



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE ARQUITECTO

**Envolventes arquitectónicas cinéticas con sistemas mecánicos
aplicados a la protección solar en fachadas de vidrio.**

TRABAJO DE TITULACIÓN.

Autor(es):

Paccha Alulima, Mauricio Paul
Poma Cuenca, Jhon Stalin

Director:

Burneo Valdivieso Xavier Eduardo, Mgs. Arq.

LOJA – ECUADOR
2016



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2016

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Arquitecto Mgs.

Burneo Valdivieso Xavier Eduardo

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **“Envolventes arquitectónicas cinéticas con sistemas mecánicos aplicados a la protección solar en fachadas de vidrio”**, realizado por los profesionales en formación, Paccha Alulima Mauricio Paul y Poma Cuenca Jhon Stalin, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, septiembre de 2016

.....
Arq. Burneo Valdivieso Xavier Eduardo

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Nosotros **Paccha Alulima Mauricio Paul y Poma Cuenca Jhon Stalin** declaráramos ser autor(es) del presente trabajo de titulación: **Envolventes arquitectónicas cinéticas con sistemas mecánicos aplicados a la protección solar en fachadas de vidrio**, de la Titulación de Arquitectura, siendo Burneo Valdivieso Xavier Eduardo, Arq. Mgs. director del presente trabajo; y eximos expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaramos conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.

Autor. Paccha Alulima Mauricio Paul

Cédula. 1104593551

f.

Autor. Poma Cuenca Jhon Stalin

Cédula. 1104572936

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a Dios, por ser mi guía cada día de mi vida, por regalarme la paciencia, la fortaleza y sobre todo la sabiduría para llegar a culminar esta etapa de mi vida, a mi mami, quien gracias a sus esfuerzos y sacrificios me ha brindado su apoyo incondicional sin medida alguna en el transcurso de mi vida universitaria, este logro es por ustedes y de ustedes, De todo corazón gracias.

Mauricio

La presente investigación quiero agradecer a Dios que me dio la fuerza para poder seguir a pesar de las caídas que tuve a mi esposa que siempre me apoya a pesar de mis errores y mis padres que me dieron la fuerza para culminar mis sueños.

John

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica Particular de Loja y a la Escuela de Arquitectura por habernos acogido durante nuestra formación académica.

A nuestros padres por su apoyo incondicional, en su anhelo de vernos desarrollados profesionalmente.

De manera especial a nuestro director de Tesis, Arq. Xavier Burneo quien nos brindó su tiempo y paciencia en el desarrollo de esta investigación.

A los alumnos de gestión productiva que nos ayudaron en el desarrollo de los prototipos, y a los alumnos de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones por la ayuda en la programación de los prototipos.

En fin, un agradecimiento infinito a todos quienes nos brindaron su apoyo en nuestra vida universitaria, a nuestros compañeros de aulas quienes fueron parte de grandes experiencias.

INDICE DE CONTENIDOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	I
TÍTULO DE ARQUITECTO	I
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	V
INDICE DE CONTENIDOS	VI
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I	5
1. ARQUITECTURA CINÉTICA	5
1.1 Sistema de Movimiento Mecánico	6
1.1.1 Definición.	6
1.1.2 Clasificación y Tipos.	6
1.1.3 Sistema de transmisión lineal	6
1.1.4 Palanca	6
1.1.5 Polea	6
1.1.6 Sistema de transmisión circular	7
1.1.7 Árboles y Ejes.	7

1.1.8 Ruedas de fricción.	8
1.1.9 Engranajes.....	9
1.2 Arquitectura Cinética.	9
1.2.1 Antecedentes.	9
1.2.2 Aplicaciones históricas.	10
1.2.3 Velarium del coliseo romano – Anfiteatro Flavio 70-80 A.C.....	11
1.2.4 Puentes levadizos 1000-1200 DC.	11
1.2.5 Engranajes de Leonardo Da Vinci 1500 DC.	12
1.2.6 La Casa Dymaxion 1940.	13
1.2.7 Definición.	13
1.3 Envolvertes cinéticas.	14
1.3.1 Tipos de Envolvertes.....	14
1.3.2 Envolvertes plegables.	14
1.3.3 Envolvertes en capas.	15
1.3.4 Envolvertes torneadas.....	15
1.3.5 Las Envolvertes Especiales.....	16
1.3.6 Aplicaciones.....	16
1.3.7 Referente.	16
1.3.8 Grupo de arquitectura AEDAS.	16
1.3.9 Las torres Al Bahar.	17
CAPITULO II.....	19
2. CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES	19
2.1 Radiación solar.....	20
2.1.1 Definición y Tipos.....	20
2.1.2 Radiación directa.	20
2.1.3 La radiación difusa.	21
2.1.4 Radiación reflejada.	21
2.1.5 Incidencia solar.	21
2.1.6 Radiación solar en el Ecuador.	21
2.1.7 Radiación Ultravioleta.	22
2.1.8 Índice UV.	23
2.2 Protección solar.	23

2.2.1 Sistemas de protección solar.	23
2.2.2 Trayectoria solar.	24
CAPITULO III	25
3. EXPERIENCIAS PREVIAS.....	25
3.1 Plugin Grasshopper y Firefly.....	26
3.1.1 Rhinoceros 3d (Rhino).	26
3.1.2 Grasshopper.	26
3.1.3 Firefly.....	26
3.1.4 Arduino.	26
3.2 Desarrollo de prototipos.	27
3.2.1 Primer prototipo.	28
3.2.2 Segundo prototipo.....	30
ARMADO DE MAQUETA.....	35
3.3 Automatización del prototipo de la maqueta.....	36
3.3.1 Servomotores.....	36
3.3.2 Protoboard.	37
3.3.3 Sensor LDR.	37
3.3.4 Sensor GY-ML8511.	38
3.4 Tercer Prototipo.....	41
CAPÍTULO IV.....	49
4. PROPUESTA: CENTRO DE CONVENCIONES UTPL	49
4.1 Delimitación del área de estudio.	50
4.2 Problemas de la radiación solar.....	50
4.3 Estadísticas del clima de Loja.	51
4.4 Área de implantación (centro de convenciones UTPL).	60
4.4.1 Ubicación general.	60
4.4.2 Soleamiento.	61

4.4.3 Clima.....	61
4.4.4 Vistas estado actual.....	61
4.5 Propuesta del sistema envolvente.....	62
4.5.1 Propuesta digital.....	62
4.5.2 Verificación de puertos.....	74
4.5.3 Apertura de Puerto.....	74
4.5.4 Leer datos de Arduino a través del Puerto USB.....	75
4.5.5 Escribir datos.....	77
4.5.6 Conexión sistema envolvente con sistema electrónico.....	78
4.6 Realización de la maqueta de la Propuesta de movimiento.....	79
4.7 Propuesta arquitectónica de la envolvente.....	86
4.8 Estado actual y área de intervención.....	87
4.9 Plantas y detalles.....	88
4.10 Elevación frontal, detalles.....	89
4.11 Estructura, detalles.....	90
4.12 Perspectivas.....	91
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES GENERALES	93
COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	94
BIBLIOGRAFÍA	95

RESUMEN

El cambio climático en las últimas décadas han generado una gran cantidad de problemas a la población mundial entre ellos está la radiación UV, que es provocado por la degradación de la capa de ozono, los rayos no se filtran totalmente y llegan de manera directa a la Tierra, provocando problemas en la salud como el cáncer en la piel, y molestias en el confort humano en espacios abiertos y cerrados, Las envolventes cinéticas ayudan a reducir los efectos que provocan los rayos UV gracias a que está formada por un sistema de paneles modulados que responden electrónicamente a una programación que se lo realiza en Grasshopper en el plugin Firefly y esta información se transfiere a la placa de Arduino para que se realice el movimiento en los servomotores y estos a su vez a los módulos que conforman la envolvente.

Palabras claves: Arquitectura Cinética, Envolventes, Sustentabilidad, Protección solar, Radiación UV, Arduino, servomotores.

ABSTRACT

Climate change in recent decades have generated a lot of problems to world population among them is the UV radiation, which is caused by the degradation of the ozone layer, the rays are not completely filtered out and go directly to the earth, causing health problems such as skin cancer, and discomfort in human comfort in open and closed spaces, kinetics envelopes help reduce the effects caused by UV rays thanks to being formed by a panel system modulated they respond electronically to a schedule that is done in Grasshopper in the Firefly plugin and this information is transferred to the plate Arduino for the movement in the servomotors and these in turn to the modules that make up the envelope is made.

Keywords: Architecture Kinetics, Enclosures, Sustainability, Solar Protection, UV radiation, Arduino, servomotors.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo está enfocado a la radiación ultravioleta (UV), que afecta a edificaciones, lugares abiertos y de manera directa a los usuarios de dichos espacios, resulta oportuno indicar que la fracción de UV es cada vez mayor y debemos ir concienciando sobre las consecuencias y el malestar que esto representa, la Arquitectura Cinética es la respuesta a este fenómeno natural de la radiación solar y los rayos ultravioleta, en nuestra investigación planteamos como objetivo general: Desarrollar un prototipo de protección solar basado en arquitectura cinética y sistemas mecánicos para fachadas de vidrio, para poder realizar la propuesta, el trabajo se desarrollara en 4 capítulos, el primero de ellos contendrá realizar un estudio del estado de arte la Arquitectura Cinética con sus mecanismos de movimiento, seguidamente el capítulo 2 contendrá un estudio de la radiación solar y los índices UV, sus efectos y consecuencias, ya en el capítulo 3 se empieza con la experimentación de prototipos aplicados a la protección solar, esto nos servirá para desarrollar el capítulo 4 correspondiente a la propuesta de un módulo a escala 1:1 para un objeto específico como es el Centro de Convenciones de nuestra Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL).

Es de carácter importante tomar medidas en cuanto a la radiación solar y sus efectos debido a que es un tema de agenda para todas las organizaciones mundiales y en la ciudad de Loja se ha alcanzado niveles de radiación solar que han llegado al rango de “extremadamente altos” (11+ UV) y una persona no puede estar más de 5 minutos expuesto al Sol según la OMS, esto se da principalmente por la ubicación de nuestra ciudad debido a que estamos en la cordillera de los Andes del Ecuador, en una cota que está por sobre los 2000 m.s.n.m.

Uno de los efectos ocasionados en las personas por la exposición a los rayos UV en lugares abiertos es el cáncer de piel y en lugares detrás de muros vidriados es el discomfort y bajo rendimiento en las actividades.

Acorde con lo mencionado anteriormente se plantea una envolvente arquitectónica que adquiere una nueva forma y función en relación y respuesta a la radiación solar, esta envolvente actúa como un sistema de protección solar o filtro de los rayos UV, la cual nos permitirá el bloqueo de los rayos y genera transparencia y sombras gracias a las perforaciones del material del módulo. La interacción automática entre el edificio y su entorno a través de la envolvente como respuesta a las necesidades propias del espacio interior, del uso y de las personas que lo habitan, son las actividades más relevantes además de iluminar, ventilar, mirar y proteger. Las necesidades que se le presentan al hombre han llevado a la evolución a la par de la arquitectura y la tecnología, estas dos ramas han evolucionado juntas a través de nuevas herramientas digitales que hacen posible el desarrollo de diseños que en años anteriores era imposible imaginarlos.

Nos hemos propuestos varios objetivos acordes al tema y se han desarrollado de tal manera

que se ha dado por cumplido el trabajo propuesto, pero, el objetivo, más allá de pretender mostrar la reflexiones en torno a este tema, se centra en reconocer los efectos de la radiación UV, diseñar y programar un sistema para dar respuesta manual y automatizada a la envolvente. La radiación UV es un tema que va tomando fuerza en la actualidad y nos permite trabajar con datos reales y actuar sobre problemas puntuales, así como nos da la oportunidad de ofrecer una propuesta coherente a este fenómeno. En último lugar la metodología que se utilizó para lograr tener éxito en este proyecto fue: la investigación, donde se estudió la Arquitectura cinética, su aplicación al diseño, la radiación solar, los índices UV y sus efectos en el ser humano, conjuntamente realizamos el método de experimentación para lo cual utilizaremos el Laboratorio del Departamento de Arquitectura "FabLab UTPL" donde se realizarán aproximaciones de prototipos, en el que se tendrá desde la réplica de algoritmos de sistemas de envolventes con el plugin Grasshopper del software Rhinoceros, así como la programación a través de Firefly y el armado de prototipos con mecanismos de movimiento, que se manipulan manual y/o automáticamente ya que se encuentran conectados a un sensor de rayos ultravioleta. La finalidad de esto fue llegar a diseñar y armar nuestro propio sistema de envolvente, programarlo y aplicarlo a al caso de aplicación que es el Centro de Convenciones UTPL, esta envolvente realiza un giro de 0 a 90°, empieza abierta y va girando de acuerdo a las lecturas del sensor durante todo el día. De este prototipo y de acuerdo a las especificaciones generales emitimos nuestras conclusiones y recomendaciones generales para su aplicación y uso.

CAPITULO I

1. ARQUITECTURA CINÉTICA

1.1 Sistema de Movimiento Mecánico.

1.1.1 Definición.

Antes de entrar al estudio de los sistemas mecánicos hay que definir y entender lo que es un mecanismo, ya que el sistema está formado por varios elementos y al mecanismo lo definimos como un conjunto de elementos entrelazados entre sí por medio de articulaciones móviles que permiten transformar fuerzas, velocidad, trayectorias y energía en otra distinta.

Un sistema mecánico es la combinación de varios elementos que transforman la fuerza, velocidad, trayectorias o energías mediante una serie de transformaciones intermedias, de esa manera el sistema mecánico consta de varios elementos: sistemas de entrada, sistema de transmisión y sistema de salida.

1.1.2 Clasificación y Tipos.

Según los sistemas de movimientos que se generan se clasifican en:

1.1.3 Sistema de transmisión lineal.

Este mecanismo es la transformación de movimiento rectilíneo en movimiento rectilíneo, que no es otra cosa que, en la transformación de fuerzas, de manera que la fuerza que empleamos en realizar una determinada acción sea menor que la que se necesita para realizar esta acción. Los elementos que se destacan en este sistema son la polea y la palanca.

1.1.4 Palanca.

La palanca es una barra rígida que gira libremente alrededor de un punto de apoyo llamado fulcro, se la utiliza para amplificar la fuerza mecánica que se aplica a un objeto lo que provoca que aumente la velocidad o la distancia recorrida en respuesta a la aplicación de una fuerza.

1.1.5 Polea.

La polea es una rueda que gira alrededor de su eje y que dispone en el borde una ranura o acanaladura por el pasa un cable o puede ser una cuerda, que permita vencer una carga o resistencia atada a uno de sus extremos, ejerciendo una fuerza en el otro extremo, de esa manera podemos elevar pesos de manera fácil y una cierta altura, las poleas se

dividen en: polea fija, polea móvil y compuesta.

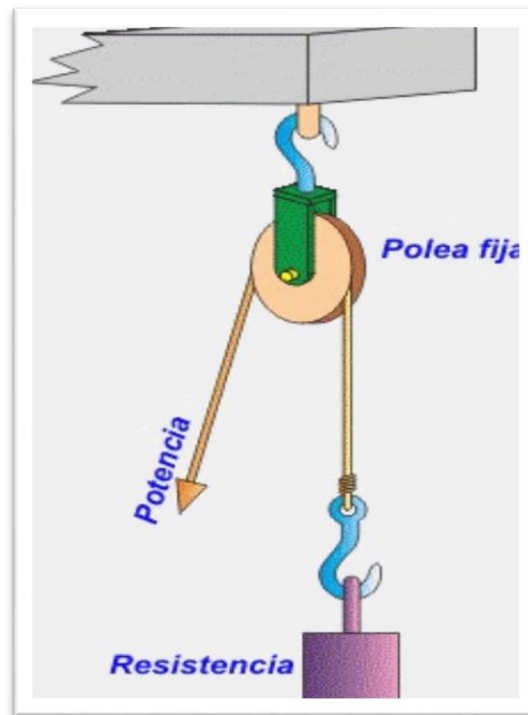


Imagen 1-1 Polea

Fuente: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/o_polea.htm

1.1.6 Sistema de transmisión circular.

Este mecanismo se transforma en movimiento de rotación, lo que permite aumentar o disminuir la velocidad de giro de un eje según como se lo desee. Para lo que se tiene los siguientes elementos: árboles-ejes, ruedas de fricción y engranajes.

1.1.7 Árboles y Ejes.

Un eje es un elemento formalmente cilíndrico que gira sobre sí mismo y su función es la de sostener varias piezas, permiten el giro de elementos mecánicos situados sobre ellos, pero no giran solidariamente con ellos, si no que gira libremente y los ejes no transmiten potencia.

Un árbol es un elemento de una maquina cilíndrico sobre el que se superponen diferentes piezas mecánicas a los que se transmite potencia y están sometidos a esfuerzo de torsión y giran siempre junto con los órganos soportado.

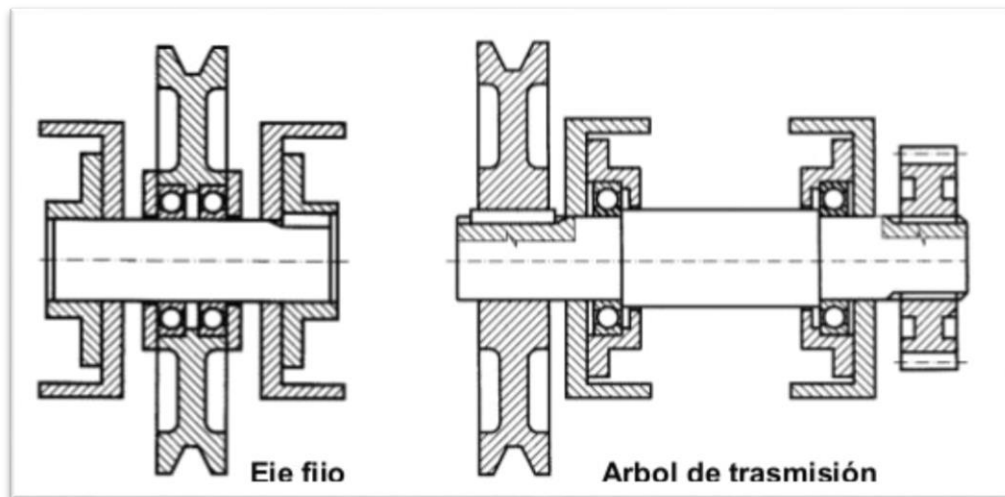


Imagen 1- 2 Árboles y ejes

Fuente: <http://es.slideshare.net/DiegoAndres15/otros-elem-de-diseo-mecnico>

1.1.8 Ruedas de fricción.

Estas son elementos que realizan movimientos circulares entre dos árboles de transmisión, por la fuerza de rozamiento entre las dos ruedas que siempre están en contacto directo dando como resultado una transmisión por fricción, el material que se utilizan tiene un alto coeficiente de rozamiento para evitar que las ruedas resbalen.

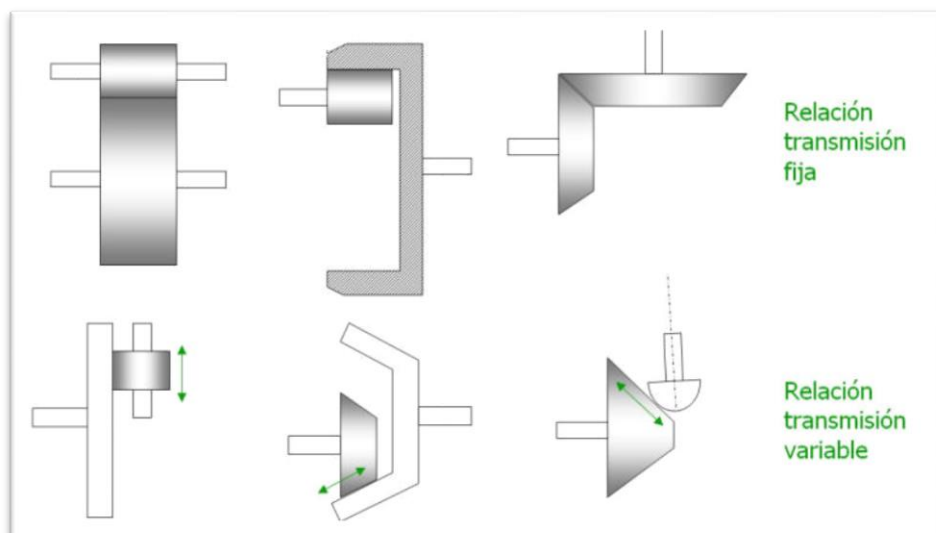


Imagen 1- 3 Ruedas de fricción

Fuente http://www.mecapedia.uji.es/transmision_por_rueda_de_friccion.htm

1.1.9 Engranajes.

Los engranajes son los elementos con mayor facilidad para poder transmitir movimiento, son elementos utilizados en cada artefacto que ha construido el hombre, desde un carro a control remoto hasta maquinaria pesada como retroexcavadoras.

Los engranajes son ruedas dentadas que permiten un movimiento giratorio entre dos o más ejes que cuando gira una giran las demás, se pueden modificar la velocidad del movimiento y el sentido del mismo.

Una de las ventajas es que las ruedas no resbalan una de la otra, por lo que se pueden transmitir grandes esfuerzos.

En nuestra investigación utilizaremos los engranajes como elementos de movimiento, en cada eje de los módulos.

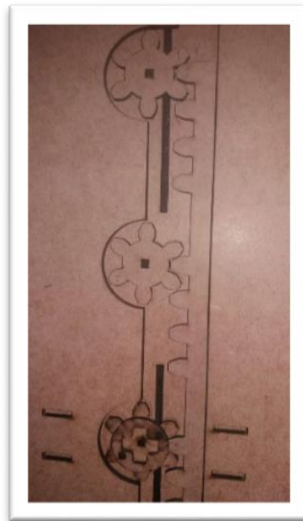


Imagen 1- 4 Engranajes
Fuente: Autores

1.2 Arquitectura Cinética.

1.2.1 Antecedentes.

Las nuevas innovaciones tecnológicas son una realidad que se presenta en la última década en la sociedad, y como artífices de la arquitectura debemos incorporálas a la resolución de los nuevos problemas que se presenta en la arquitectura como mejorar la relación del hombre con el medio ambiente, pensar en edificios que puedan responder activamente al cambio climático es un reto.

En la actualidad las personas pasan su tiempo en espacios cerrados, tales como, oficinas, escuelas, fábricas, las bibliotecas y los espacios públicos cerrados como centros comerciales. Los problemas que se presentan en el medio ambiente pueden afectar a la calidad de los espacios interiores y el confort de las personas, *varias* investigaciones se han realizado por medio de personas afines a la arquitectura que buscan establecer estrategias de diseño para crear ambientes interiores aceptables, se concentran en los aspectos térmicos de ambientes y la condición de confort térmico humano dentro de los edificios.



Imagen 1-5 Fachada de Vidrio
Fuente: Autores

Un ejemplo son los edificios de oficinas estos se caracterizan por el uso predominante del vidrio en la fachada, con lo cual se da énfasis a la luz natural y como beneficio poder reducir la utilización de la luz artificial, un factor negativo que no se provee es la falta de protección a la radiación solar, por los cambios drásticos que se presentan en el medio ambiente en la actualidad.

1.2.2 Aplicaciones históricas.

En el transcurso de la evolución de la arquitectura hay elementos que por su funcionalidad se los vincula con lo que es la arquitectura cinética, y los cuales nos sirve como referencias para conocer y dar un concepto de la arquitectura cinética.

Uno de los primeros elementos que aparece en la historia que ocupan concepto y funciones de arquitectura cinética es el VELARIUM en la Arquitectura Romana.

1.2.3 Velarium del coliseo romano – Anfiteatro Flavio 70-80 A.C.

El coliseo romano uno de los principales edificios de esta Arquitectura en donde se realizaban peleas de gladiadores y muchos otros espectáculos públicos, uno de los elementos de este coliseo es su velarium que tenía la función de cubierta para proteger a los espectadores de la lluvia y del soleamiento en épocas de verano, Velarium es un toldo de grandes dimensiones, estas estaban operadas por miles de marines, los cuales se apoyaban en grandes poleas, en la parte superior de la fachada se han identificado los huecos en los que se colocaban los 250 mástiles de madera que soportaban los cables.

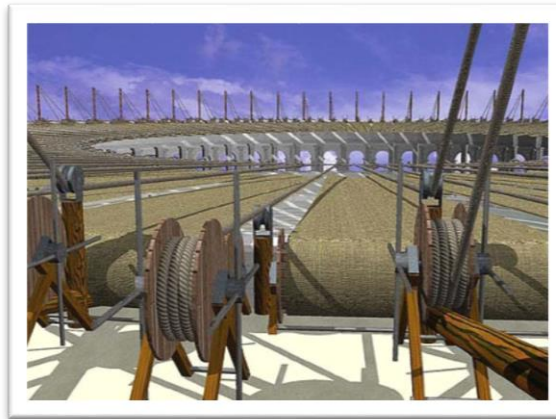


Imagen 1-6 Velarium del Coliseo Romano
Fuente: <http://www.basileusonline.it/velarium>

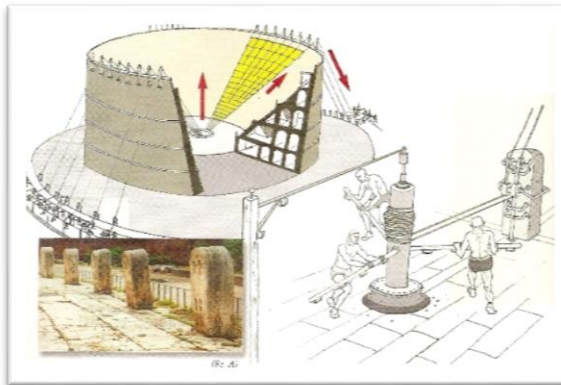


Imagen 1-7 Velarium del Coliseo Romano
Fuente: <http://erasedunaitalia.blogspot.com/2009/11/edificios-del-foro-romano-vi.html>

1.2.4 Puentes levadizos 1000-1200 DC.

En la edad media los castillos fueron una de las principales construcciones, y uno de sus elementos fundamentales que presentan estas construcciones es el puente levadizo su función principal era aislar, proteger y dificultar el acceso de un eventual atacante. Los elementos que presenta estos puentes eran rodillos a modo de caña de pescar en los que se enroscaban las cadenas o cuerdas paralelas entre si y que mediante palanca

alzaban el puente, las cuales se situaban detrás del eje de rotación.

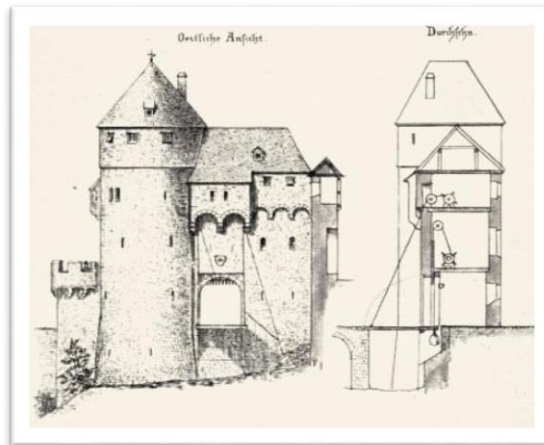


Imagen 1-8 Puentes Elevadizos
Fuente: <http://www.tetti.de/SOLINGEN/SCHLOSS-BUR>

1.2.5 Engranajes de Leonardo Da Vinci 1500 DC.

Leonardo Da Vinci fue uno de los genios en el Renacimiento, incursiono en varias ramas de la ciencia y una de ellas fue en la de invención de sistemas mecánicos en el cual dejo muchos escritos, pero ninguno fue puesto en práctica, pero lo importante en sus escritos es la invención de los engranajes en todas sus formas, un ejemplo de aplicación es la utilización de una pareja de engranajes, una de ellas provistas de barras cilíndricas y la otra formada por dos ruedas unidas por barras cilíndricas para generar movimiento y servía para repelar ataques enemigos, era una máquina de defensa para la guerra.

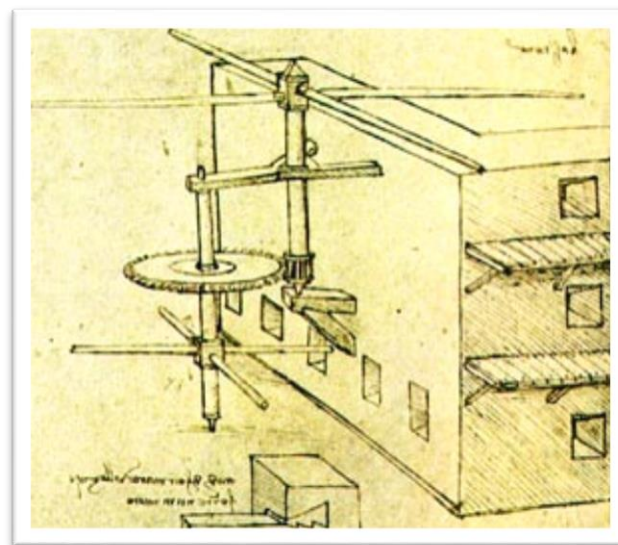


Imagen 1-9 Engranajes de Leonardo Da Vinci
Fuente: <http://www.taringa.net/post/ciencia-educ>

1.2.6 La Casa Dymaxion 1940.

Buckminster R. Fuller es un arquitecto que tenía como idea que las casas se construían mal, que no eran eficientes ni sostenibles, por la cual proyectó la primera casa llamada en ese entonces futurista, el diseño de esta vivienda aparece como innovadora y sustentable, utilizaba el concepto de dinamismo que, si la familia tenía que mudarse, la casa se muda con la familia. La vivienda tiene una planta hexagonal, un pilar central de donde se suspenden cables tensores.

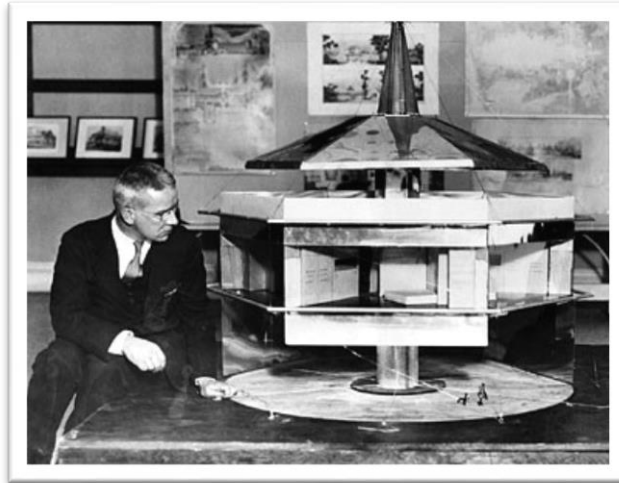


Imagen 1- 10La Casa Dymaxion 1940
Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/>

En esta cronología expuesta se puede analizar algunos elementos ya diseñados que fueron muy útiles en su tiempo por su función de movilidad y así podemos entender más el concepto y características de una arquitectura cinética, aunque en la investigación presente nos enfocaremos más en las envolventes cinéticas ese es el punto central de nuestra investigación, las envolventes son las que nos ayudarán a dar respuesta a la problemática expuesta.

1.2.7 Definición.

La cinética como concepto en sí es el desarrollo de un movimiento que produce un cuerpo o elementos que hacen que se produzca ese movimiento, este concepto se lo aplica en varias ramas de la ciencia en la química, en la física, en la arquitectura con elementos como puertas, ventanas y en fachadas.

Arquitectura Cinética es la creación de objetos que pueden físicamente volver a configurarse a sí mismos para satisfacer las necesidades de los espacios que están

expuestos a condiciones climáticas cambiantes, lo que se forma una arquitectura adaptable. El diseño cinético depende de movimiento por sus efectos, por sus necesidades y a las condiciones que estén expuestas.

1.3 Envolvertes cinéticas.

Fachadas cinéticas describen el movimiento o movimientos actuales a través de la transformación geométrica en el espacio que afectan a la modificación de las propiedades del estado o el material o estructura física de la fachada de los edificios sin comprometer la estructural global integridad. Las aplicaciones de fachadas cinéticas son mejorar las cualidades estéticas, responder a los cambios del medio ambiente condiciones y realizar funciones Que sería imposible las fachadas estáticas. (Sharaidin, 2014)

1.3.1 Tipos de Envolvertes.

Estos sistemas de trabajo están divididos en cuatro tipos: fachadas plegables, fachadas en capas, fachadas torneada y fachadas especiales.

1.3.2 Envolvertes plegables.

Las envolvertes plegables se muestran como una tercera dimensión que proporcionan una profundidad al edificio, una característica agradable es el crear patrones modulados en dos dimensiones y en tres dimensiones, gracias a esto el edificio puede tener un aspecto diferente dependiendo del patrón que se aplique a la envolverte.

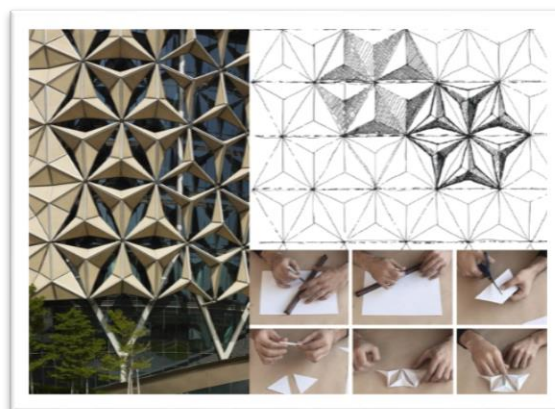


Imagen: 1-11 Fachadas Plegables
Fuente: <http://www.ahr-global.com/Al-Bahr-Towers>

1.3.3 Envolventes en capas.

A diferencia de muchas envolventes cinéticas, la envolvente en capas se mantiene dentro de su perímetro original. El diseño no es muy diferente al de un edificio estático, una ventaja es que la envolvente en capas no tiene que ser una fachada de doble piel, este tipo de envolvente ocupa elementos que se superponen uno sobre otro para darle otra connotación a la fachada.



Imagen: 1-12 Fachada en capas

Fuente: <http://www.arch2o.com/doha-tower-jean-nouvel/>

1.3.4 Envolventes torneadas.

Son una de las envolventes cinéticas más comunes. Por ejemplo, las lamas (tira lisa y delgada que se utiliza para dejar pasar más o menos luz) se han utilizado en envolventes por mucho tiempo. En la mayoría de los casos, la lama sería fijada horizontalmente a medida que se colocan en las envolventes por donde el Sol está en lo más alto de su posición. Hoy se emplean lamas verticales en las envolventes para darle otro carácter al diseño del edificio.

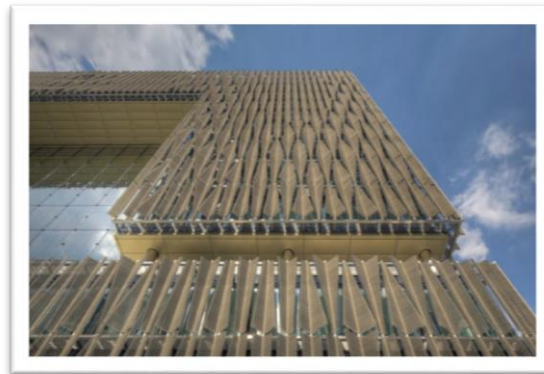


Imagen 1-13 Fachada Torneada

Fuente: <http://www.archdaily.com/326747/q1-thyss>

1.3.5 Las Envolventes Especiales.

Combinan cualquiera de las envolventes anteriormente mencionados, este tipo es más interesante, ya que presenta características diferentes en función a su módulo de diseño.



Imagen 1-14 Fachada Especiales

Fuente: <http://www.archdaily.com/326747/q1-thyss>

1.3.6 Aplicaciones.

Las aplicaciones de las envolventes cinéticas mucho más allá de lo estético son para protección de condiciones medio ambientales, muchos de los edificios que están contruidos su fachada cinética está en función de proteger de la incidencia del solar, que está afectando a toda la población mundial.

Otras de las funciones son las de sustentabilidad, por ejemplo, de ahorro energético, también con este tipo de envolvente se puede trabajar luz, sombra y espacios interiores dándole así una nueva forma de concebir espacio de confort.

1.3.7 Referente.

Uno de los referentes que tomamos en consideración es uno de los grupos de arquitectura que trabaja en temas de sustentabilidad y que tiene varios proyectos contruidos y en planificación que están ligados directamente con nuestro tema de investigación, a continuación, describimos a este grupo de arquitectos.

1.3.8 Grupo de arquitectura AEDAS.

AEDAS es un estudio de arquitectura que fue fundada en el año 2002 con 550 empleados, ya en el año 2008 se convirtió en uno de los cinco estudios de arquitectura más grandes del mundo con más de 1000 empleados, y en la actualidad sigue

manteniendo ese liderazgo en la creación de una nueva forma de hacer arquitectura.

La empresa se basa en la creencia de que el diseño sólo puede ser creado por personas con un profundo conocimiento social y cultural de las comunidades que están diseñando, por lo que han creado varios proyectos con soluciones muy novedosas y sustentables entre los cuales tenemos Torres al Bahar que se describe a continuación.

1.3.9 Las torres Al Bahar.

Las torres Al Bahar Towers se encuentran en Abu Dhabi que es la capital de los Emiratos Árabes Unidos la cual es la segunda ciudad más grande del mundo. La ciudad cuenta con un clima desértico, la mayoría de los días hay cielos azules soleados y los meses julio a septiembre son muy calientes y húmedos, con un promedio de la temperatura de 38 grados centígrados.



Imagen 1-15 Fachada Plegables
Fuente: <http://www.archdaily.com/326747/q1-thyss>

Para lo que el grupo de arquitectura Aedas diseño una forma cilíndrica para maximizar el espacio y oferta una vista en todas las direcciones. Una consecuencia con la elección de este diseño es que la fachada está abierta en todas las direcciones, que provoca una gran cantidad de calor, que es un gran problema en el Clima de Abu Dhabi como anteriormente mencionamos, para contrarrestar este problema se planteó una tradicional celosía de madera. Ellos crearon un módulo hexagonal escalable que actuará como la barrera solar y puede dar respuesta a la posición del Sol.

La fachada dinámica de Al Bahar, está controlado por un ordenador que responde a las variaciones del clima, en el aumento o disminución de la temperatura de una manera óptima.

La fachada cinética contiene 1.000 protecciones solares individuales que se controlan a través del Sistema de gestión del edificio. Cada unidad es impulsada por una serie de paneles de PTFE y por un motor lineal que se abrirá una vez al día por una secuencia pre programado que se ha calculado antemano. El sistema se activa a través de sensores que recogen datos y remiten información para que los actuadores abran las unidades en los eventos de vientos fuertes o condiciones muy nubladas.

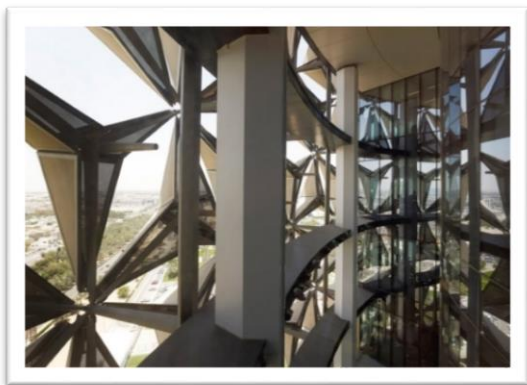


Imagen 1-16 Fachada Plegables
Fuente: <http://www.archdaily.com/326747/q1-thyss>

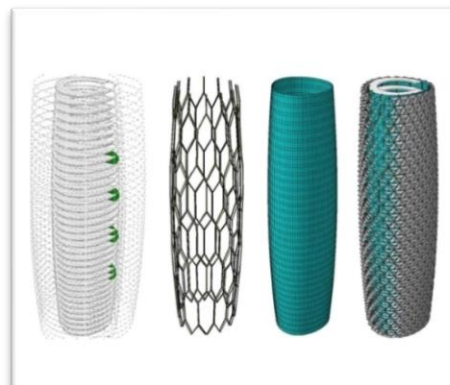


Imagen 1-17 Fachada Plegables
Fuente: <http://www.archdaily.com/326747/q1-thyss>



Imagen 1-18 Fachada Plegables
Fuente: <http://www.archdaily.com/326747/q1-thyss>

Los efectos de este sistema son muy importantes como la mejora de la penetración de la luz por el modulo hexagonal que se ocupa, la reducción de los reflejos provocados por la luz, una menor dependencia de la iluminación artificial, con esta nueva tecnología se reduce más del 50% en las emisiones de CO2 lo que resulta en 1.750 toneladas por año.

CAPITULO II
2. CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES

2.1 Radiación solar.

2.1.1 Definición y Tipos.

La radiación solar es la energía que recibimos del Sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias como son los rayos X, rayos ultravioleta, luz visible, entre otros.

La radiación solar antes de hacer contacto con la superficie de la Tierra y entrar en contacto con los seres vivos atraviesa por la atmósfera y se ve afectada por dos fenómenos: absorción y dispersión, que actúan como procesos de alteración de la radiación, transformándola en diferentes tipos de energía procedente del Sol.

Estos tipos de energía radiante son: directa, difusa y reflejada.

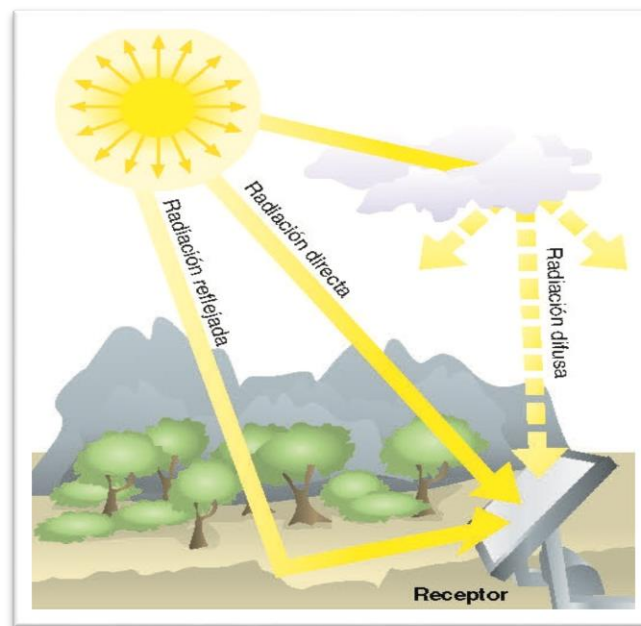


Imagen 2 - 1 Tipos de Radiación

Fuente: <http://calculationsolar.com/blog/wpcontent/uploads/2013/04/figura14.jpg>

2.1.2 Radiación directa.

Es aquella que llega de manera directa a la Tierra sin haber sufrido cambios en su dirección, se caracteriza principalmente por proyectar una sombra de los objetos que la obstaculizan.

2.1.3 La radiación difusa.

Es el efecto generado cuando la radiación solar se dispersa al entrar en contacto con las moléculas del aire que se encuentran en la atmósfera. La podemos considerar uniforme su distribución a través de todo el hemisferio.

2.1.4 Radiación reflejada.

Como su nombre lo indica es la radiación reflejada por la superficie terrestre o cualquier objeto con esta característica, la cantidad de radiación pues obviamente dependerá del coeficiente de reflexión de la superficie u objeto, como referencia las superficies verticales son las que más radiación reciben.

2.1.5 Incidencia solar.

La incidencia solar es la dirección con la cual llega la radiación sobre una superficie o sobre los cuerpos situados en la superficie terrestre. Es de especial importancia cuando se desea conocer su comportamiento al ser reflejada.

2.1.6 Radiación solar en el Ecuador.

La ubicación geográfica de nuestro país es la que determina la alta radiación solar que recibimos. “Ecuador está ubicado sobre la línea ecuatorial, en América del Sur, su territorio se encuentra en ambos hemisferios. A medida que la luz solar llega a los polos esta va disminuyendo su intensidad; en cambio, esta impacta con más fuerza sobre la línea ecuatorial. De esta forma y debido al deterioro de la capa de ozono, Ecuador es más vulnerable a la radiación solar.” señala la AGENCIA ESPACIAL CIVIL ECUATORIANA en su página web: exa.ec

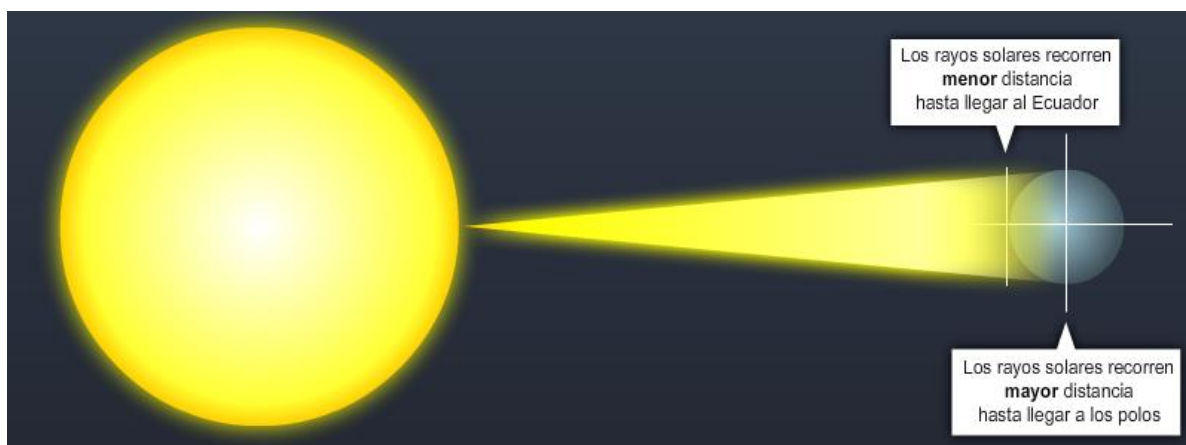


Imagen 2 - 2 Radiación en Ecuador
Fuente: exa.ec

La capa de ozono es una capa protectora de la atmósfera que funciona como un escudo para proteger la Tierra de la radiación ultravioleta, juega un papel importante, pues actúa como un filtro que impide el paso de las radiaciones ultravioletas del Sol hacia la Tierra. Según EXA “La función del ozono es devolver gran parte de la radiación solar hacia afuera de la atmósfera terrestre, protegiendo a la Tierra, pero a causa de su debilitamiento permite el ingreso de altas dosis de radiación UV, peligrosa para el hombre. Aunque la intensidad de la radiación depende de otros factores como la nubosidad y la altitud, cuando más cerca de la línea ecuatorial se está, más fuerte es la radiación UV.”

2.1.7 Radiación Ultravioleta.

La radiación UV en dosis normales tiene efectos benéficos, pues ayuda a producir ciertas vitaminas en el cuerpo.

La luz solar se compone de tres partes:

- Luz visible que es la radiación electromagnética que los humanos somos capaces de ver.
- Luz infrarroja que sentimos a través del calor y son de longitud de onda más larga.
- Y los rayos ultravioletas (UV) también emitidos por el Sol que abarcan un rango de longitud de onda más corta y son de tres clases: UV-A, UV-B y UV-C, este rango está comprendido entre los 10 nm (ultravioleta extremo) y termina en los 400 nm donde comienza la parte visible al ojo humano.

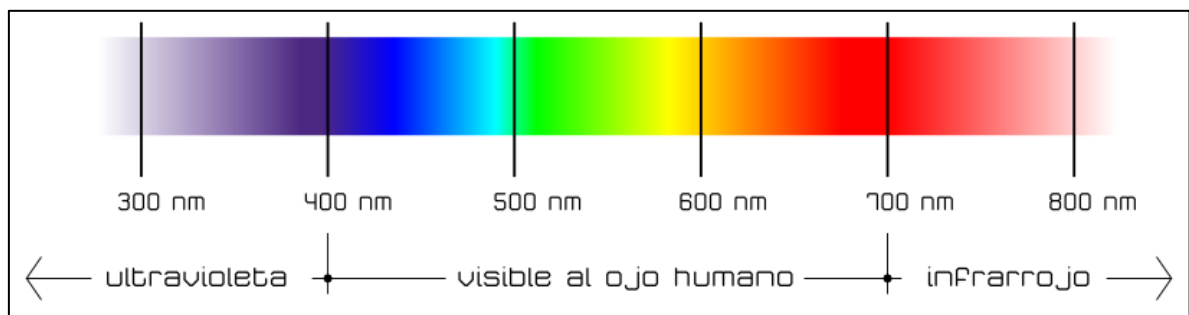


Imagen 2 - 2 Longitudes de Onda

Fuente: <http://polaridad.es/sensor-radiacion-ultravioleta-arduino-indice-uv-uvm30a-guva-s12sd/>

Los rangos alcanzados por los rayos ultravioletas según la longitud de onda son los siguientes:

Nombre	Abreviatura	Longitud de onda (nm)
Ultravioleta A (onda larga)	UV – A	400 – 315
Ultravioleta B (onda media)	UV – B	315 – 280
Ultravioleta C (onda corta)	UV – C	280 - 100

La radiación **UV-C** es bloqueada totalmente por la capa de ozono que se encuentra en la atmósfera y los valores por debajo de los 100 nm son considerados extremos.

2.1.8 Índice UV.

El índice UV es un sistema estándar sencillo para medir la intensidad de la radiación ultravioleta proveniente del Sol en la superficie terrestre. Nos sirve como como indicador para determinar el riesgo potencial para la salud.



Imagen 2 - 3 Índice de Radiación solar mundial.

Fuente: <http://polaridad.es/sensor-radiacion-ultravioleta-arduino-indice-uv-uvvm30a-guva-s12sd/>

2.2 Protección solar.

2.2.1 Sistemas de protección solar.

“En el sentido más estricto se entiende por protección solar tan sólo el apantallamiento de superficies exteriores, especialmente de ventanas, para hacer frente a una irradiación o un deslumbramiento solares demasiado intensos. En un sentido más amplio, no obstante, todas las medidas encaminadas a estabilizar el clima ambiente interior...” (Schmitt, 1978)

Entre los diferentes tipos de impacto ambiental esta la incidencia del Sol en las superficies vidriadas que requieren inmediatamente solución, es así que cada vez son más frecuentes las demandas de elementos o sistemas de protección solar (envolventes) con materialización que nos permita optimizar el comportamiento de las

fachadas y calidad ambiental interior (confort). Planteamos como solución crear una envolvente o sistema de protección solar exterior que reduce contribuya a reducir notablemente la incidencia solar y los efectos generados por esta, en los diferentes espacios de una edificación.

La envolvente como sistema de protección solar son de gran utilidad y funcionalidad y aporta al mejor uso de los ambientes próximos a las superficies de vidrio, manteniéndoles con una adecuada temperatura que no altere los niveles de confort necesarios para el desarrollo de las diferentes actividades del ser humano.

La envolvente cuenta con un mecanismo de movimiento en respuesta y control a la incidencia solar, así como generar diferentes juegos de luces y sombras dándole movimiento y vida a los espacios. Los mecanismos de control pueden ser accionados en forma automática a la incidencia solar o en forma manual de acuerdo a la conveniencia de las personas.

2.2.2 Trayectoria solar.

El Sol es la mayor fuente de energía solar y es indispensable para el diseño bioclimático, se encuentra en movimiento y es importante conocer su trayectoria ya que está constantemente variando de acuerdo a la hora del día y a los diferentes meses del año. La trayectoria solar se puede definir como el ángulo que es formado por el eje de rotación de la Tierra, que no siempre es perpendicular y su trayectoria de traslación con respecto al Sol.

La trayectoria solar es importante conocer para poder determinar el ángulo de variación que se va a dar a los mecanismos del sistema de protección para su adecuada respuesta a la excesiva radiación solar.

CAPITULO III

3. EXPERIENCIAS PREVIAS

Para la parte práctica de la investigación utilizamos varias herramientas y programas entre ellas las digitales que nos ayudaron en este proceso de diseño y de experimentación, el programa Rhinoceros 3d fue el programa para visualizar las simulaciones de nuestros prototipos.

3.1 Plugin Grasshopper y Firefly.

3.1.1 Rhinoceros 3d (Rhino).

Es una aplicativo de software que sirve para modelado en dos y tres dimensiones asistido por ordenador, aplicación desarrollada por Robert McNeel & Associates. Está basado en NURBS modelización matemática, que se centra en la generación de la representación matemática precisa de la curva y superficies de forma libre dentro de gráficos por ordenador como a diferentes a base de malla poligonal aplicación.

3.1.2 Grasshopper.

Es un lenguaje de programación visual desarrollado por David Rutten en Robert McNeel & Associates. Opera dentro del modelado Rhinoceros 3D, que ofrece lo visual algoritmos y modelado paramétrico. El programa es capaz de la creación de programas diseñados a medida, que permite ampliar la funcionalidad. Varios tipos de análisis se extiende de sonido, la optimización del diseño estructural y el control de Arduino son sólo algunas de las tareas que se pueden operar dentro del software Grasshopper.

3.1.3 Firefly.

Andy Payne y Jason Kelly Johnson desarrollan Firefly en 2010. La herramienta de software permite la conexión e interacción entre dispositivos analógicos y digitales. Proporciona una directa conexión entre Arduino microcontrolador y el algoritmo software, Grasshopper en el entorno de rinoceronte.

3.1.4 Arduino.

Arduino es una plataforma de hardware abierta, diseñada para la realización de prototipos. Existen diversos modelos, pero, en este caso se usa específicamente el Arduino UNO, el cual consta de un microcontrolador (ATmega328), una entrada USB que sirve como alimentación y conexión de datos a la PC, un conector de alimentación al que se puede conectar una fuente externa como baterías o pilas, un botón de reinicio, entradas y salidas tanto digitales (14 pines) como analógicas (6 pines).

Si bien los proyectos desarrollados con Arduino pueden interactuar con el computador u otros dispositivos informáticos, no constituyen un requisito para su funcionamiento, es decir, tiene la capacidad de ejecutarse de manera independiente.

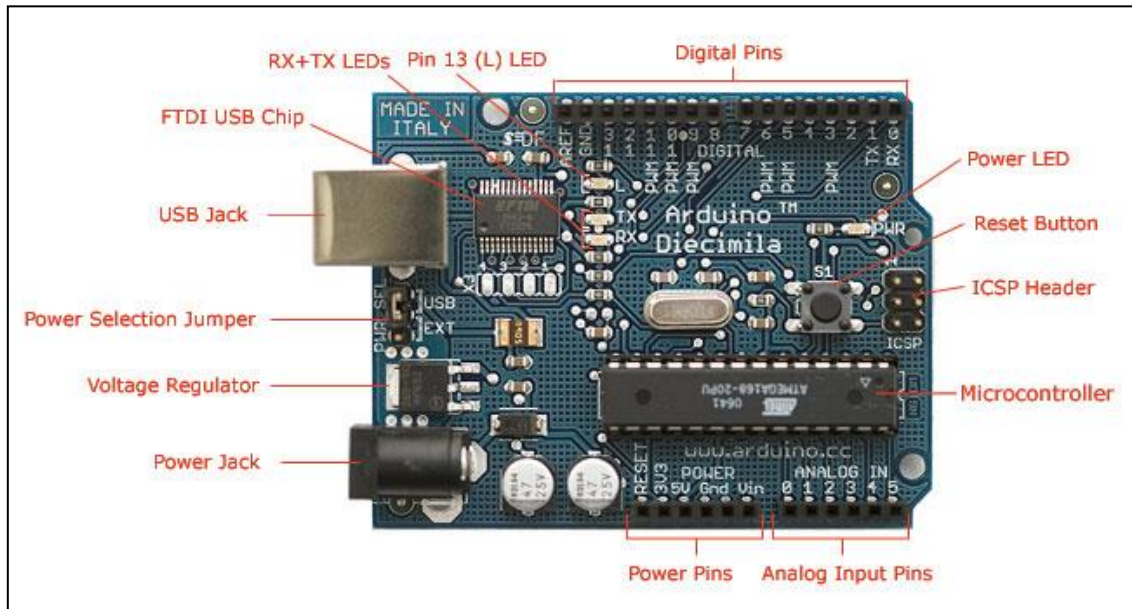


Imagen 3-1 Arduino

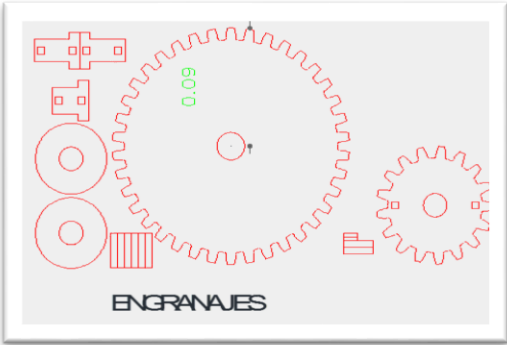
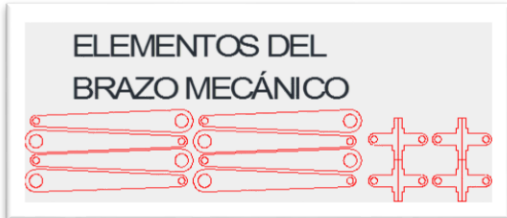
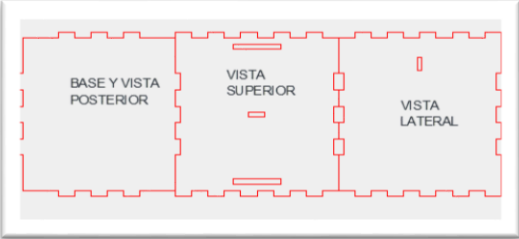
Fuente: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardDiecimila>

3.2 Desarrollo de prototipos.

Para el proceso del prototipo final, experimentamos algunos ejemplos que encontramos en tutoriales y videos donde contienen desarrollados su programación de simulación en Grasshopper, además procedimos al diseño de los elementos para los movimientos mecánicos, para realizar le movimiento del ejemplo que se esté replicado así mismo se elaboraron maquetas de cada una de los ejemplos.

3.2.1 Primer prototipo.

Tabla 1. Prototipo uno.

DESCRIPCIÓN	IMAGEN
El primer ejemplo que desarrollamos fue uno resuelto de un video sobre composición cinética, en la cual describían algunos ejemplos de movimientos y escogimos uno de ellos para elaborarlo.	 Imagen 3-2 Arduino Composición Cinetica Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=hugz_00nr7a
Paso 1.- El dibujo y pre dimensionamos de las piezas lo realizamos en el programa AutoCAD, para las dimensiones de la maqueta del prototipo son de veinte centímetros por veinte centímetros, en el diseño de piezas tenemos engranajes de diferentes diámetros, brazos mecánicos que van a ir incorporados a los engranajes, para la ejecución del movimiento. Desarrollamos una base que se va ensamblar de la manera fácil y servirá como base, para colocar los engranajes y los módulos del prototipo.	 Imagen 3-3 Engranajes para Sistema mecánico Fuente: Los Autores, 2016  Imagen 3-4 Brazos para Sistema Mecánico Fuente: Los Autores, 2016  Imagen 3-5 Caja despiezada para el Sistema Mecánico Fuente: Los Autores, 2016

Procedemos a cortar las piezas del prototipo en la cortadora a laser del laboratorio FABLAB de la UTPL, el material que se utilizamos fue el cartón de 6 mm.

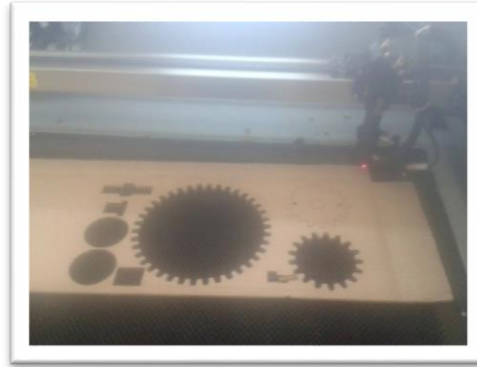


Imagen 3-6 Cortado a Laser
Fuente: los autores, 2016

Con las piezas listas se procede a armar el prototipo, primero ubicamos dos engranajes en las caras laterales y uno en la cara superior el que cumple la función de proporcionar movimiento a los engranajes laterales.



Imagen 3-7 Armado de prototipo
Fuente: Los Autores, 2016

Segundo se colocó en los engranajes laterales elementos que cumplen la función de brazos y que a su vez van sujetos a los módulos exteriores.

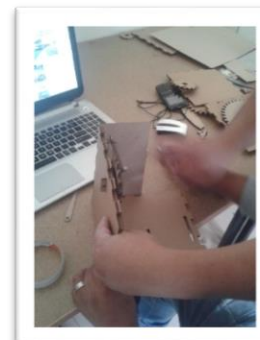


Imagen 3-8 Armado de las piezas
Fuente: los autores, 2016

Tercero se ensambla todas las caras de la maqueta, en donde solo queda visible el engranaje superior, y se procede a dar movimiento al engranaje para que de esta manera los engranajes laterales roten y con esto los módulos exteriores manifiestan un movimiento alternado.



Imagen 3-9 Armado del Prototipo
Fuente: Los Autores, 2016

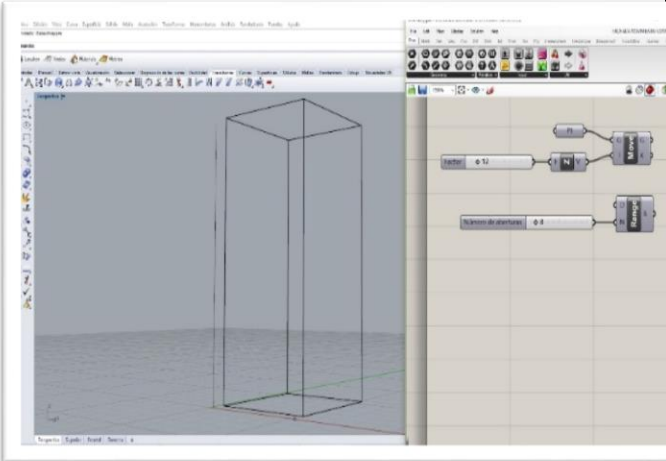
Una vez concluido el armado del prototipo como se aprecia en la imagen 3-9, se concluye:

- Que los engranajes son elementos esenciales en el desarrollo de movimientos manuales y la característica que se observo es que según el número de dientes la velocidad del movimiento varia, y además la posición en que se encuentran colocados se puede sincronizar el movimiento.

3.2.2 Segundo prototipo.

Para el segundo prototipo vamos a replicar un sistema existen de simulación de movimiento cinético en una envolvente, el ejercicio contiene todos los componentes y algoritmos necesarios para la simulación.

Cuadro 2. Prototipo dos.

DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Como se aprecia en la imagen 3-10 ya se colocó algunos componentes de Grasshopper, pero en la ventana de Rhino no se aprecia todavía ninguna variación.	 Imagen 3-10 Prototipo 2 Fuente: Los Autores, 2016

En esta parte el avance es del sesenta por ciento del ejercicio en lo cual se puede apreciar en la imagen 3-11 y en la ventana de Rhino se visualiza los puntos que serán la división de los módulos del ejercicio.

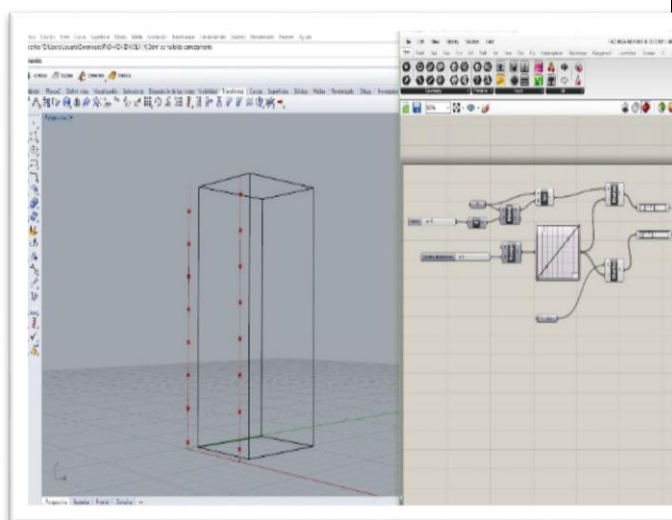


Imagen 3-11 Prototipo 2
Fuente: Los Autores, 2016

En la imagen 3-12 se ha colocado todos los componentes necesarios para culminar el ejercicio de simulación, y en la ventana de Rhino se visualiza ya varias superficies de color rojo que realizaran un movimiento de apertura.

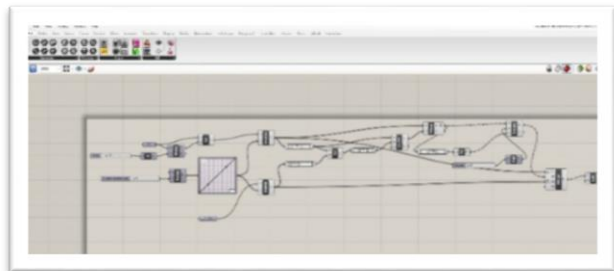


Imagen 3-12 Prototipo 2
Fuente: Los Autores, 2016

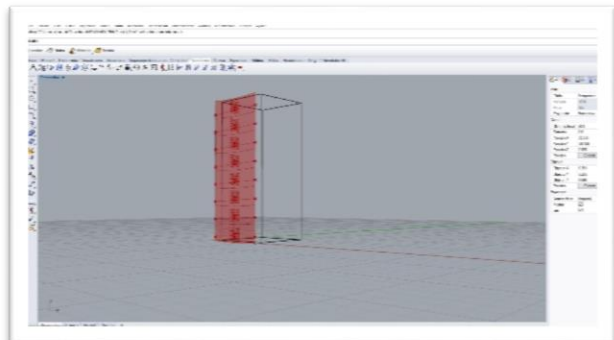


IMAGEN 3-13 prototipo 2
FUENTE: Los Autores, 2016

Para controlar la apertura de cada módulo hay un componente que llamado “number slider” que controla el ángulo de apertura, la misma que ira desde cero a noventa grados.

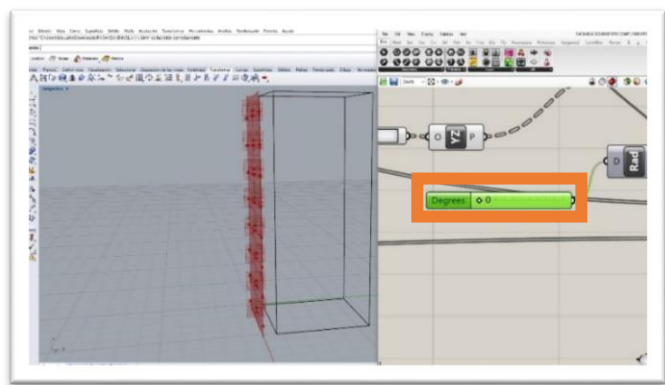


Imagen 3-14 Componente que controla el Angulo de apertura

Fuente: Los Autores, 2016

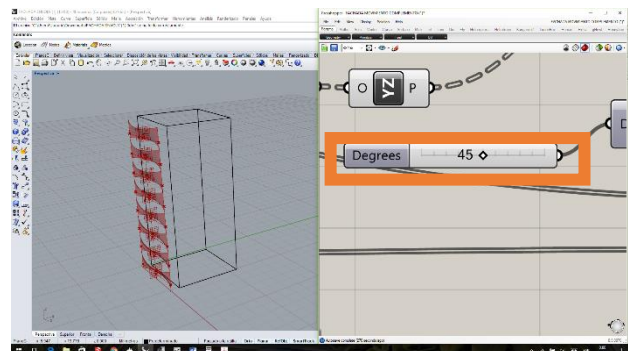


Imagen 3-15 Angulo de apertura cuarenta y cinco grados

Fuente: Los Autores, 2016

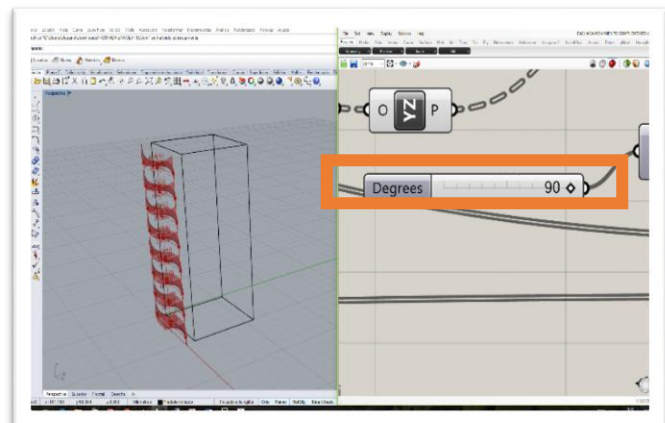


Imagen 3-16 Angulo de apertura noventa grados

Fuente: Los Autores, 2016

Finalmente, completada la simulación en el programa Grasshopper se procedió al diseño, y pre dimensionar de los elementos como engranajes, ejes, brazos en AutoCAD para realizar el movimiento mecánico.

Elaboramos en el programa SketchUp 3D un alzado de todo el conjunto de piezas como se muestra en la imagen 3-19 una axonometría explotada del prototipo.

Se ha diseñado un sistema de movimiento que contiene engranajes, ejes por donde vamos a colocar los engranajes, los brazos que van sujetos a los engranajes y a su vez harán posible su movilidad.



Imagen 3-17 Prototipo 2
Fuente: Los Autores, 2016

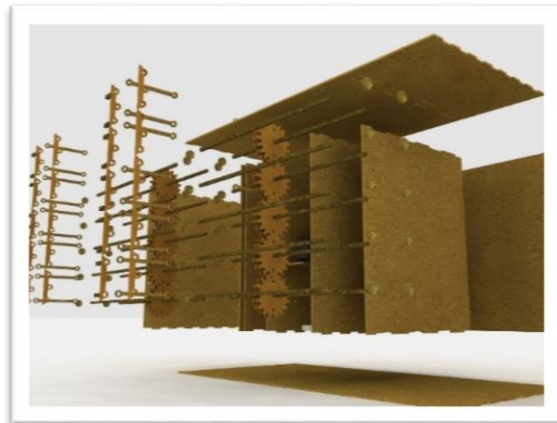


Imagen 3-19 El 3d del Prototipo 2
Fuente: Los Autores, 2016

Los engranajes están alineados de manera que el movimiento es sincronizado.



Imagen 3-18 3d del Prototipo 2
Fuente: Los Autores, 2016

Procedemos a cortar las piezas para lo que ocupamos MDF de 3mm, para los engranajes, brazos, estructura de la maqueta y para los ejes utilizaremos MDF de 5mm, y una tela alicrada que tiene como función la protección solar que se colocara en la parte frontal de los brazos para el movimiento.

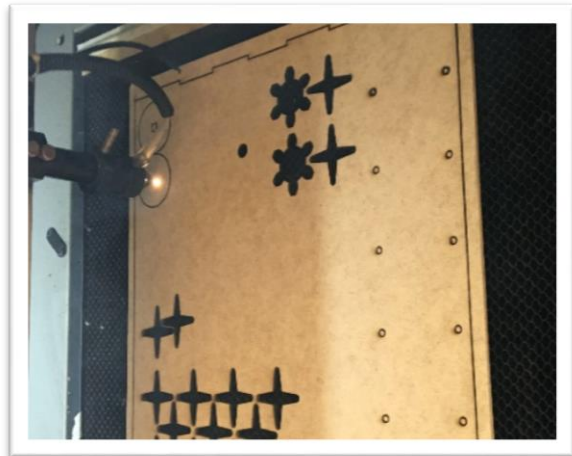


Imagen 3-20 El cortado de piezas del prototipo 2
Fuente: Los Autores, 2016

ARMADO DE MAQUETA.

Paso 1. Empezamos armando los engranajes que van de par y en el medio colocamos los brazos (imagen 3-21) que le van a dar movilidad al sistema.

Paso 2. Procedemos a colocar las tapas que formaron la estructura del prototipo.

Paso 3. Colocamos los ejes en las perforaciones que tienen las tapas de la maqueta, luego proseguimos a colocar los engranajes por los ejes (imagen 3-22).



Imagen 3-21 Armado de maqueta
Fuente: Los Autores, 2016

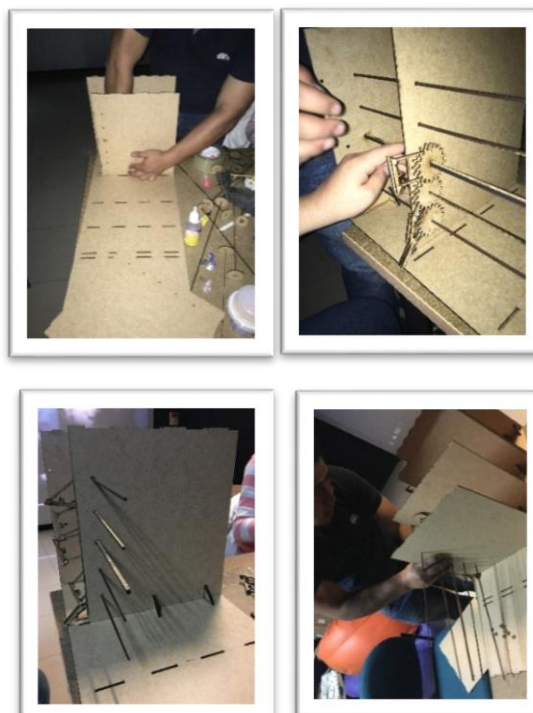


Imagen 3-22 Armado de maqueta
Fuente: Los Autores, 2016

Paso 4. Una vez ya colocado los ejes, engranajes y los brazos en los dos módulos proseguimos a colocar la tela alicrada (imagen 3-23).

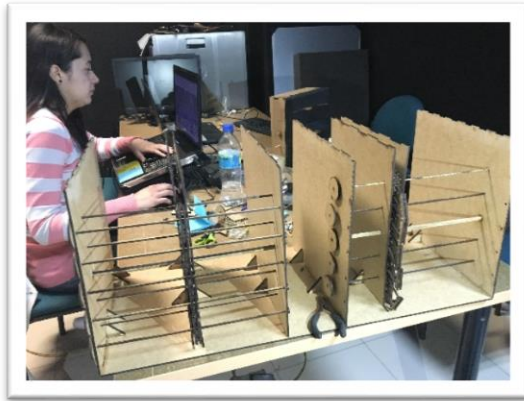


Imagen 3-23 Armado de maqueta
Fuente: Los Autores, 2016

3.3 Automatización del prototipo de la maqueta.

El proceso de automatización se da gracias al avance de la tecnología en respuesta a los problemas cotidianos, con la finalidad de mejorar las condiciones ambientales dentro de un espacio, mejorar los niveles de producción y los mismos niveles de vida del ser humano. Una vez controlada la fase del movimiento mecánico a través de sistemas de engranajes en nuestros prototipos resulta oportuno incorporar la tecnología para tener un control y respuesta automático en función a determinadas variables físicas, en este caso lo hacemos con la intensidad de la radiación UV.

Automatizamos para controlar el sistema de movimiento mecánico a través de un sensor que percibe valores de intensidad de radiación UV a tiempo real y gracias a la programación realizada permite realizar variaciones constantes en el giro de la envoltente durante todo el día, para la automatización procedemos a adquirir equipos que nos ayudarán a realizar el movimiento de una manera automatizada.

3.3.1 Servomotores.

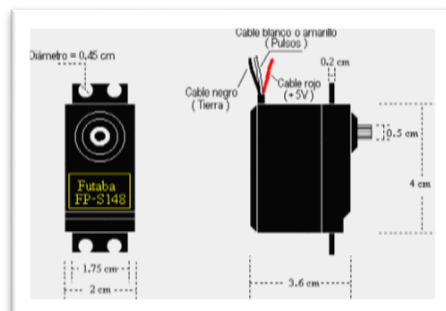


Imagen 3-24 Servomotores
Fuente: Los Autores, 2016

Es un dispositivo que tiene un eje de rendimiento, tienen un amplificador, servo motor, piñonearía de reducción y un potenciómetro de realimentación, todo incorporado en el mismo conjunto, sirve para controlar un movimiento angular de 0 a 180. En nuestro prototipo vamos a ocupar 2 servomotores Hitec Hs-422.

3.3.2 Protoboard.



Imagen 4-25 Protoboard
Fuente: Los Autores, 2016

Es un tablero con orificios conectados eléctricamente entre sí en la cual se puede conectar elementos electrónicos, en lo que nosotros vamos a conectar lo que son el servomotor la placa de Arduino y los sensores de UV.

3.3.3 Sensor LDR.



Imagen 4-26 Sensor ML8511
Fuente: <http://www.hotmcu.com/ultraviolet-rays-uv-sensor-ml8511-p-191.html>

Es un dispositivo electrónico que responde al cambio de la intensidad luz, estos sensores requieren un elemento que genere luz para poder trabajar nosotros lo ocupamos para simular el cambio de rangos y poder ver el radio de giro de los servomotores.

3.3.4 Sensor GY-ML8511.

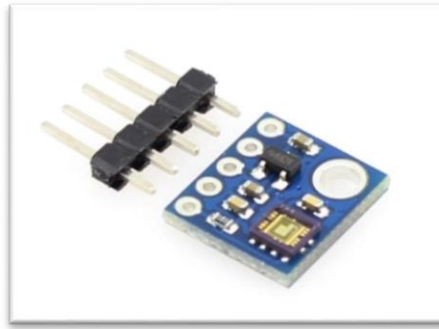


Imagen 3-27 Sensor Rayos UV
Fuente: Los Autores, 2016

Sensor de UV (ultravioleta) trabaja con una señal analógica en relación con la cantidad de luz que se detecta, este sensor puede ser muy útil en la creación de dispositivos que avisan al usuario de posibles quemaduras solares o detectar el índice UV en lo que respecta a las condiciones climáticas.

Es un sensor que lee la intensidad de la radiación solar (datos aproximados), el cual se utilizó para receptor información y enviar a la placa de Arduino y a su vez mida los cambios de intensidad de los rayos UV, los módulos puedan moverse dependiendo la programación realizada.

Con todos los elementos listos para poder automatizar la maqueta se procede primero a hacer la programación en Grasshopper a través de Firefly.

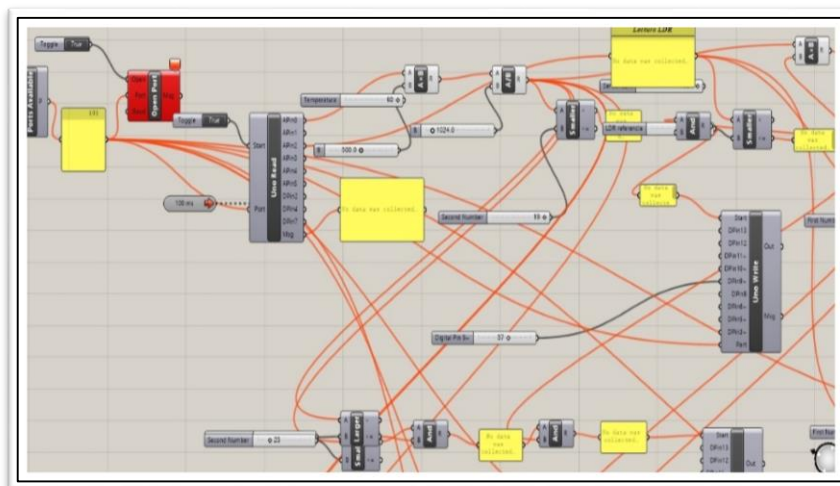


Imagen 3-28 Esquema parte 1 de la envolvente en Firefly
Fuente: autores 2016

- Una vez terminado la programación en el Grasshopper y la instalación en la maqueta de cada elemento procedimos hacer la simulación (imagen 3-33) en el entorno, dándonos los siguientes resultados.

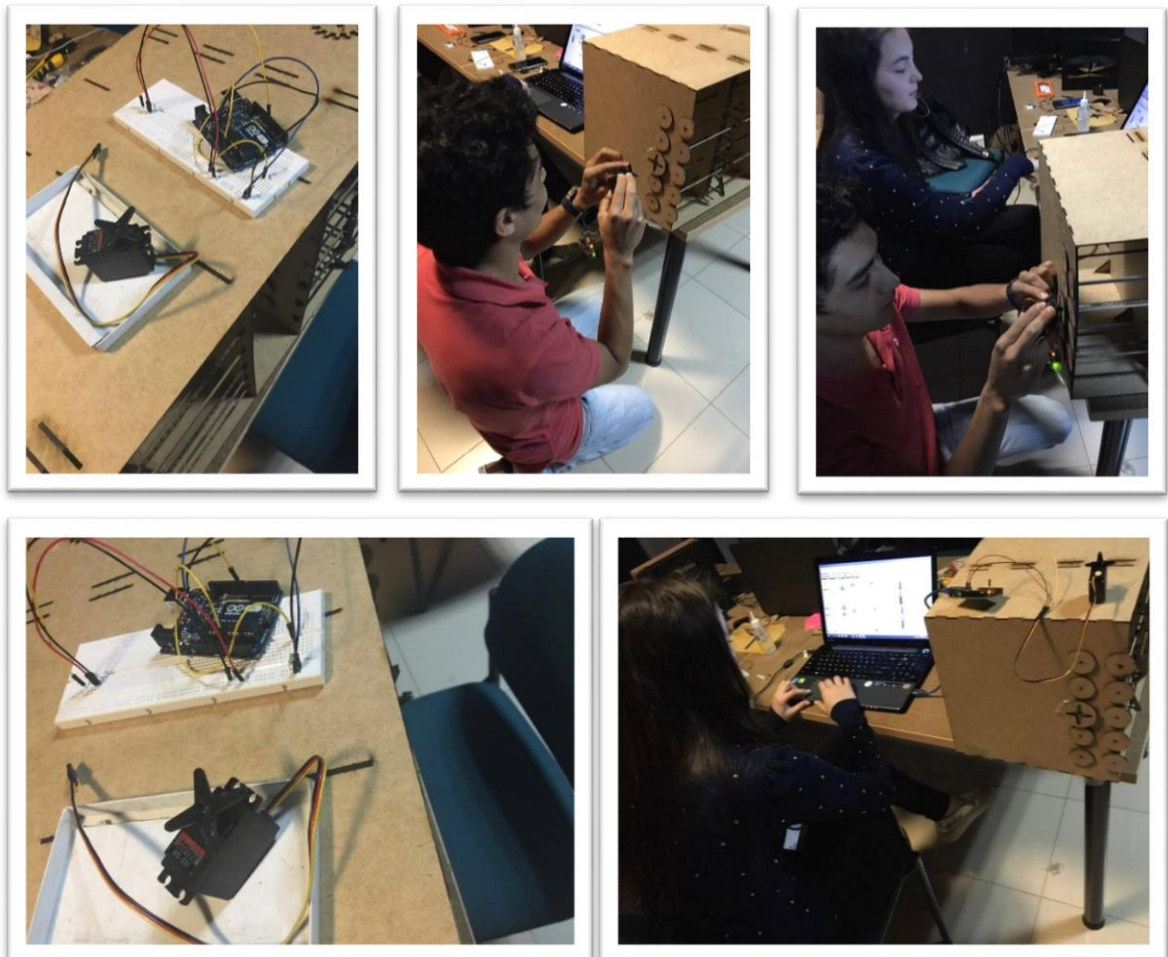


Imagen 3-32 Armado de los elementos en la maqueta
Fuente: Autores 2016

- Con el sensor LDR hicimos las pruebas donde los servomotores giraron de cero a noventa grados sin ningún inconveniente, el movimiento de los engranajes no tuvo ninguna dificultad y la tela que se le colocó también cedió y pudo hacerle el movimiento esperado.

Los resultados obtenidos de la experimentación del sistema automatizado fueron satisfactorios pues se logró abrir y/o cerrar la envolvente gracias a los servomotores que realizan la función de actuadores y hacen girar el sistema de engranajes según la lectura del sensor de rayos UV.

3.4 Tercer Prototipo.

El siguiente prototipo lo desarrollamos en base al referente que escogimos en cual ocupaba módulos triangulares, igual al anterior replicaremos un sistema ya existente en Grasshopper.

Paso 1. Es la creación de la malla triangular con el componente “trigrad”, con algunos componentes más como la “numer slider” para la división de los módulos.

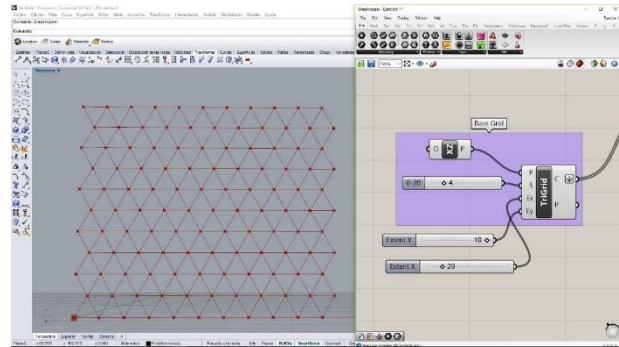


Imagen 3-33 Prototipo 3
Fuente: Autores 2016

Paso 2. Es colocar los puntos que van a formar el relieve de los triángulos, esto se lo hace con una herramienta llamada área.

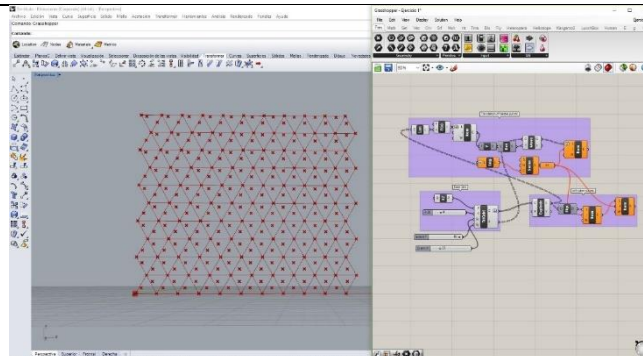


Imagen 3-34 Prototipo 3
Fuente: Autores 2016

Paso 3. Se aprecia ya el término del ejercicio con todos los componentes para la simulación.

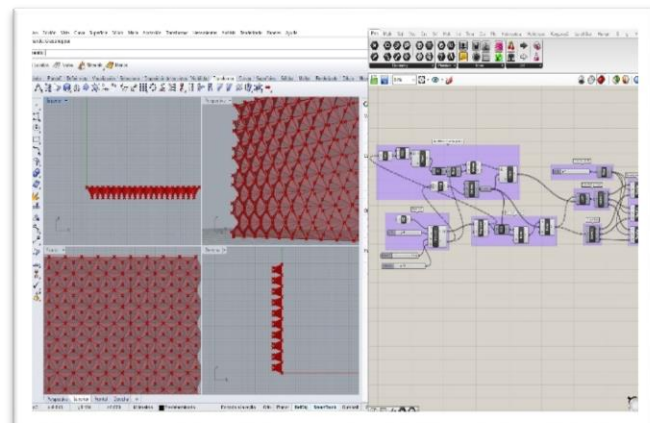


Imagen 3-35 Prototipo 3
Fuente: Autores 2016

Como en el prototipo pasado vamos a utilizar el componente “number slider” que sirve para modificar el ángulo de abertura de los módulos triangulares que va ir de cero a veinte grados.

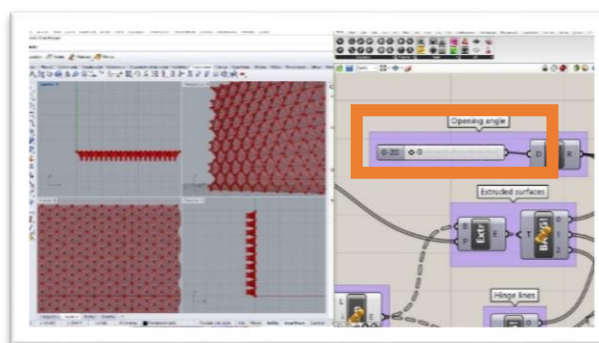


Imagen 3-36 Prototipo 3
Fuente: Autores 2016

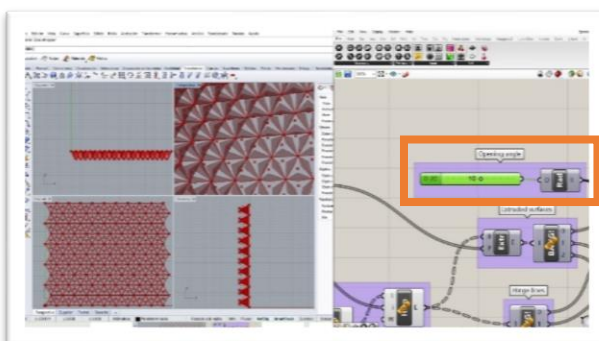


Imagen 3-37 Apertura de diez grados
Fuente: Autores 2016

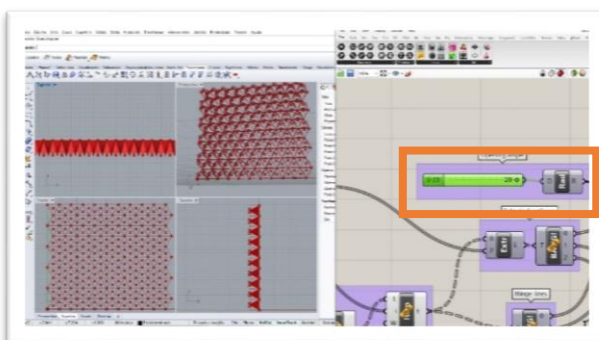


Imagen 3-38 Apertura de veinte grados
Fuente: Autores 2016

Una vez ya terminada el ejercicio en el Grasshopper, procedemos al diseño de los elementos para poder armar la maqueta del prototipo.
Elaboramos las piezas en AutoCAD según el movimiento

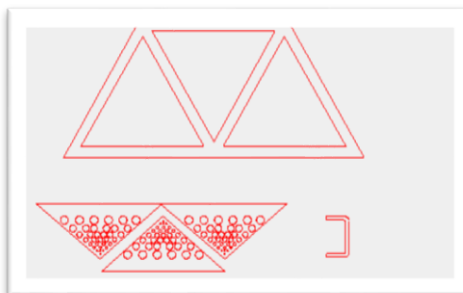


Imagen 3-39 Elementos dibujados en AutoCAD
Fuente: Autores 2016

utilizamos brazos, la base del triángulo tiene una dimensión de treinta y cinco centímetros cada una.

Como en el prototipo anterior hicimos el alzado en tres dimensiones en SketchUp 3d para tener una exactitud en el manejo de las piezas de la maqueta y así no desperdiciar material en el momento del cortado, y colocaremos ya los elementos de la automatización del prototipo como son los servomotores.

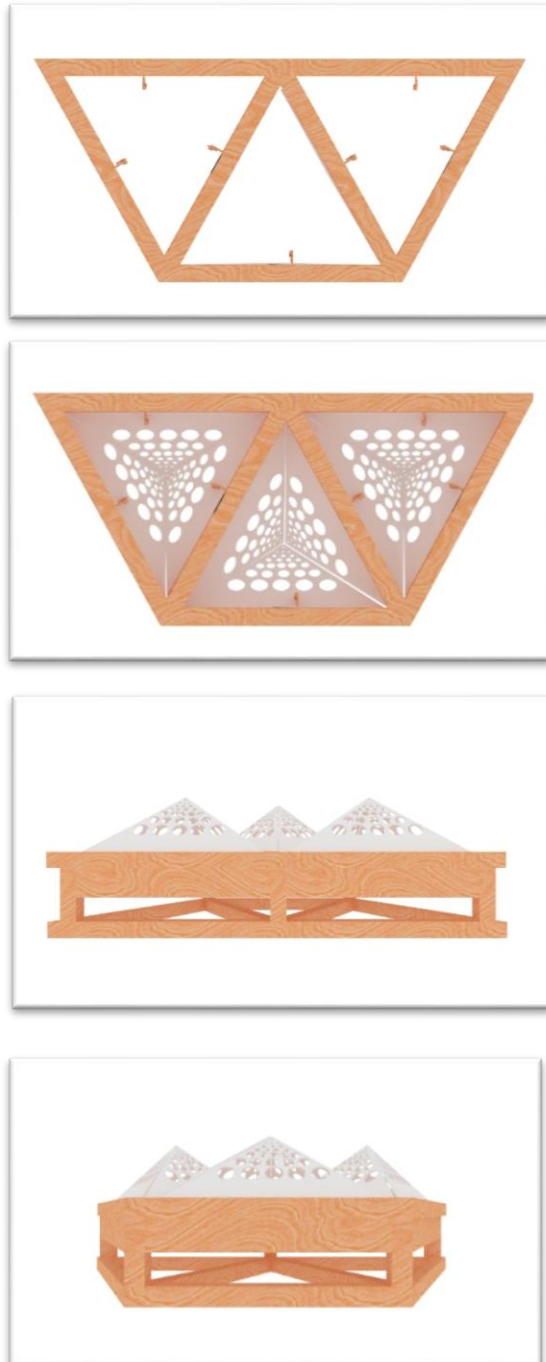


Imagen 3-40 Prototipo 3
Fuente: Autores 2016

Axonometría explotada de elementos que conforman el prototipo.

Corte del prototipo para visualizar donde se colocaron los servomotores.

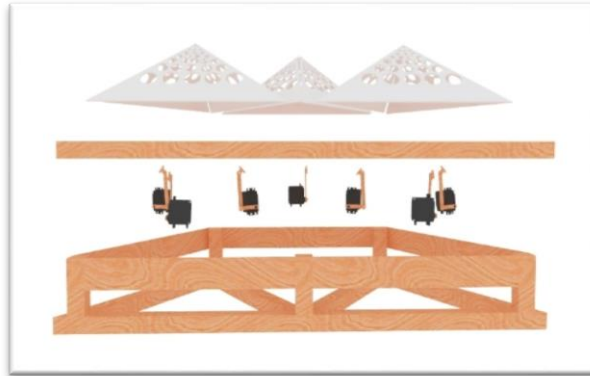


Imagen 3-41 Prototipo 3 Axonometría explotada
Fuente: Autores 2016

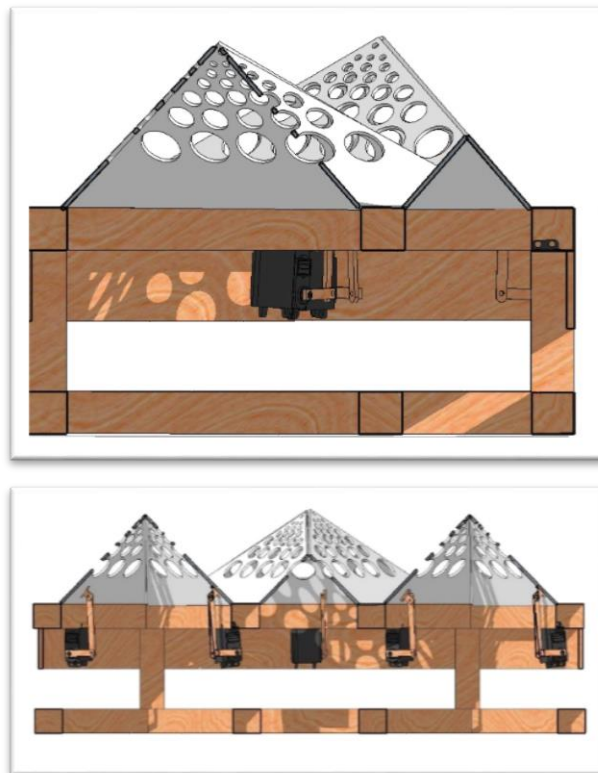


Imagen 3-42 Prototipo 3 corte de prototipo
Fuente: Autores 2016

El siguiente paso es el armado de la maqueta.

Para la base y estructura de las caras utilizamos listón de tres milímetros por tres milímetros.



Para los módulos triangulares ocuparemos PVC y cartón, para los brazos MDF de tres milímetros, bisagras de dos pulgadas.

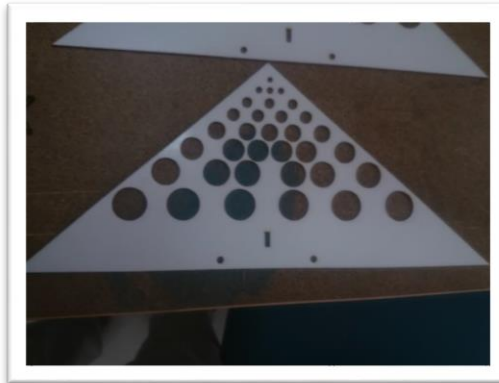


Imagen 3-43 Prototipo 3 armado de prototipo
Fuente: Autores 2016

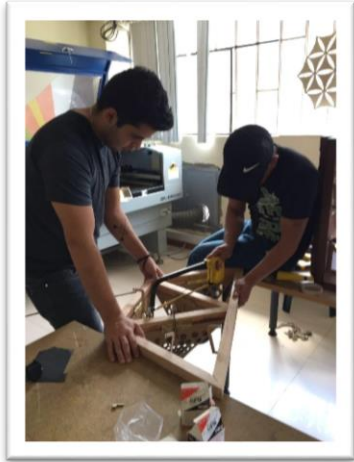
Primero procedemos a cortar el listón y armar la estructura. Una vez armado ya la estructura procedemos a fijar las bisagras. Con las bisagras listas colocamos los brazos y después los módulos triangulares de material de PVC y cartón corrugado, y a las mismas se procedió a realizar un tratamiento de perforaciones para jugar con la luz y sombra.



Imagen 3-44 Prototipo 3 armado de prototipo
Fuente: Autores 2016

Se procede hacer un corte en la estructura de cinco centímetros donde se va a colocar lo que son los servomotores, los cuales van a darle movimiento a los brazos.



	 Imagen 3-45 Prototipo 3 Colocación de servomotores Fuente: Autores 2016
Colocados ya servomotores y los módulos triangulares, calibramos los brazos para que no tener dificultades en el momento de la simulación con Arduino.	 Imagen 3-46 Prototipo 3 Terminada Fuente: Autores 2016

La programación que se realizó por medio del control de un Arduino Mega. Una vez abierto Grasshopper, daremos clic en la pestaña Firefly que desplegará varias herramientas. La primera que vamos a escoger será “Arduino Mega Read”, el cuál leerá valores de cada pin de la Arduino Mega, también se conectará un “Timer” que actualizará los valores de los sensores en tiempo real y para que la Arduino empiece a leer datos, se le coloca un Switch, el cual presenta los estados True y False. Por último, esto se conectará al “Open Port” que es el encargado de cerrar o abrir la conexión con el puerto serial o puerto COM.

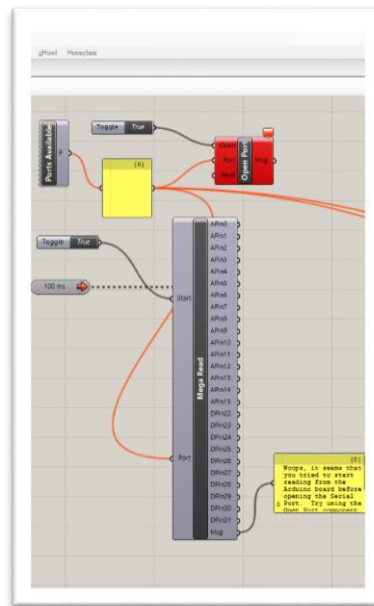


Imagen 3-47 Programación con Firefly
Fuente: Autores 2016

- Se utilizó operaciones matemáticas para convertir las señales analógicas que envían el sensor para convertirlas en señales eléctricas que serán interpretadas por la Arduino, es decir convertirá la intensidad UV del sensor en voltios y lo mismo para la temperatura, para ello utilizamos la fórmula matemática para la temperatura y UV. También se utilizará operadores lógicos para mover los servomotores de cada envoltorio, en este caso deberán ser 3 que deberán abrirse 39° a la vez según el rango del voltaje.

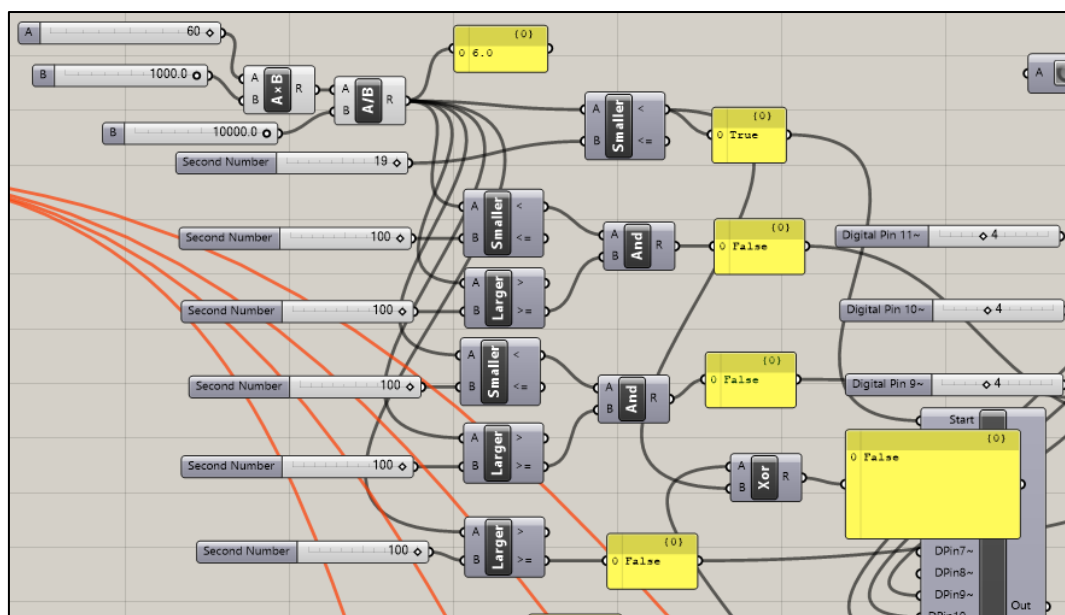


Imagen 3-48 Programación con Firefly
Fuente: Autores 2016

- Con la herramienta “Arduino Write” se enviará y escribirá los valores correspondientes en cada pin digital en la Arduino Mega. Tanto la herramienta “Arduino Read” como “Arduino Write” trabajarán en conjunto con el archivo Firefly Firmata Arduino; entonces al momento de programar en Firefly, automáticamente se generará un código y se guardará en el archivo para quemar el programa en la Arduino.

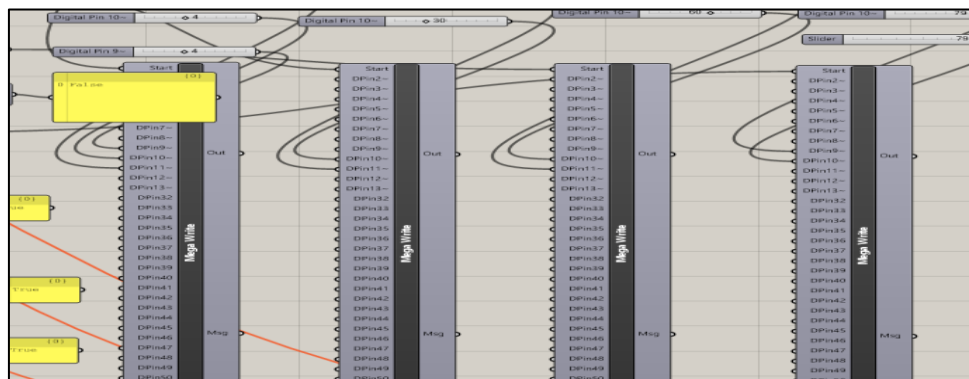


Imagen 3-49 Programación con Firefly
Fuente: Autores 2016

- Cabe recalcar que el usuario tendrá la capacidad de manipular manualmente los movimientos mediante un “number slider”; esto en caso de que ya no se quiera probar el sistema conectado al sensor de rayos UV.

A lo largo del desarrollo del prototipo se ha demostrado como las herramientas digitales, nos ayudaron a dar respuesta al diseño de envolverte cinética y los movimientos que se puede producir en la simulación, para luego realizarlos en físico. En el mismo prtotipo se incorporó la aplicación de elementos electrónicos que nos ayudó a poder automatizar el sistema mecánico que se desarrolló en la envolverte, y mediante los sensores logramos comprobar los cambios de la intensidad de radiación UV, la envolverte realizo el giro de acuerdo a estos cambios.

CAPÍTULO IV

4. PROPUESTA: CENTRO DE CONVENCIONES UTPL

4.1 Delimitación del área de estudio.

La ciudad de Loja se encuentra ubicada al sur del país en la región geográfica conocida como región interandina o sierra, ocupa un territorio de 1833 Km², por su desarrollo y ubicación fue nombrada sede administrativa de la Región Sur o zona 7 comprendida por las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe, es hogar de grandes universidades entre ellas la Universidad Técnica Particular de Loja, lugar donde se tomara el edificio del Centro de Convenciones como caso de aplicación para los problemas de la intensidad de radiación UV, así mismo se realizara un análisis del sitio como soleamiento, vientos y orientación para plasmar la propuesta adecuada.

4.2 Problemas de la radiación solar.

La orientación que presentan los edificios en la ciudad de Loja, generalmente se la hace norte-sur sin embargo tenemos construcciones que por las mismas condiciones de orientación o del terreno se emplazan con las fachadas hacia el oriente u occidente de la ciudad siendo así afectadas en la mañana o en la tarde (mayor incidencia) de manera directa por la radiación solar, esto provoca una disminución de la producción laboral de las personas que se encuentran utilizando los espacios próximos a las fachadas de vidrio.

En la actualidad se ve muchas edificaciones pertenecientes al movimiento moderno con grandes superficies acristaladas que no responden a las necesidades actuales de la sociedad, no presentan una adecuada materialidad presentando inconvenientes en su uso, mantenimiento y durabilidad, estas edificaciones dejaron de ser funcionales y empezaron a buscar soluciones a los efectos de la radiación solar como es principalmente el discomfort, con la incorporación de equipos como aire acondicionado que necesitan de fuentes no renovables para controlar la temperatura en el interior de un espacio, aumentando más el consumo energético y afectando aún más al impacto ambiental.

Las edificaciones convencionales y la mayoría de las actuales no se guían acorde a los criterios de sustentabilidad y aun contribuyen al impacto ambiental de manera significativa, con sus fachadas de vidrio presentan problemas de confort y alta demanda energética, donde es claramente visible un cambio del diseño y modificación de la envolvente, es allí donde se necesita una arquitectura creativa que optimice los recursos naturales, consumos energéticos y acondicionamientos de los edificios.

El uso de grandes áreas con vidrio contribuye a un mejor confort lumínico y uso de iluminación natural para perder el deslumbramiento que se tiene en los diferentes espacios de un edificio, los efectos ocasionados por el contacto directo de los rayos

solares en las fachadas de vidrio originan rápidamente un insoportable calentamiento del aire.

4.3 Estadísticas del clima de Loja.

Para la ciudad de Loja hemos podido recolectar datos sobre la intensidad de la radiación UV publicados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en su sitio web: 186.42.174.236/IndiceUV2/SeccionesInterfaces/centro.php, esta página online hemos realizando un seguimiento aproximadamente desde octubre del 2015, la cual funcionó hasta el mes de agosto del 2016. Los datos publicados son obtenidos por la estación meteorológica ubicada en el sector sur de la ciudad: La Argelia.

Estación Base: M0033 La Argelia-Loja.

Latitud: 04° 01' 50" S.

Longitud: 79° 11' 58" W.

Altitud: 2174 m.s.n.m.

En las siguientes imágenes podemos ver el seguimiento que se le ha dado a la radiación UV, datos que nos sirven para justificar la problemática abordada, donde se evidencia que se está pasando los límites máximos de 11 UV que en la actualidad hemos venido soportando los habitantes de la ciudad Loja.

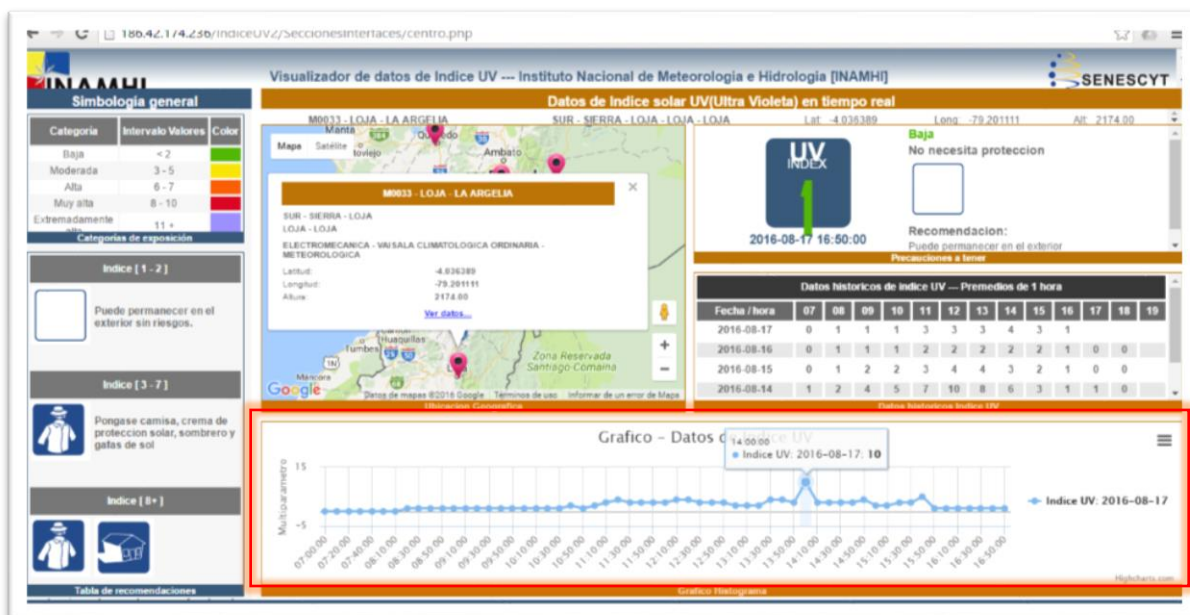


Imagen 4 – 1. Interfaz de la página del INAMHI

Fuente: 186.42.174.236/IndiceUV2/SeccionesInterfaces/centro.php

A continuación documentaremos las gráficas de Datos de Índice UV de múltiples días, descargados desde la página del INAMHI, en las que se ha realizado un seguimiento de la radiación durante cada día como lo indica cada gráfica, resulta oportuno indicar que

en cada una de estas graficas podemos observar dos indicadores: horizontalmente se presenta los intervalos de tiempo durante el día y verticalmente mostramos el índice UV al que se llega en cada intervalo de tiempo.

En la imagen 4 -2. es del día Viernes 5 de Agosto del 2016 en la que presenta intervalos de tiempo cada 40 minutos y como vemos el Indice UV va subiendo a medida que transcurre el día, según se ha visto la radiación solar alcanza sus niveles maximos desde aproximadamente las 10h30 hasta las 15h00.

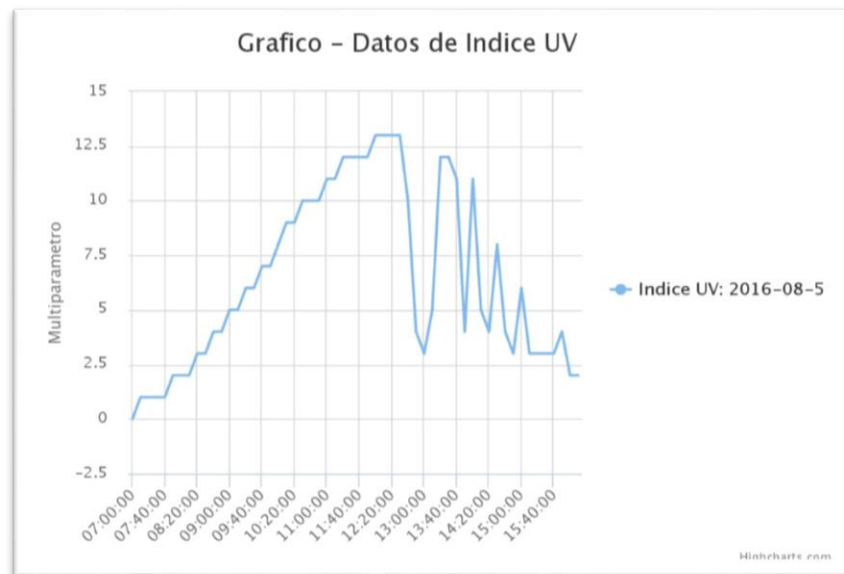


Imagen 4 - 2. Datos Índice UV

Fuente: 186.42.174.236/IndiceUV2/SeccionesInterfaces/centro.php

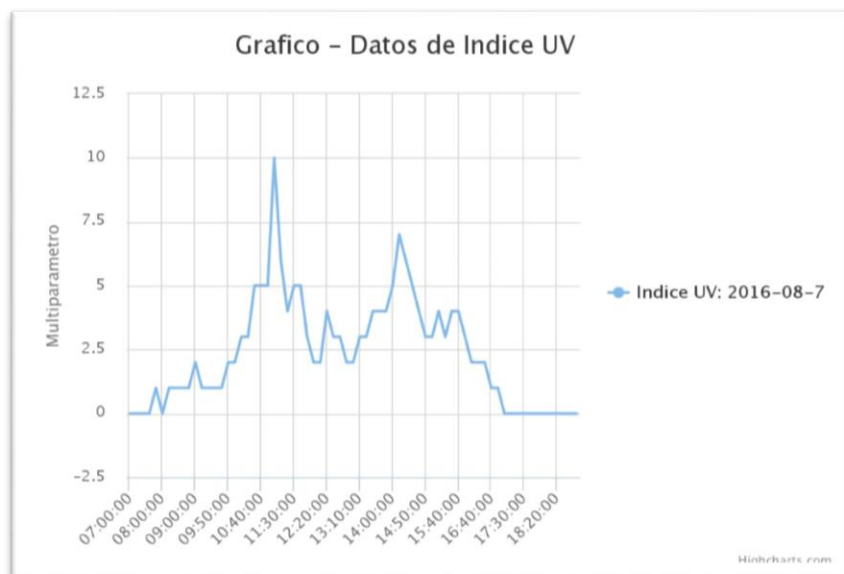


Imagen 4 - 3. Datos Índice UV

Fuente: 186.42.174.236/IndiceUV2/SeccionesInterfaces/centro.php

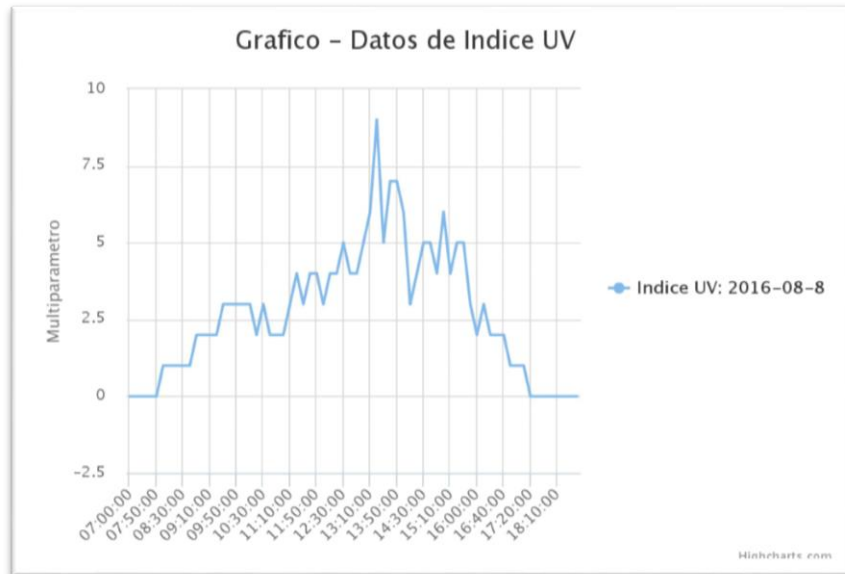


Imagen 4 - 4. Datos Índice UV

Fuente: 186.42.174.236/IndiceUV2/SeccionesInterfaces/centro.php

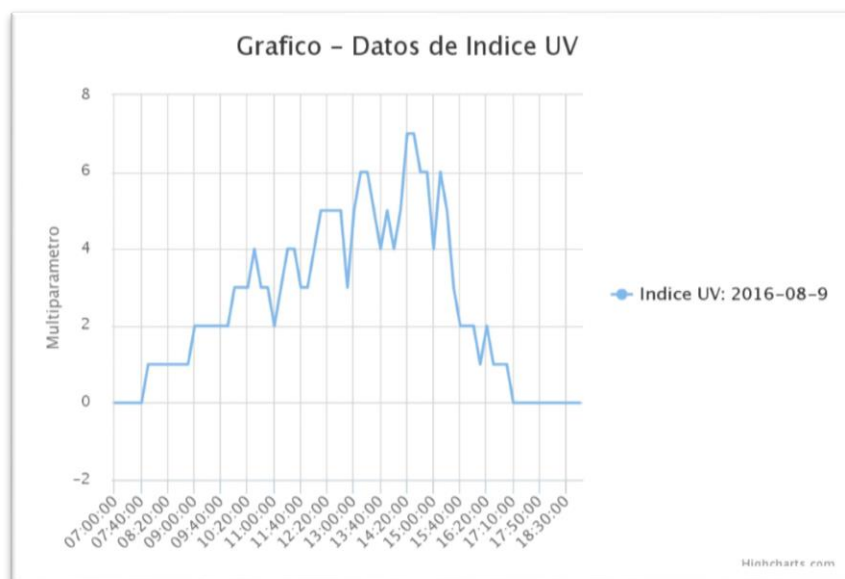


Imagen 4 - 5. Datos Índice UV

Fuente: 186.42.174.236/IndiceUV2/SeccionesInterfaces/centro.php

Tal como se ha visto en estas las imágenes: 4 – 4 y 4 – 5, los días lunes 8 de agosto del 2016 y martes 9 de agosto del mismo año, son días con un niveles de radiación maximos de 7 y 8 UV respectivamente y estan el las categorias de “alto” y ”muy alto” según la OMS.

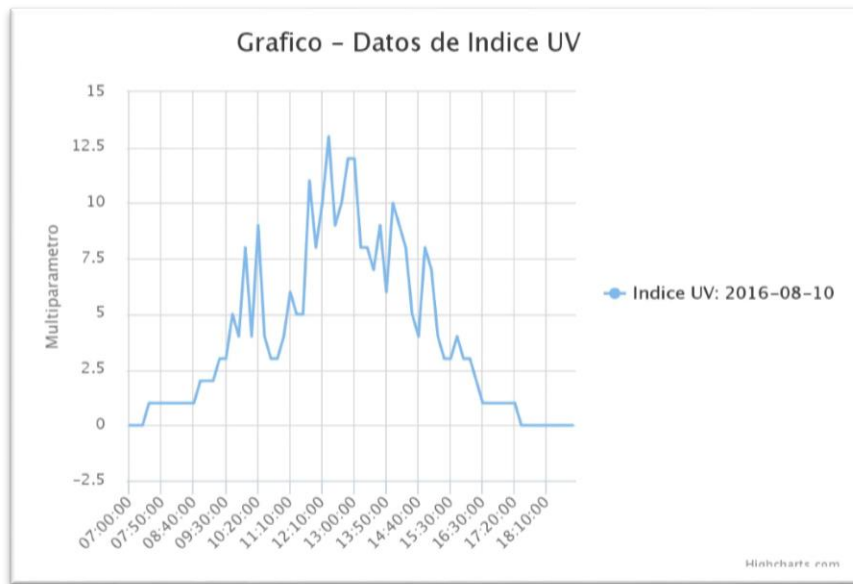


Imagen 4 - 6. Datos Índice UV

Fuente: 186.42.174.236/IndiceUV2/SeccionesInterfaces/centro.php

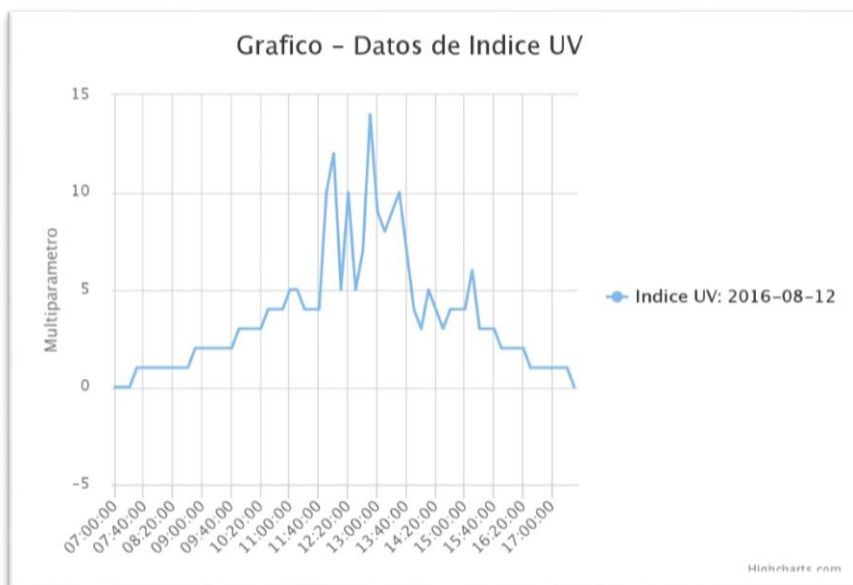


Imagen 4 - 7. Datos Índice UV

Fuente: 186.42.174.236/IndiceUV2/SeccionesInterfaces/centro.php

Las siguientes imágenes: 4 - 6 y 4 - 7 son un claro ejemplo de los días de exagerada radiación que se vive en la ciudad de Loja, en estos días los valores de radiación alcanzan el nivel de categoría “extremadamente alto” que es de 11 UV para arriba, el 10 y 12 de agosto del 2016, la radiación UV en Loja alcanzó los 13 y 14 UV respectivamente, un valor muy por encima de lo que la OMS considera extrema, esta radiación varía constantemente durante todo el día incrementándose al medio día.

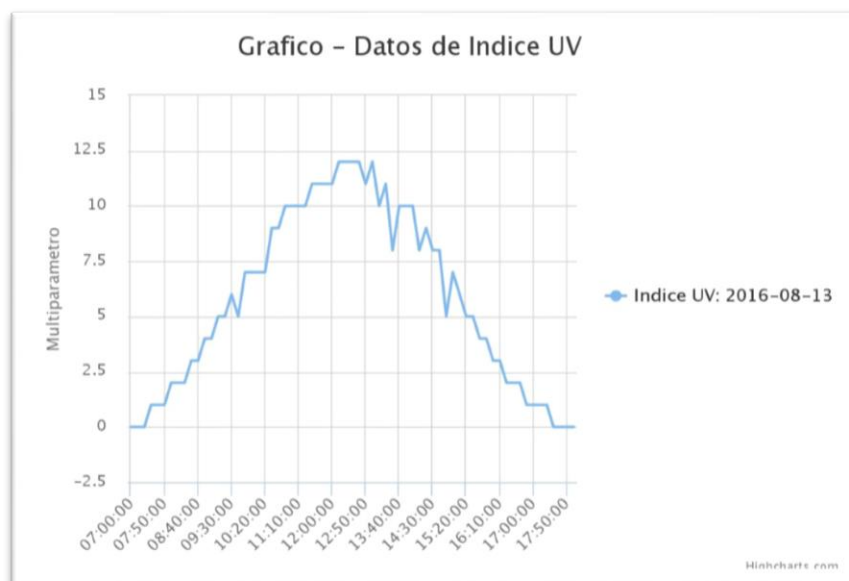


Imagen 4 - 8. Datos Índice UV
Fuente: 186.42.174.236/IndiceUV2/SeccionesInterfaces/centro.php

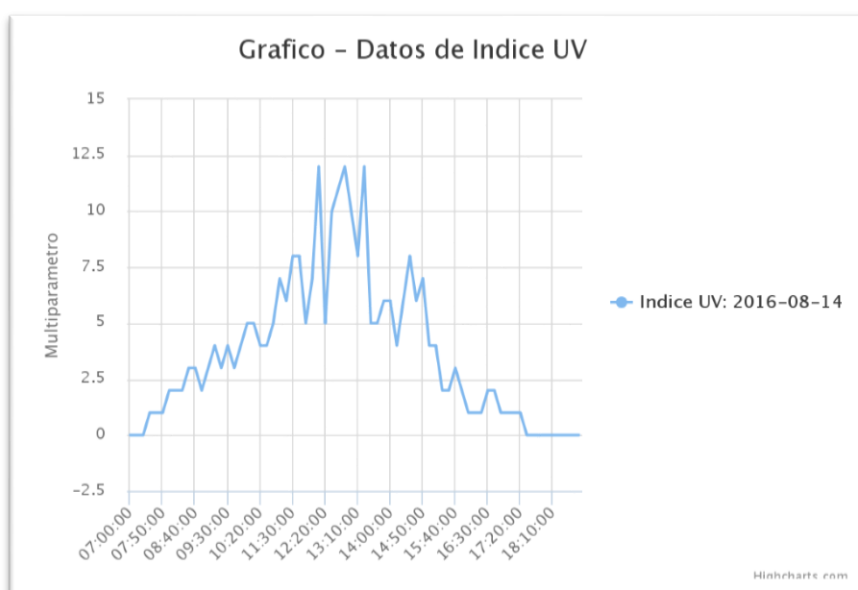


Imagen 4 - 9. Datos Índice UV
Fuente: 186.42.174.236/IndiceUV2/Secciones Interfaces/centro.php

De la misma manera hemos capturado imagenes online a tiempo real desde la pagina del INAMHI donde se puede apreciar el cambio de la radiación solar de diferentes dias, en fracciones de tiempo cada 10 minutos y se puede apreciar los UV varia durante todo el dia siendo entre las 11h00 y 15h00 mayor.

En la siguiente imagen: 4 - 10 se puede verificar la variacion constante de la radiación en el dia 17 de agosto del 2016, los valores presentados estan en intervalos cada 20 minutos, se verifica la variacion de la radicion de acuerdo a las diferentes horas del dia.

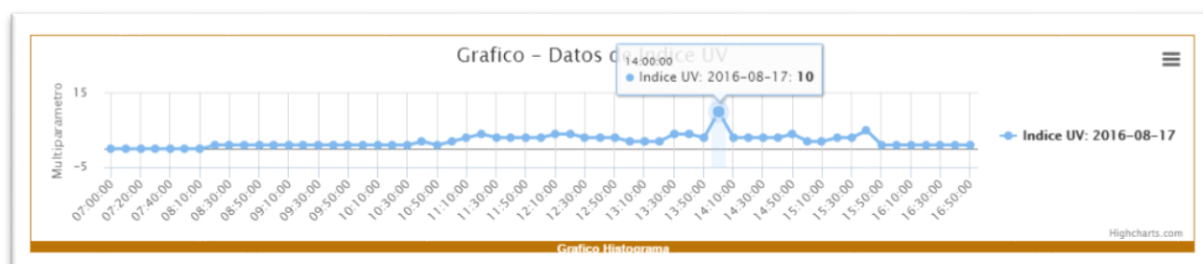


Imagen 4 - 10. Variación de radiación UV, período 13h50 hasta 14h10.
Fuente: 186.42.174.236/IndiceUV2/SeccionesInterfaces/centro.php

El día 26 de agosto (Imagen 4 - 11) del 2016 el índice de radiación ultravioleta en el periodo de las 11h00 y 11h30 oscila entre los 9 y 11 UV, en la imagen podemos identificar periodos de tiempo de cada 10 minutos, a esta hora se aprecia que la radiación fue más intensa, se mantuvo en los rango de “muy alto” y “extremadamente alto”.

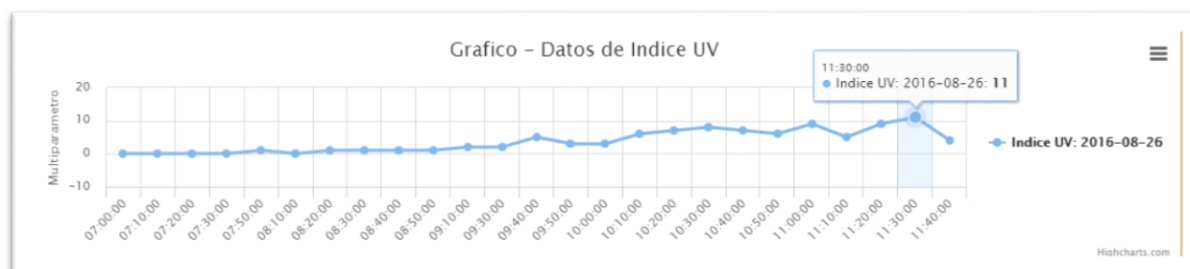
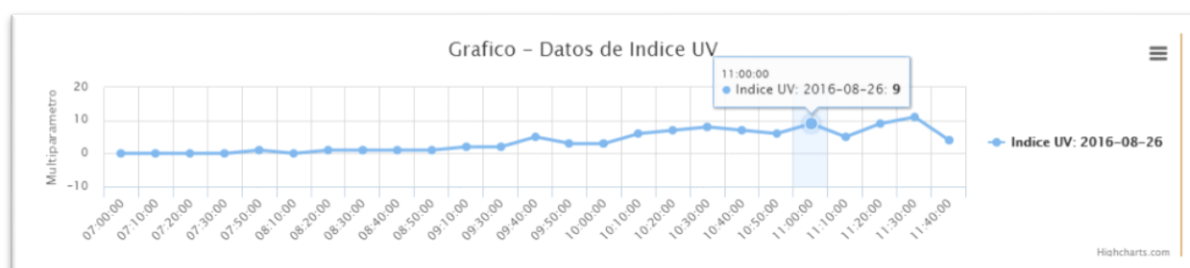
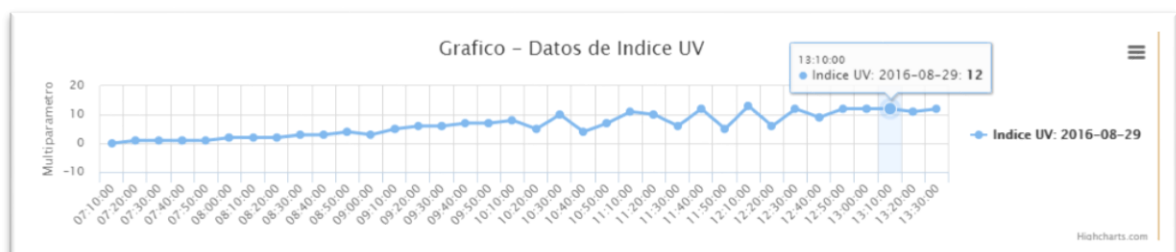
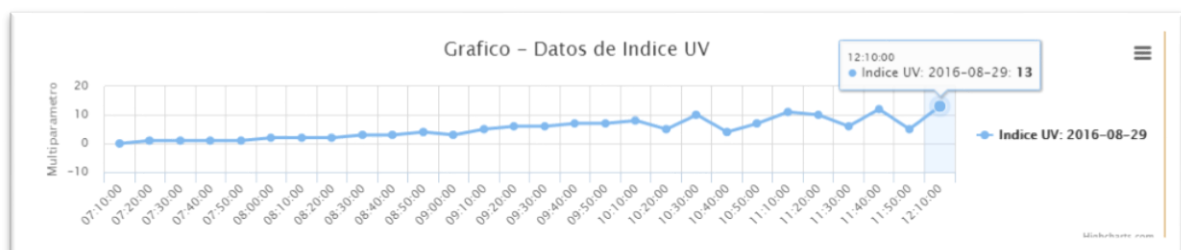
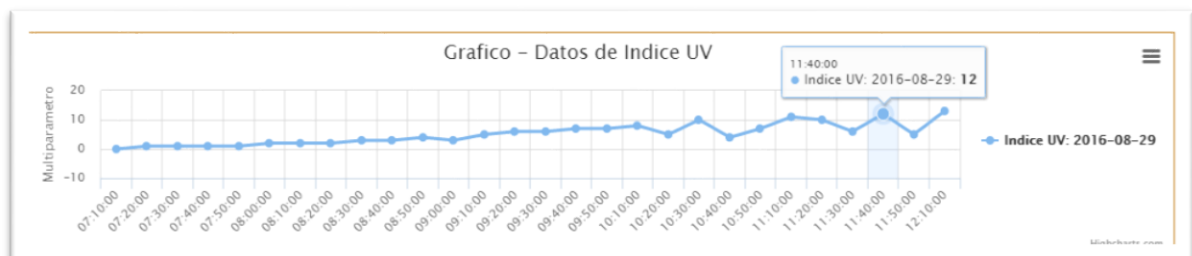
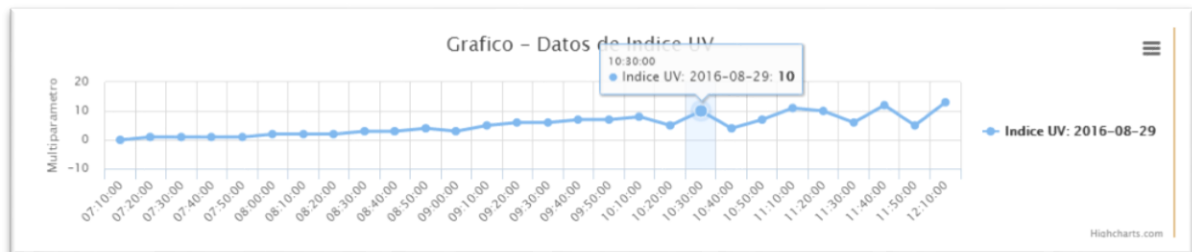


Imagen: 4 - 11. Variación de radiación UV, período 11h00 - 11h10 y 11h30 – 11h40
Fuente: 186.42.174.236/IndiceUV2/SeccionesInterfaces/centro.php

En las siguientes imágenes: 4 - 12 del 29 de agosto del 2016, se registra los valores de radiación extrema vivida en la ciudad de Loja durante el día, estos se mantuvieron entre los 10, 12 y 13 UV. Los gráficos de las siguientes imágenes muestran como la radiación poco a poco va incrementándose a medida que pasa el día, podemos ver que entre las 10h30 y 10h40 ya hemos tenido un valor de 10 UV, el más alto hasta ese momento, en los siguientes 10 minutos la radiación baja de ese valor para que a las 11h40 y 11h50 nuevamente vuelva a subir, esta vez el valor es de 12 UV, igualmente que en el periodo

anterior en los siguientes minutos baja nuevamente, entre las 12h10 y 12h20 alcanza un valor de 13 UV a partir de las 12h30 hasta las 13h30, el indicador de radiación registra cambios entre 11 y 12 UV, la OMS recomienda no exponerse al Sol más de 6 minutos.



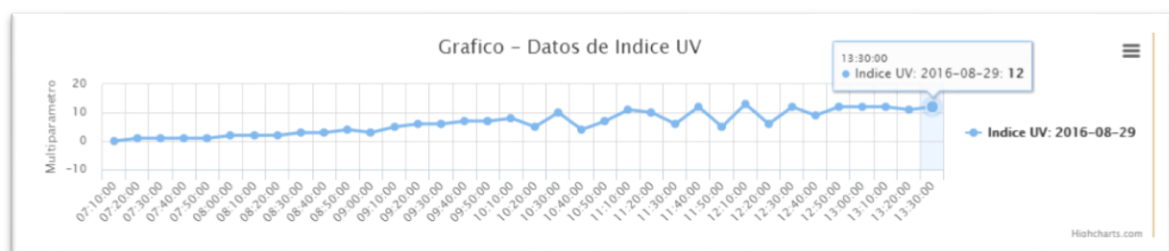
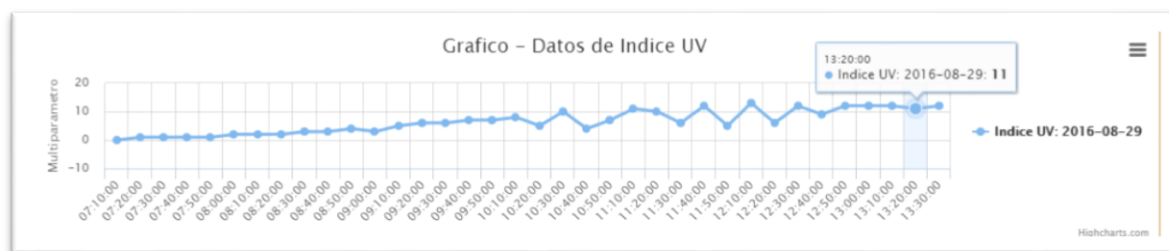


Imagen 4 - 12. Variación de radiación UV, períodos desde las 10h30 hasta 13h30.
Fuente: 186.42.174.236/IndiceUV2/SeccionesInterfaces/centro.php

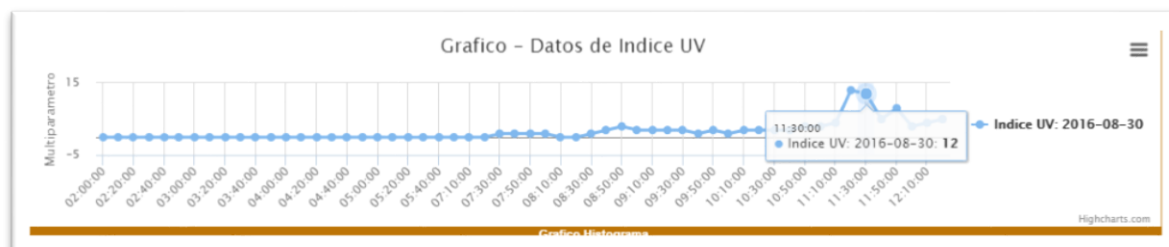
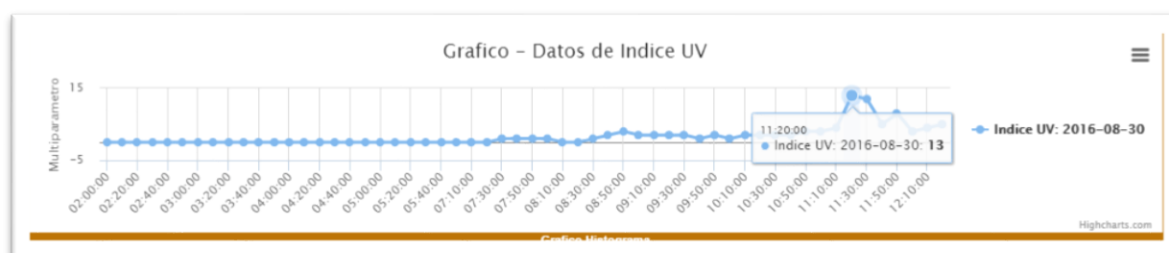


Imagen 4 - 13. Variación de radiación UV, período 11h10 – 11h30.
Fuente: 186.42.174.236/IndiceUV2/SeccionesInterfaces/centro.php

En la imagen 4 – 13 del día 30 de agosto del 2016, alcanzo un pico muy alto entre las 11h10 y 11h30, donde se marcaron valores de 12 y 13 UV como indican las siguientes imágenes.

Entre otras estadísticas podemos citar un artículo de periódico Diario el Comercio donde se presenta los valores máximos de radiación UV que han soportado las ciudades del Ecuador, entre estas la ciudad de Loja.

El año pasado Ecuador vivió radiaciones UV extremas poniendo en peligro la salud. ... El 7 de marzo de 2015, la radiación UV en Quito alcanzo los 19.58 puntos, un valor muy por encima de lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera extrema. ...Las quemaduras solares, el envejecimiento y el cáncer de piel, las alteraciones en el sistema inmunológico y las cataratas son algunas de las patologías que aparecen o se agravan debido a esta radiación. ... La ubicación geográfica del Ecuador es el factor que determina la alta radiación solar que recibimos. ... La capa de ozono juega un papel importante, pues funciona como un filtro que absorbe parte de los rayos solares. Cuando desaparece o se vuelve más fina, debido a la contaminación ambiental, la intensidad aumenta. (Sorgato, 2016)

Adjuntamos una imagen con la radiación solar en las diferentes ciudades del país, tomada del periódico:



Imagen 4 - 14. Máximos valores de Radiación UV en 2015.
Fuente: El Comercio, 2015, p.1

4.4 Área de implantación (centro de convenciones UTPL).

La Universidad Técnica Particular de Loja se encuentra ubicada en la zona urbana de la ciudad, en la ciudadela San Cayetano Alto, se accede por la Av. Marcelino Champagnat por el control o también por la calle Paris, las coordenadas geográficas de la universidad son: a $03^{\circ} 98' 59''$ de latitud Sur y $79^{\circ} 19' 83''$ de longitud Oeste, localizada a una altura de 2100 m.s.n.m.

4.4.1 Ubicación general.

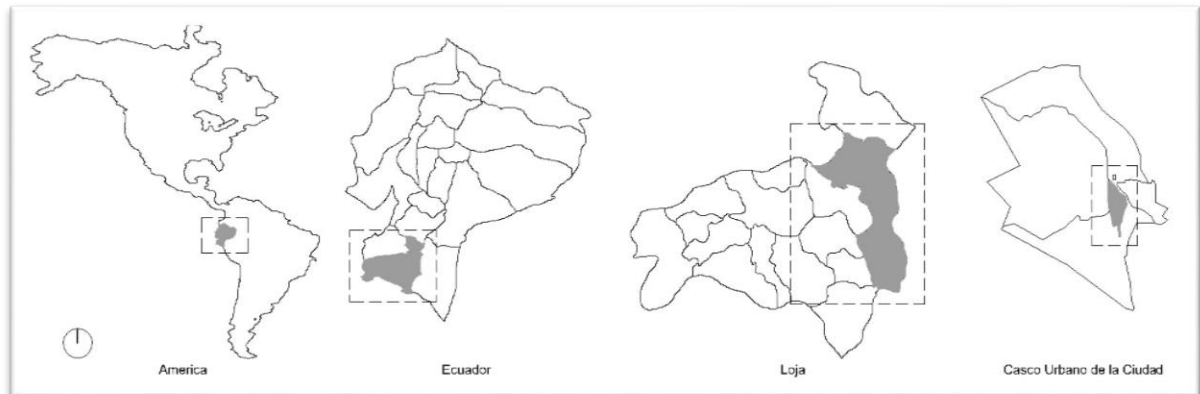


Imagen 4-15 Desglose de la Ciudad de Loja
Fuente: Autores, 2016

El campus de la UTPL es extenso y presenta diferentes edificios y espacios, entre estos identificamos el Centro de Convenciones como lo podemos ver en la siguiente imagen.



Imagen 4-16 Centro de Convenciones UTPL
Fuente: Google Earth (2016)

4.4.2 Soleamiento.

Una vez identificado el Centro de Convenciones procedemos a hacer un análisis de la trayectoria del Sol para verificar precisamente que a partir del mediodía, el Sol le da de manera directa a la superficie vidriada del hall de la edificación, esto nos permite confirmar la problemática planteada sobre la que tenemos que trabajar, asimismo podemos indicar la dirección de los vientos principales en nuestra ciudad.

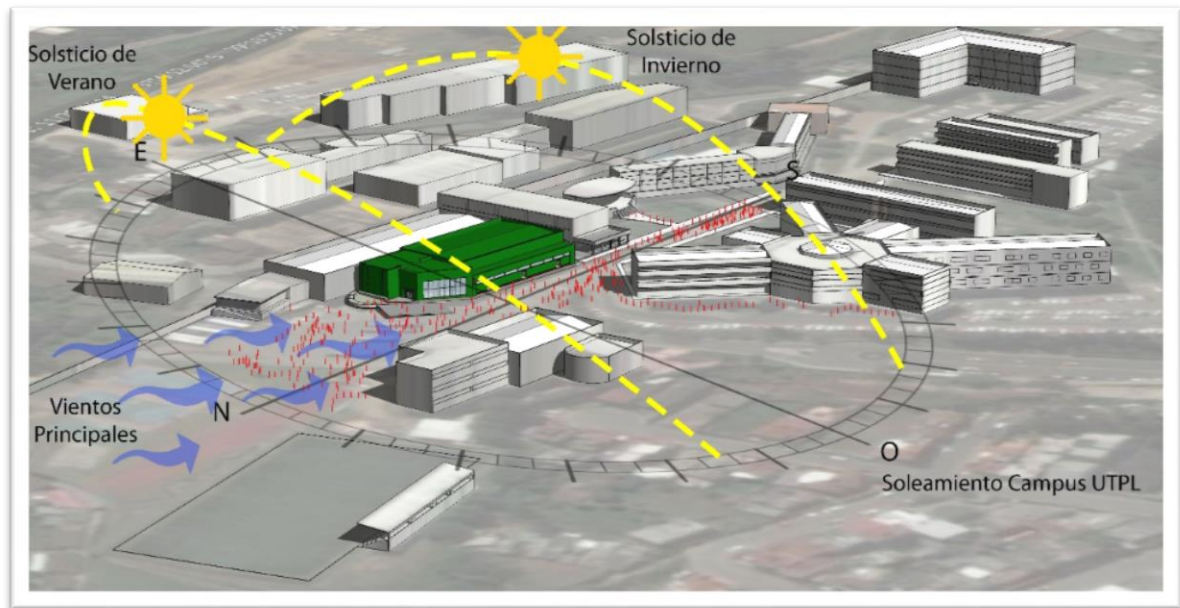


Imagen 4-17 Soleamiento de CC UTPL (15h00)
Fuente: Google Earth (2016)

4.4.3 Clima.

Entre los datos obtenidos del clima de la ciudad de Loja podemos mencionar que la temperatura promedio para la ciudad es de 19° C, especial atención le ponemos a la radiación UV y podemos mencionar que en horas de la mañana la radiación empieza en 0 UV y a medida que transcurre el día esta puede incrementar llegando hasta 14 UV, o reducirse nuevamente hasta que en horas de la tarde con la puesta de Sol llega a sus datos iniciales.

4.4.4 Vistas estado actual.



4.5 Propuesta del sistema envolvente.

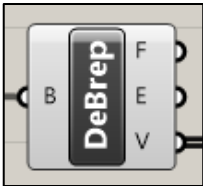
Una vez realizado los primeros prototipos de envolventes, utilizando los distintos materiales y con diferentes procesos en la fase de elaboración, como desarrolladores proponemos la utilización del diseño computacional para generar un algoritmo inicial a partir de cero, trabajando en el plugin de Rhino: Grasshopper. Utilizamos sus parámetros y componentes que nos permiten programar y generar el sistema de envolvente final la cual es visualizada en Rhino, una de las librerías que Grasshopper pone a nuestra disposición, es Firefly y está concebida para interactuar con Arduino en el control de entradas y salidas tanto digitales como analógicas.

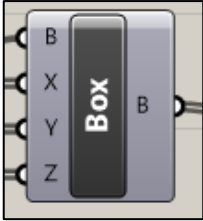
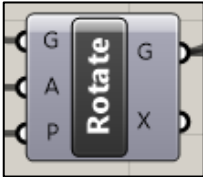
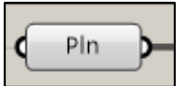
A continuación, explicaremos el proceso de diseño del algoritmo en dos fases: la primera es la creación del sistema a través de Rhino + Grasshopper, y la segunda fase que consiste en la programación e interacción del sistema y el prototipo, esto se lo realiza mediante Firefly y Arduino.

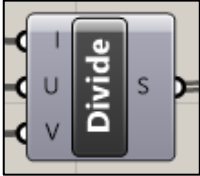
4.5.1 Propuesta digital.

A continuación identificamos y describimos los componentes y parámetros de Grasshopper utilizados en el desarrollo del sistema de envolvente.

Cuadro 1: Componentes y parámetros de Grasshopper.

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
	Surface. Representa una colección de la geometría de la superficie. Los datos de "surface" pueden ser heredados de otros componentes dentro de la red de Grasshopper, o pueden ser referenciados objetos en el modelo de Rhino. Si hace referencia a un objeto objeto superficie existente.
	Deconstruct Brep. Este componente tiene parámetros de entrada "B" donde se conecta la base Surface y parámetros de salida donde se obtiene Surface (F), Curve (E) y Point (V)

	Domain Box. Crear un cuadro definido por un plano de base y los dominios de tamaño. Es un componente con parámetros de entrada y salida.
	Bounding Box. Resuelve los cuadros delimitadores de la geometría orientados. Componente con parámetros de entrada como: geometría a contener (C) y parámetros de salida: Box (B) en la que se tiene las condiciones de selección de coordenadas del planos de orientación.
	Rotate. Este componente tiene la función de rotar un objeto (módulo) en un plano, asimismo tiene parámetros de entrada y salida.
	Plane. Representa una colección de primitivas de planos. El componente “plane” está definidos por un punto de origen y tres vectores de eje. Es capaz de almacenar datos persistentes, los cuales pueden ser configurados a través del menú de parámetros.
	Radians. Este componente es idóneo para convertir un ángulo especificado de radianes a grados. En el parámetro de entrada (R) se tiene el ángulo en radianes para convertir a grados en la salida (D).

	Box Morph. Morph el objeto (superficie) en las cajas a lo largo de la superficie.
	Surface Box. Es una herramienta muy útil para crear un cuadro torcido en un parche de superficie. Contiene parámetros de entrada donde se conecta: superficie, Domain² y números o altura de la caja de superficie. Un solo parámetro de salida en la que se muestra el resultado.
	Divide Domain². Este componente nos sirve para dividir el dominio bidimensional en segmentos iguales, cuenta con parámetros de entrada y salida.
	Number slider. La barra de desplazamiento es un objeto de interfaz especial que permite el ajuste de los valores numéricos individuales. Puede cambiar valores y propiedades mediante el menú, o haciendo doble clic en la barra deslizante. La barra se puede hacer más o menos larga, arrastrando el borde derecho hacia la izquierda o la derecha.

Empezamos creando un módulo cuadrado en Rhino el cual va a ser aplicado a una superficie rectangular (loft) con la misma medida del ventanal de vidrio del centro de convenciones de: 11.22 metros de ancho x 4.51 metros de altura.

La propuesta nosotros la desarrollamos primero en la simulación en el programa ya utilizado en los demás prototipos comenzando con los siguientes pasos para mayores detalles:

- Primero elaboraremos en Rhino una superficie que tendrá como medidas del panel que vamos a ocupar de 50 cm x 50 cm.

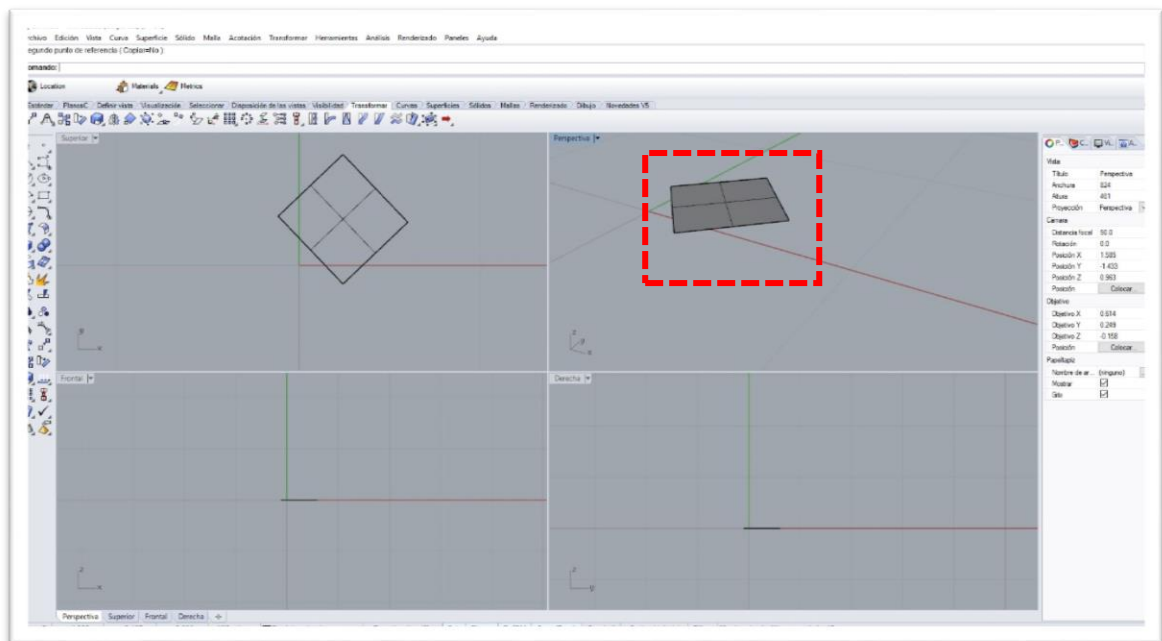


Imagen 4-18 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

- Con la superficie lista procedemos a abrir el plugin Grasshopper para la simulación.
- Comenzamos con el parámetro "Surface" para que el módulo pueda ser simulado en este plugin.

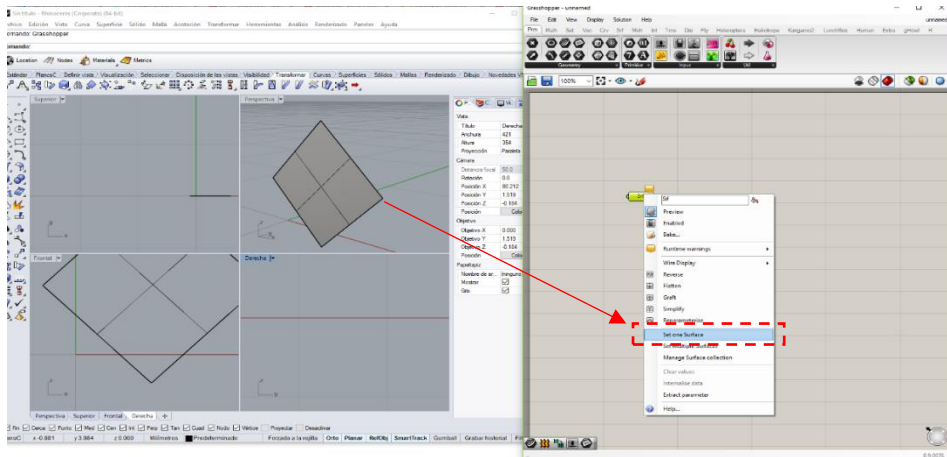


Imagen 4-19 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

- Primero procederemos a darle movimiento a este módulo que va ir de cero a noventa grados, utilizaremos algunos componentes el principal será el “rotate” el cual conectaremos con “radian” que nos permite trabajar las unidades de grados, a la entrada de “radian” uniremos un “number slider” el cual nos ayudara a poder controlar el movimiento de cero a noventa grados, el “plane” nos ayudara para dar dirección al movimiento.

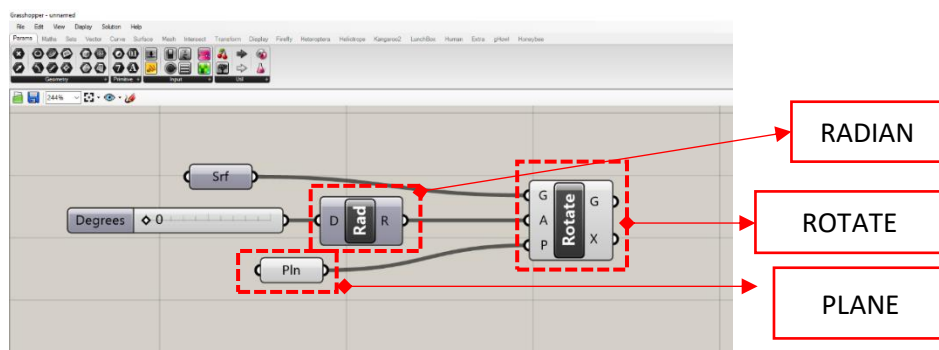
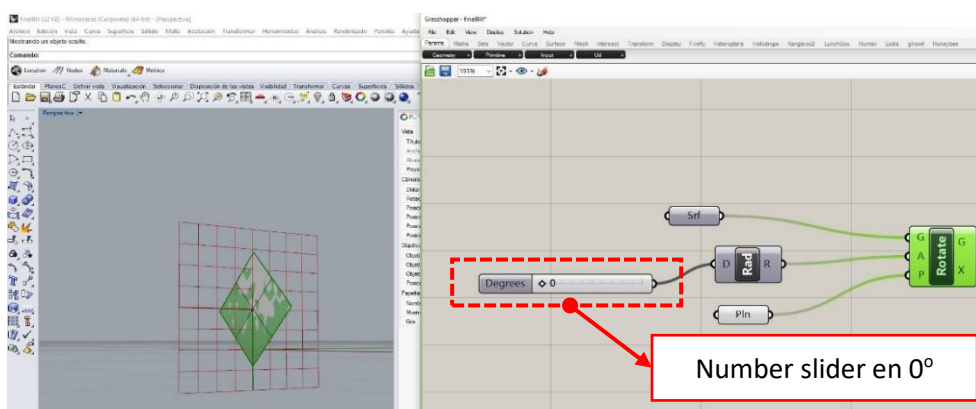


Imagen 4-20 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

- Ya conectados todos los componentes como se aprecia ya el movimiento que hace el modulo en la pantalla de Rhino. Primero en el “number slider” estará en cero grados, a cuarenta y cinco grados y la abertura total en noventa grados.



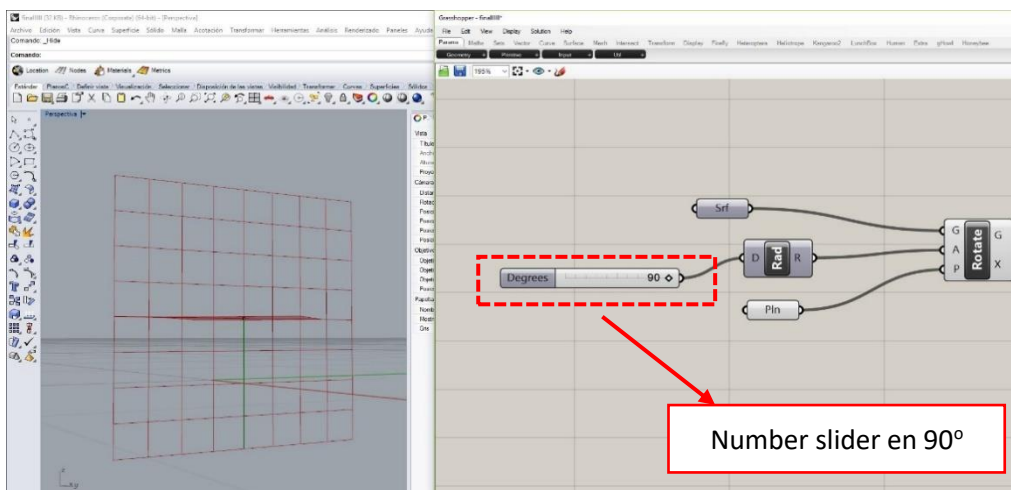
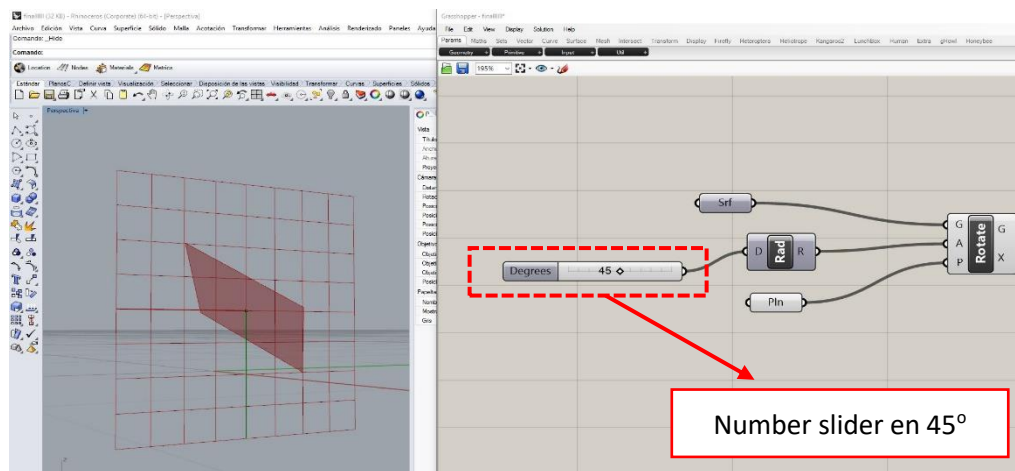


Imagen 4-21 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

- Se aprecia la simulación del movimiento del módulo, el siguiente paso es replicarlo ya en una superficie que va a tener las medidas reales del caso de estudio, para lo cual realizaremos una superficie de 11.22 m x 4.51 m en Rhino.

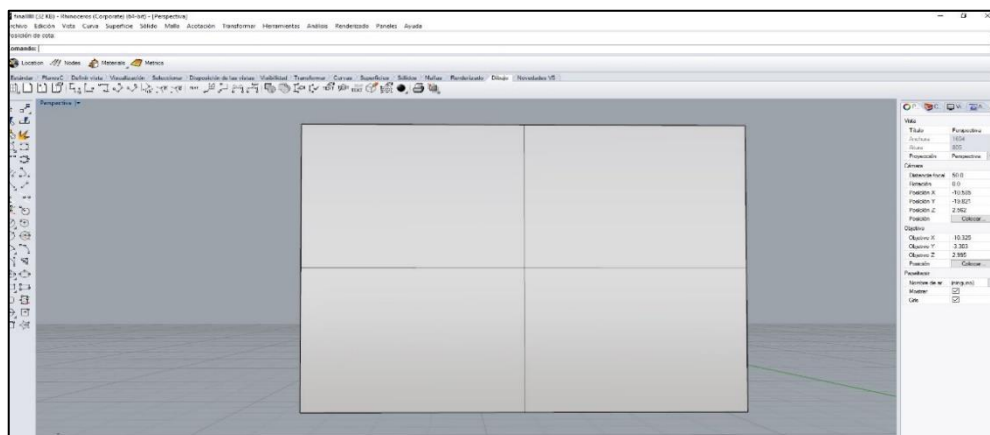


Imagen 4-22 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

- Lo siguiente es ocupar el parámetro “Surface” para elaborar la simulación en esta superficie que tiene las medidas del caso de estudio.

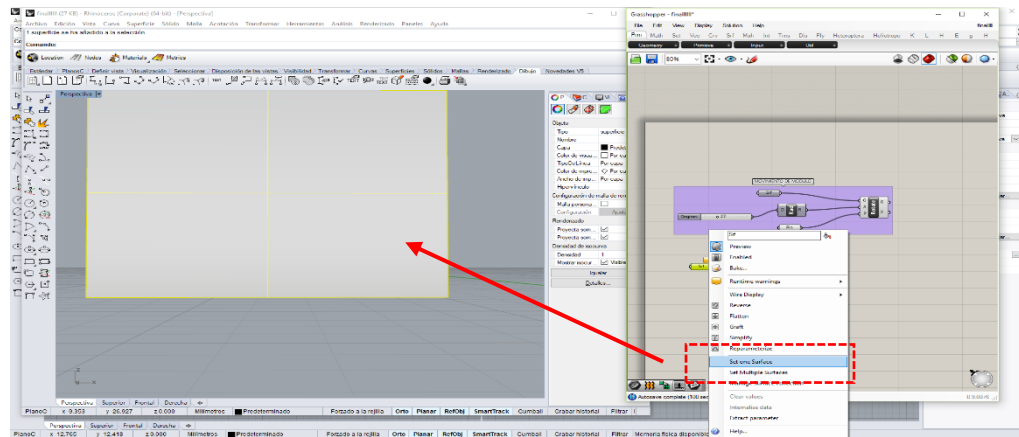


Imagen 4-23 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

- Procedemos a dividir la superficie en varios módulos los cuales serán controlado por “number slider”, que estarán conectado a un componente llamado “divide domaine²” que a su vez estará conectado con el parámetro “Surface” y con el componente “Surface box” como se muestra en la imagen.

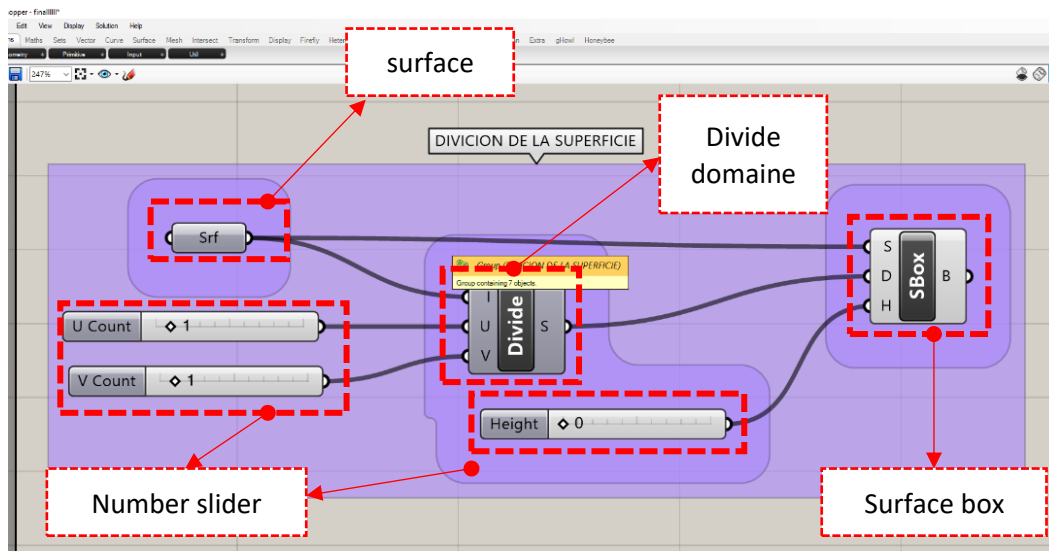


Imagen 4-24 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

- En la ventana de Rhino se aprecia la división de la superficie.

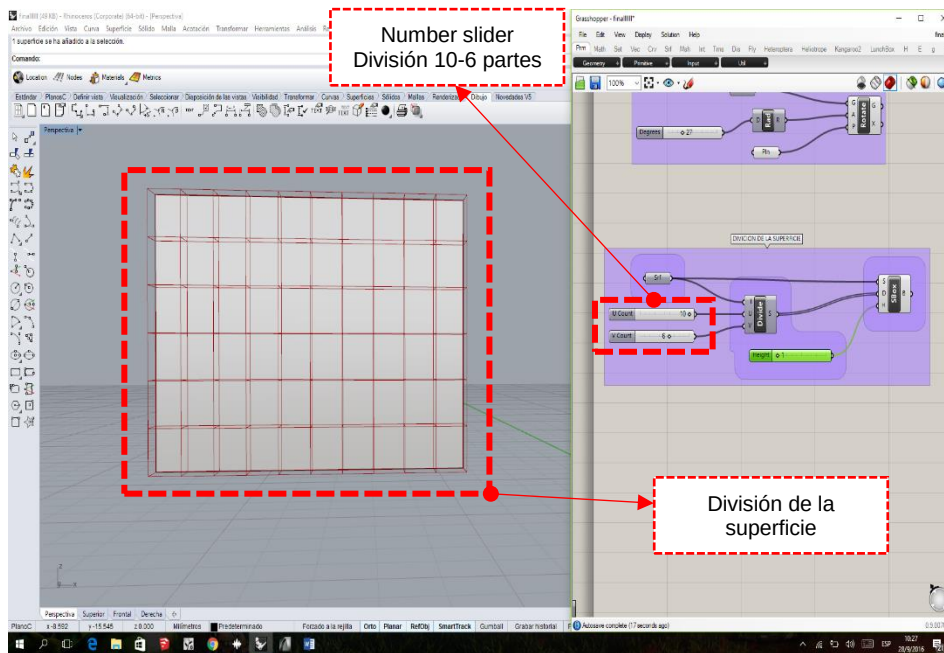


Imagen 4-25 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

- El último paso es la replicación del módulo en toda la superficie en lo que vamos a utilizar algunos componentes que nos ayudaran, como el “desconstruct breep” que se unirá con “Surface” del módulo, que a su vez será conectada a otro componente “domain box”, y al componente “bounding box” pero todos se unirán a “box morph” el cual va a ayudar a que la simulación del módulo sea posible en toda la superficie que dividimos anteriormente.

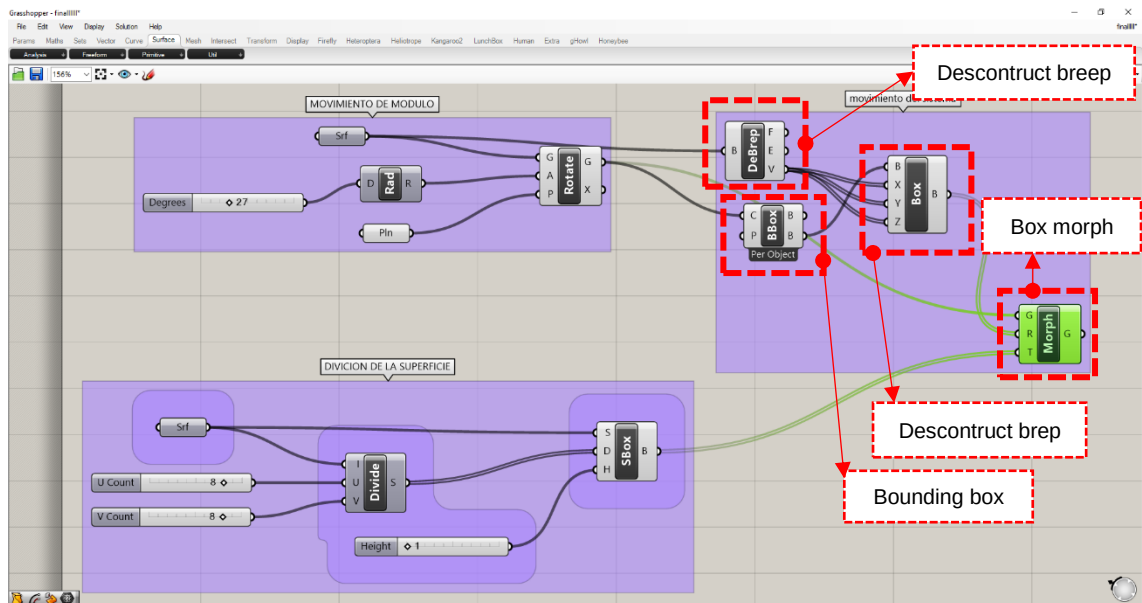


Imagen 4-26 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

- Con el sistema terminado se aprecia en la imagen 4 – 27 que en la ventana de Rhino la simulación de toda la envolvente, y con el “number slider” que ocupamos en la primera parte podremos manipular el ángulo de giro de los módulos.

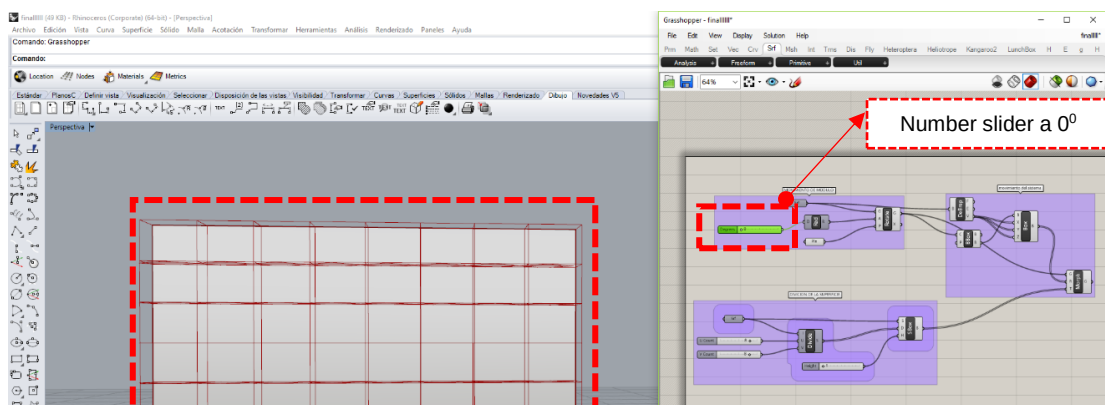
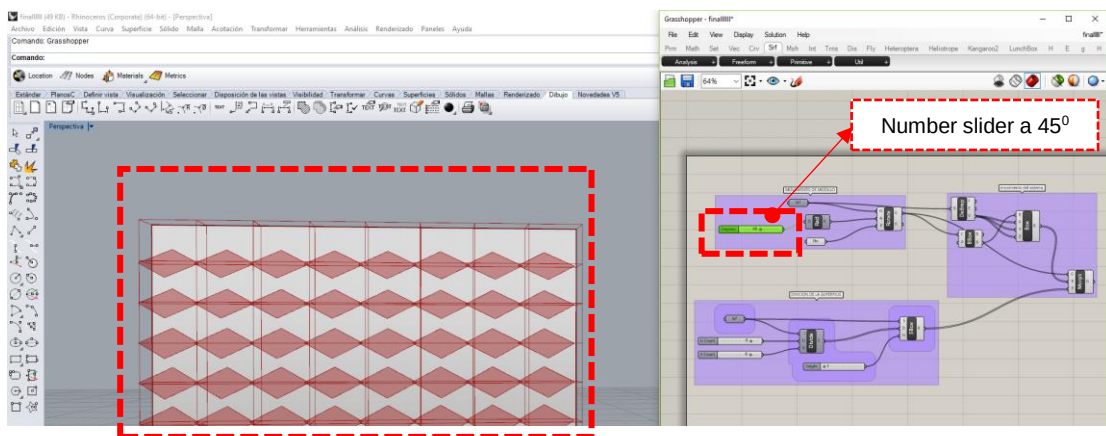
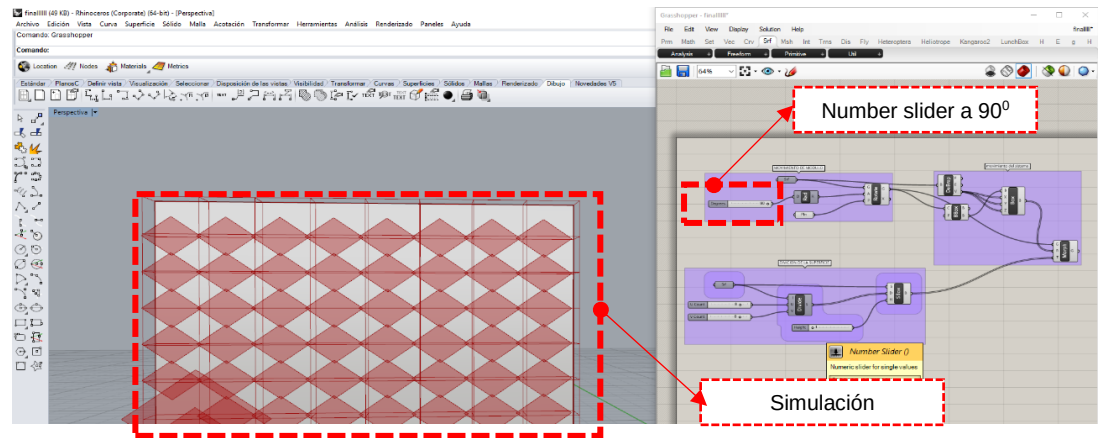
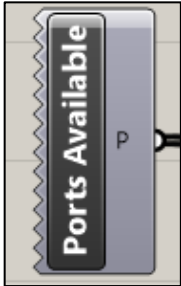
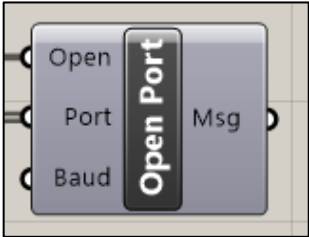
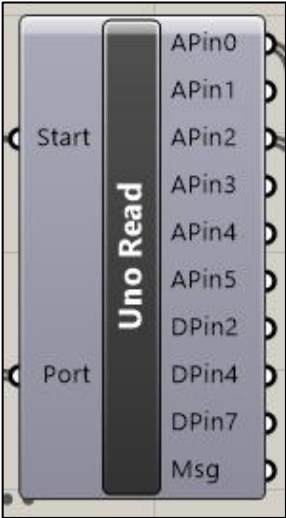
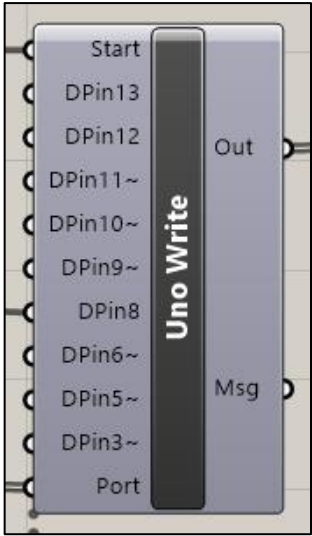
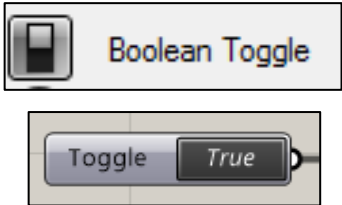
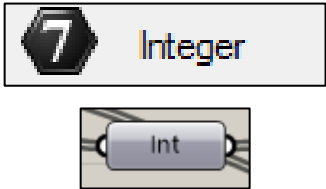
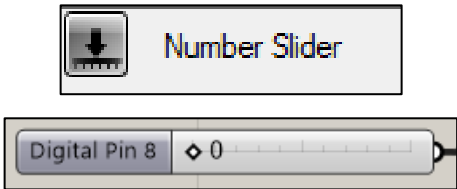


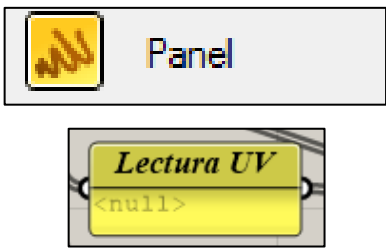
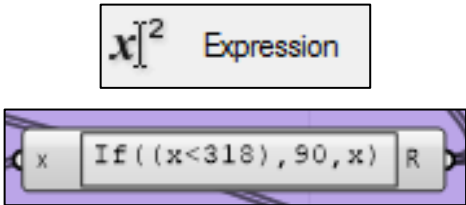
Imagen 4-27 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

Una vez terminado el diseño del sistema de envoltorio con los componentes y parámetros de Grasshopper realizamos la programación para conectar a Arduino y tener el control del sistema, en este literal es preciso indicar que a más de instalar la librería Firefly se debe instalar el Software Arduino para que se pueda reconocer la placa con todas sus entradas y salidas. Así mismo como introducción citamos los componentes y parámetros utilizados en el desarrollo del sistema electrónico en el siguiente cuadro.

Cuadro 2 Componentes y parámetros de Grasshopper.

COMPONENTE	DESCRIPCION
	Ports Available. Comprueba los puertos de comunicación disponibles en el momento actual.
	Open Port. Abrir o cerrar la conexión del puerto serie. Se utiliza en conjunto con los bloques de lectura y escritura para establecer la conexión entre el Grasshopper y Arduino.
	Uno Read. Este componente va a leer los valores de todos los pines correspondientes digitales y analógicos en las tarjetas Arduino del tipo “Arduino Uno”. Nota: Este componente está destinado a ser usado en unión con el FireFly Sketch Uno Firmdata.

 The 'Uno Write' component is a vertical block. On the left side, there is a list of digital pins: Start, DPin13, DPin12, DPin11~, DPin10~, DPin9~, DPin8, DPin6~, DPin5~, DPin3~, and Port. In the center, the text 'Uno Write' is written vertically. On the right side, there are two output ports labeled 'Out' and 'Msg'.	Uno Write. Este componente escribe los valores en todos los pines correspondientes a un Arduino “Arduino Uno”. Nota: Este componente está destinado a ser usado en unión con el FireFly Sketch Uno Firmdata
 The 'Boolean Toggle' component consists of two parts. The top part is a button with a square icon and the text 'Boolean Toggle'. The bottom part is a slider control with a 'Toggle' label and a 'True' value indicated by a dark bar.	Boolean Toggle. Son variables que pueden almacenar dos valores mencionados como Si o No, Verdadero o Falso. Usamos booleans para evaluar condiciones.
 The 'Integer' component consists of two parts. The top part is a button with a hexagonal icon containing the number 7 and the text 'Integer'. The bottom part is a slider control with a label 'Int'.	Integer. Representa una colección de valores numéricos enteros. Parámetros enteros son capaces de almacenar datos persistentes a través del menú de parámetros.
 The 'Number Slider' component consists of two parts. The top part is a button with a square icon containing a downward arrow and the text 'Number Slider'. The bottom part is a slider control with a label 'Digital Pin 8', a diamond icon, and the value '0'.	Number slider. La barra de desplazamiento es un objeto de interfaz especial que permite el ajuste de los valores numéricos individuales. Puede cambiar valores y propiedades mediante el menú, o haciendo doble clic en la barra deslizante. La barra se puede hacer más o menos larga, arrastrando el borde derecho hacia la izquierda o la derecha.

 The image shows two Grasshopper components. The top one is a 'Panel' component with a yellow lightning bolt icon and the text 'Panel'. The bottom one is a 'Lectura UV' component, which is a yellow box with the text 'Lectura UV' and '<null>' below it.	Panel. Es un objeto inactivo que le permite añadir pequeñas observaciones o explicaciones a un documento. Usted puede cambiar el texto a través del menú o haciendo doble clic en la superficie del panel. Los paneles también pueden recibir su información de otros lugares. Si conecta un parámetro de salida en un panel, se puede ver el contenido de ese parámetro en tiempo real. Todos los datos de Grasshopper se pueden ver de esta manera
 The image shows an 'Expression' component in Grasshopper. It is a light blue box with the text 'x² Expression'. Below it is a 'Script' component with a purple background, containing the code 'x If((x<318),90,x) R'.	Expression. Es una herramienta muy flexible con una variedad de aplicaciones diferentes. Podemos utilizar una expresión para resolver algoritmos matemáticos y devolver los datos numéricos como la salida.

Dando clic en la pestaña Firefly se despliega varias Submenús con múltiples herramientas de comunicación con Arduino.

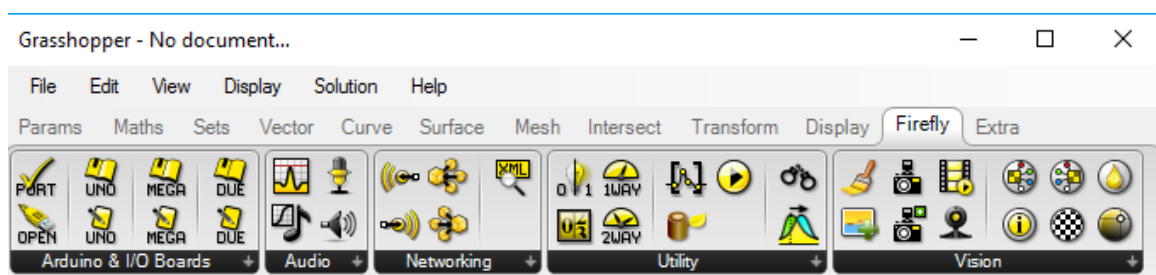


Imagen 4-28 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

A continuación describimos la programación con Firefly.

4.5.2 Verificación de puertos.

La primera operación que hicimos una vez que hemos iniciado correctamente la aplicación Rhino+Grasshopper fue verificar los puertos que tenemos ocupados en nuestra máquina. Para ello bastó que hagamos uso del bloque “Port”  para tener una comunicación disponible a la placa Arduino y un “Panel”  en la que se reconoció el puerto.

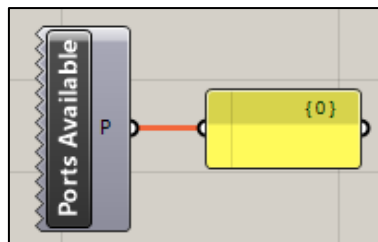


Imagen 4-29 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

4.5.3 Apertura de Puerto

Con el fin de establecer la apertura del puerto USB con el que nos vamos a comunicar con Grasshopper debemos recurrir al bloque . “Open Port” es el encargado de cerrar o abrir la conexión con el puerto serial o puerto COM mediante la conexión con “Toggle” para poder cambiar de “False” (falso) a “True” (verdadero) con doble-clic y así controlar la apertura al puerto.

Estas dos operaciones son básicas para realizar la conexión con Arduino.

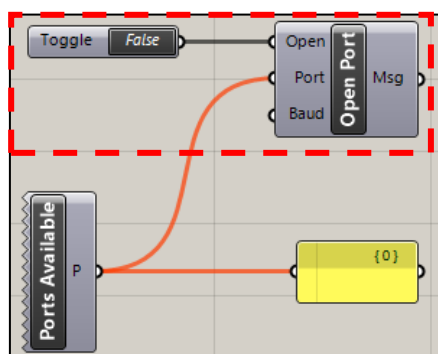


Imagen 4-30 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

4.5.4 Leer datos de Arduino a través del Puerto USB.

Utilizamos “Uno Read” , este componente va a leer los valores de todos los pines correspondientes digitales y analógicas, y se los transmitirá a la placa de Arduino.

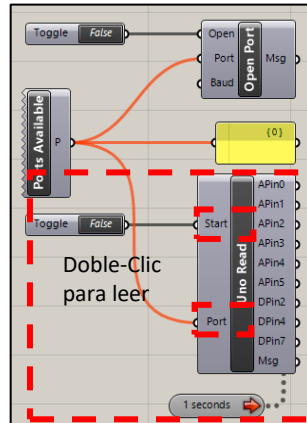


Imagen 4-31 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

Una de las entradas de “Uno Read” es Start donde hay que conectar un “Toggle” que trabaja como un switch y controla el estado de envío de datos. La otra es Port que la conectamos con la entrada de “Port”. “Uno Read” se conectará a un “Timer” que actualizará los valores de los sensores en tiempo real.

Luego conectamos la lectura del sensor UV que se hace en un “Panel” a la entrada Analog Pin 0 (APin0), al “Panel” conectamos un “Integer” para la velocidad de comunicación que estableceremos entre el sensor y la placa Arduino.

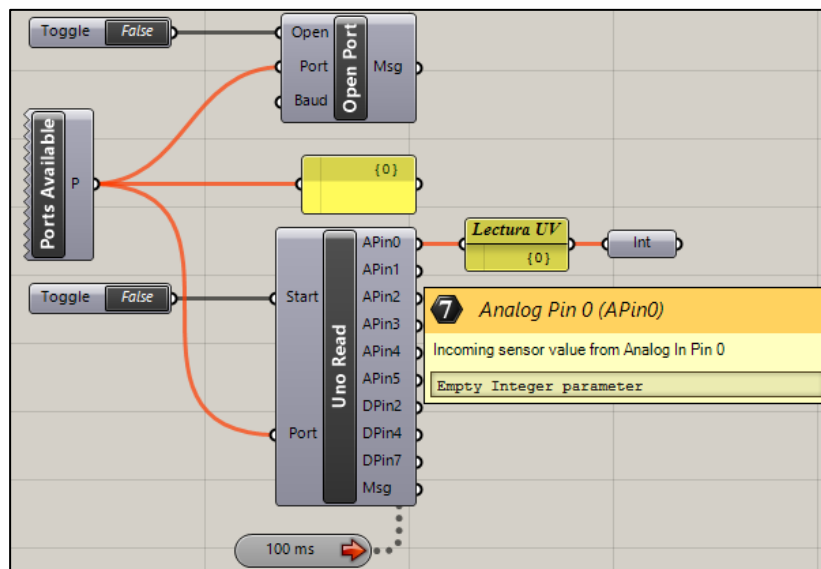


Imagen 4-32 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

Se utilizó operaciones matemáticas para convertir las señales analógicas que envía el sensor UV para convertirlas en rangos de giro que serán interpretadas por Arduino y enviadas al servomotor.

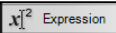
El sensor UV GY-ML 8511 hace lecturas analógicas de longitud de onda en nanómetros (nm), la OMS realizó una tabla de índice UV en proporción a la longitud de onda percibida por el sensor según la gravedad de afectación al ser humano, nos basamos en esta tabla para realizar la distribución de los rangos de giro en el sistema de la envolvente.

	ÍNDICE UV	ÍNDICE UV	ÍNDICE UV	ÍNDICE UV	ÍNDICE UV	ÍNDICE UV	ÍNDICE UV	ÍNDICE UV	ÍNDICE UV	ÍNDICE UV	ÍNDICE UV
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 ⁺
<50	227	318	408	503	606	696	795	881	976	1079	1170

Imagen 4-33 Índices UV

Fuente: <http://polaridad.es/sensor-radiacion-ultravioleta-arduino-indice-uv-uv30a-guva-s12sd/>

Como el giro de los módulos de nuestro prototipo es de cero (abierto) a noventa grados (cerrado) hemos considerado diez rangos de nueve grados cada uno, dando el total de noventa grados, según la tabla de índices UV hemos estimado tener un solo rango entre 0 a 318 nm. (1-2 UV) los siguientes rangos irán de acuerdo a la tabla.

Para mover el servomotor se utilizará funciones de expresión de Grasshopper con el componente "Expression"  , al hacer doble-clic se desplegará el siguiente cuadro con diferentes opciones de funciones de condición:

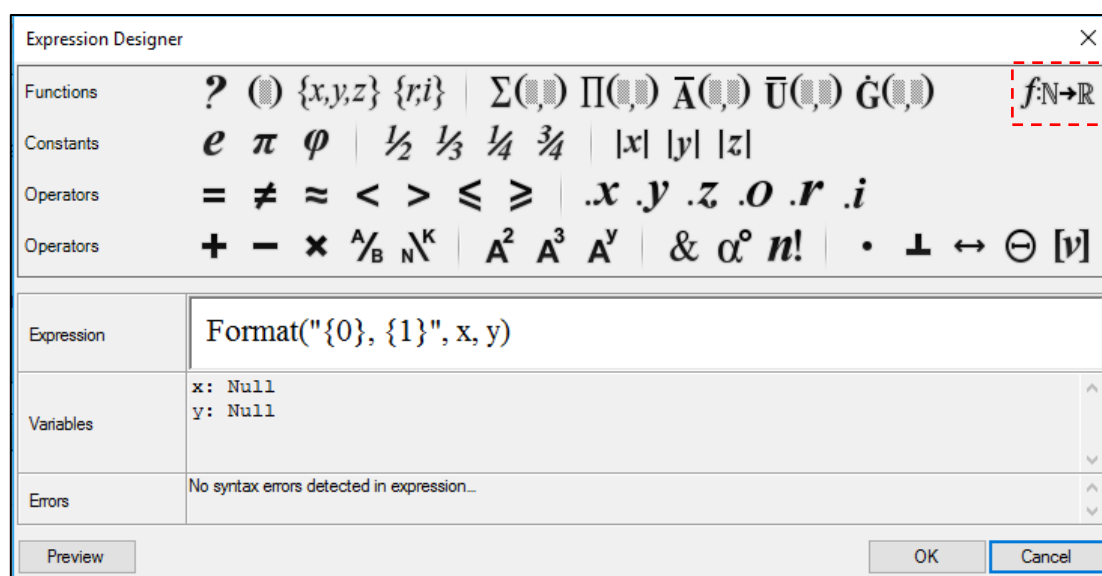


Imagen 4-34 Propuesta digital

Fuente: Autores, 2016.

Al hacer clic en el icono de funciones  se desplegará un submenú con todas las funciones que nos presenta Grasshopper en la cual seleccionaremos:

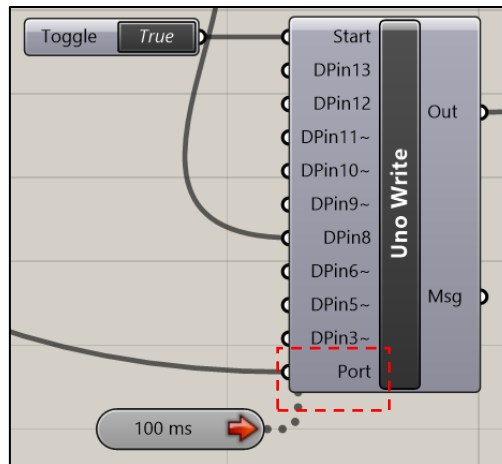


Imagen 4-37 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

La salida de Port nos sirve para enviar los datos la placa Arduino UNO al ser conectada a “Port”, Tanto la herramienta “Uno Read” como “Uno Write” trabajarán en conjunto con el archivo Firefly Firmata Arduino; entonces al momento de programar en Firefly, automáticamente se generará un código y se guardará en el archivo para quemar el programa en la Arduino.

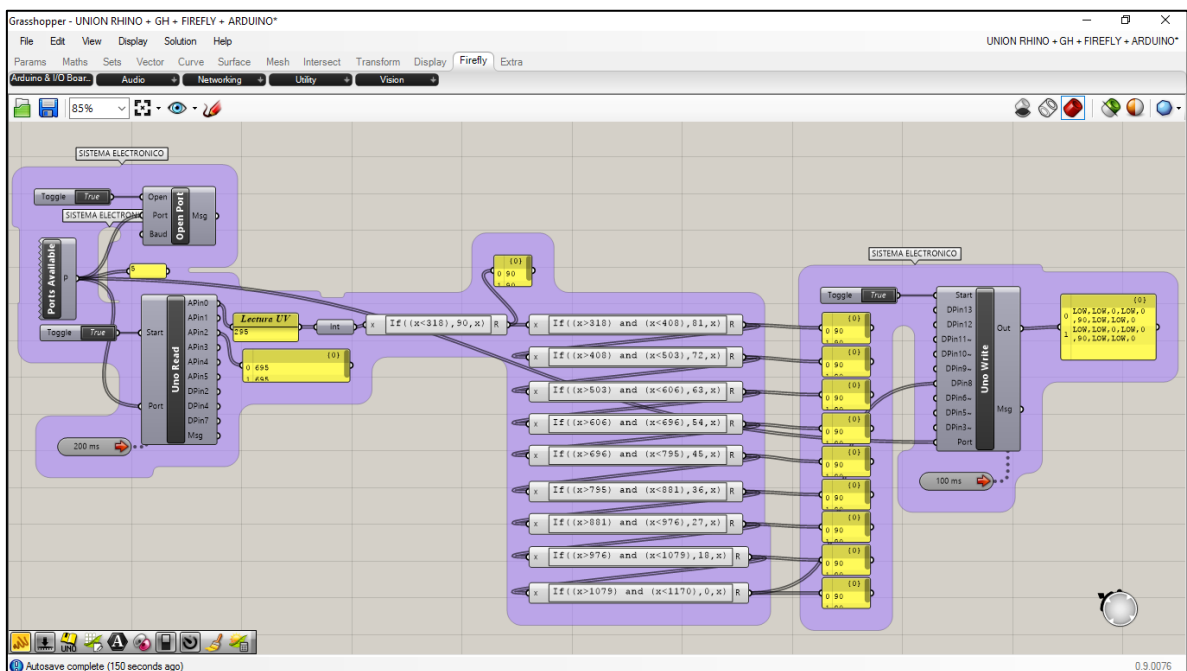


Imagen 4-38 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

4.5.6 Conexión sistema envolvente con sistema electrónico.

Rhino nos permite visualizar la envolvente mientras se abre o se cierra, la cual se controla en Grasshopper mediante el parámetro “number slider” y está en un rango de cero a noventa grados.

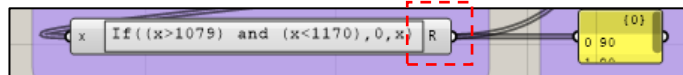


Imagen 4-39 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

Para conectarlo a la programación electrónica nada mas hace falta desconectar el



“Number slider” de la entrada *D* del componente “Rad” y en vez de esta



conectar *R* de la expresion que controla los rangos de giro en el sistema electronico ya que esta se conecta con “Uno Write” que como lo mencionamos es el componente que escribe valores en los pines, en este caso el pin donde se conecta el servomotor.

El usuario tendrá la capacidad de manipular manualmente los movimientos mediante un “number slider”; esto en caso de que ya no se quiera probar el sistema conectado al sensor de rayos UV, este “Number slider” se conectara en la entrada digital *DPin8* de “Uno Write”.

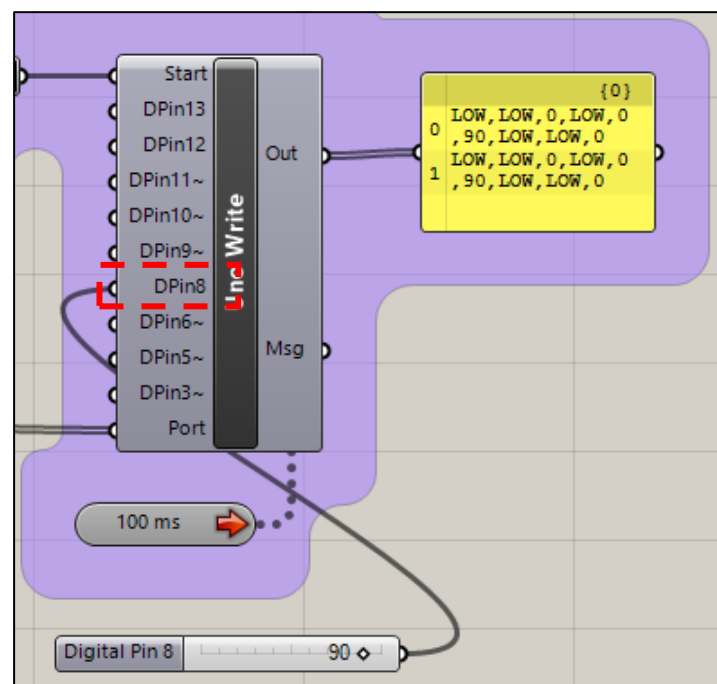


Imagen 4-40 Propuesta digital
Fuente: Autores, 2016.

4.6 Realización de la maqueta de la Propuesta de movimiento.

Con la simulación digital realizada procedemos al desarrollo de la maqueta del prototipo a una escala trabajable, para lo cual primero realizaremos el diseño de las piezas de la

maqueta en el programa AutoCAD como se ha venido trabajando en los prototipos anteriores.

- Desarrollamos primero la estructura de la maqueta, la que va a tener cuarenta y cinco centímetros por ochenta y tres centímetros en total, interiormente treinta y ocho centímetros donde van a ir los módulos, para la simulación del movimiento.

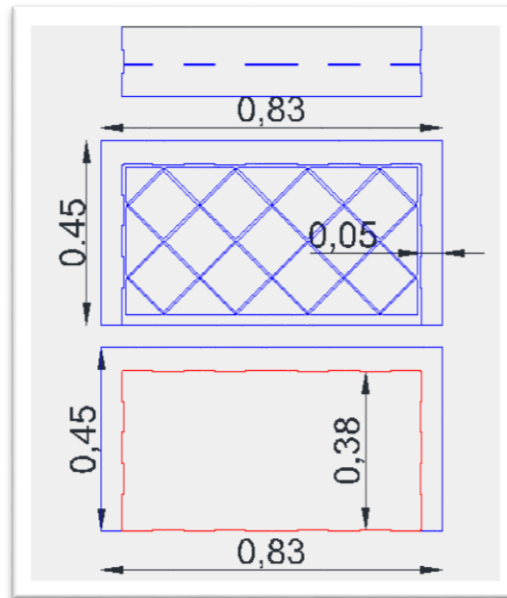


Imagen 4-41 Pre dimensionamiento de la maqueta
Fuente: Autores, 2016.

- Los módulos que utilizamos en la maqueta tienen como dimensiones diez por diez centímetros cada uno, y realizamos perforaciones basándonos en el punto a tractor (un sistema de Grasshopper que nos permite variar la forma de perforaciones según donde se coloque un punto) para generar luz y sombra, estos módulos van a estar colocados en tres ejes a diferentes niveles, sujetos con un elemento en forma de “C”.

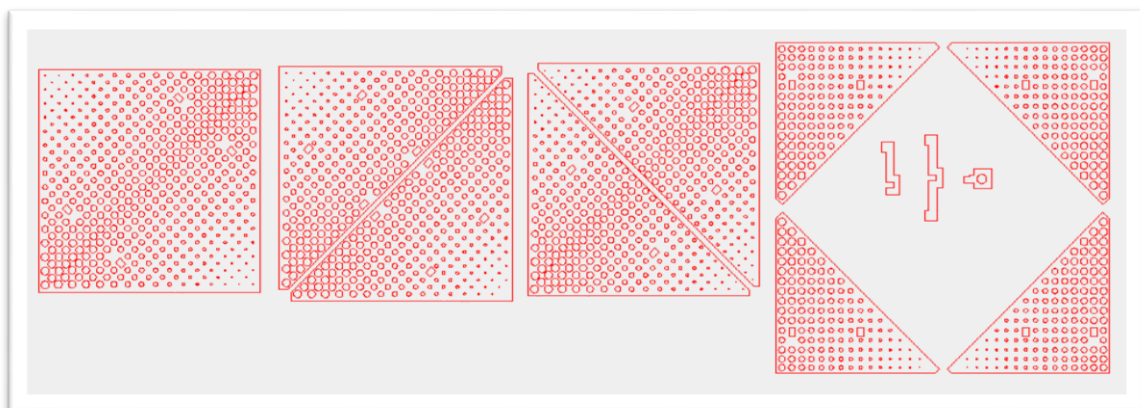


Imagen 4-42 Pre dimensionamiento de módulos
Fuente: Autores, 2016.

- El siguiente paso es desarrollar el sistema mecánico de la maqueta, para que pueda realizar el movimiento de cada eje y con sus módulos, ocuparemos como en el primer prototipo los engranajes por su facilidad de modificar la velocidad del movimiento, será un sistema de cuatro engranajes y una cremallera dentada para el movimiento.

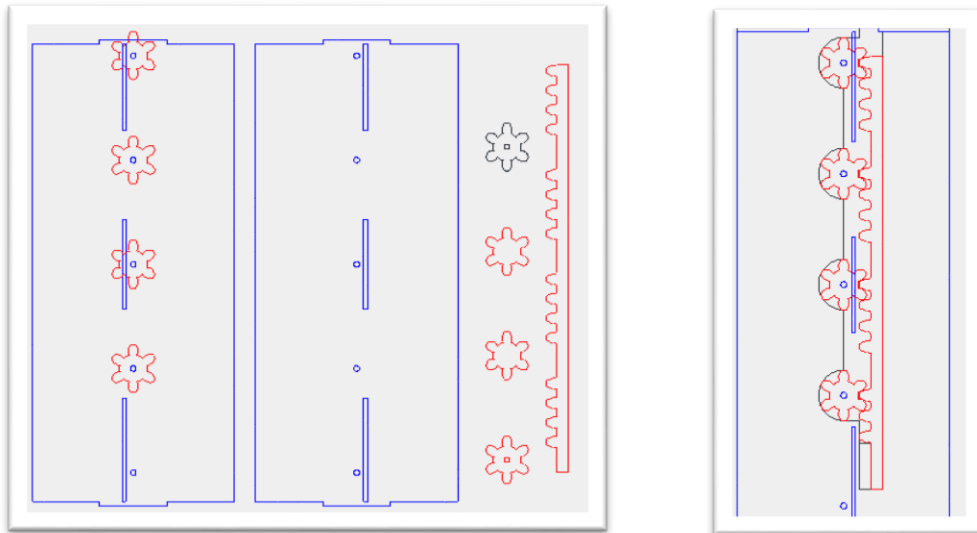


Imagen 4-43 Pre dimensionamiento de engranajes
Fuente: Autores, 2016.

- Para mayor precisión procedemos hacer un 3d de la maqueta para tener mayor precisión en cada pieza, primero alzamos lo que va hacer la estructura de la maqueta.



Imagen 4-44 3d de la Estructura
Fuente: Autores, 2016.

- Procedemos a colocar los módulos y los engranajes para visualizar su de rozamiento con la estructura en forma de malla y no haya problemas en el momento que se realice el movimiento.

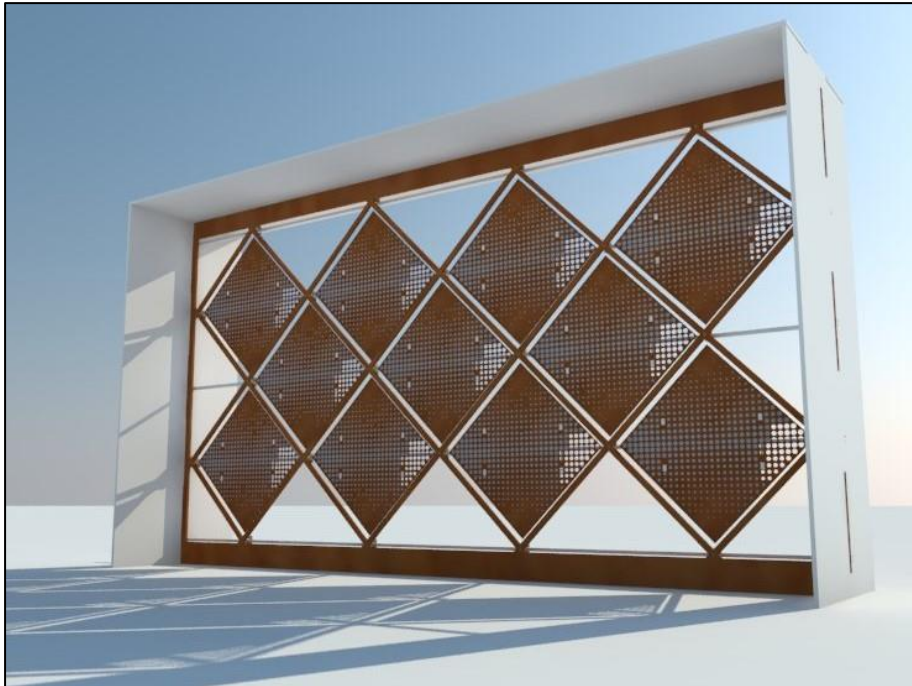
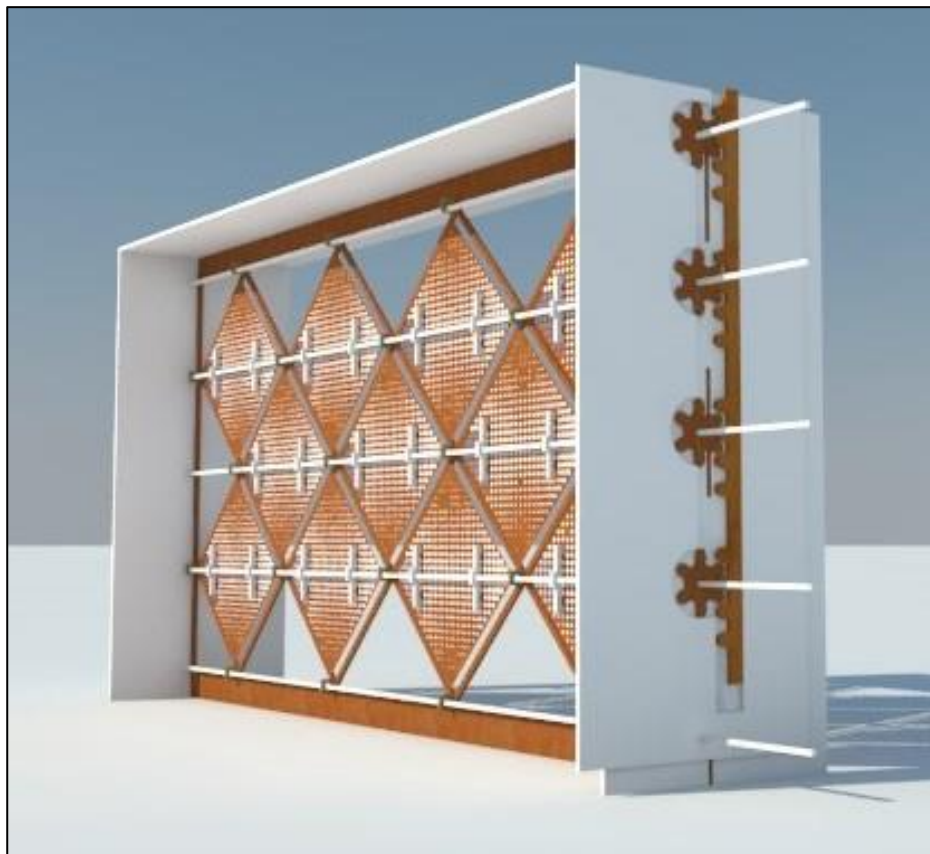


Imagen 4-45 3d de la Estructura y módulos
Fuente: Autores, 2016.



- Colocando los módulos de las esquinas y con eso concluimos el desarrollo del prototipo en el SketchUp 3d, y se visualiza las perforaciones como juegan con la luz y la sombra.

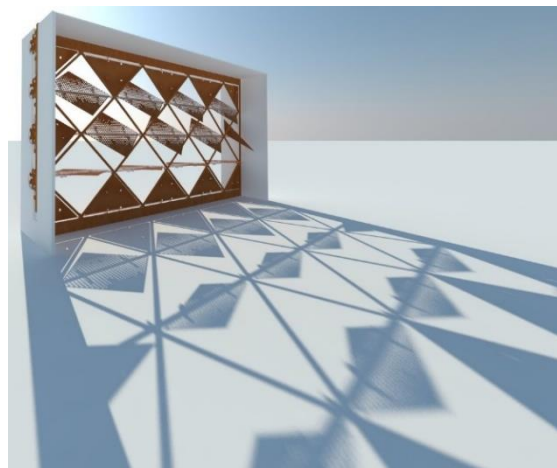
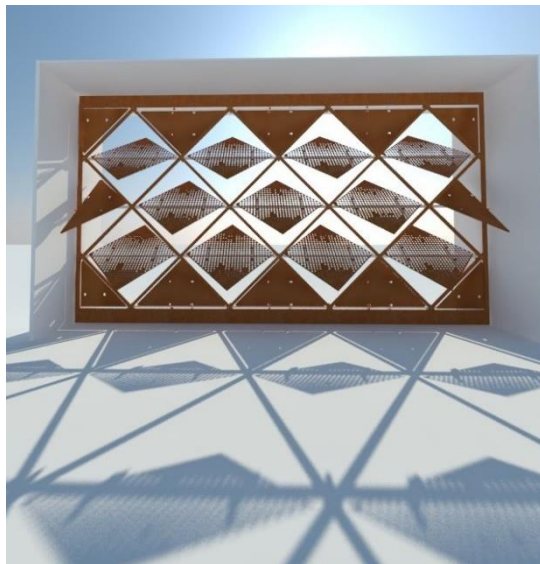
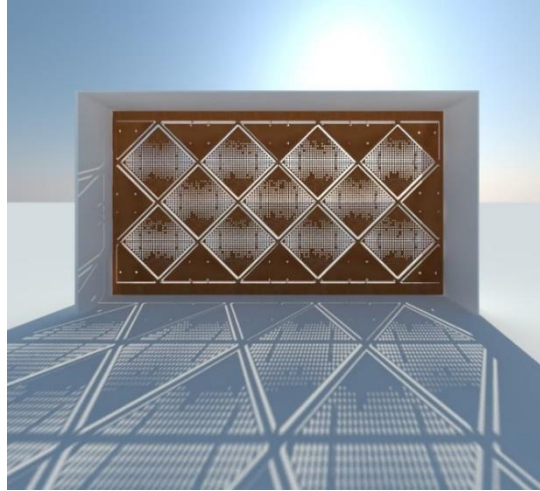


Imagen 4-47 3d de la Estructura y sistema de engranajes
Fuente: Autores, 2016.

- Una vez ya obtenido el modelado 3d y verificando que las medidas son las correctas para la maqueta, procedemos a cortar las piezas de la estructura, engranajes y cremallera dentada en la cortadora a laser del FAB LAB, utilizaremos como material el MDF de tres milímetros, y para los módulos los cortaremos en PVC.

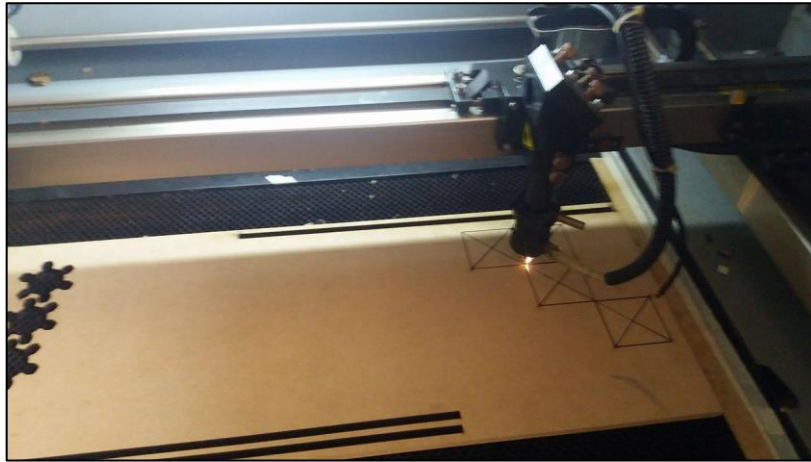


Imagen 4-48 Cortado de la maqueta
Fuente: Autores, 2016.

- Con todos los elementos listos empezamos armar la maqueta primero la estructura de la misma, luego colocar lo que van hacer los módulos, el sistema de movimiento, para luego proceder hacer los ensayos con los engranajes.



Imagen 4-49 Armado de maqueta
Fuente: Autores, 2016.

- Con la maqueta lista el siguiente paso es armar el sistema automatizado, con Arduino y los sensores que vamos a ocupar, y hacer la simulación con la programación que realizamos anteriormente.

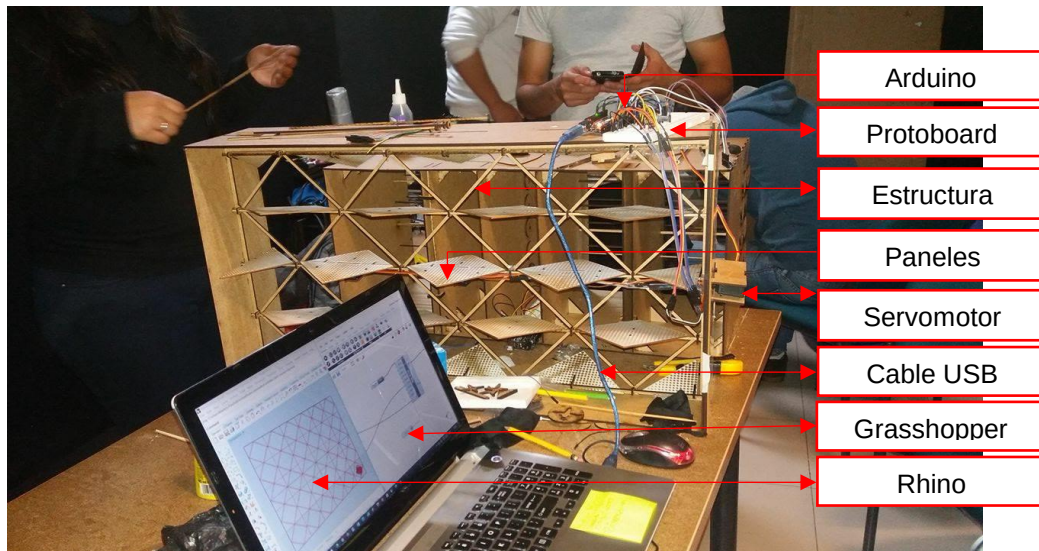


Imagen 4-50 Armado de maqueta
Fuente: Autores, 2016.

- Con todos los sistemas unidos (sistema de envoltente y programación electrónica) en Grasshopper y conectado al prototipo a través de la placa de Arduino procedemos a realizar un video con la simulación en tiempo real de la radiación UV, donde específicamente pudimos comprobar que la lectura del sensor de Rayos UV determinaba el movimiento del sistema digital visualizado en Rhino y de la maqueta al mismo tiempo, a continuación, presentaremos imágenes de dicho video.

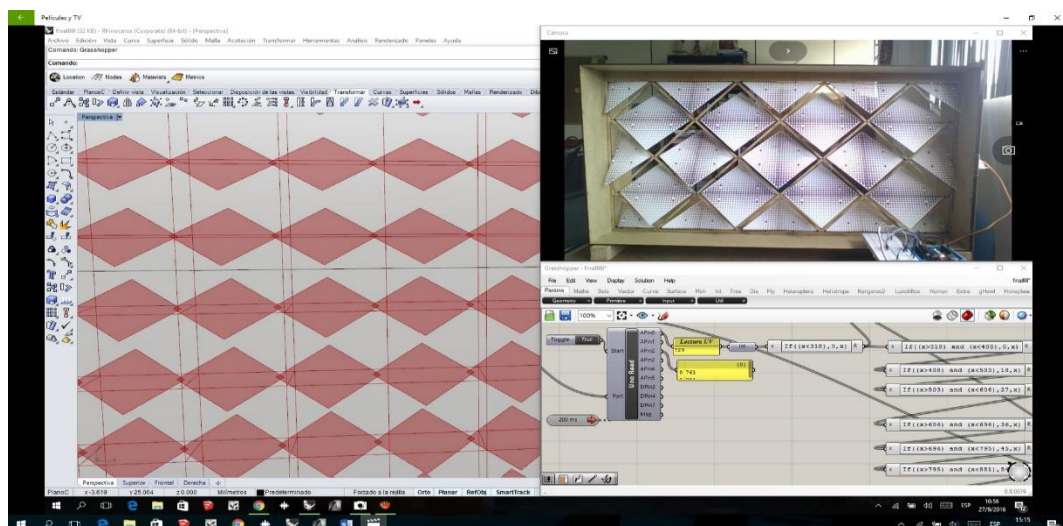


Imagen 4-51 Lectura de sensor en 762 nm. (7 UV)
Fuente: Autores, 2016.

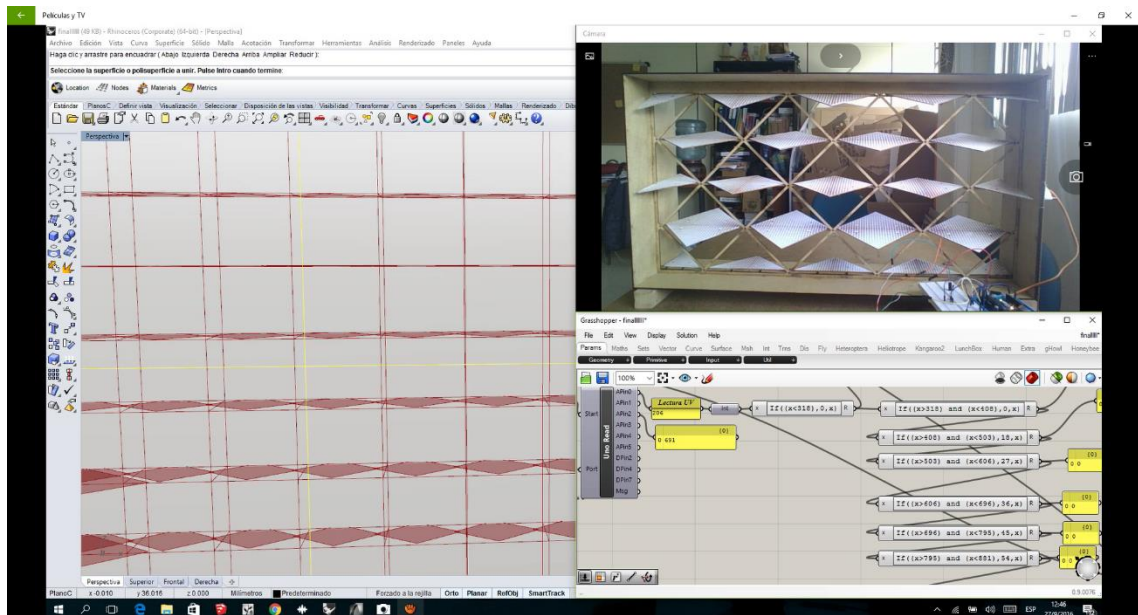


Imagen 4-52 Lectura de sensor en 232 nm (2 UV)
Fuente: Autores, 2016.

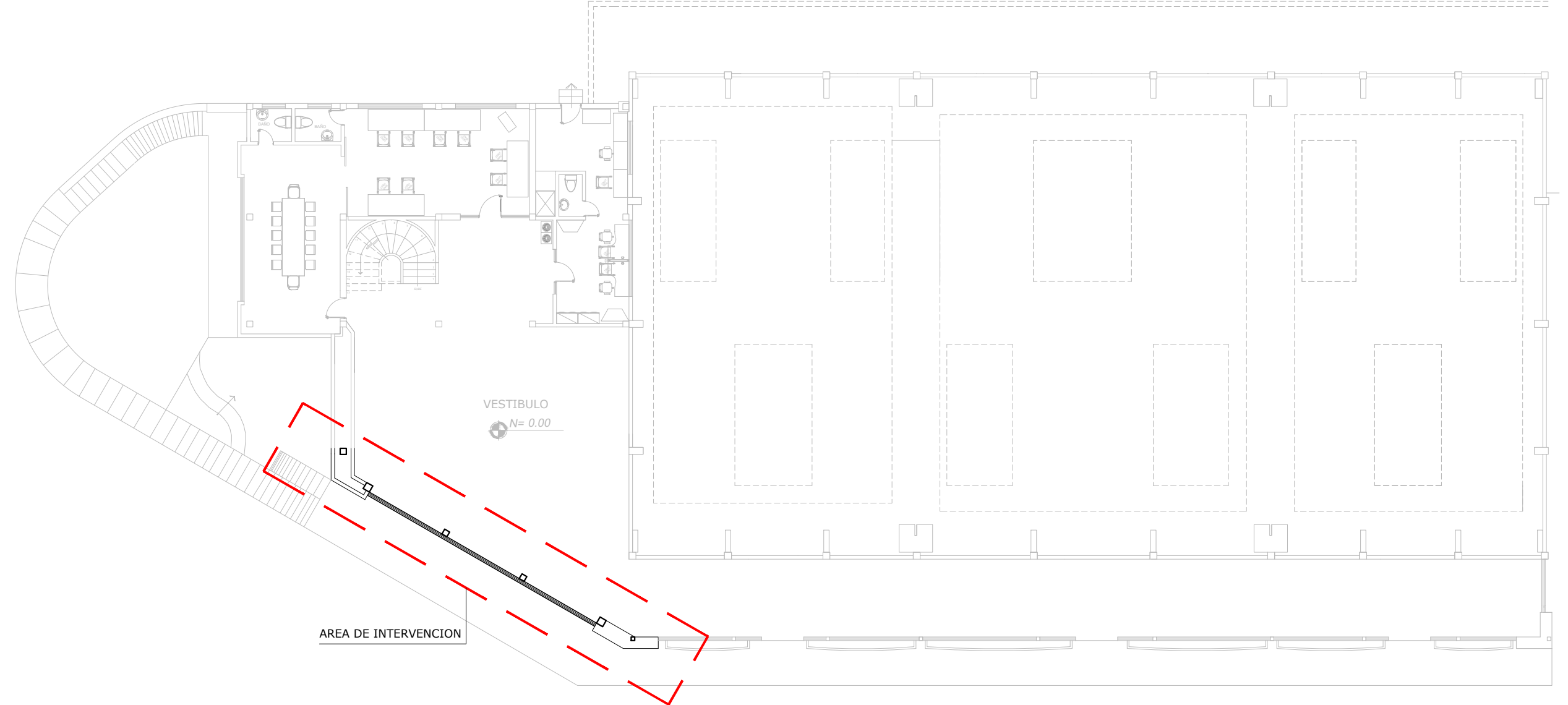
4.7 Propuesta arquitectónica de la envolvente.

La experimentación del sistema de envolvente y la programación fueron eficaces en la lectura de la intensidad de los rayos UV a tiempo real gracias al sensor UV GY-ML8511, lo que da como resultado que el movimiento del sistema de fachada sea automático y está a su vez da protección a la intensidad de rayos UV como lo mostramos en el prototipo del caso de estudio.

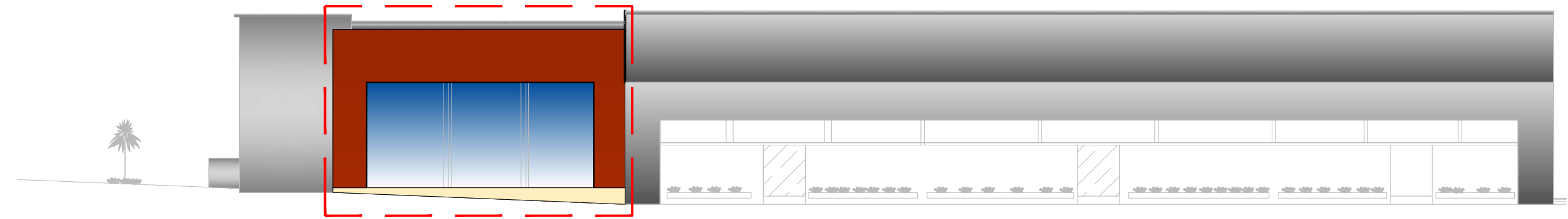
Una vez concluido con el proceso de diseño y programación de la envolvente en Grasshopper y realizado los prototipos pertinentes, procedemos a realizar la parte arquitectónica, donde se presenta la intervención en el ventanal del centro de Convenciones de la UTPL.

Esta intervención se la llevara a cabo haciendo un levantamiento del estado actual del lugar, para tener las dimensiones reales, así como los niveles del edificio, la propuesta la presentamos a continuación a través de plantas, elevaciones, cortes, axonometrías, perspectivas.

4.8 Estado actual y área de intervención.

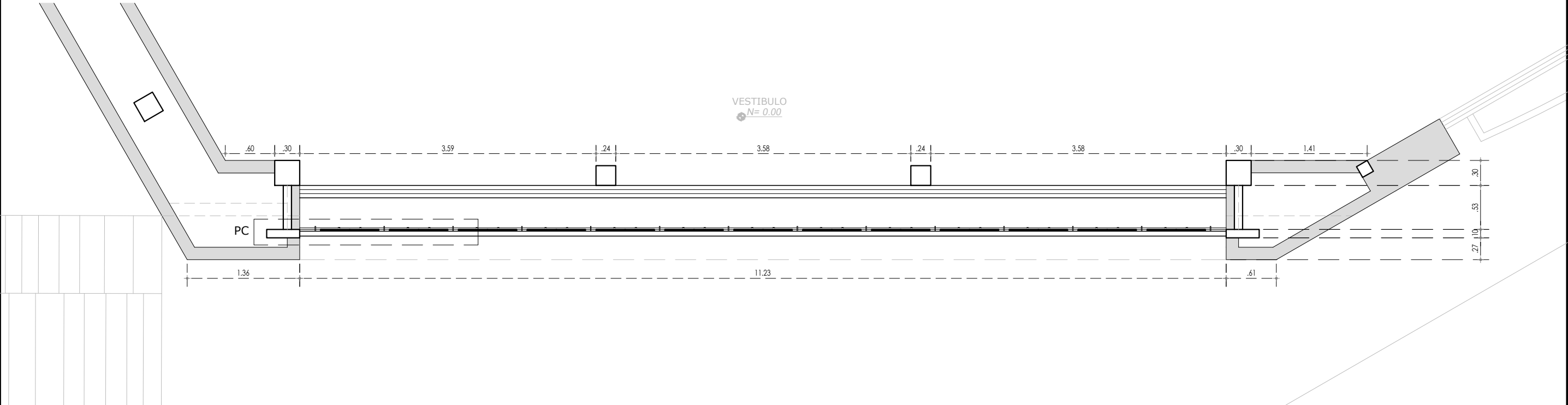


PLANTA CENTRO DE CONVENCIONES
ESCALA 1:200



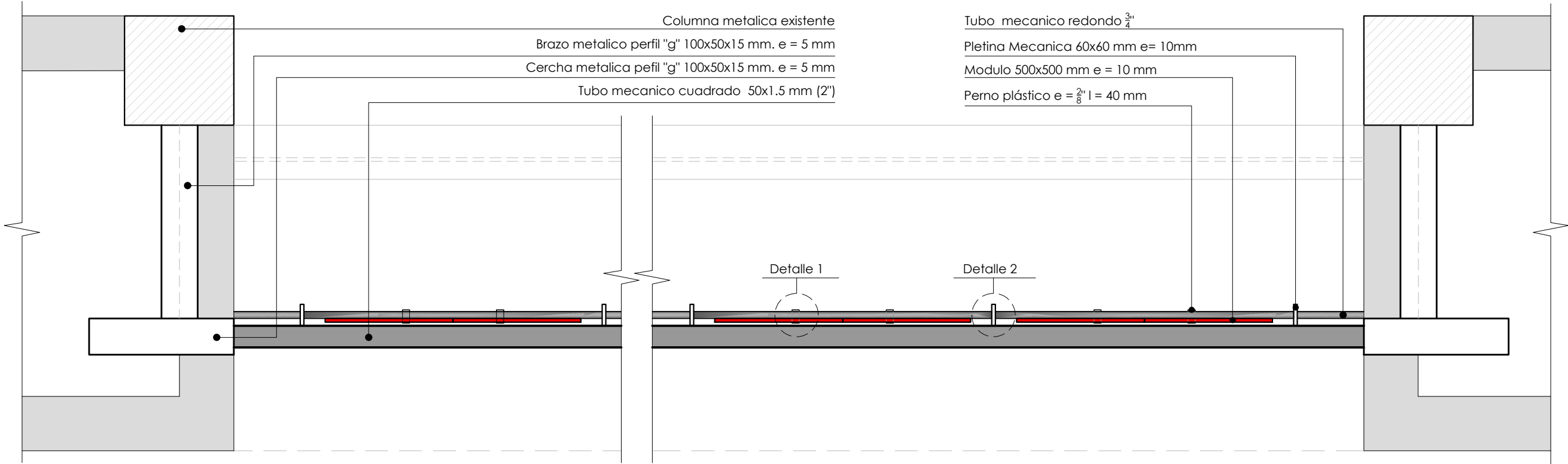
ELEVACION CENTRO DE CONVENCIONES
ESCALA 1:200

4.9 Plantas y detalles.



PLANTA CENTRO DE CONVENCIONES

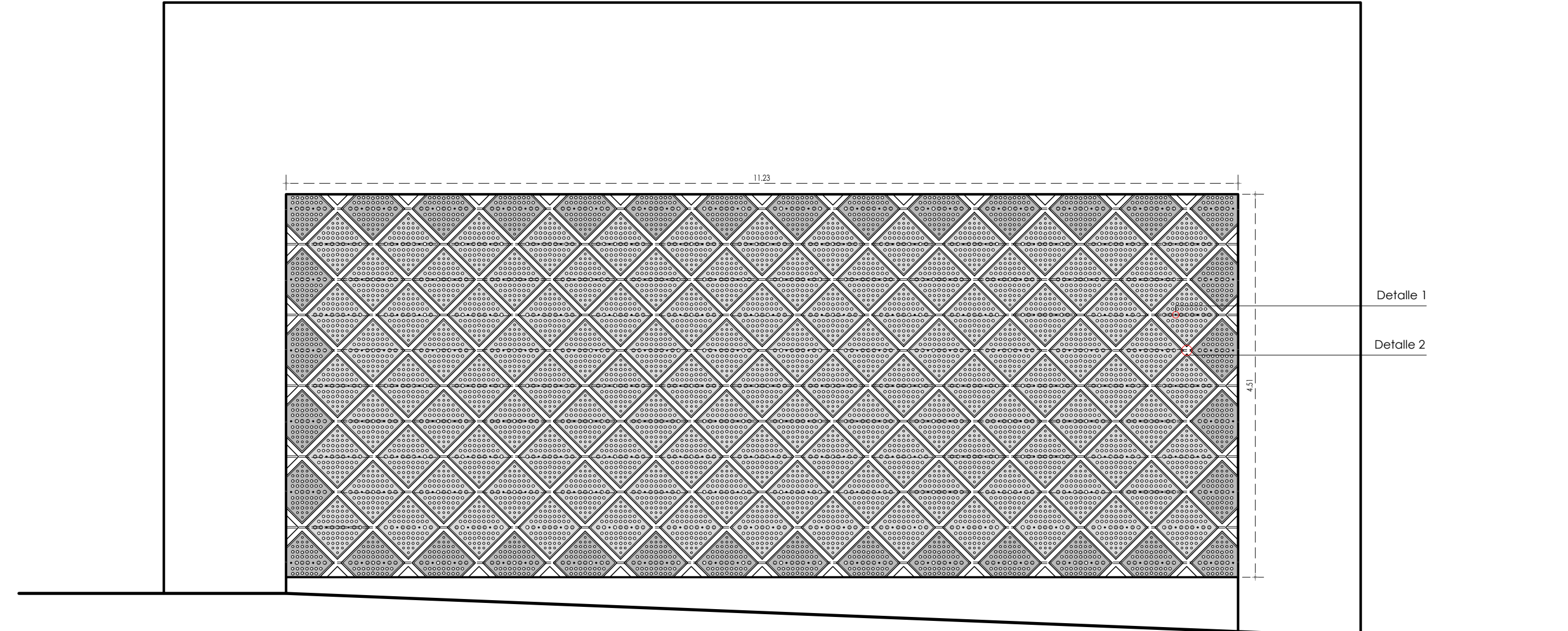
ESCALA 1:50



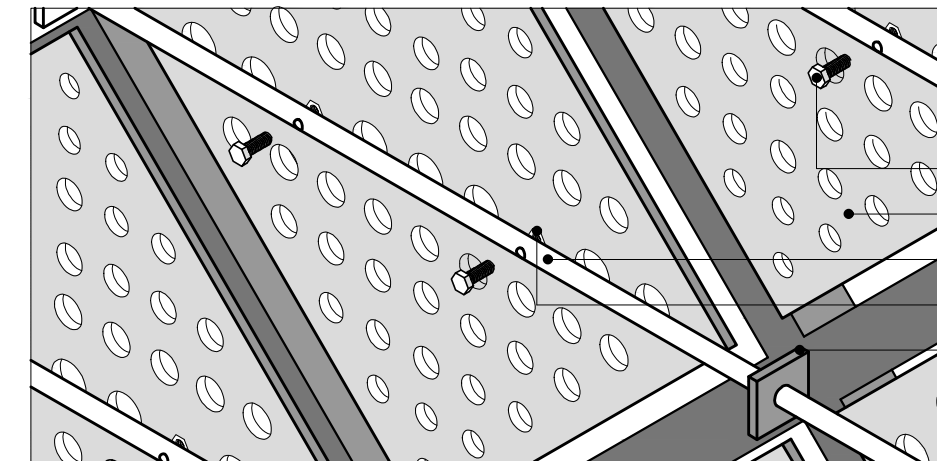
PLANTA CONSTRUCTIVA

ESCALA 1:12.5

4.10 Elevacion frontal, detalles.



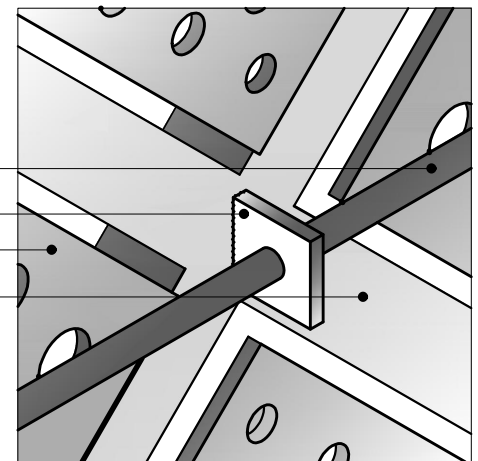
ELEVACION FRONTAL
ESCALA 1-----50



DETALLE 1

- Perno plástico e = 2" l = 50 mm
- Modulo 500x500 mm e = 10 mm
- Tubo mecanico redondo 3/4"
- Tuerca de plastico (filamento) empotrada
- Pletina Mecanica 60x60 mm e= 10mm

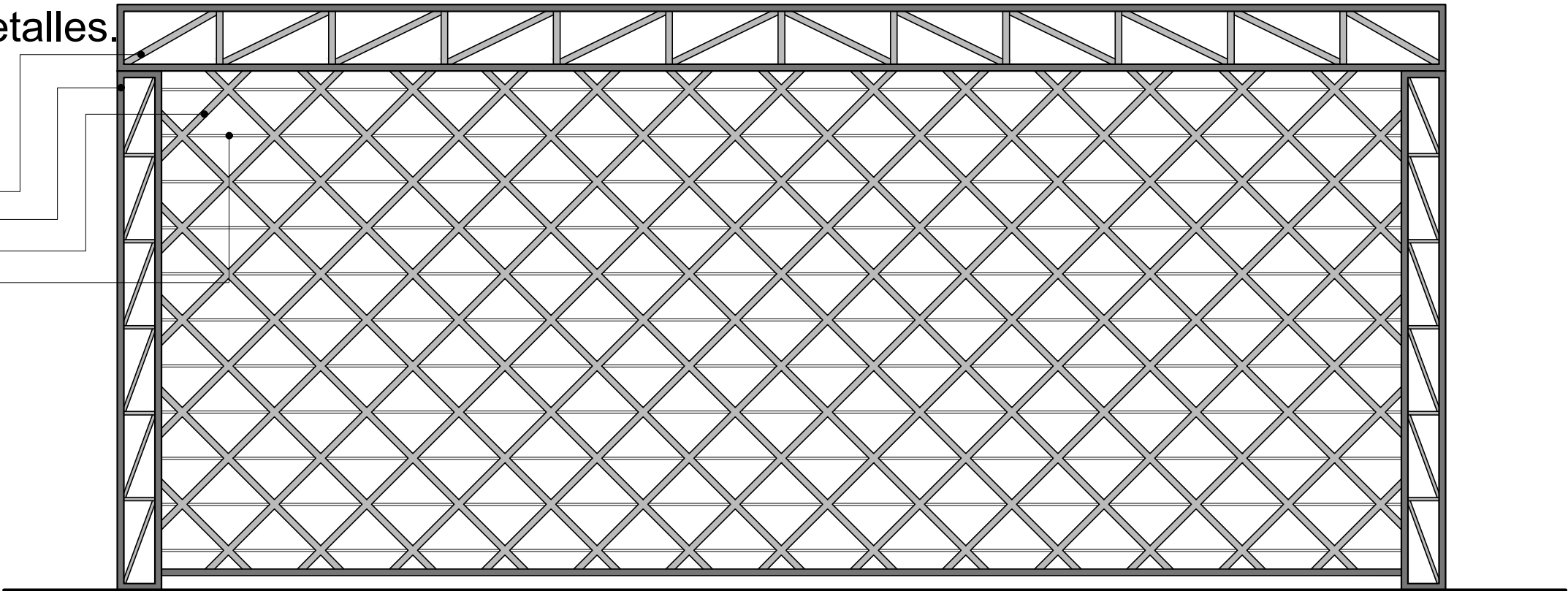
- Tubo mecanico redondo 3/4"
- Pletina Mecanica de sujecion 60x60 mm e= 10mm soldada a tubo
- Modulo 500x500 mm e = 10 mm
- Tubo mecanico cuadrado 50x1.5 mm (2")



DETALLE 2

4.10 Elevacion frontal, detalles.

- Cercha tipo PRATT (Estructura Metalica 100 mm x 600 mm)
- Viga metalica 400 mm x 100 mm
- Tubo mecanico cuadrado 50x1.5 mm (2")
- Tubo mecanico redondo 3/4"

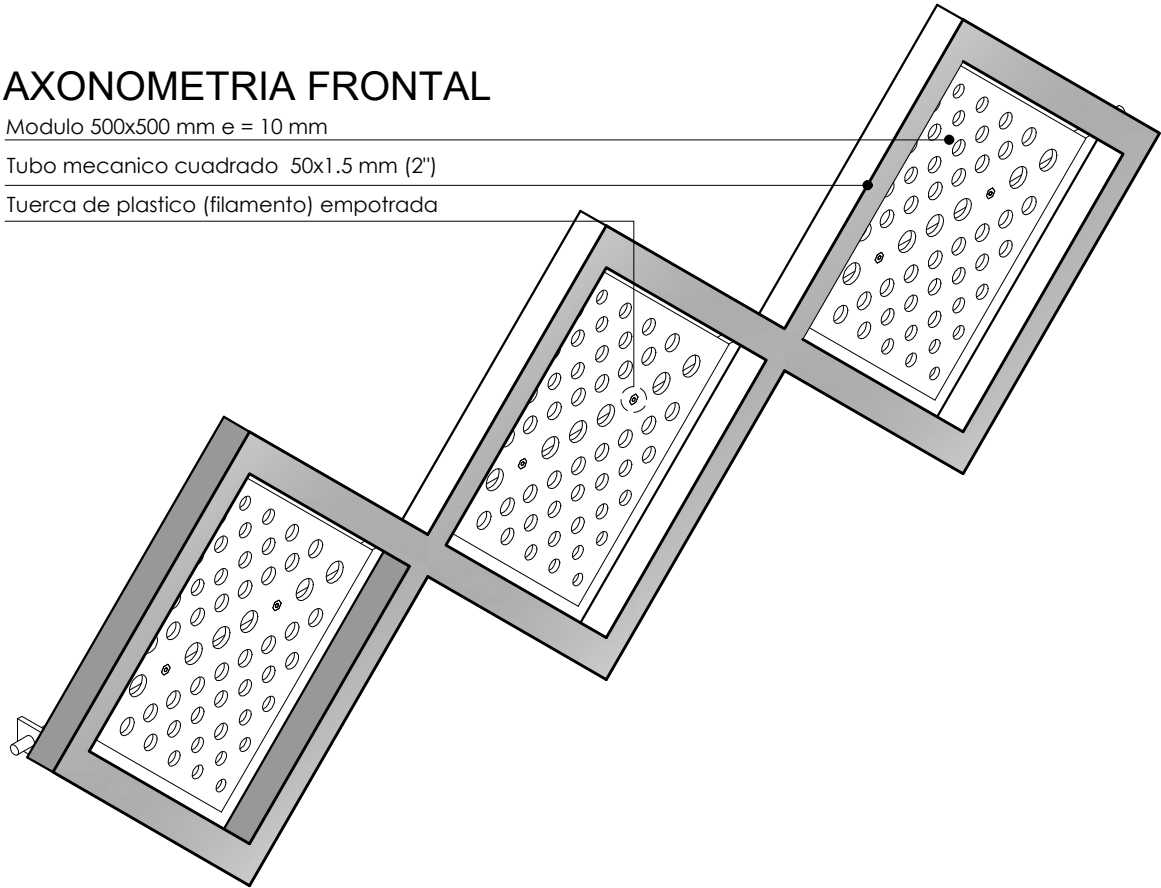


ELEVACION FRONTAL (Estructura)

ESCALA 1-----50

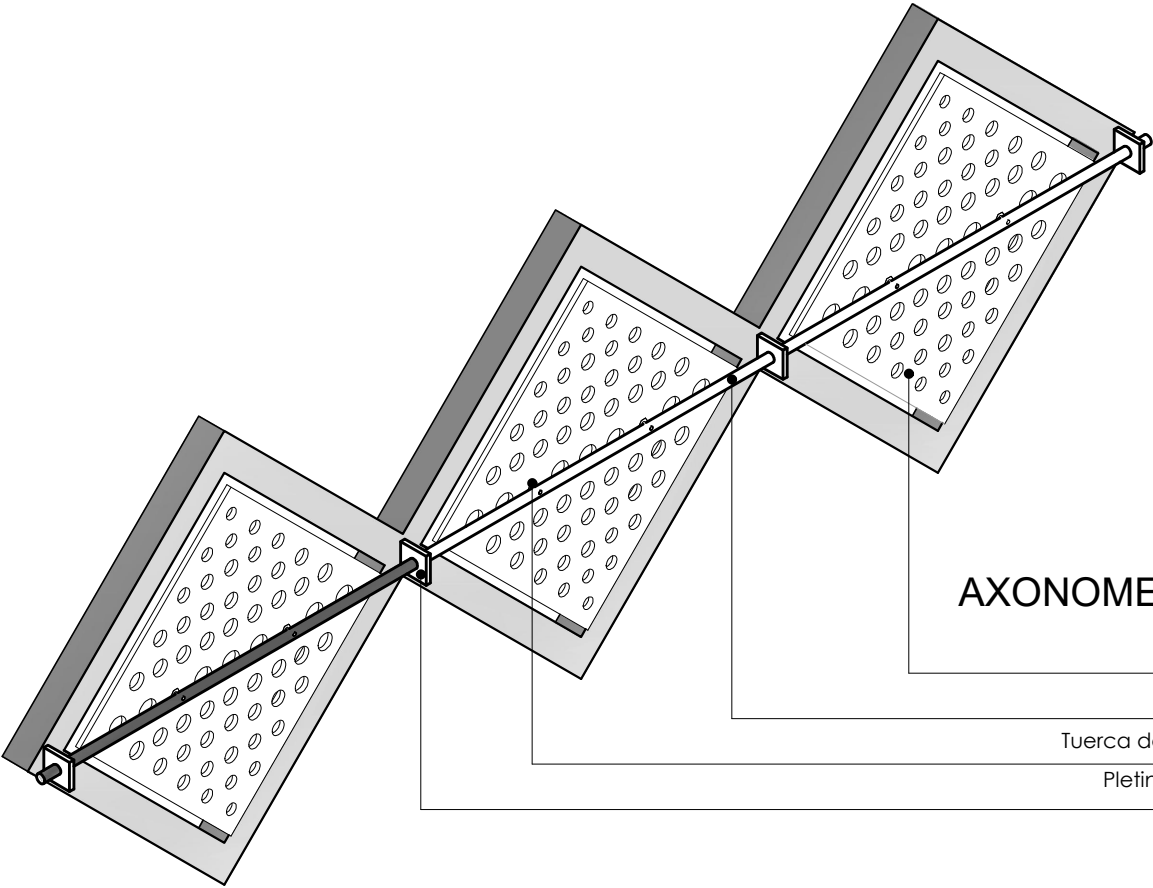
AXONOMETRIA FRONTAL

- Modulo 500x500 mm e = 10 mm
- Tubo mecanico cuadrado 50x1.5 mm (2")
- Tuerca de plastico (filamento) empotrada



AXONOMETRIA POSTERIOR

- Modulo 500x500 mm e = 10 mm
- Tubo mecanico redondo 3/4"
- Tuerca de plastico (filamento) empotrada
- Pletina Mecanica 60x60 mm e= 10mm



4.11 Perspectivas.



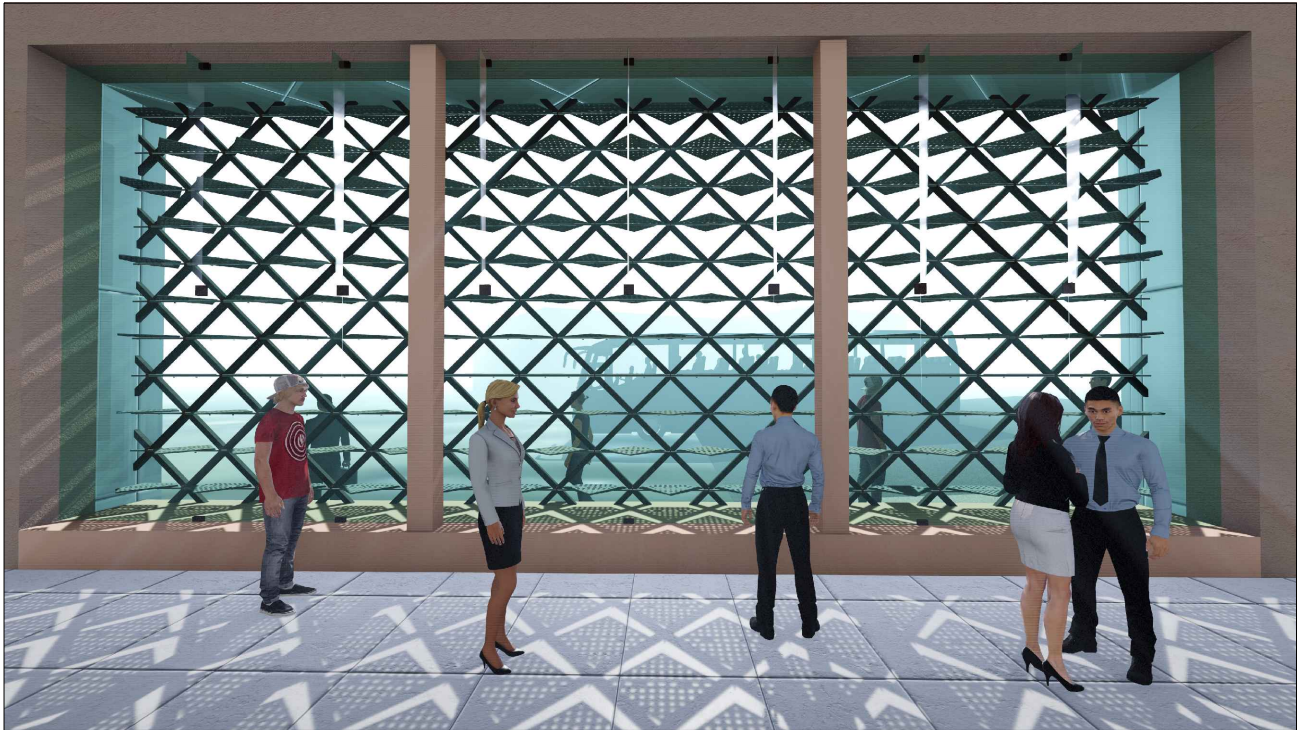
Perspectiva externa Centro de Convenciones UTPL
Envolverte totalmete cerrada a 90°



Perspectiva interna Centro de Convenciones UTPL
Envolverte totalmete cerrada a 90° (Generacion de sombras)



Perspectiva externa Centro de Convenciones UTPL
Envolverte totalmete abierta 0°



Perspectiva interna Centro de Convenciones UTPL
Envolverte totalmete abierta a 90° (Generacion de sombras)

CONCLUSIONES

- La arquitectura es un arte que va cambiando según las condiciones, necesidades de la humanidad, se complementa con el avance de la ciencia y tecnología que evoluciona y se ha convertido en una herramienta muy necesaria para la evolución de la arquitectura.
- Las envolventes cinéticas son herramientas para hacer contrapunto con los cambios climáticos actuales, específicamente con la Radiación UV que es un problema mundial. Que con las envolventes ayudan que reduzcan la incidencia que provocan los rayos UV a una edificación y al usuario que se encuentre en el interior.
- A lo largo del desarrollo de los prototipos se ha demostrado como las herramientas digitales, nos ayudan a dar respuesta al diseño de Envolventes cinética y los movimientos que se puede producir en la simulación, para luego realizarlos en físico.
- La aplicación de elementos electrónicos nos ayudó a poder automatizar el sistema mecánico que se desarrolló en las envolventes, y mediante los sensores poder medir los cambios de los rayos UV, la envolvente pueda reaccionar a estos cambios.
- En el prototipo final que se usara para darle respuesta al caso de aplicación se ocupara los módulos con perforaciones para jugar con la luz y la sombra para mejorar el confort interior.
- Para poder realizar la automatización del prototipo hay que realizarla mediante algoritmo matemáticos exactos que serán transmitidas por los componentes de Grasshopper.
- La ventaja más significativa del trabajo es el módulo que se propuso, se puede aplicar a cualquier superficie gracias a las herramientas paramétricas que se adaptan a cualquier medida, y puede ser programado para responder a la radiación solar.

RECOMENDACIONES GENERALES

- La arquitectura es una actividad multidisciplinaria por lo que se recomienda que se incorporen actividades como la electrónica que son de vital importancia para un buen desarrollo de la parte arquitectónica y d respuesta a la problemática que se le presente.
- Incluir en la Malla Académica el enseñar los contenidos de las bases de modelación paramétrica con el programador visual Grasshopper + Rhinoceros + Firefly, enfocado al ámbito profesional y académico, buscando ampliar las competencias creativas y productivas de los estudiantes, ya que este plugin permite visualizar en diferentes softwares como Archicad o Revit.
- La experimentación al replicar los diferentes algoritmos, encontrados en internet de ejercicios de Grasshopper, trae consigo un aprendizaje y entendimiento más profundo de los componentes y parámetros que dispone este plugin y sus diferentes librerías.
- Para desarrollar la idea de movimientos a través de sistemas mecánicos es fundamental el entendimiento de los engranajes, brazos o poleas para así reducir el menor uso de servomotores, en esta fase la maqueta es imprescindible para poder tener una idea real de cómo funcionan y si existe algún error nos permite corregir hasta llegar al prototipo final.
- Es importante tener conocimientos para manejar la cortadora laser, pues al cortar mdf se reduce aproximadamente 1 mm por donde pasa el láser y como consecuencia de esto puede que las piezas no encajen con exactitud al momento de armar la maqueta.
- Es muy importante para el funcionamiento adecuado entre el prototipo y el ordenador tener instalado el programa de Arduino para que el plugin Grasshopper a través de Firefly pueda reconocer la placa sea Uno o Mega, y enviar los datos a tiempo real.
- Con los seguimientos que se ha realizado sobre los Índices de radiación UV se puede recomendar a las personas tener especial cuidado a partir de las 11h00 hasta la 15h00 que es el horario pico para que los Índices UV lleguen a alcanzar sus máximos niveles, y la exposición prolongada puede causar graves daños al ser humano.

COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

La experiencia alcanzada con la realización de los prototipos con diferentes sistemas de movimiento mecánico ha sido de forma satisfactoria, nos ha permitido plasmar los movimientos realizados en ordenador y programados en respuesta a la Radiación UV, en prototipos, de los cuales hemos obtenido el modelo final que nos permite concebir una gama de sombras que aportan a mejorar las condiciones funcionales de los espacios como es el confort.

BIBLIOGRAFÍA

ARTICULOS CIENTÍFICOS

Ávila Ramírez, D. C., & Arias Orozco, S. (2015). La envolvente arquitectónica y su influencia en la iluminación natural. *Hábitat Sustentable*, 44-53.

de Schiller, S., & Evans, J. M. (2005). ROL DE LA ENVOLVENTE EN LA EDIFICACIÓN SUSTENTABLE. *Revista de la construccion*, 6.

MOREIRA, R. A. (2003). *Nuevas necesidades de la Arquitectura*. Lisboa.

Ruiz, A., & Correa, E. (2009). CONFORT TÉRMICO EN ESPACIOS ABIERTOS. COMPARACIÓN DE MODELOS Y SU APLICABILIDAD EN CIUDADES DE ZONAS ÁRIDAS. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 71-78.

Segura, R. (Julio de 2012). Pielas Arquitectonicas: de la fachada a la envolvente. *Revista Universidad Veracruzana*, 29-31.

Sharaidin, K. (2014). Kinetic Facades : Towards design for Environmental Performance. 6.

Velasco, R. (2011). DISEÑO DE ECO-ENVOLVENTES. *Revista de Arquitectura*, 13-18.

LIBROS

Cabrera, G. (2015). Elementos de máquinas y sistemas mecánicos. *Tecnologia Industrail*, 22-25.

Chávez, J. R. (1996). Diseño Bioclimático para Ahorro de Energía y Confort Ambiental Integral. Mexico, D.F.

Schmitt, H. (1978). *Tratado de Construccion*. Barcelona: Gustavo Gili, S.A.

ASESORES, L. P. (2013). *DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DISPENSADOR DE ALIMENTO PARA MASCOTAS, CONTROLADO VIA ETHERNET*. Mexico: ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA.

PAGINAS WEB

Castro, E. (22 de 11 de 2010). *youtube*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=hUGZ_00nR7A

Olivio, A. (20 de Octubre de 2015). *AGENCIA ESPACIAL CIVIL ECUATORIANA*.
Obtenido de <http://uv.exa.ec/infografia.htm>

TESIS

Bernal, R. (2014). Universidad del azuay. *Universidad del azuay*, 14-35.

Filipe, L. (2010). *Arquitectura Cinética Desenvolvimento do protótipo de uma estrutura responsiva* Arquitectura Agradecimentos. *arquitectura cinetica*.

González, M. (2009). *Morfologia geometrica de la envolvente arquitectonica como elemento de control termico*. Tacamachalco.

Marques, L. F. (2010). *Arquitectura Cinética Desenvolvimento*. Lisboa: Universidad Tecnica de lisboa

Peña, A. M. (1998). *Movimiento, mecánica y arte: momentos posibles para un arte cinético*. Mexico: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA.

ARTICULOS DE PERIÓDICO

Sorgato, V. (17 de Enero de 2016). *RADIACION UV ES UN RIESGO EN ECUADOR*.
EL COMERCIO, pág. 1.