la forma tiene que ver en el consumo de las instalaciones. En el caso de proyectos arquitectónicos con Aire Acondicionado tenemos un incremento del consumo eléctrico total de 48.5% más o menos, producto de las malas decisiones formales arquitectónicas. Con más probabilidad de que sea más y no menos. Esto es mucho dinero y como decíamos anteriormente invertido en un banco, ni imaginarnos.

Como ven la forma es un factor importantísimo en el diseño arquitectónico, y por esto la gran pasión que me ha provocado por siempre.

B) EL ARQUETIPO

Mencionamos anteriormente el concepto de lo que es un Arquetipo y que íbamos a exponer uno aquí. Pero ya todo está dicho o se puede deducir del presente trabajo, y para no repetir las mismas palabras nos limitaremos a recordar más bien.

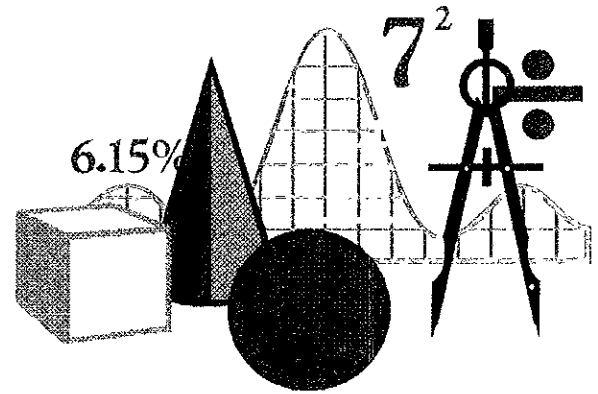
- Lo primero que debemos hacer antes de comenzar a trazar las primeras líneas de nuestro proyecto arquitectónico es obtener la relación existente entre la geometría y magnitud del terreno con respecto al volumen a proyectar.

- Después de ubicar la situación en la que nos encontramos en base a dicha relación, proceder como se ha indicado en el inciso referente al "terreno" que en pocas palabras dice así: Bajo la situación de poco terreno y mucho volumen lo más económico es adaptar la planta arquitectónica a la geometría y magnitud del terreno. En el caso inverso de mucho terreno y poco volumen lo más económico es que el volumen a construir sea de forma cilíndrica y de la menor altura posible, ó siguiente en orden ascendente. Finalmente en la condición mixta, o sea suficiente terreno para suficiente volumen, se define el terreno según el programa general, eligiendo la forma geométrica del terreno de construcción en base al área calculada para dicha función. De esta forma se trata de que el área elegida sea de forma circular ó polígona regular, en segunda instancia cuadrada, y por último el rectángulo de menor relación b/h. Con todo esto obtener la planta arquitectónica de mayor tamaño posible y así sucesivamente al igual que en el caso de mucho terreno y poco volumen.
- La solución arquitectónica debe de ser con el menor fraccionamiento posible, mejor un solo edificio.
- Trazar un esquema radial, para la estructura, para el ordenamiento espacial, etc..., en la medida de lo posible.
- La altura es el factor común de todos los criterios tratados y todos coinciden en que sea la menor posible ó la siguiente en orden ascendente.
- El cuerpo del edificio deberá ser completamente vertical sobre la superficie terrestre, y el coronamiento en forma de casquete esférico ó prescindir de éste.
- Adoptar todo lo que nos conduzca al concepto de la Radialidad.
- Y demás pautas que se deducen del contenido de la investigación, pues éstas no se desarrollaron por desviarse del enfoque original.

Aprovecho la ocasión para hacer una invitación a seguir profundizando sobre éste tema, pues como he dicho antes la forma en la arquitectura no es el capricho ó la sublimación de un artista, si no el trabajo científico y objetivo de un responsable de la arquitectura. Que sí hay un método objetivo del diseño arquitectónico determinante de la forma, y que además se podría manejar perfectamente por medio de programas por computadoras. También que se cumple la armonía que hay con las leyes de la naturaleza, y su integración con ella por la forma. Y aprecio la belleza que envuelve los resultados de esta metodología, que no son más que las inspiraciones del subconsciente del arquitecto, hechas realidad y con claridad.

Y repito lo que una vez predijo el gran maestro de todo los tiempos, Le Corbusier, advirtiéndolo a los arquitectos lo siguiente: "Dentro de poco no tendréis nada que hacer". En su libro "Hacia una nueva Arquitectura", nos refirió también de una estética técnica inspirada en las leyes de la economía y la geometría para lograr el ordenamiento y la armonía de las formas.

BIBLIOGRAFIA



BIBLIOGRAFÍA

Arnal Simón, Luis y Betancourt Suárez, Max
Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal
Trillas, México 1996

Arnold, Christopher y Reitherman, Robert K.
Configuración y Diseño sísmico de Edificios
Limusa, México 1995

Bazán Zurita y Meli Piralla, Roberto
Manual de diseño sísmico de edificios
Limusa, México 1995

Dowrick, D. J.
Diseño de Estructuras Resistentes a Sismos, Para ingenieros y arquitectos
Limusa, México 1992

Fonatti, Franco
Principios elementales de la forma en arquitectura
Gustavo Gili, España 1988

Gieck, Kurt
Manual de fórmulas técnicas
Alfaomega, México 1995

Jiménez Portes, Luis Arturo
Centro Judicial para la Ciudad de La Vega
Tesis de Licenciatura en Arquitectura, PUCMM, 1994

Kuri, Antonio Bautista
Cálculo de Carga de Calor, en el Sistema Internacional

Apuntes

Meli Piralla, Roberto
Diseño Estructural
Limusa, México 1995

Moisset de Espanés, Daniel
Intuición y Razonamiento en el Diseño Estructural
Escala, Colombia 1992

Oborne, David J.
Ergonomía en Acción, La adaptación del medio de trabajo al hombre
Trillas, México 1994

Reyna G., Francisco
Elementos Científicos del Diseño y la Programación Arquitectónica
Tesis de Maestría en Arquitectura-Tecnología, UNAM, 1980

Robert Sabady, Pierre
Arquitectura Solar
CEAC, España 1982

Robert Sabady, Pierre
Edificación solar biológica
CEAC, España 1983

Rozas Aristy, Eduardo
Hacia un nuevo enfoque del diseño arquitectónico
PUCMM, Rep. Dominicana 1979

Scott, Robert Gillam
Fundamentos del Diseño

Limusa, México 1995

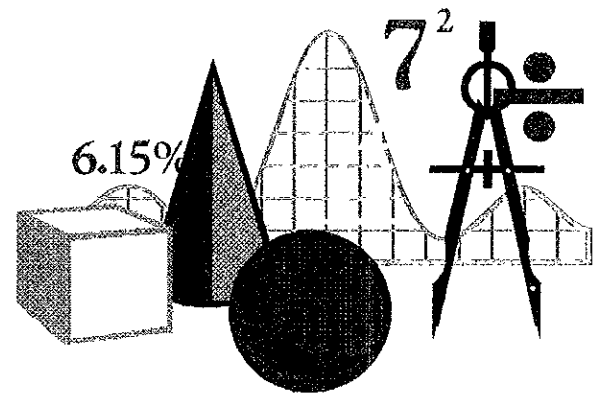
Senosiain Aguilar, Javier
Bio-Arquitectura, En busca de un espacio
Limusa, México 1996

Ueda, Atsushi
El duradero misterio de las imperturbables pagodas del japon
Revista Look Japan, Vol. 7 (1996)

White, Edward T.
Manual de conceptos de Formas Arquitectónicas
Trillas, México 1995

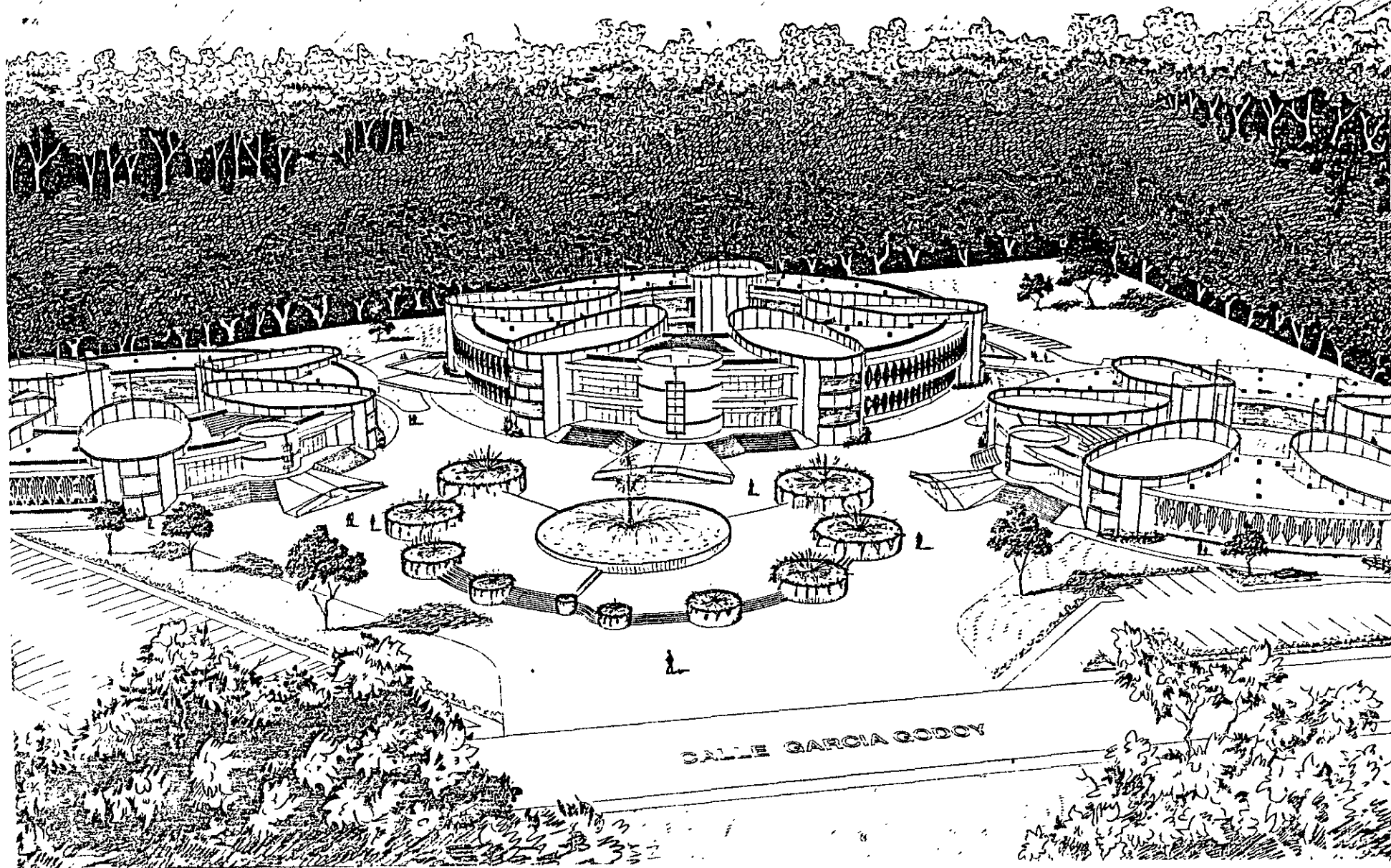
Williams, Christopher
Los Orígenes de la Forma
Gustavo Gili, España 1988

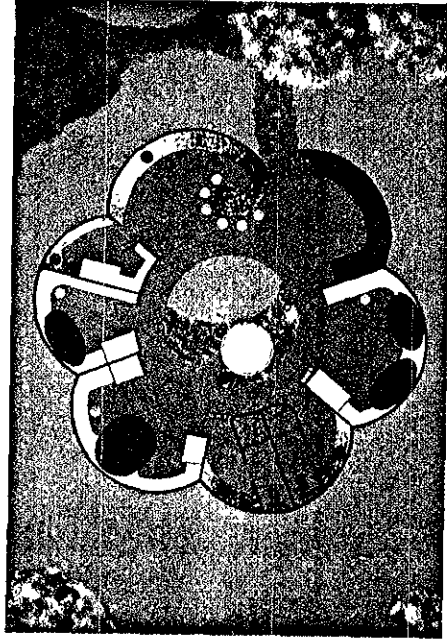
MEMOS



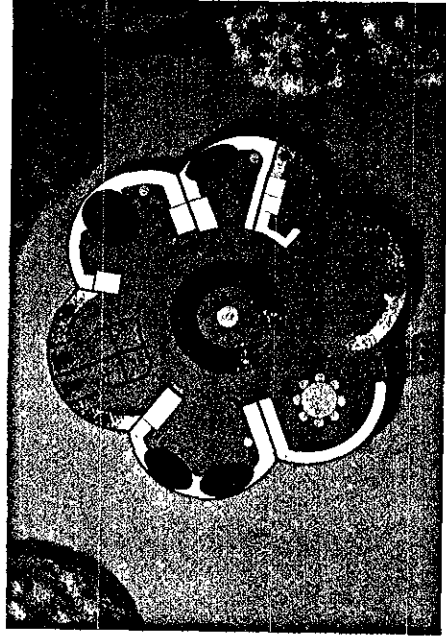
IMÁGENES DE PROYECTOS QUE CUMPLEN EN MAYOR Ó MENOR MEDIDA CON EL ARQUETIPO

Por el Autor: Centro Judicial para la ciudad de La Vega



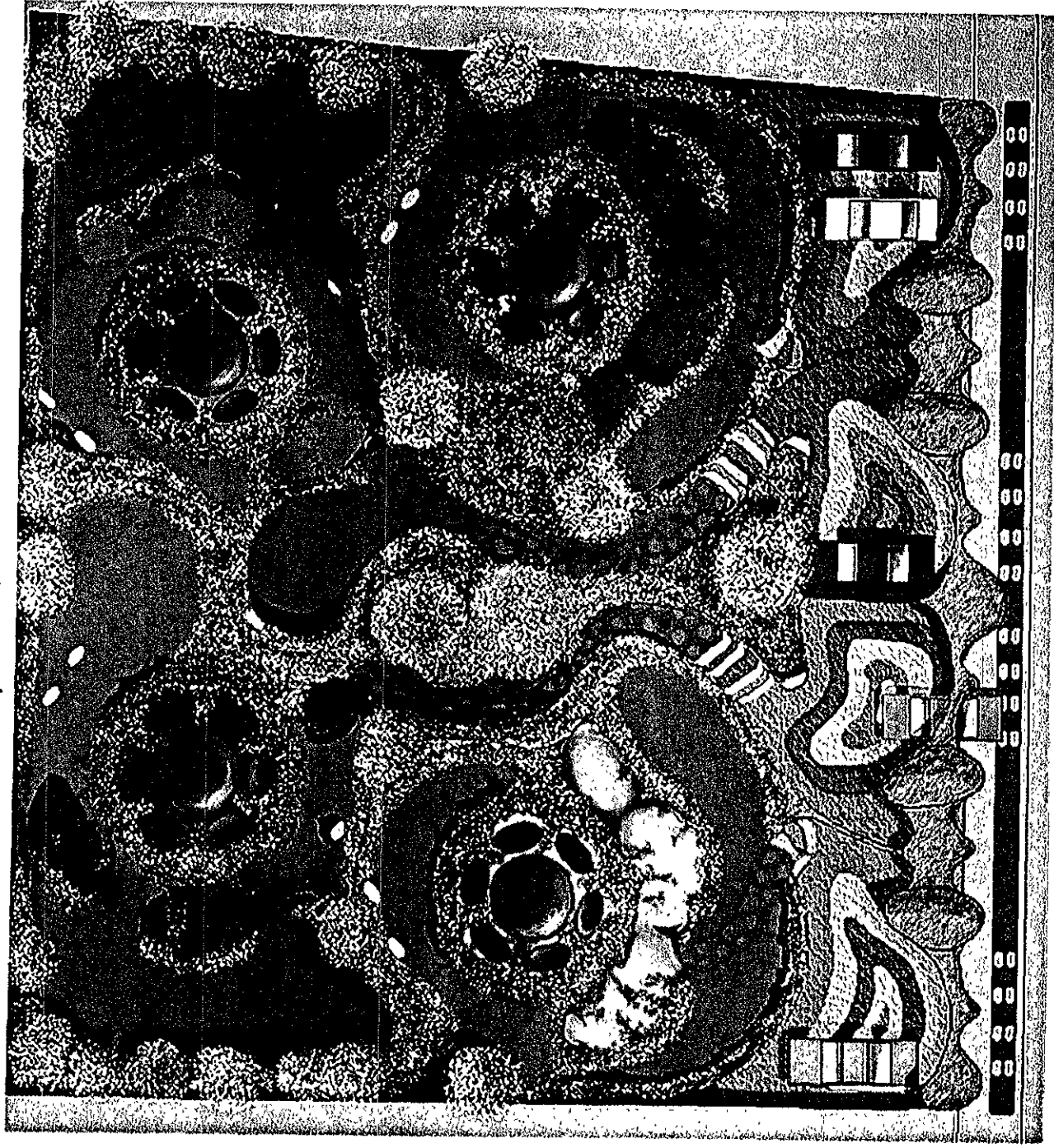


Planta arquitectónica casa tipo con jacuzzi y jardín interior al centro.



Planta arquitectónica casa tipo con sala al centro.

Planta de conjunto. Javier Senosiain, Luis Enríquez, México, 1995.



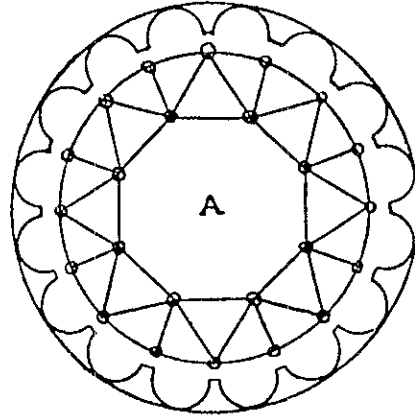


Fig. 136. Leonardo da Vinci: Planta de Santa Maria in Praticchia, Pavia.

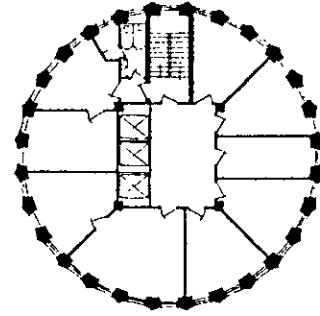


Fig. 88 Adolf Loos: Chicago Tribune Tower Competition, 1922 Planta.

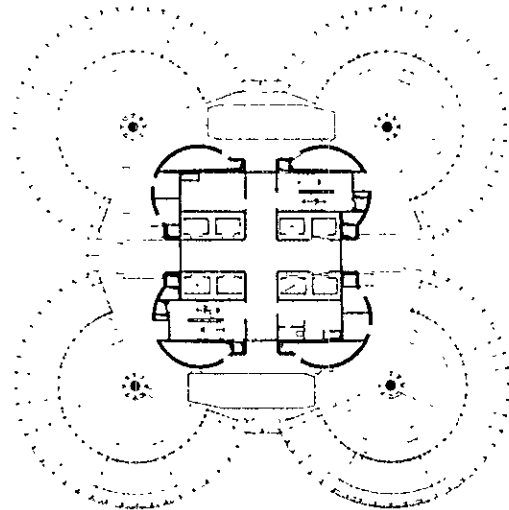


Fig 119. Karl Schwazer: Edificio de la BMW, Munich, 1969-1973.

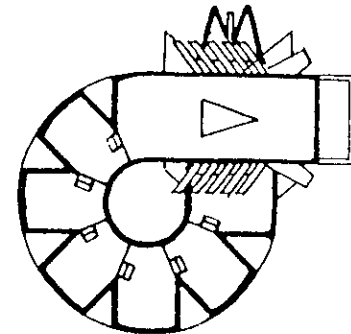


Fig. 92 Jōji Watenaba The Minesaki Hospital, Japón

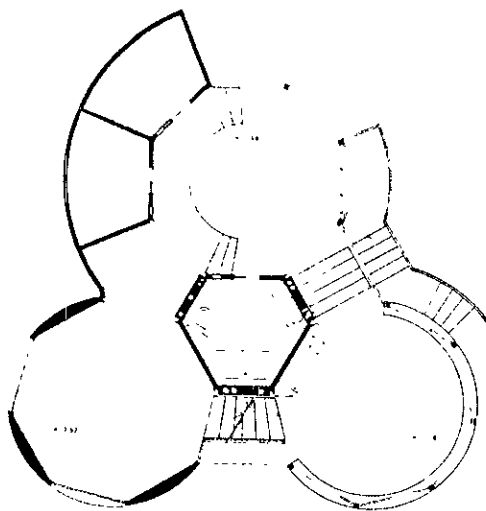


Fig. 114. Planta.

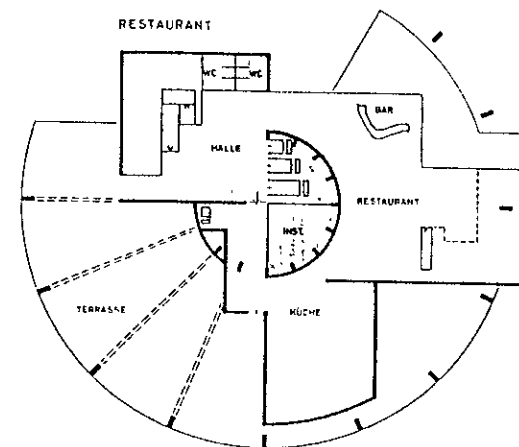


Fig. 82. Eugen Mugglin. Colina City, 1966.

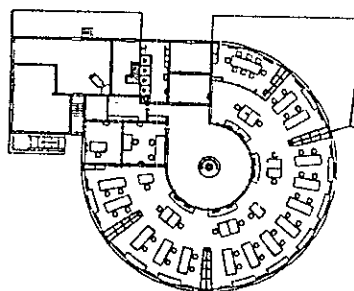


Fig 94. S. van Ravesteijn: Estación de mercancías de Rotterdam. Edificio de la administración.

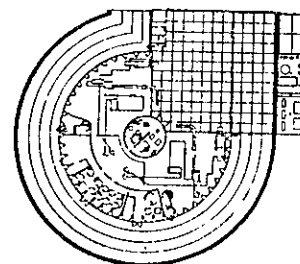


Fig. 95. Minoru Takeyama. Pepsi Cola Factory, Mikasa, 1972.

FÓRMULA DE FRACCIONAMIENTO:
 Altura = 1 (constante)

$S = \pi \cdot d \cdot h$ 1) Superficie Curv-Env. del Cilindro

$V = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h$ 2) Volumen del Cilindro

$D = \sqrt{\frac{4 \cdot v}{\pi \cdot h}}$ 3) Despejando el diámetro en 2

$\pi \cdot \left(\sqrt{\frac{4 \cdot v}{\pi \cdot h}} \right) \cdot h$ 4) Sustituyendo el diámetro en 1 - 3

$\left[\pi \cdot \left(\sqrt{\frac{4 \cdot v}{\pi \cdot h}} \right) \cdot h \right]_n$ 5) Agregando la variable n que es igual al número de fraccionamientos.

FÓRMULA DE FRACCIONAMIENTO:
 Altura = Diámetro

$S = \pi \cdot d^2$ 1) Superficie Curv-Env. del Cilindro

$V = \frac{\pi}{4} \cdot d^3$ 2) Volumen del Cilindro

$D = \left(\frac{4 \cdot v}{\pi} \right)^{\frac{1}{3}}$ 3) Despejando el diámetro en 2

$\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot v}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}}$ 4) Sustituyendo el diámetro en 1 - 3

$\left[\pi \cdot \left(\frac{4 \cdot v}{\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \right]_n$ 5) Agregando la variable n que es igual al número de fraccionamientos.

FÓRMULA DE FRACCIONAMIENTO: Área = 1 (constante)

$S = \pi \cdot d \cdot h$ 1) Superficie Curv-Env. del Cilindro

$V = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h$ 2) Volumen del Cilindro

$H = \frac{4 \cdot v}{\pi \cdot d^2}$ 3) Despejando la altura en 2

$\pi \cdot d \cdot \left(\frac{4 \cdot v}{\pi \cdot d^2} \right)$ 4) Sustituyendo la altura en 1 - 3

$D = \sqrt{\frac{4}{\pi}}$ 5) Cuando el área = 1

$\pi \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi}} \cdot \left[\frac{4 \cdot v}{\pi \cdot \left(\sqrt{\frac{4}{\pi}} \right)^2} \right]$ 6) Sustituyendo el diámetro 4 - 5

$\pi \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi}} \cdot \left(\frac{4 \cdot v}{4} \right)$ 7) Simplificando

$\left[\pi \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi}} \cdot \left(\frac{4 \cdot v}{4} \right) \right]_n$ 8) Agregando la variable n que es igual al número de fraccionamientos.
Se tomó ésta.

$\left[\pi \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi}} \cdot \left(\frac{v}{1} \right) \right]_n$ 9) Simplificando, pues V=H cuando A=1

FÓRMULAS de GEOMETRÍA DE PLANTAS ARQUITECTÓNICAS:
Circunferencia, Cuadrado y Rectángulo b/h = 4/1

$P = 2 \cdot \pi \cdot r$	1) Perímetro de la circunferencia	$P = 4 \cdot L$	1) Perímetro del cuadrado
$A = \pi \cdot r^2$	2) Área de la circunferencia	$A = L^2$	2) Área del cuadrado
$R = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$	3) Despejando el radio en 2	$L = \sqrt{A}$	3) Despejando el lado
$2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{A}{\pi}}$	4) Sustituyendo el radio en 1 - 3 Perímetro en función del área, Circunferencia	$4 \cdot \sqrt{A}$	4) Sustituyendo el lado en 1 - 3 Perímetro en función del área, Cuadrado

$L = \sqrt{A}$	1) Lado del cuadrado inscrito 4 veces
$P = (5 \cdot \sqrt{A}) \cdot 2$	2) Perímetro del rectángulo 4/1, dando el área del cuadrado inscrito 4 veces
$P = \left(5 \cdot \sqrt{\frac{A}{4}}\right) \cdot 2$	3) Perímetro en función del área, Rectángulo 4/1. Se tomó ésta.
$P = 10 \cdot \sqrt{\frac{A}{4}}$	4) Simplificando

NOTA: Las demás fórmulas expuestas en el trabajo se deducen de éstas.