



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

DISEÑO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES PLEGABLES EN LAS CUBIERTAS LIGERAS TENSADAS.

FOLDING DESIGN STRUCTURAL SYSTEMS IN THE INNER LIGHT TENSIONED.

Dr. Carlos César Morales Guzmán¹.

RESUMEN

El desarrollo de esta estructura se llevó a cabo por la investigación experimental de una geometría orgánica en la arquitectura, por consecuencia se tomó como referencia la geometría fractal, ya que esta ayudaba a formar un sistema flexible y adaptable, en la naturaleza existen estructuras versátiles que se adaptan a contextos muy variables, observando dicho concepto se materializa con la aplicación de una estructura ligera y retráctil, con ello también observamos que la generación de dicho sistema puede construirse de manera muy rápida si le incluimos la capacidad de plegarse, por esa razón para sustentar este prototipo se tuvo como referentes directos el teatro ambulante del Arq. Emilio Pérez Piñero, el cual se basa también en el principio de una estructura plegable, pero el prototipo propuesto mejora la eficiencia de uniones, ya que en nuestra estructura se mejora la fijación con los miembros de contra venteo, generando un nodo más articulado y unificado que ayuda a absorber las presiones y succiones del viento en ambas caras de la estructura, dándole mayor estabilidad y equilibrio al sistema estructural, la utilidad de esta estructura puede tener muchas funciones arquitectónicas, como exposiciones, cubierta de auditorio y eventos de distintas índoles en donde se requiera un espacio de gran claro, el claro efectivo de dicha estructura transversalmente es de 25 m por 27 m de longitud, tiene un peralte efectivo de 2 m, el cual trabaja como una armadura de alma abierta circular, se realizó dicho prototipo experimentalmente con Acero A36 denominación Europea S235, sus nodos se elaboraron siguiendo el diseño de conexiones biarticulados para que tuviera la mayor flexibilidad posible, con el mismo material son los miembros, el manto que se aloja en la parte inferior de la cubierta “Velaría” se propuso con una membrana Serge Ferrari-Fluitop-T2-1002, con una resistencia de RK(daN/5cm) 420/420, módulo de elasticidad (t/m) 50/50, de color rojo, lo más sobresaliente en el diseño de este prototipo fueron los detalles constructivos ya que siendo una estructura de segundo orden, el cual entra en plasticidad por lo delgado que es el espesor de su material, se compensa con el pretensado que tiene en sus uniones, ya que esto equilibran la tracción y compresión que se genera en dicho manto, este efecto ayudado por el diseño de los accesorios articulados en dichos detalles, por último cabe mencionarse que el modelo solo está parcialmente terminado, ya que la segunda parte de este modelo en conjunto está conformado por dos grandes geodésicas rebajadas retráctiles que le dan la figura orgánica final del proyecto.

ABSTRAC.

The development of this structure was carried out by the experimental investigation of an organic geometry in architecture, consequently was taken as reference fractal geometry, as this helped to form a flexible and adaptable in nature are versatile structures that adapt to highly variable contexts

¹ Profesor-Investigador, TC, (Titular “C”), Universidad Veracruzana.
E-mail: k_the_best@hotmail.com.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

, noting that concept is realized with the application of a light and retractable structure , thereby also note that the generation of this system can be built very quickly if we included the ability to fold , for that reason support this prototype was to direct the traveling theater concerning the architect Emilio Pérez Piñero , which is also based on the principle of a folding structure , but the proposed prototype improves the efficiency of joints , as in our structure is improved fixation with members to vent , creating a more structured and unified node which helps absorb the pressure and suction wind on both sides of the structure , giving greater stability and balance to the structural system , the usefulness of this structure may have many architectural features, exhibitions , indoor auditorium and events of various kinds in which a large clear space is required, a clear cash transversely of said structure is 25 m by 27 m in length, has an effective cant 2m , which works as soul armor open circular the prototype was performed experimentally Steel A36 S235 European name , its nodes were developed following the design of bi-articulated connections to have the maximum flexibility , with the same material are the member , who stays mantle in the bottom of the cover " Velaria " was proposed with a membrane - Fluitop Serge Ferrari -T2- 1002 , with a resistance RK (daN/5cm) 420/420 , modulus of elasticity (t / m) 50/50 , red, the most outstanding design of this prototype was the construction details as being a second order structure , which enters plasticity is so thin that the thickness of the material is offset by having in prestressing their unions , as this balanced tension and compression generated in this mantle , this effect helped by the design of the articulated accessories such details , it should finally be mentioned that the model is only partially completed , as the second part of together this model consists of two large recessed retractable geodesic that give the final figure of the organic project.

PALABRAS CLAVE: Adecuación análoga, Geometría orgánica-estructural, Detalles Constructivos.

KEY WORDS: Adequacy analogous organic-structural Geometry, Construction Details.

INTRODUCCION

Bajo la perspectiva sistémica de redes espaciales y flexibilidad estructural, desarrollaremos una estructura retráctil de uniones articuladas adecuadas para generar una edificación adaptable y transportable dependiendo de la necesidad del usuario, ya que estas características no se encuentran regularmente en las edificaciones, el estudio busca diferentes alternativas de adaptación para un mejor integración de un espacio arquitectónico al entorno, la fusión generara espacios más articulados en donde la arquitectura no agrede al ambiente y mejor aún se integre a él, dejando una alternativa espacial al contexto, dependerá de la utilización funcional de usuario y de sus fenómenos climatológicos que puedan llegar a tener en su entorno, ya que la flexibilidad de este sistema se verá limitado bajo este tipo contextos, los cuales nos darán las pautas de diseño más acordes para un mejor manejo de espacios.

Se analizarán la geometría realizada por medio de la simulación estática para generar los primeros vestigios de tecnología estructural, también debemos saber los comportamientos de las estructuras en una escala real, esto servirá para pre dimensionar los miembros estructurales que tendrán en el modelo arquitectónico de la propuesta geométrica de la investigación; el análisis de este modelo se someterá sólo a cargas gravitatorias y de vientos para el primer acercamiento con el fin de adecuar los modelos a una producción real, (figura 1), la jerarquía de seguridad de la simulación se genera por



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

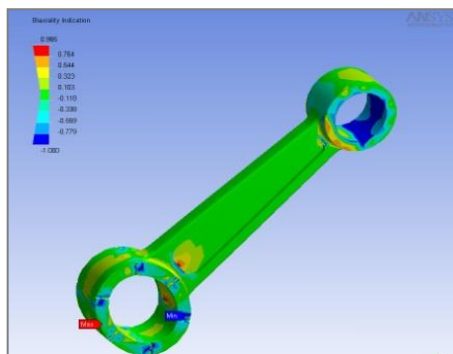
medio de un software (Win Tess y Stad Pro.), que ayudarán a hacer el diseño de los miembros estructurales y posteriormente con estos datos se diseñarán los detalles de unión de los modelos, que se desarrollarán de acuerdo a los parámetros que arrojen sus gráficas de momentos, cortantes y respectivos esfuerzo interiores.

El rango de factor de seguridad se maneja con el código del LRFD, el cual toma un rango de seguridad de 1 a 1.05 de resistencia del material, con una relación de esbeltez KL/r de 240 en elementos principales y de 300 en miembros secundarios y de contra venteos, también se tomará en cuenta el desplazamiento horizontal y vertical para que no exceda el límite de servicio de la estructura establecido en el reglamento del Distrito Federal, en donde también se verán todos los gráficos de tensión para verificar dónde hay mayores esfuerzos y cómo interactúan dentro de la estructura, posteriormente con esta información se desarrollarán las uniones adecuadas con respecto a resistir estos esfuerzos en sus nodos.

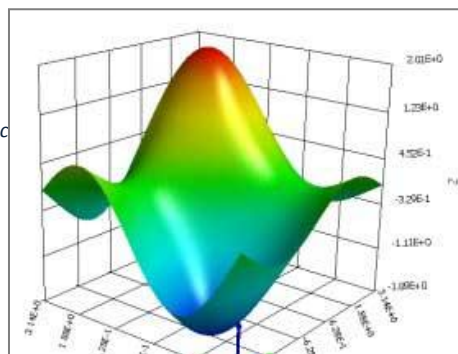
La selección de los miembros se propondrá de acuerdo al diseño de la geometría, se diseñarán perfiles de forjado en frío y tubos de acero estándares para una mayor efectividad en el diseño de estos modelos, ya que la propiedad de este material ayuda reducir considerablemente la dimensión de los miembros, la utilización de este forjado ayudara en los primeros modelos de cálculo a gestionar la dimensión de sus miembros, se escogerán con una nomenclatura A36 que es un acero estructural que tiene un límite de fluencia mínima de 2530 kg/cm^2 y un módulo de ruptura de 4080 kg/cm^2 , estas características del material, se propondrán para pre dimensionar los miembros de la geometría de diseño de esta investigación.

Otro parámetro que se considerará es el tipo de apoyos que tendrán los modelos, pues esto determinarán la estabilidad de la estructura así como la combinación de cargas que se analizará en la estructura para hacer una aproximación de diseño de los miembros, se definirán los parámetros estructurales dentro de la geometría, (figura 2), ya que este resultado será una guía para el comportamiento de los esfuerzos en la estructura; la simulación estática nos brinda una visión más clara de la dimensión que pueden llegar a tomar estas adecuaciones geométricas y cuáles serán sus límites de claro a cubrir en un espacio.

Cabe mencionar que se tomarán las cargas dictadas por el reglamento y el material escogido experimentalmente, ya que la investigación no destina ninguna función espacial a la estructura biónica, ya que el modelo no cuenta con ninguna ubicación en específico, estos parámetros se toman en cuenta dependiendo de la localización del proyecto. Por último, el análisis comprobará que las piezas estructurales serán efectivas para los modelos geométricos, cuáles son sus zonas más afectadas y en dónde se tendrán que reforzar para una óptima estabilidad estructural, también proporcionará la verificación de los límites de servicio y resistencia, que definirán el esqueleto final de la estructura. (Morales, 2009, Moore, 2000)



e Innovac



México



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
 Multidisciplinario
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
 ISBN: 978-607-95635

Figura 1. La simulación pre dimensionará las piezas del sistema estructural de los modelos, para formar parámetros de seguridad dentro de la estructura. Fuente: Morales 2009.

Figura 2. La simulación estructural ayudará a desarrollar modelos flexibles, generando la estabilidad estructural de la geometría de los modelos. Fuente: Morales 2009.

ANTECEDENTES.

Como referente principal de la cubierta retráctil emanan de tres prototipos, en uno es la obra de Emilio Pérez Piñero. Este arquitecto, que nació en Valencia poco antes de la Guerra Civil (1935 – 1972), se trasladó siendo muy niño a Calasparra, (figura 3, 4) en donde fue separado de su padre debido a las luchas bélica de la época. En 1957 viaja a Madrid y comienza sus estudios en la Escuela Superior Técnica de Arquitectura. En 1961 en el VI Congreso de la Unión Internacional de Arquitectos celebrado en Londres, presentó un proyecto de ‘Teatro Ambulante’ con capacidad para 500 espectadores. Con este proyecto dio inicio a sus inquietudes estructurales para crear elementos de montaje y desmontaje rápido y económico en gran similitud con las obras de Buckminster Fuller.

También es conocido su proyecto para cinerama, que consistía en una cúpula semiesférica con un sistema constructivo a base de discos hexagonales que se conectaban directamente. La estructura al completo se construyó en el taller de Calasparra y en el año 1967, realizó un recorrido itinerante por muchas ciudades españolas. El análisis de la estructuras de Piñero aporta en nuestra investigación de las estructuras el concepto de movilidad y adaptabilidad dentro de un entorno variable.

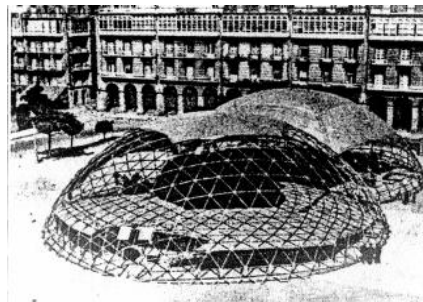


Figura.- 3, 4. Teatro transportable para festivales de verano, transportable. Fuente: www.perezpinero.org “Congreso Internacional de Investigación e Innovación 2014” Multidisciplinario, 10 y 11 de abril de 2014. México



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

En 1987 Carlos Hernández y Zalezwky desarrollan la tesis “Deployable Structure”(Estructuras transformables) en el Massachusetts Institute of Technology-MIT y posteriormente en el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción-IDEA con la construcción del prototipo ESTRAN1, estos estudios consolidan las estructuras transformables como un sistema estructural viable, (figura 5, 6) ya que resuelven problemas constructivos, de montaje, proceso de despliegue así como también de estabilidad estructural, resistencia al desgaste, diseño de nudos, accesorios de reagudización y cubierta. El prototipo ESTRAN1 es una retícula espacial transformable proyectada sobre un cilindro produciendo una bóveda de cañón largo que cubre una área de 112 m² (8x14 m) con una altura de 7 m y un peso de 800 Kg. para un total de 7 kg/m², está formado por tres arcos paralelos plegables unidos por nudos tipo tijera. A su vez estos arcos están unidos por otros elementos tipo tijera dispuestos radialmente generados por el eje de rotación del cilindro siendo plegable en los dos sentidos.

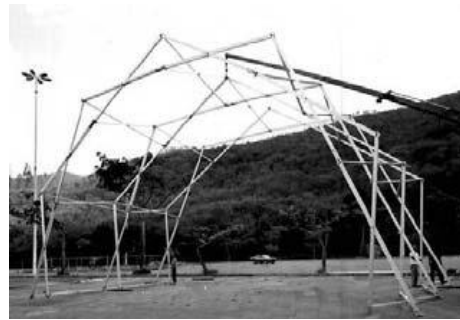


Figura.- 5, 6. Hernández W. Zalezwky, 1987. Desarrollo de nudo tipo tijera y la bóveda de cañón largo. Fuente: Rodríguez, 2005.

METODOLOGIA (MORFOLOGIA GEOMÉTRICA ADECUADA A LA ESTRUCTURA)

La simulación estática es una herramienta de vital importancia para la investigación y la experimentación del proyecto, con ella se realizará la comprobación de la tecnología estructural, como podemos apreciar en este ejemplo, tomamos la anterior adecuación que se desarrollara para esta etapa del estudio del proyecto, ya que el sistema está constituida por una serie de marcos plegados en forma de “X”, la cubierta que se comporta bidireccionalmente y termina a sus extremos con una cúpula geodésica absorbe la fuerza de empuje en su armaduras en “X”, los miembros de esta armadura funcionarían bien por la forma geodésica y la articulación del modelo. Para esta simulación se especificó que el material sería un acero A36 con un módulo de elasticidad de 2530 kg/cm² y un factor de Poisson’s de 0.3 con densidad de 7.83847 Mton/m, las piezas seleccionadas son de tubos OCXE89 para miembros de unión principal, los atiesadores están conformados por tubos OCXE73, para las armaduras plegable en el espacio grande se propuso piezas tubulares OCXE89 ya que los miembros circulares tienen un radio de giro mayor y su excentricidad es óptima para el diseño de este tipo de estructuras.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

Para los miembros plegables de la geodésica se propuso perfil tubular en frío de OCEXX,60 los apoyos están sujetos en Y,Z y está libre en el sentido de las X por la armadura plegable, los apoyos de la geodésica están sujetos en Y, X y están libres en Z, la segmentación de la geometría trabaja como armadura en una sola dirección al igual que la geodésica, las vigas que ligas las armadura esta unidas por apoyos relajados en sentido Y, Z, todo este parámetro servirá para ser óptimo en seguridad y estabilidad estática en la geometría, la cargas condicionadas por el reglamento de normas complementarias del DF, serán un carga muerta de 30 kg/m^2 , carga viva accidental de 20 kg/m^2 , la carga de peso propio la realizara el software (Win Tess y Stad Pro), (figura 7 al 10), este ejercicio solo se someterá a una combinación de cargas por peso propio y cargas de vientos en X de 116.1 kg/m y 64.7 kg/m en Y, con un total de 132.9 km/h , con estos parámetros se tendrá los resultados efectivos para el dimensionamiento de los miembros estructurales de la retráctil.

La simulación de estos parámetros de diseño nos da como resultado la estabilidad de la estructura. Como primer punto del ejemplo se verificaran la gráfica de cortantes, momentos y los desplazamientos dentro de la estructura, (figura 11, 12), en donde sus límites de servicios no deben exceder lo permitido en la reglamentación RCDF, en este caso como los desplazamiento en vertical es $L/240$, (en donde L es el claro del miembro), y el horizontal es $(H \times 0.12) \times 100 + 5$, (en donde H es la altura del nodo), con esto se obtendrán los parámetros de desplazamiento permisible en el modelo; de acuerdo a los resultado de desplazamientos máximos se hará la siguiente operación:

-El desplazamiento vertical tomará el máximo resultado en Y por lo tanto, $L=2.5$ puesto que su longitud tiene 2.5m de claro entre la armadura: $2.5/240 + 5 = .050104 \text{ m} \geq .01037 \text{ m}$ pasa por desplazamiento vertical.

-En el desplazamiento horizontal se tomará el máximo resultado en X, por lo tanto $H=4.93$, su desplazamiento se localiza en la parte media de la estructura: $(4.93 \times 0.12) \times 100 + 5 = .064 \text{ m} \geq .0116 \text{ m}$ pasa por desplazamiento horizontal, cabe mencionar que este procedimiento se tendrá que hacer con todas la combinaciones de carga, pero por el momento servirá como ejemplo para esta disertación de trabajo, y se verifique la viabilidad de este prototipo. (Morales 2010)

En cuanto al manto las tensiones del programa por excelencia fue Win Tess, este analiza la interacción de la estructura con el manto de velaría, con ello podemos verificar que el Ratio de seguridad que no debe acceder de 1.0, (figura 13) aunque en este parámetro solo fue de referencia ya que en Stad Pro, genero los miembros que estarán diseñado en la estructura, en Win Tess, se tomó las tensiones de los nodos y barras del manto, ya que la teoría con la que se calculo fue por nodos y barras, como observación el programa, corrigió la geometría de la velaría que se tenía proyectada, ya que la misma búsqueda de la forma se calcula baja densidades de fuerza quiere decir que las curvas se asemejan mayor a la realidad por las fuerza de tracción y compresión que se originan por el propio peso del material utilizado, se utilizó una membrana Serge Ferrari-Fluitop-T2-1002, con

“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
 Multidisciplinario
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
 ISBN: 978-607-95635

una resistencia de RK(daN/5cm) 420/420, módulo de Elasticidad (t/m) 50/50, este proyecto se completa con dos grandes cúpulas a sus costados que en este momento están en etapa experimental, ya que solo esta etapa se resolvió la cubierta más grande. (Morales 2012)

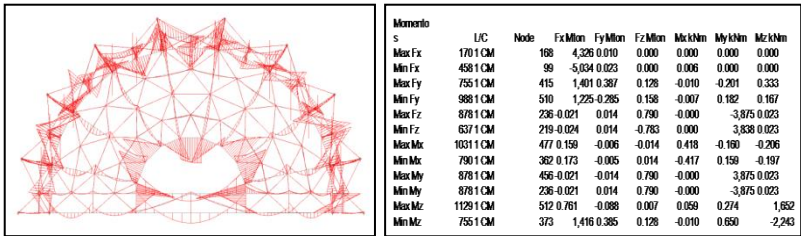


Figura 7, 8. La gráfica de momentos nos servirá para diseñar las uniones de los miembros, éstos influyen más en el arco de la geodésica puesto que ahí se concentrará todo el empuje de una dirección hacia ese arco. Fuente: Morales, 2010.

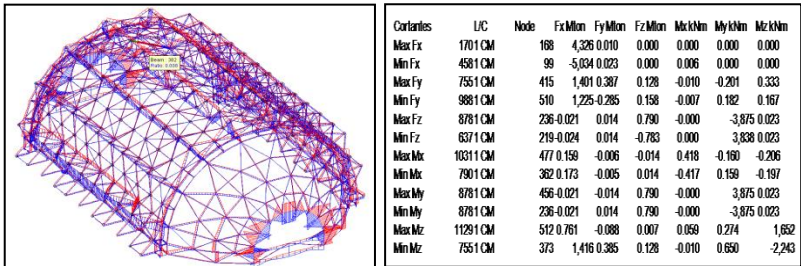


Figura 9, 10. En la imagen vemos cómo las gráficas de cortantes influyen en el modelo, tanto en la dirección en X y Z, donde podemos observar que incide en el arco de unión del modelo. Fuente: Morales, 2010.

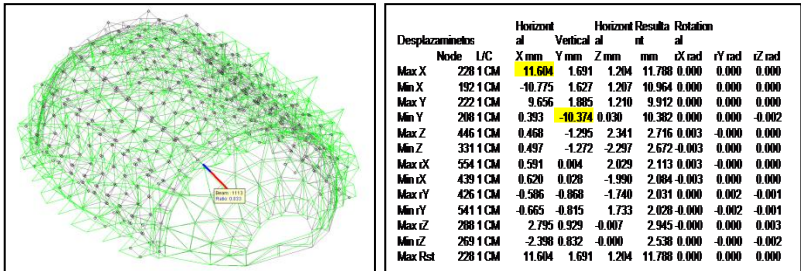


Figura 11, 12. El tipo de desplazamiento que puede tener el modelo, en este caso como sólo se analizó por peso propio para pre dimensionar sus miembros, pasa ampliamente el rango de seguridad permitido. Fuente: Morales, 2010.

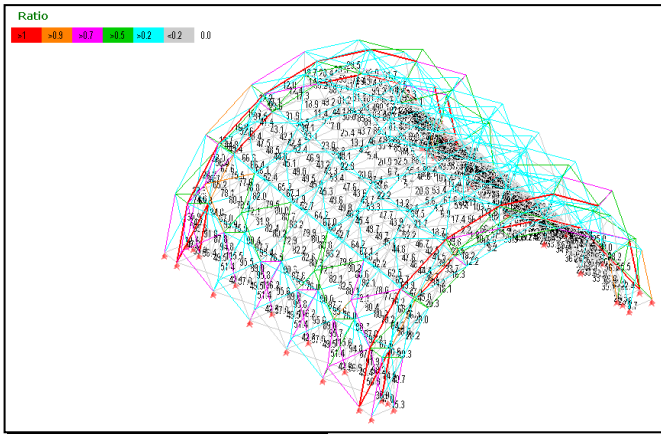


Figura 13. En la simulación matricial se puede comprobar como interactúa la estructura con otros materiales, el cual nos deja el umbral de seguridad que puede tener la cubierta retráctil. Fuente: Morales, 2012.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

Resultados de Construcción del Prototipo

Primera Prueba de Montaje

En esta primera prueba de montaje se realizó para ver si las uniones y los miembros empalmaban perfectamente con la geometría deseada y calculada, ya que con esto serviría para componer cualquier percance o imperfección en la geometría, primeramente a los miembros y a los nodos se le aplicó una capa de Primer para la adherencia de la pintura epoxica que ayudara a que la estructura no se oxide, ya que la estructura se armara al intemperie, y la humedad de la región tiene una saturación aproximada del 65 al 85% de humedad relativa, también la zona tiene muchos contaminantes como el salitre y componentes químicos ya que es una zona petrolera, el cual empeora las condiciones de una estructura metálica, es por ellos que se le da el aplicado de pintura, (figura 14 al 22) posteriormente se hace la estrategia del armado con los miembros retractiles, esto se colocan de tal manera que los nodos superior e inferior este de primera mano ya sujetos por los rigidizadores esto se une por tuercas y tornillos de 1/2”, ayudando a estabilizar el modulo temporalmente, continuando con el armado se colocan las tijeretas en posición de arco y se atornillan ya a los nodos con sus sujeciones, después de haber colocado se junta el modulo con las tijeras lineales para que se forme la figura del módulo cuadrangular, toda estas sujeciones con tornillos de 1/2”, después de haber formado el módulos se montaron unas tarimas al centro el cual ayudo a que se colocaran los miembros de contra veteo en sus cuatro vértices estos se sujetaron con el nodo de contra veteo fijados con tornillos de mismo calibre que paro los demás, ya fijado por peso propio y figura se estabiliza el modulo temporalmente.





“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

Figura 14 al 22. Evidencia Fotográfica del Prototipo: Esta primera parte del armado sirvió para colocarle una capa de Primer y pintura anticorrosiva para que en el armado del sistema no se fuese a oxidar. Fuente: Estancias Post Doctoral Morales, 2012.

Continuando con el armado se arman de manera independiente los ocho módulos mandado a fabricar para efectuar si hay errores en la fabricación, el armado de los demás modulo y se colocaron también en tarimas para generar la contra flecha que ayudara a sostener la estructura temporalmente, estas se ensamblaron en par de dos módulos, (figura 23 al 31) esto para generar la curvatura circular, se realiza la misma operación de montaje y accesorios de conexión formado la figura curva que tiene la estructura y ver si su flecha se va generando, lo cual no hubo ningún problema, el pre montaje del prototipo ayudo para asegurar que método de montaje tendrá que tener, ya que inicialmente se levantaría con grúas, pero viendo el problema del espacio se decidió montarlo por andamios que ayudarían a ensamblar por completo la estructura, con ello se hicieron las nuevas estrategias de construcción que ayudan a que le dé mejor estabilidad estructural, en el caso de accesorios de conexión con cables que ayudarían a arriostrar el modulo, ya que le hace falta la colocación en la parte inferior de la vela.

En consecuencia también se corrigió algunos defectos de construcción para que tenga mayor estabilidad dicho anteriormente, con la colocación de los accesorios para el cable que simulara la velaría, también se decidió generar unos basamentos de concreto que ayudara a nivelar y soportar los extremos de la cubierta retráctil, con unas dimensiones de .50 x .50 x .60 m de profundidad y armado de varillas de 3/8, mencionamos esto empíricamente porque la velocidad del proyecto constructivo nos ha rebasado en tiempo y el montaje es vital en la etapa del demostración, posteriormente se analizara con más tiempo el basamento que recibirá la conexión de la cubierta a nivel de piso, pero en conclusión el armado se hará por andamiaje y secciones para ensamblar la estructura terminada, aún falta hacerle algunas correcciones, la geometría sigue haciendo que el sistema estructural se mantenga estable.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635



Figura 23 al 31. Evidencia Fotográfica del Prototipo: Se desarrolló el armado de la estructura para verificar si ensamblan todas las piezas esto ayudo a corregir algunos errores y desarrollar una estrategia constructiva de armado. Fuente: Estancia Post Doctoral Morales, 2012.

Segunda Prueba de Montaje.

Esta segunda parte del montaje del prototipo, es para montar todo el arco completo con sus conexiones ya fijas y atornilladas, el método constructivo que utilizaremos es por armado de conexiones rígidas, la falta del presupuesto no nos dio la oportunidad de que se fijaran las tijeretas y nodos y se desplegara con una grúa, ya que esto nos llevaría más tiempo de renta, dado esto se prefirió armar como piezas espaciales, aun así nos evitamos el utilizar un grúa para su armado final, ya que el arco tiene una contra flecha de 12.5m en su parte inferior y en la punta más alta 14.5 m, una altura algo considerable para poder armarla solo por andamiaje, (figura 32 al 38) así que el método propuesto en esta ocasión es armar 5 módulos en serie ya conectado para que sea un solo prisma y otros dos en las dos partes extremas del arco, se levantara el prisma de los 5 módulos y se conectara al primer extremo del arco y posteriormente se integrara el ultimo módulo de tijeretas para unir los 6 módulos interconectados con el modulo del extremo, ya a completar el arco de tijeretas de ocho módulos que tendrá la cubierta cilíndrica plegable, esto en teoría se estaría haciendo, ya que hasta el momento solo se tiene armado los 5 módulos conectados entre sí en serie y los dos del extremos del arco, por falta de presupuestación no se ha completado el arco, ya que surgieron imprevisto al no estar arriostrada de la parte de inferior la estructura empezó a preflexarse en sus extremos y querer abrirse para ellos se arriostró con cables para que fuese un prisma perfecto esto también nos ayudara a la hora del izaje de la estructura y poder sostenerla sin que se mueva, con esta experiencia que nos dio el realizar el prototipo a escala real, nos dejamos tres cosas que considerar, la primera que los nodos y los miembros son demasiado pesados aun para poder hacer maniobras constructivas más rápidas, dado que es un sistema transformable debería de ser rápida su construcción, dos que el diseño del nodo tiene que cambiar se tuvo problemas de excéntrica en las uniones conectadas, no se tuvo plastificaciones pero no todas las caras de la estructura quedaron exactas, tres que la colocación de la velaría es importante para el arriostramiento de la parte inferior, resolviendo una de nuestras preguntas iniciales, donde colocar la velaría sería en la parte

“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

inferior, ya que la membrana estructura arriostra el diafragma de la parte de debajo de sistema plegable, estas recomendaciones deben atenderse para poder dar una mejor aplicación tecnológica constructiva.



Figura 32 al 38. Evidencia Fotográfica del Prototipo: El segundo ensamble se realiza para formar el arco de la cubierta retráctil, este contara con 8 módulos conectados para comprobar fallas geométricas y constructivas del mismo sistema. Fuente: Estancia Post Doctoral Morales, 2012.

Conclusión.

En el estudio de la tecnología estructural y la industrialización del espacio, se desarrolló la investigación de un principio estructural transformable, ésta se maneja como un sistema plegable retráctil, la cual da como consecuencia hacer una estructura flexible, adaptable a su contexto en sus formas y versátil a cambiar los espacios de estas estructuras, su principio de diseño se inclinó sobre la elaboración de un nodo, el cual podía unir dos elementos creando un sistema estructural muy flexible y resistente.

Toda esta perspectiva conceptual es justificada en las tendencias tecnológicas encontradas en la línea histórica de la sistemas transformables, las cuales dejan principios básicos que pueden ayudar a reforzar la metodología de diseño realizada en este estudio, en la estructura del tiempo se encontraron tres principios básico para tomar como premisa el diseño de una cubierta plegable, los cuales dieron origen a esta obra, esta es la flexibilidad que constructivas como las tribus Beduinas , la prefabricación como la implemento el Arq. Emilio Pérez Piñero, y la transformabilidad como las construcciones del Dr. Felix Escrig, creando un icono de diseño para la investigación.

Sin embargo, la investigación teórica sobre la hipótesis encontradas para realizar una sistema transformables fue un factor muy importante para una primera aproximación conceptual, porque con sus aportaciones teóricas-prácticas se toman como un principio



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

formal de la metodología de adecuación geométrica que ayudaría a formar las estructuras plegables, generando posibles hipótesis de desarrollo geométrico, esto se compara con propuesta aproximadas de conexiones, por la cual se requiere abordar más sobre el tema para posibles aportaciones extras.

Sin embargo, el lograr crear el módulo geométrico a escala 1:1, nos aportó cuales serían los inconvenientes de estos sistemas, y tratar de sub sanar el problema a tiempo para que se fabrique el prototipo final con mucha mayor funcionalidad y pueda servir para el desarrollo de nuevos espacios multi funcionales, dentro de su contexto, dar versatilidad a los espacios dentro de la propuesta y aportar una nueva forma de ver el espacio, de diferente manera, que no es siempre rígida sino cambiante y caduco, en la actualidad, el usuario moderno está sometido a constantes cambios y al crecimientos que tienen en dados momentos de su vida, aunque no todo está realizado en esta investigación hay puntos que tendrán que estudiarse más a fondo, y así realizar un estudio más profundo, como es el caso de la adaptación de los sistemas bidireccionales o el desarrollo de la geodésica rebajad plegable, éste sistema se puede dar de varias maneras no necesariamente sólo una, pero para cuestiones prácticas sólo se realizó una de las varias posibles transformaciones, también el tema de sistema constructivo se profundizó en principio de diseño y cómo será su elaboración de montaje en un terreno aislado, pero puede retomarse para crear diferentes posibilidades de montaje y también analizar sus propiedad físicas para saber si estará dentro de los rangos de seguridad.

Bibliografía.

- [1] **Morales Guzmán, Carlos César**, *Diseño de Sistemas Estructurales Flexibles en el Espacio Arquitectónico*, Universidad Nacional Autónoma de México, 2009, México.
- [2] **Morales Guzmán, Carlos Cesar**, *Diseño de Sistemas Flexibles en el Espacio Arquitectónico*, Editorial Academia Española, 2012, España.
- [3] **Morales Guzmán, Carlos César**. *Diseño de una Cubierta Retráctil Tensada*, Actividad Post Doctoral, Universidad Politécnica de Catalunya, 2012, España.
- [4] **Morales Guzmán, Carlos César**. *Diseño y Análisis de Sistemas Transformables en las Cubiertas Tensadas*, Actividad Post Doctoral, Universidad Politécnica de Catalunya, 2013, España.
- [5] **Morales Guzmán, Carlos César**. *Diseño y Sistemas de Cubiertas Plegables Tensadas Transformables*, Universidad Camilo José Cela, 2013, España.