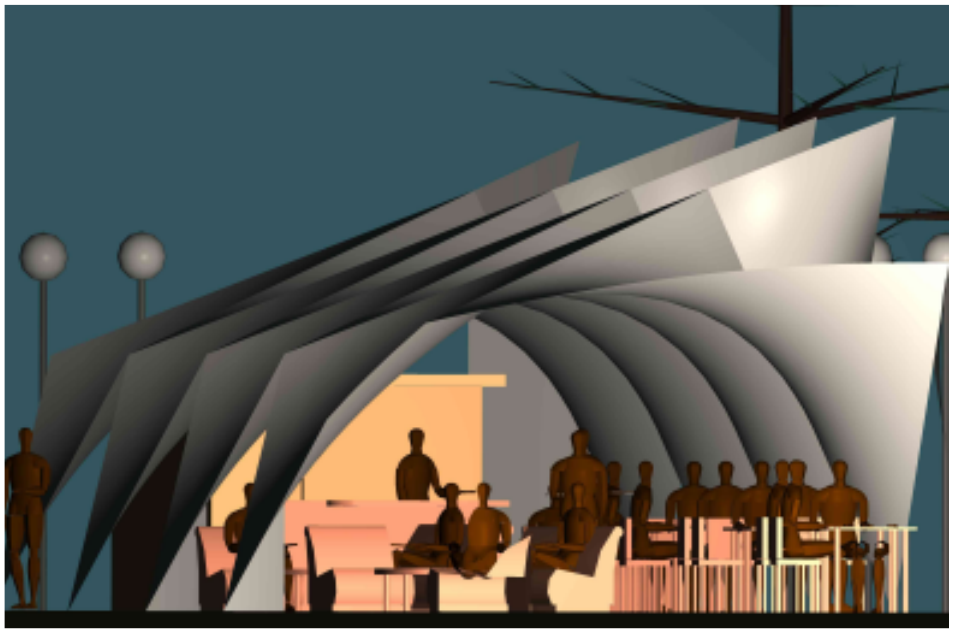
Envolventes Regladas

Nuevos lenguajes arquitectónicos regionales

-Extracto de difusión, 3º edición-



arqto. David Enrique Bono, ing. Civil David Bono

david_e_bono@yahoo.com - david_e_bono@argentina.com.ar

marzo de 2009, Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina, Sudamérica.

Envolventes_Regladas.pdf

Extracto de difusión, ilustrado con prototipos y proyectos de nuestra autoría mas notas y textos de la tercera edición del libro:

"Membranas Elásticas Pretraccionadas en la Arquitectura"; Cálculo, Fundamentos Generales, Aplicaciones" 3º edición, autores: ing. Civil David Bono, arqto. David Enrique Bono, febrero de 2008, ISBN:978-987-05-3645-1 Editorial Jano

Este extracto tiene la intención de desarrollar y diversificar un pensamiento crítico y autónomo sobre ésta naciente línea de diseño, pudiendo contactarnos también en: david_e_bono@yahoo.com david_e_bono@argentina.com.ar

Arqto. David Enique Bono.-
agosto de 2008, Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina, Sudamérica.-

Índice:

Temática.....2
Introducción esquemática.....3
Definición envolvente reglada.....4
Diseño Estructural.....4
Bioclima.....7
Diseño de la masa de la envolvente.....8
Geometría.....9
Método Constructivo.....10
Morfología.....11
Lenguaje arquitectónico contemporáneo.....15
Consideraciones finales.....15

Temática:

Con este nuevo extracto de difusión, presentamos la 3º edición de nuestro libro revisada y aumentada. Mantenemos la organización en dos secciones:

· La primera donde se desarrolla la teoría de cálculo con modelos y ensayos didácticos de las "membranas elásticas pretraccionadas" y una variante teórica que denominamos "membranas duras"
· La segunda sección, donde exponemos un conjunto de notas complementarias de índole arquitectónica y constructiva esbozando una línea teórica de diseño.

Integrando todo el desarrollo proponemos la definición de una nueva tipología estructural-arquitectónica que denominamos:

"Envolventes Regladas"

Concluyendo finalmente en que la aplicación de esta nueva entidad figurativa promueve una renovación racional y sustentable del lenguaje arquitectónico contemporáneo regional.

Introducción esquemática:

En la segunda mitad del siglo XIX, ya vienen surgiendo vanguardias sociales, tecnológicas y artísticas que cuestionan la realidad. En pintura, se produce una ruptura con la tradición, es decir con los métodos de composición, el tema y mas específicamente con la academia:

...“el impresionismo problematiza de esta manera lo que es un asunto central de la pintura: la percepción de la realidad y su imagen. Antes que ninguna otra cosa, un cuadro es una forma especifica de percibir e imaginar el mundo[31]”...

...”En síntesis, cabe decir que se pensaba y se piensa en el impresionismo como aquel movimiento que ha dado a luz la nueva figura del artista, la vanguardia, y la nueva libertad de lenguaje plástico que se precisa para construir un lenguaje nuevo[31]”...

Estos movimientos y tendencias van construyendo el pensamiento moderno donde:

...”El lenguaje deja de ser el instrumento con el que un sujeto habla del mundo, abre él mismo el mundo y es mediador necesario y condición de cualquier experiencia y conocimiento[2]”...

A mediados del siglo XIX, el nivel de desarrollo de “la matemática y la geometría” como lenguaje lógico-racional consolida una nueva percepción de la realidad y se diversifica buscando y desarrollando sus propios métodos de experimentación y de representación. Entre ellos, está la geometría no euclidiana, de ella surgen las superficies regladas deducidas por Carl Friederich Gauss (1772-1860) como el helicoide, el hiperboloide de una hoja y el paraboloide hiperbólico augurando una renovación del espacio arquitectónico al transfigurar su envolvente.

Desde entonces se viene experimentando con ellas, conformando un corriente que algunos historiadores denominan estructuralista agrupando en él desarrollos y representaciones influenciadas por este lenguaje lógico-racional. En algunos casos con técnicas y tecnologías originadas en: la revolución industrial, en la nueva ingeniería estructural y en cierta morfología geométrica afín, calificándolas en las distintas épocas como arquitectura de vanguardia.

Tratando de comprender éste movimiento, con el fin de aplicarlo con sentido arquitectónico, surgieron:

un reducido grupo de maestros que participaron e influyeron con su obra teórica y construida en las distintas vanguardias de los últimos 150 años;

un análisis crítico de los obstáculos y prejuicios que los condicionaron y el vínculo entre estas vanguardias arquitectónicas y las renovaciones tecnológicas: desde los mampuestos de piedra de Antonio Gaudí (1852-1926), las estructuras cáscaras de hormigón armado del ing. Eduardo Torrojas (1899-1961) y el arq. Félix Candela (1910-1997), las estructuras de ferrocemento de Pier Luigi Nervi (1891-1979) y las membranas pretensionadas de Otto Frei en materiales sintéticos.

ENVOLVENTES REGLADAS:

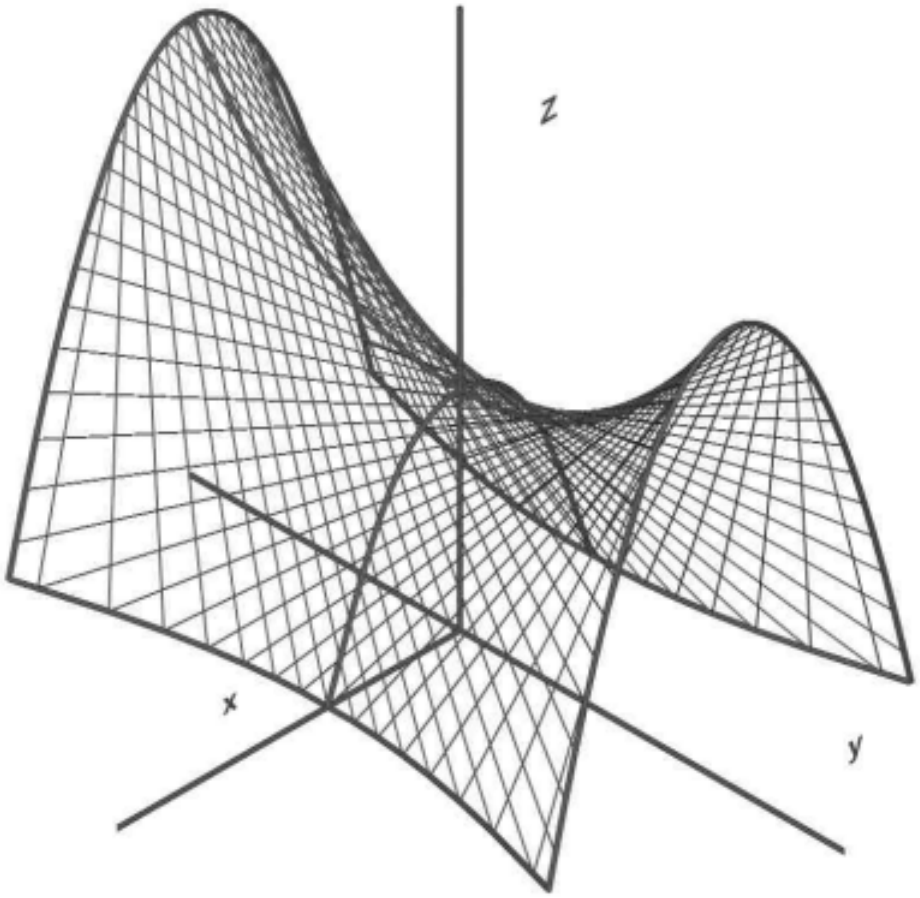
Asociando el estudio anterior con los condicionantes geométricos estructurales de las membranas pretraccionadas desarrollamos un nuevo tipo estructural-arquitectónico: que denominamos genéricamente **"envolventes regladas"** y definimos como:

"superficies regladas con dos familias de generatrices rectas (planas y gausas) trabajando como membrana elástica pretraccionada, siendo conocido el comportamiento elástico de su material constitutivo; actuando como: diferenciante, configuradora y reguladora del espacio arquitectónico".

Diseño Estructural:

Según el criterio de cálculo distinguimos: las **"cáscaras"** (ver: Las estructuras de Candela" Collin Faber), las **"membranas pretensionadas"** (ver: "Cubiertas Colgantes" Frei Otto) y las **"membranas pretraccionadas".**

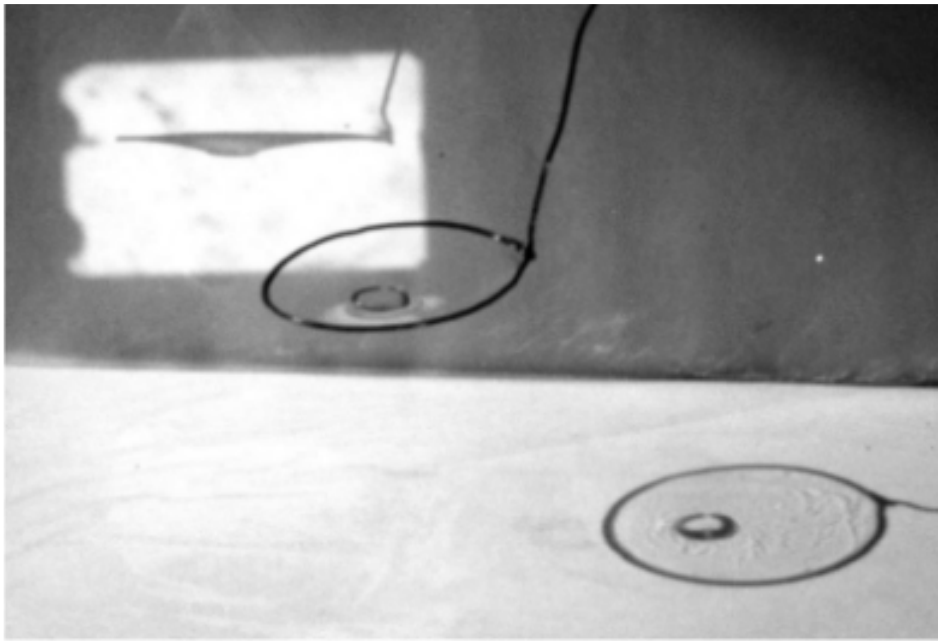
En el caso del paraboloide hiperbólico de la imagen las dos primeras desarrollan el cálculo en función de sus directrices curvas, en nuestro caso las "membranas pretraccionadas" el cálculo se desarrolla en función de sus generatrices rectas.



Esquemáticamente podemos decir que estas membranas pretraccionadas con dos familias de generatrices rectas construidas con materiales de comportamiento elástico conocido al ser cargadas se deforman elásticamente generando tensiones superficiales de tracción que necesariamente deben ser admisibles (ley de Hooke).

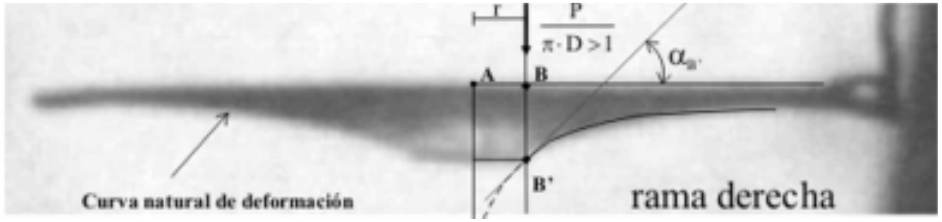
Membrana elástica, modelo natural con carga concentrada:

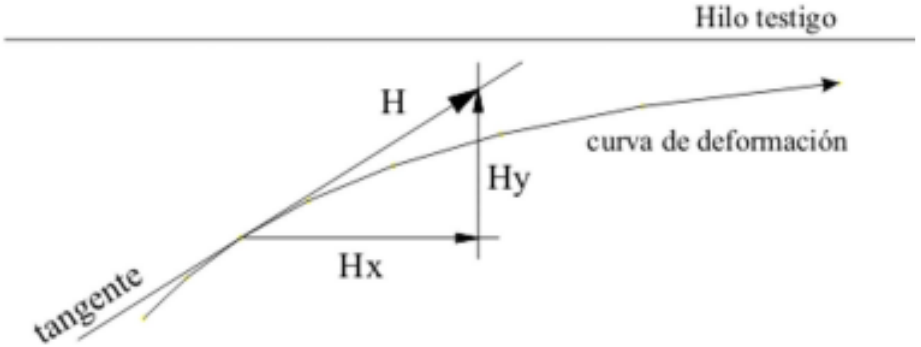
Pompa de jabón glicerina y agua cargada con un



anillo discontinuo de alambre fino.

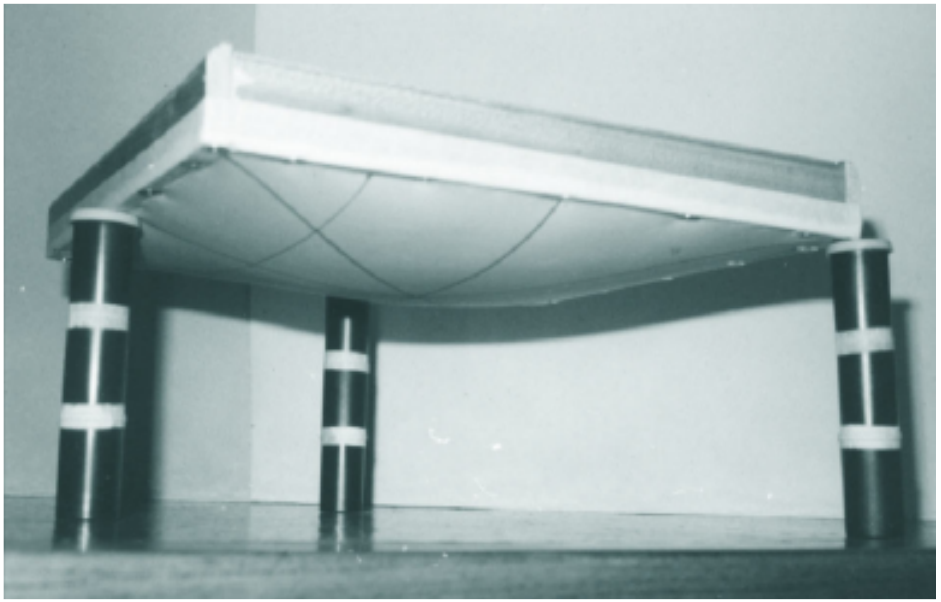
Detalle, vista frontal modelo natural deformado elásticamente por acción de la carga del anillo:



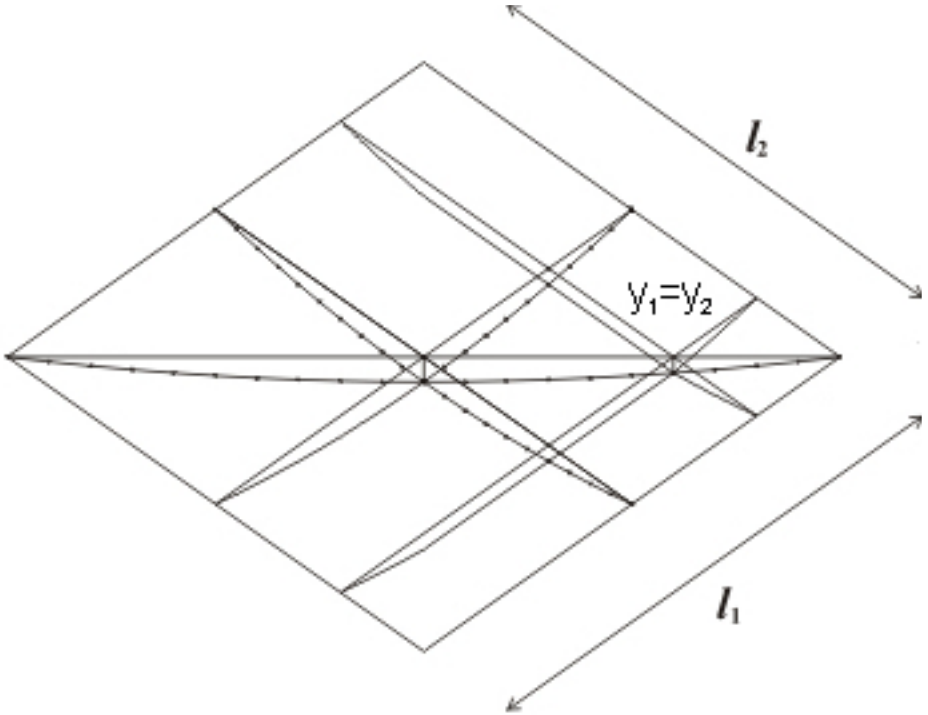


La acción de la fuerza H es tangencial a la curva de deformación.

Membrana elástica, modelo artificial, cargas uniformemente distribuidas:



Tela elástica (lycra) fijada a un marco de madera cargada con una capa de arena de espesor uniforme.



Se demuestra que necesariamente $y_1 = y_2$ -descenso por deformación del punto M de intersección de dos generatrices- a través de la **ley de distribución de q variable**

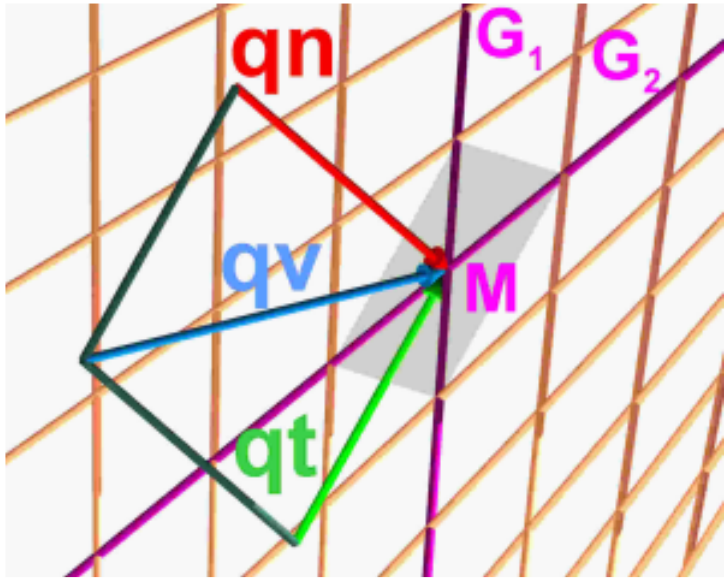
A pesar de la compleja demostración matemática (contenida en la publicación) se demuestra la relación univoca entre las cargas y la fuerza de tracción H, siendo su aplicación práctica y sencilla.

El vector H de magnitud y sentido conocido, cuya dirección prácticamente coincide con cada generatriz recta de la superficie reglada carga la barra de borde. Conocidas las cargas en las barras de borde podemos dimensionar el resto de la estructura.

Acción del Viento:

El vector qv aplicado en el punto M de la superficie reglada de doble curvatura se descompone en una componente normal qn (acción que carga en el punto M a las dos generatrices de la membrana) y una componente qt tangencial en el punto M a la membrana que no la afecta.

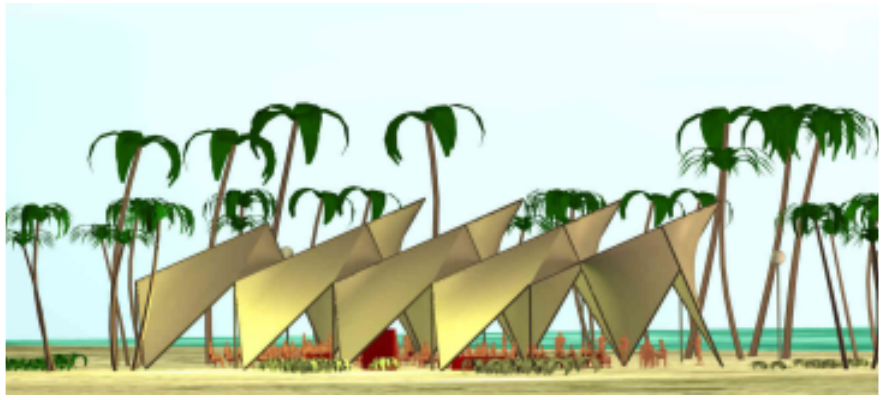
Esta componente qt está contenida en el plano generado por la intersección de las dos generatrices rectas (G_1 y G_2), siendo qn normal a este plano.

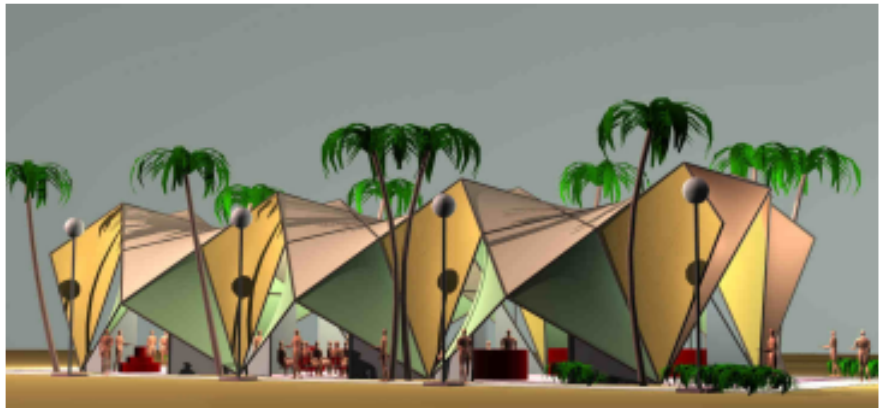


La acción qv del viento es máxima en un punto M de la superficie reglada de doble curvatura (qv=qn) reduciéndose proporcionalmente en el resto de los puntos M de la superficie en función del ángulo de incidencia que responde a la curvatura de sus directrices

Envolventes aerodinámicas:

En regiones con tornados y huracanes el diseño de envolventes con doble curvatura se basa en oponer la menor resistencia posible al desplazamiento de esas grandes masas de aire, en direcciones probables (vientos dominantes).





Desde el diseño, si ajustamos la curvatura de las directrices de la envolvente (parábolas, hipérbolas, etc.) podemos reducir la cantidad de área expuesta a la acción del viento normal y aproximadamente normal a ésta (qv = qn y qv ≈ qn) , en forma semejante al diseño del casco de un barco donde el objetivo es reducir la resistencia que ofrece la masa de agua al desplazamiento del barco.

Bioclima, la envolvente como artefacto acondicionador:

El diseño bioclimático[14], organiza en zonas bioambientales un complejo conjunto de variables cíclicas climáticas integrables al diseño de envolventes sustentables para cada zona.

En esencia en cada "zona bioambiental", una edificación que alberga actividades humanas previstas, necesita una envolvente y un volumen de aire interno especifico para desarrollar esas actividades en condiciones de confort óptimo sustentado mayoritariamente con energías renovables disponibles en la zona.

En el caso de la energía solar, esquemáticamente podemos decir que:

..."la energía solar que recibe cada metro cuadrado de envolvente acondiciona una cantidad de metros cúbicos de aire interior donde se albergan las actividades humanas"...

Es sabido que en cada zona bioambiental: por estación (entre equinoccios y solsticios) y por región (latitud, longitud y altura con respecto al mar) hay una acotada cantidad de energía solar disponible para cada ciclo diario de carga y descarga de la masa de la envolvente.

Dado que el aire interior tiene poca masa propia, la cantidad de energía necesaria para ajustar su temperatura a niveles de confort es pequeña y proporcional a una cierta cantidad de masa acumuladora en la envolvente.

Este proceso de acumular y acondicionar involucra la transferencia (por radiación conducción y convección) de ciertas cantidades de energía en el tiempo entre la fuente energética, la masa acumuladora y el aire interno.

En función de estos conceptos:

"Definimos como masa necesaria de la envolvente: aquella cantidad mínima necesaria para obtener la máxima eficiencia acondicionadora diaria regional, para todo el ciclo anual".

Implícitamente el equilibrio de este delicado proceso al igual que el hombre no es compatible con el hacinamiento o con sobrecargas térmicas imprevistas (como sobrepoblación de actividades albergadas, incorporación de cargas energéticas adicionales, nuevas sombras arrojadas, etc).

Diseño de la masa de la envolvente:

Es necesario recalcar que en cada ciclo diario disponemos de una limitada cantidad de energía solar por radiación durante un acotado número de horas (en función del ángulo de incidencia, la orientación, la fecha del año, sombras arrojadas sobre la envolvente, etc.).

Sólo una parte de la energía recibida por la envolvente es acumulada transitoriamente en su masa durante el proceso de transferencia al aire interior en cada ciclo diario.

Algunas de las variables y procesos que nos permitirán diseñar la masa de envolvente son:

El coeficiente K, que expresa la Conductancia Térmica:

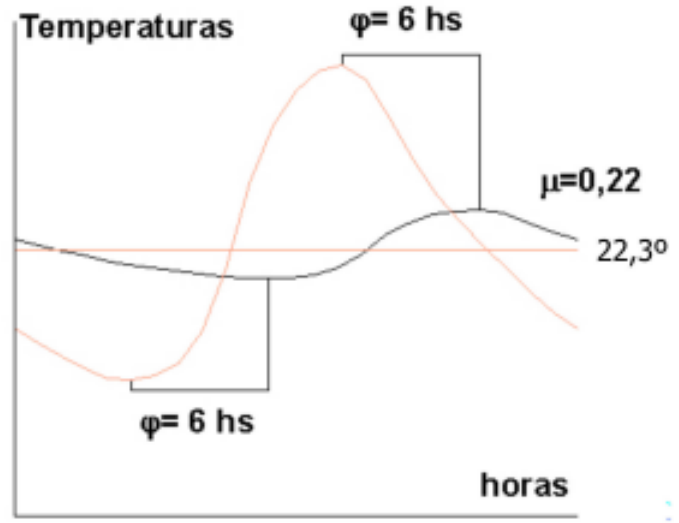
[kcal / m2 · h · º C] ó [w / m2 · º C].

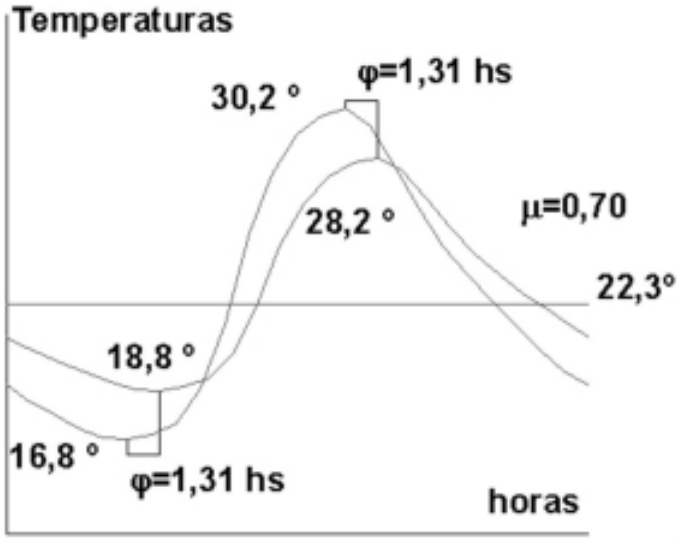
A mayor peso específico del material mejor conducción de la energía a través de su masa (o su equivalente menor aislamiento térmico), entonces:

Para la misma cantidad de energía, a mayor espesor es necesario que transcurra mas tiempo para transferirla de una cara de la envolvente a la otra cara.

Para la misma cantidad de energía, a mayor diferencia de temperatura entre una cara de la envolvente y la otra cara tendremos mayor intensidad en la transferencia de la energía por unidad de tiempo.

Simplificadamente diremos que en función de la difusividad del material evaluamos ese tiempo de transferencia como un desfasaje entre ciclos (o tiempo de retardo φ) y que evaluamos esa intensidad como una diferencia de amplitud entre ciclos (amortiguamiento μ)





Según el gráfico, bajo la acción de la radiación solar las envolventes con **grandes masas** (peso específico - espesor) tendrán un gran desfasaje entre ciclos (retardo) y poco amortiguamiento (poca amplitud) generando temperaturas medias internas coincidentes con las temperaturas medias externas. Si están involucradas grandes masas, proporcionalmente, van ha ser necesarias grandes cantidades de energía para que el fenómeno físico de transferencia se manifieste acondicionando el aire interior, en el tiempo.

Según el gráfico bajo la acción de la radiación solar las envolventes con **poca masa** (peso específico - espesor) tendrán poco desfasaje entre ciclos (retardo) y mayor amortiguamiento (mayor amplitud) generando temperaturas internas que tienden hacia las temperaturas externas. Es decir que involucrando pequeñas cantidades de energía, la transferencia se manifestará en el aire interior en muy poco tiempo.

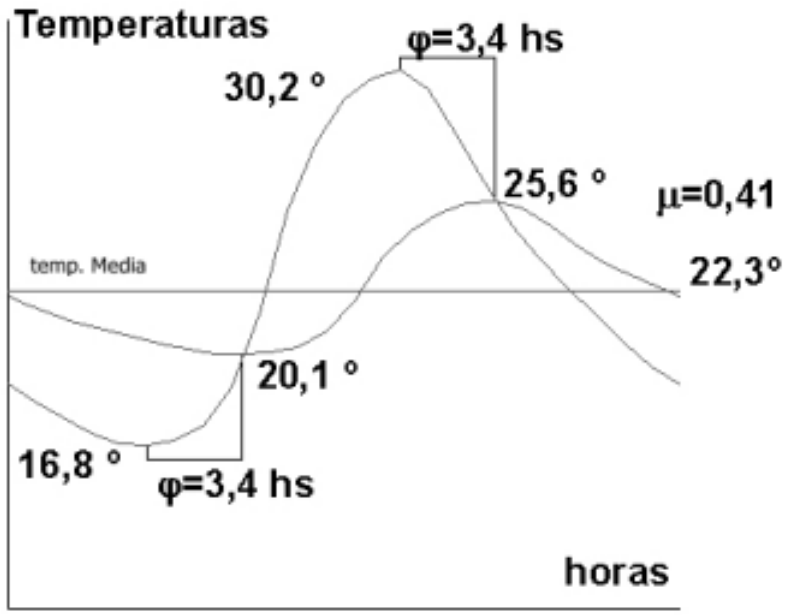
En ambas envolventes, tanto los excesos como los déficit de radiación solar restringen su capacidad acondicionadora.

Este hecho, en envolventes con exceso de masa puede llegar a afectar el ciclo siguiente por sobrecalentamiento o sobreenfriamiento de la misma.

En esos casos al tratar de acondicionar el aire interno con energía convencional una parte considerable de esa energía es "consumida" por la envolvente (en forma de perdidas de energía al exterior, con o sin acumulación en su masa).

Entonces, como:

"estrategia regional de aprovechamiento energético, proponemos el desarrollo de envolventes con la cantidad de masa necesaria para acondicionar anualmente, con gran aislamiento térmico y moderado amortiguamiento".



Finalmente distinguimos como **"masa interna"** a la cantidad de masa distribuida en el conjunto de muros divisorios, entrepisos y contrapisos. La energía acumulada en ella genera una inercia térmica que condiciona la entrada y salida de régimen térmico del edificio, modera las transiciones durante el transcurso del ciclo diario y "acumula transitoriamente" parte de la energía convencional destinada al acondicionamiento artificial del aire interno.

.....

Cada sistema constructivo-estructural a priori fija una cantidad de masa en la envolvente, condiciona el volumen de aire interior donde se desarrollarán las actividades (luces estructurales recomendadas), el nivel de aislación acústica, etc. Es frecuente que haya que corregir su desempeño acondicionador con aislamiento térmico adicional y con equipos de calefacción - refrigeración para alcanzar el confort con altos costos: iniciales, de funcionamiento, etc.

Acorde con principios de sustentabilidad, el desarrollo diversificado de nuevas tecnologías y la creciente industrialización de los componentes de la envolvente, proponemos su ordenamiento por capas específicas:

- **Terminación superficial externa, Aislamiento hidrófugo y Ruptura del puente térmico**
- **Membrana estructural, Aislamiento térmico, Aislamiento acústico, (Masa necesaria)**
- **Terminación superficial interna**

La eficiencia estructural de las membranas elásticas pretraccionadas -con poca masa propia en función estructural- permiten abarcar mayor número de zonas bioambientales (ajustando la cantidad de masa y su distribución en función de la captación de la energía, en función sismorresistente, por requerimientos de niveles de aislación acústica, etc.)

La especificidad de las capas, hace que sus componentes como las terminaciones superficiales, el aislamiento térmico y los suplementos para aumentar la cantidad de masa participen en distinto grado en la mayoría de las zonas bioambientales racionalizando su producción industrializada abarcando varias zonas a nivel nacional .

Finalmente al seleccionar materiales compatibles entre sí que promocionan su recuperación, reutilización, reciclaje e industrialización con bajo o nulo impacto ambiental estamos recreando un contexto donde la industrialización del hormigón alveolar, los laminados de PVC (compacto, esponjado) u otros materiales sintéticos y naturales pasan a ser sustentables a costos razonables, incluso competitivos frente a otros materiales críticos como la madera, el poliestireno expandido, etc.
.....

Estas practicas acompañadas de políticas participativas de inclusión social diversifican la producción regional sustentable completando de esta manera su viabilidad y factibilidad en el tiempo.

En síntesis, desde un enfoque técnico integral de todo el ciclo económico (costos directos e indirectos, impacto socio-ambiental, etc. en el tiempo):

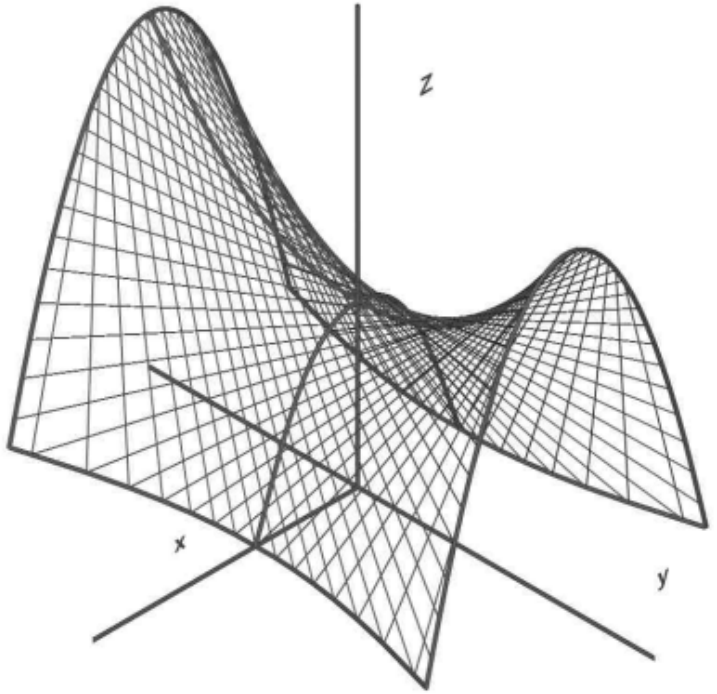
“estamos diseñando para encuadrarnos en regímenes de equilibrio o acción que favorezcan la economía de recursos y energía con inclusión social sustentable en el tiempo”

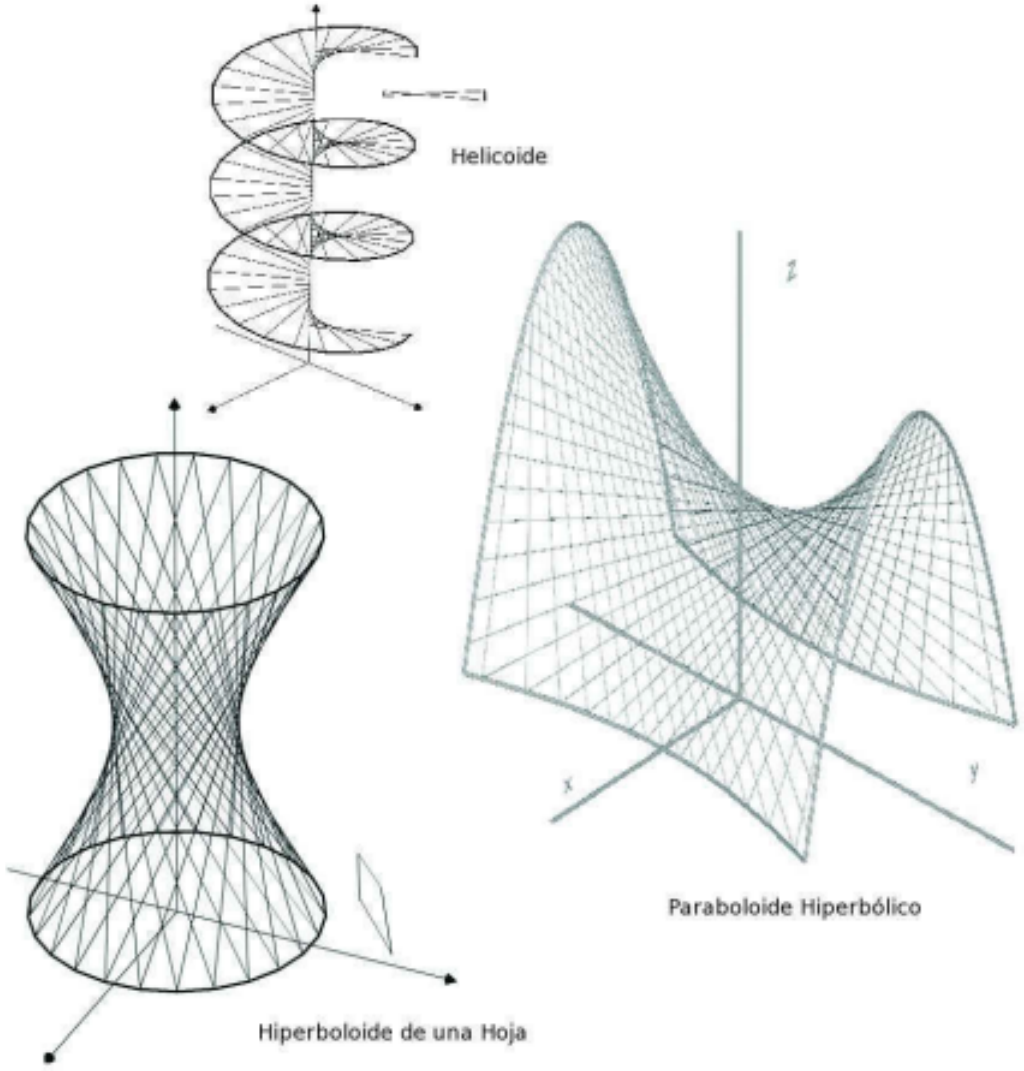
Geometría:

En las imágenes siguientes se pueden apreciar contenidas en su superficie no desarrollable las dos familias de generatrices rectilíneas de: un paraboloide hiperbólico, un hiperboloide de una hoja y un helicoide. Cada una de estas superficies han sido limitadas en sus bordes siguiendo sus directrices curvas.

Obviamos graficar una superficie plana desarrollable, que también contiene en su superficie dos familias de generatrices rectilíneas.

Independientemente del tipo y grado de curvatura de las directrices todas estas superficies tienen en común las dos familias de generatrices rectilíneas.





Método Constructivo, el camino de las membranas pretraccionadas:

El interés por una organización estructural de barras y cuerdas en el espacio surge por la universalidad y simplificación estructural-constructiva que promueve a la hora de "imaginar" y "realizar" la superficie de una envolvente reglada.

Cuatro barras unidas consecutivamente por sus extremos, limitan una superficie que puede ser plana (vértices coplanares) o bien una superficie de doble curvatura "reglada" si uno de los vértices no pertenece al plano definido por los otros tres.

En ambos casos la superficie se materializa: con una "membrana continua trabajando a tracción" o su equivalente una "red de cuerdas pretraccionadas" mas una cubierta fijada a esas cuerdas.

En el caso de las redes pretraccionadas, las cuerdas coincidentes con las generatrices rectas que definen la superficie, no necesitan ser fijadas en las intersecciones entre ellas y sólo deben entrelazarse para que frente a cargas normales a la superficie reaccionen solidariamente todas ellas. La cubierta sólo distribuye y transfiere esos esfuerzos normales en las cuerdas.

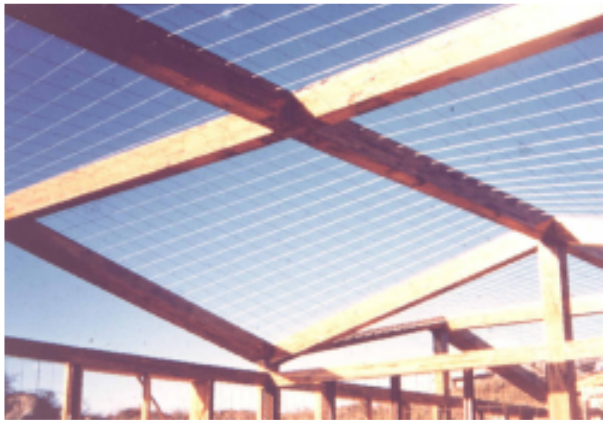
EL desarrollo del análisis del cálculo demuestra la relación univoca entre las cargas y las fuerzas de tracción H.

Morfología:

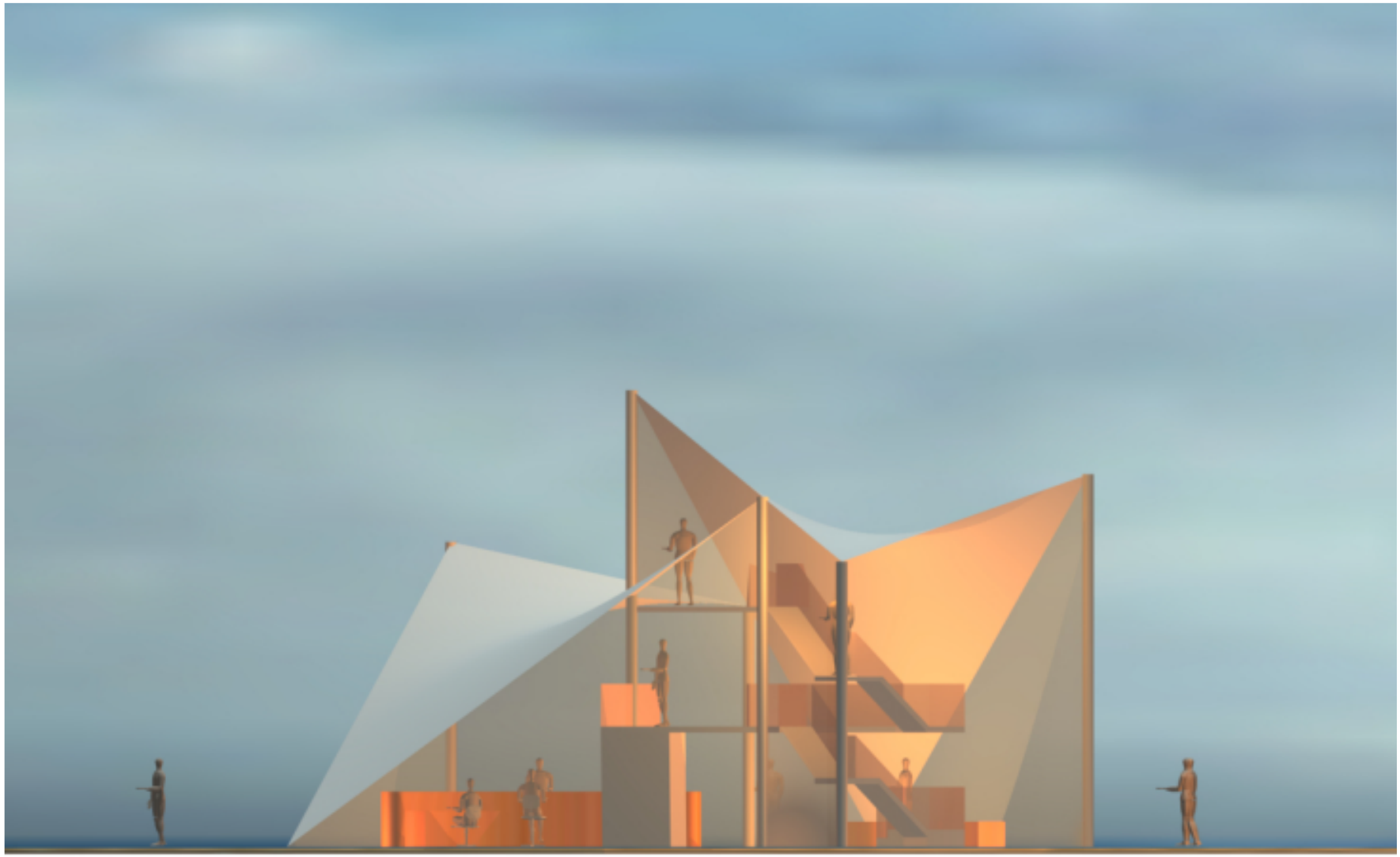
Al diseñar podemos poner énfasis en: el marco estructural conformado con las barras estructurales (1º generación), en las cualidades estéticas de la superficie contenida variando su marco estructural (2º generación) o bien configurar cualidades estético-morfológicas uniendo parcelas de superficies, sobre las cuales a partir de sus generatrices y uniones deduciremos las barras del conjunto estructural (3º generación). Obviamente estas modalidades de generación son complementarias entre sí.

Las fotografías e imágenes del extracto proponen un recorrido que nace en las envolventes regladas construidas para la vivienda de interés y promoción social (16 m^2 cubiertos / habitante), la vivienda Unifamiliar (175 m^2 cubiertos) y diseños con los que participamos en distintos concursos. Su singularidad es una aproximación al ya citado potencial figurativo (tridimensional, temporal, regional) de las envolventes regladas.

1º generación:



2º generación:

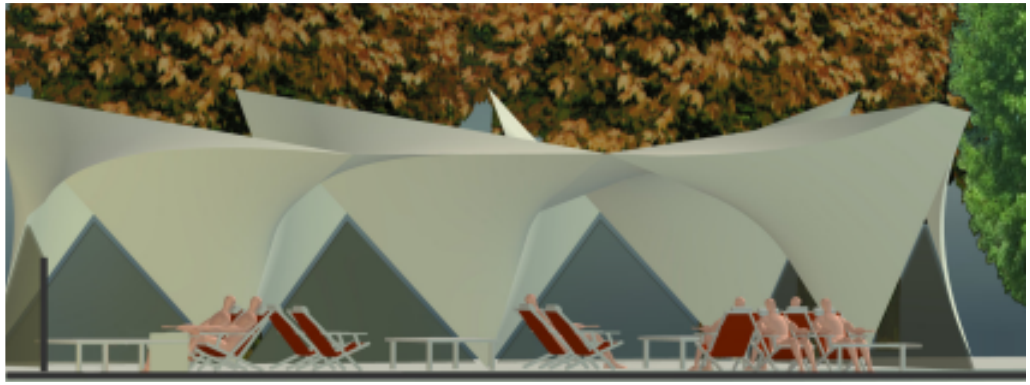


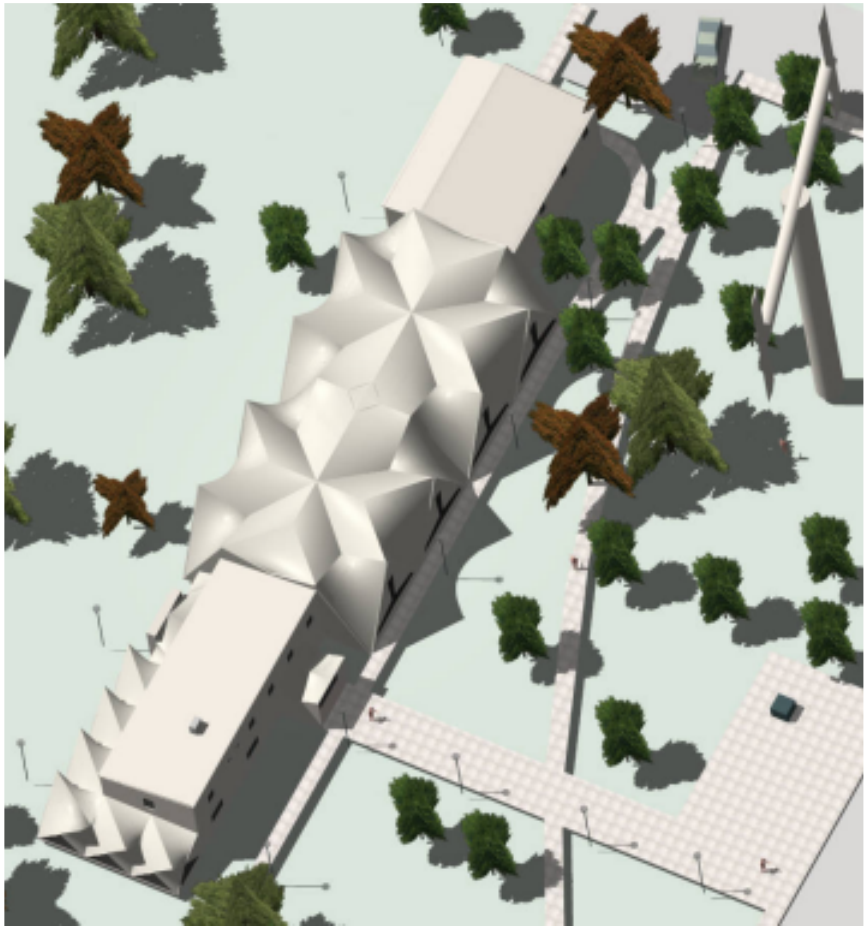
3º generación:

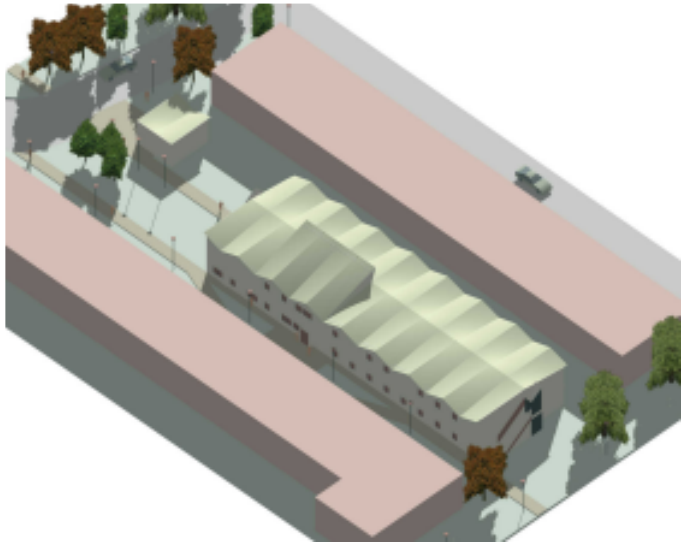
En la imagen se presenta el despiece del ejemplo de 3º generación, su estructura esta compuesta por barras internas y barras en las uniones de las parcelas: con eje recto, eje curvo en el plano y eje curvo en el espacio. Se puede identificar el tipo de superficie de cada parcela comparándolas con la imagen del párrafo de geometría.

Anteproyecto para el Concurso de ampliación del Instituto Balseiro:

Este ejemplo de una biblioteca y un laboratorio experimental de mediana complejidad esta desarrollado integramente en memoria_descriptiva_balseiro.pdf y anteproyecto_balseiro_paneles.pdf . El mismo se puede descargar en: http://ar.geocities.com/david_e_bono







Lenguaje arquitectónico contemporáneo:

Si bien las envolventes regladas implican una renovación morfológica al prefigurar entidades arquitectónicas, es indispensable previamente reconocer la diversidad constitutiva de la realidad y sus configuraciones culturales regionales entendiendo que:

..."la envolvente tiene valor como entidad figurativa arquitectónica sólo si conforma escenarios de magnitud comunitaria donde el sujeto exista temporalmente; es decir donde el sujeto habite prefigurando, configurando y transfigurando su hábitat temporal cíclicamente (sitio y ritual en el tiempo[6])

. Entonces, si:

..."la imagen viene de la realidad"(Antonio Gaudí) ....

..."el lenguaje deja de ser un instrumento con el que el sujeto habla del mundo, abre él mismo el mundo, es un mediador necesario y condición de cualquier experiencia y conocimiento" (Baleriano Bozal [2])...

Consideraciones finales:

Lejos de agotar el tema, podemos decir que la integración técnica en la envolvente de: estructuras aerodinámicas sismorresistentes de membranas elásticas pretraccionadas, de masa necesaria sustentable, mas las alternativas morfológicas de las superficies regladas implican:

"una nueva imagen regional de la realidad".

Concluyendo que en la recreación cíclica del lenguaje arquitectónico contemporáneo regional es necesaria una mediación racional, ética y estética que promocione el desarrollo inclusivo, sustentable, ecológico y económico del colectivo social, como vanguardia de un futuro deseable.

Citas:

31- pág. 23 a 30 El arte del siglo XX La construcción de la vanguardia 1850-1839, Valeriano Bozal ISBN 84-229-0225-7 primera edición 1978.
2-Baleriano Bozal, pág. 20, tomo II de "Historia de las ideas estéticas y de las teorías artísticas contemporáneas" 2000. ISBN: 84-7774-699-0.
6- arqto. Bruno Chuk tesis doctoral "Semiótica narrativa del Espacio Arquitectónico" Editorial Nobuko 2005. ISBN 987-1135-97-1.
14-"Diseño Bioclimático de viviendas" Arq. Laura Collet, Arq. Arturo Maristany y Arq. Leandra Abadía, facultad nacional de Arquitectura, Córdoba, Argentina

Referentes:

1-arqto. Cesar Augusto Naselli, "La Figuración de la Envolvente en la Arquitectura", Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 1982
4-arqto. Eduardo Catalano, "La Constante, Diálogos sobre estructura y espacio en arquitectura" Coeditores Editorial Universitaria de Buenos Aires S.E.M y Cambridge Architectural Press ISBN 0-937999-01-6.