



Universidad Tecnológica de la Mixteca

Ingeniería en diseño

“Propuesta de diseño y construcción de bóveda con sistema de iluminación para heliodón controlado por computadora.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN DISEÑO

PRESENTA:

PAOLA ALEJANDRA FACIO CUEVAS

DIRECTOR DE TESIS:

MC. RAMIRO MARBEL CRUZ SÁNCHEZ

ASESOR:

M.D.I. FERNANDO ITURBIDE JIMÉNEZ

Huajuapán de León, Oaxaca. Septiembre 2013.

RESUMEN

El presente trabajo forma parte del proyecto de “Diseño y Construcción de un Heliodón Controlado por Computadora”. Se desarrolla el diseño y construcción de la bóveda para simular los movimientos que realiza el sol, aparentemente vistos desde la tierra, por lo que se simula el movimiento de las 06:00 a las 18:00 horas (rotación), así como simular cualquier día del año (traslación); por lo que la operación de la bóveda está apoyada en conceptos básicos de geometría solar, geografía y arquitectura bioclimática. Parte del diseño no solo se ocupa de llevar a cabo estos movimientos, se basa también en base a la experiencia de los usuarios generar un diseño funcional, que tome en cuenta sus necesidades.

Uno de los puntos más importantes para esta tesis es el diseño de un sistema de iluminación, ya que la simulación de la luz generada por el sol requiere una serie de características que debe cumplir la lámpara del heliodón, y que son determinadas en base a la consulta realizada a heliodones ya existentes, así como los parámetros de diseño que en este trabajo le fueron añadidos a este sistema para lograr un sistema de iluminación funcional que consume poca energía eléctrica, ligero, de niveles de intensidad luminosa aceptables, así como la nitidez en las sombras que se generan.

Una de las aportaciones para la construcción de la bóveda es su funcionamiento a través de motores cuyo control se realizara posteriormente mediante un sistema por medio de una interfaz, esta aportación está basada en una investigación de mecanismos para lograr la optimización en el funcionamiento. Con esta información se generaron conceptos para el sistema de simulación de posicionamiento para horas y para días del año (fechas), los cuales fueron evaluados para elegir el más funcional y factible por realizar.

Teniendo la parte de conceptualización se modeló cada una de las piezas y se evaluó el diseño integral, es decir, el modelado y ensamble de las piezas para lograr la construcción del prototipo físico integral, el cual es llevado a evaluación.

ÍNDICE

CAPITULO 1 ESTRUCTURA DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos.	3
1.4.1 Objetivo General.	3
1.4.2 Objetivos Específicos.	3
1.5 Metas.....	4
1.6 Metodología.....	4
CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Introducción.....	6
2.2 Diseño arquitectónico bioclimático.	7
2.3 Existencia de los dispositivos de simulación de trayectoria solar numéricos, gráficos y físicos.	8
2.3.1 Modelos numéricos de simulación de la trayectoria solar.	9
2.3.2 Modelos de gráficas de desplazamiento solar.	10
2.3.3 Modelos físicos de simulación de la trayectoria solar.	11
2.4 Heliodón.	11
2.4.1 Fuente luminosa móvil y plataforma fija.....	12
2.4.2 Fuente luminosa móvil y plataforma móvil.....	12
2.4.3 Fuente luminosa fija y plataforma móvil.....	13
2.5 Geometría Solar.	14
2.5.1 Azimut.....	16

2.5.2 Altitud.....	17
2.5.3 Ángulo de Declinación.....	17
CAPITULO 3 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	18
3.1. Introducción.....	18
3.2 Resumen de diseño del proyecto.....	19
3.3 Análisis de productos existentes.....	19
3.4 Análisis de funciones y análisis de valor para el heliodón tipo Mendoza...	21
3.5 Análisis de necesidades y requerimientos.....	24
CAPITULO 4 CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN	29
4.1. Introducción.....	29
4.2 Sistema de iluminación.....	30
4.2.1 Tipos de fuentes luminosas.....	30
4.3 Características de lámparas para el heliodón.....	33
4.4 Evaluación de lámparas.....	34
4.5 Conceptualización del sistema de iluminación.....	42
4.5.1 Propuestas de conceptos.....	44
4.6 Evaluación y mejora de conceptos para el sistema de iluminación.....	46
CAPITULO 5 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA BÓVEDA	51
5.1. Introducción.....	51
5.2 Representación de fechas y horas.....	52
5.2.1 Aplicación de la Geometría solar para simular las fechas y las horas.....	53
5.3 Investigación de mecanismos.....	56
5.4 Conceptualización del sistema de horas.....	63
5.5 Conceptualización del sistema de fechas.....	67

5.6 Mejora de conceptos	74
CAPITULO 6 DISEÑO DE DETALLE.....	79
6.1. Introducción.....	79
6.2 Materiales.....	80
6.2.1 Acero.....	80
6.2.1.1 Acero Dulce.	80
6.2.1.2 Acero inoxidable.....	80
6.2.2 Acrílico.....	81
6.2.3 Alucobond®.....	81
6.2.4 Aluminio.....	82
6.2.5 Duraluminio®.....	82
6.2.6 Nylamid®.....	83
6.3 Modelado tridimensional por computadora.....	83
6.3.1 Modelado del sistema de iluminación.....	84
6.3.2 Modelado del sistema de horas.....	86
6.3.3 Modelado del sistema de fechas.....	89
6.4 Construcción de prototipo integral.....	93
6.4.1 Prototipo del sistema de iluminación.....	94
6.4.2 Circuito para el sistema de iluminación.....	96
6.4.3 Prototipo del sistema de horas.....	98
6.4.4 Prototipo del sistema de fechas.....	101
6.5 Evaluación del prototipo.....	105
Conclusiones	107
Bibliografía	109

APÉNDICE PLANOS CONSTRUCTIVOS.....	112
------------------------------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de las fases de diseño a utilizar.....	5
Figura 2. Ejemplo de arquitectura bioclimática.	7
Figura 3. Ejemplo de programa computacional.	9
Figura 4. Ejemplo de gráfico de desplazamiento solar.	10
Figura 5. Ejemplo de modelo físico de trayectoria solar.....	11
Figura 6. Movimiento de la tierra alrededor del sol en el periodo de un año.....	15
Figura 7. Movimiento del Sol en la Esfera celeste.....	16
Figura 8. Meridiano de Greenwich y ecuador.....	16
Figura 9. Ángulo de Acimut Z y Ángulo de Altitud α	16
Figura 10. Declinación solar en los solsticios.	17
Figura 11. Diagrama de desarticulación del problema.	28
Figura 12. Diagrama de espectro visible por el ojo humano.....	30
Figura 13. Lámpara del heliodón Mendoza.....	33
Figura 14. Sistema de iluminación de heliodón en el Politécnico.....	33
Figura 15. Led de alta potencia.	34
Figura 16. Disipador tipo M.	41
Figura 17. Diagrama de componentes para el Sistema de iluminación.....	42
Figura 18. Concepto 1 para Sistema de iluminación.	44
Figura 19. Concepto 2 para Sistema de iluminación.	44
Figura 20. Concepto 3 para Sistema de iluminación.....	45
Figura 21. Concepto 4 para Sistema de iluminación.....	45

Figura 22. Modelos de luminarias.	47
Figura 23. Concepto A mejorado para Sistema de iluminación.	48
Figura 24. Concepto B mejorado para Sistema de iluminación.	48
Figura 25. Concepto C mejorado para Sistema de iluminación.	49
Figura 26. Modelado del sistema de iluminación.	50
Figura 27. Representación de declinaciones por mes.	54
Figura 28. Representación de las 24 horas del día para una bóveda celeste.	55
Figura 29. Recorrido de las 06:00 a las 18:00 horas.	55
Figura 30. Representación de los movimientos de horas y fechas para bóveda.	56
Figura 31. Diagrama de Elementos para el Sistema de Horas.	63
Figura 32. Concepto 2 para el Sistema de Horas.	65
Figura 33. Concepto 3 para el Sistema de Horas.	65
Figura 34. Concepto 1 para el Sistema de Horas.	65
Figura 35. Concepto 4 para el Sistema de Horas.	66
Figura 36. Concepto 5 para el Sistema de Horas.	66
Figura 37. Diagrama de elementos para el Sistema de Fechas.	68
Figura 38. Concepto 1 para el sistema de fechas.	70
Figura 39. Concepto 2 para el sistema de fechas.	71
Figura 40. Concepto 3 para el sistema de fechas.	71
Figura 41. Concepto 4 para el sistema de fechas.	72
Figura 42. Concepto 5 para el sistema de fechas.	73
Figura 43. Concepto 6 para el sistema de fechas.	73
Figura 44. Concepto A para la bóveda.	75

Figura 45. Concepto B para la bóveda.....	76
Figura 46. Modelado del concepto seleccionado para la bóveda.....	78
Figura 47. Explosivo del sistema de iluminación.....	85
Figura 48. Explosivo del sistema de horas.....	87
Figura 49. Explosivo del sistema de fechas.....	90
Figura 50. Explosivo del sistema de arrastre.....	91
Figura 51. Diagrama del circuito para el sistema de iluminación.....	96
Figura 52. Gravado de placa.....	96
Figura 53. Circuito elaborado.....	97
Figura 54. Carcasa del circuito.....	97
Figura 55. Ensamble general de la bóveda.....	104
Figura 56. Bóveda con los motores integrados.....	105
Figura 57. Maqueta sobre el heliodón para evaluación.....	105
Figura 58. Simulación para el 21 de junio a las 8 am.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de heliodón de fuente luminosa móvil y plataforma fija.....	12
Tabla 2. Análisis de heliodón de fuente luminosa móvil y plataforma móvil.....	13
Tabla 3. Análisis de heliodón de fuente luminosa fija y plataforma móvil.....	14
Tabla 4. Resumen de diseño de heliodón controlado por computadora.....	19
Tabla 5. Resultados de la observación pasiva.....	20
Tabla 6. Identificación y clasificación de funciones del heliodón tipo Mendoza.....	21
Tabla 7. Tabla de ponderación.....	22
Tabla 8. Matriz de ponderación.....	23

Tabla 9. Resultados de la matriz de ponderación.	24
Tabla 10. Necesidades primarias, secundarias y su importancia.	25
Tabla 11. Especificaciones objetivo.	26
Tabla 12. Análisis de tipos de fuentes luminosas.	31
Tabla 13. Evaluación para Lámpara y LEDs.	35
Tabla 14. Comparativo de intensidad luminosa y sombras generadas de las diferentes lámparas.	38
Tabla 15. Evaluación LED de alta potencia de 10W.	39
Tabla 16. Comparativo de intensidades y sombras de la lámpara a diferentes alturas. ...	40
Tabla 17. Matriz de selección del concepto para el sistema de Horas.	43
Tabla 18. Posibles Combinaciones para la Matriz de selección del concepto para el sistema de Horas.	43
Tabla 19. Matriz de selección de conceptos para el sistema de iluminación.	46
Tabla 20. Matriz de puntuación de conceptos para el sistema de iluminación.	49
Tabla 21. Análisis de la representación de horas y fechas en algunas bóvedas.	52
Tabla 22. Ángulos de declinación por mes.	53
Tabla 23. Ejes, árboles, flechas y Cojinetes.	58
Tabla 24. Mecanismos de traslación y desplazamiento.	59
Tabla 25. Aplicación de mecanismos de transmisión.	60
Tabla 26. Tipos de Motores que se pudieran utilizar en el proyecto.	62
Tabla 27. Matriz de selección del concepto para el Sistema de Horas.	64
Tabla 28. Combinaciones de la Matriz de selección del concepto para el Sistema de Horas.	64
Tabla 29. Matriz de selección de conceptos para el Sistema de Horas.	67

Tabla 30. Matriz de selección del concepto para el sistema de fechas.	69
Tabla 31. Combinaciones de la matriz de función para el sistema de fechas.....	69
Tabla 32. Matriz de selección de conceptos para el sistema de fechas.	74
Tabla 33. Matriz de puntuación de conceptos para la bóveda.	77
Tabla 34. Prototipo modelado del sistema de iluminación.	84
Tabla 35. Modelado de las piezas que integran el sistema de iluminación.....	85
Tabla 36. Prototipo modelado del sistema de horas.	87
Tabla 37. Modelado de las piezas que integran el sistema de horas.....	88
Tabla 38. Prototipo modelado del sistema de fechas.	90
Tabla 39. Modelado de las piezas que integran el sistema de fechas.	91

CAPITULO 1 ESTRUCTURA DEL PROBLEMA



1.1 Introducción.

El diseñador se encarga de resolver un problema de diseño, del desarrollo proyectual y se encuentra restringido por normas, por lo que su labor queda fuera de lo artesanal, trabaja bajo un complejo proceso de diseño, pues para cada problema existen características únicas que responden a requerimientos o restricciones específicas[1].

En esta tesis se expone el diseño y la construcción de una bóveda para un heliodón, él cual es una herramienta que permite realizar simulaciones de la incidencia del sol para cualquier fecha, hora y ubicación geográfica.

En este primer capítulo se presenta como problema el diseño de una bóveda con la capacidad de simular algunos movimientos que realiza el sol, basada en un proyecto conjunto para la construcción de un heliodón, así como la justificación, los objetivos, las metas y la metodología, estos puntos serán la guía para realizar el proyecto. Cabe mencionar que este proyecto se encuentra integrado en un equipo multidisciplinario de investigación y desarrollo, que busca combinar diferentes disciplinas y obtener una herramienta que controle sus movimientos mediante una interfaz.

1.2 Planteamiento del problema.

En el presente trabajo de tesis se plantea el diseño, desarrollo y mecanización de una bóveda que integre un sistema de iluminación, este conjunto tiene la finalidad de simular en base a la geometría solar, el recorrido aparente del sol durante las 12 horas en las que se cuenta con luz solar y la posibilidad de evaluar cualquier día del año.

El mayor reto a superar en el diseño de la bóveda y el sistema de iluminación, es lograr que el margen de error de la incidencia solar, que puede ser medido mediante las sombras proyectadas entre las reales y las observadas en el modelo, sea el mínimo posible.

Se busca que el diseño contemple la parte funcional, la elección de materiales y su resistencia, así como la parte estética.

El sistema de iluminación deberá cumplir de manera óptima al simular la luz del sol y realizar los movimientos de la manera más precisa posible, así como tener una vida larga, mantenimiento previsible y ser eficientemente energético (ciclo de vida), en caso de utilizar luminaria, esta deberá ser ligera y de fácil manipulación.

Finalmente se persigue un mecanismo funcional, eficiente, que brinde precisión, así como contemplar la fácil integración y cambio de motores y sensores, tanto para las horas, como para las fechas.

1.3 Justificación.

El sol es una fuente de luz natural diurna, de la actividad solar sólo llega una diezmillonésima parte de la energía en forma de luz y calor, su importancia para la arquitectura radica en el aprovechamiento de la radiación para emplazar, orientar y dar forma a las edificaciones. El sol como componente lumínico, afecta la distribución y orientación de los espacios interiores, así como el tamaño, geometría y localización de aberturas en los edificios [2].

La finalidad de este proyecto es crear conciencia de la importancia de analizar y evaluar la orientación en los emplazamientos con respecto a la incidencia del sol, lo que permite una estimación parcial del comportamiento térmico del edificio y con ello evaluar sus niveles de confort para hacerlo eficientemente energético. Gracias a la simulación de las condiciones de

soleamiento para una fecha, una hora del día y para una zona geográfica determinada se puede mejorar el confort térmico, en este caso se busca representar las condiciones de luz natural del país, del estado y de la región, ya que se cuenta con una situación de incidencia solar para todo el año. El heliodón permite mostrar las condiciones bajo las cuales se someterá una construcción y poder orientar o zonificar, así como plantear o adaptar elementos bioclimáticos necesarios, trazar las estrategias bioclimáticas que se consideren pertinentes por parte del diseñador, dependiendo de los objetivos de la evaluación con el instrumento. Ejemplo: estrategias para evitar el asoleamiento de los muros del edificio histórico del centro de la ciudad de México o estudiar detalles y envolventes para una vivienda ubicada en una zona costera buscando un diseño bioclimático y sustentable.

Al diseñar y construir una bóveda móvil controlada por computadora no solo será una herramienta didáctica, sino también un instrumento de comprobación y análisis con un alto grado de precisión.

El diseño del sistema de iluminación aunado a la correcta elección de la lámpara permitirá una eficiente simulación de la luz natural y del paralelismo de los rayos, buscado simular la incidencia solar en la bóveda, permitiendo simulaciones en los modelos por prolongados y continuos periodos de tiempo, sin gastar demasiados recursos energéticos. Además de que la emisión de luz sea una simulación cercana a la de la luz natural, permitiendo un análisis con un margen mínimo de error e ilustre las sombras de manera correcta.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo General.

Diseñar y construir una bóveda con sistema de iluminación que simule la trayectoria solar para cualquier día del año de las 6:00 a las 18:00 horas, como parte de un heliodón controlado por computadora.

1.4.2 Objetivos Específicos.

1. Diseñar una bóveda ligera y resistente.
2. Diseñar un sistema de iluminación y elegir una fuente de luz que simule la luz solar.
3. Maquinar y ensamblar las piezas que conforman la bóveda.

4. Diseñar y elaborar el sistema mecánico.
5. Realizar el arreglo geométrico para los motores donde se requiera.

1.5 Metas.

Para el diseño de bóveda y el sistema de iluminación para un heliodón controlado por computadora, se proponen las siguientes metas:

1. Generar conceptos de diseño para la bóveda.
2. Realizar el modelado en 3D y el renderizado en Solidworks.
3. Elaborar planos técnicos.
4. Construir el prototipo funcional del sistema de iluminación y de la bóveda.
5. Ensamblado de la bóveda.

1.6 Metodología.

La metodología a utilizar en este proyecto fue propuesta por Karl T Ulrich y Eppinger, en su publicación Desarrollo de nuevos productos, en esta se da un enfoque integral del proceso de desarrollo de productos que facilita la resolución de problemas y la toma de decisiones [3].

Esta metodología está compuesta por las siguientes fases:

- Fase 0: Planeación
- Fase 1: Desarrollo del concepto
- Fase 2: Diseño a nivel de sistemas
- Fase 3: Diseño a detalle y construcción del prototipo
- Fase 4: Pruebas y refinamiento
- Fase 5: Producto piloto.

Para esta tesis se propone la siguiente estrategia metodológica que abarcara desde la fase 0 (Planeación) a la fase 3 (Diseño a detalle) y se adapta al proyecto de la siguiente manera: (Figura 1)

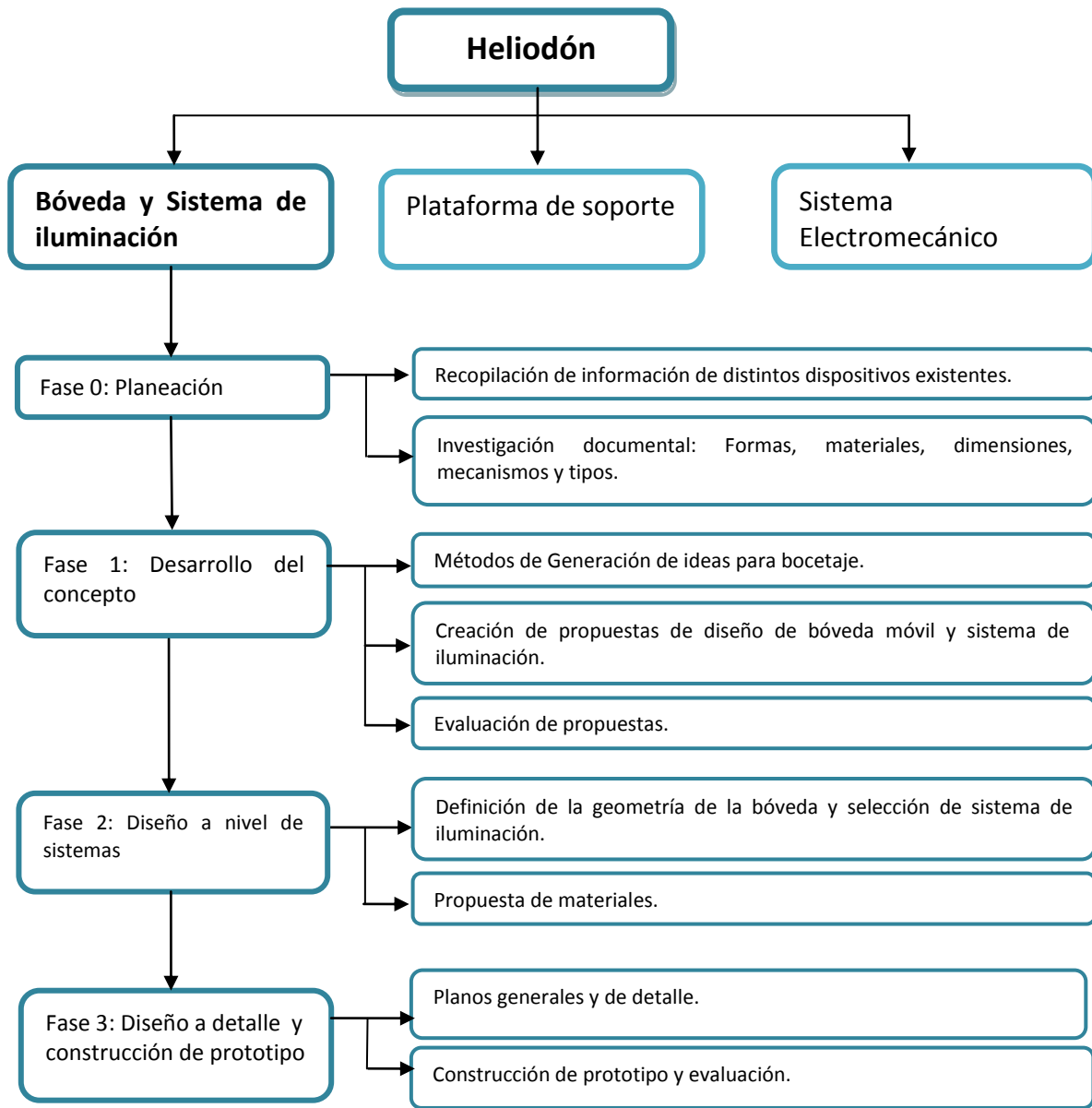


Figura 1. Diagrama de las fases de diseño a utilizar.

El objetivo principal de esta tesis es el diseño y construcción de una bóveda para un heliodón, este diseño se realizara a través de la metodología ya presentada para poder conceptualizar, seleccionar, evaluar y desarrollar la misma.

CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO



2.1 Introducción.

Este capítulo aborda la importancia de la correcta ubicación de las edificaciones desde el punto de vista del diseñador de espacios haciendo uso de herramientas de simulación. Se exponen también los métodos de análisis y simulación de posicionamiento solar de uso común y algunos de los conceptos básicos de la geometría solar que son útiles dentro del campo de la Arquitectura Bioclimática.

La palabra clave para este capítulo es planificar, ya que actualmente todo lo que se construye lleva previamente una planificación detallada, más aún si se habla de proyectos considerables, como lo son las edificaciones o los proyectos de unidades habitacionales, pues el cometer errores lleva a un desperdicio de recursos, pérdidas económicas y la falta del confort que se requiere, siendo esta tipología de edificaciones la que representa el más alto porcentaje en el consumo de recursos energéticos.

Por mucho tiempo al diseñar un inmueble se ha buscado resolver problemas funcionales, constructivos y estéticos, aunque actualmente esto ya no es suficiente, la época de carencia de recursos energéticos que se enfrenta y que se agudiza, exige que el diseño aborde la reducción de recursos energéticos, por lo que se ha promovido, entre otros, el uso de la energía solar y formas de cómo minimizar el consumo de energía.

2.2 Diseño arquitectónico bioclimático.

Se puede definir a la arquitectura bioclimática como una arquitectura adaptada al medio ambiente, sensible al impacto que provoca en la naturaleza, y que intenta minimizar el consumo energético y con él, la contaminación ambiental. Esta arquitectura consiste en jugar con los elementos arquitectónicos, que comúnmente se utilizan en las edificaciones, para incrementar el rendimiento energético y conseguir el confort de forma natural.

Entre los objetivos de esta arquitectura se encuentran lograr la calidad de ambiente interior, es decir, condiciones adecuadas de temperatura, humedad, movimiento y calidad del aire, contribuir a economizar en el consumo de combustibles, reducir la emisión de gases contaminantes y disminuir el gasto de agua e iluminación. Las ventajas que se obtienen en las edificaciones son el aumento en la eficiencia energética y la reducción del impacto ambiental, un ahorro monetario, una armonía entre el hombre y la naturaleza, de forma tal que la edificación se integre y utilice su entorno, y el clima para resolver sus necesidades energéticas.

Se trata de un proceso completo que abarca desde la elección del terreno hasta la proyección de la estructura y la utilización de materiales ecológicos o la posibilidad de reciclaje de los mismos. La utilización de esta arquitectura se efectúa a través de criterios como la ubicación, la forma de la vivienda, la orientación de la edificación, los sistemas de captación de energía solar, sistemas de ventilación, sistemas de aislamiento, aprovechamiento del agua de lluvias, la climatización natural, entre otros. (Figura 2)

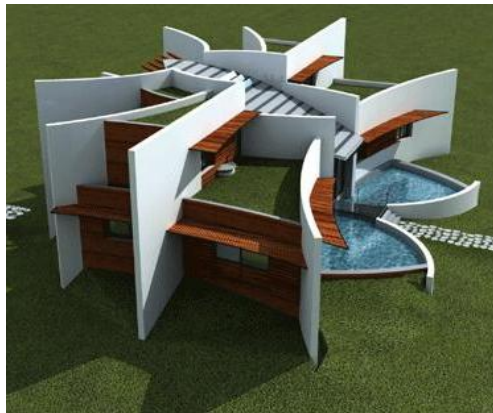


Figura 2. Ejemplo de arquitectura bioclimática [4].

Para el confort térmico uno de los criterios más relevantes es la orientación de la vivienda y poder utilizar la captación solar, ya que en invierno se busca que la edificación absorba la mayor cantidad de energía solar como fuente de climatización, y en verano se utilizan sombreadamientos y otras técnicas para evitar al máximo la incidencia de los rayos del sol. El criterio de la captación solar pasiva se realiza aprovechando el diseño de la vivienda, sin necesidad de utilizar sistemas mecánicos, para ello se utiliza por ejemplo el llamado “Efecto Invernadero”, en donde la radiación solar penetra a la edificación a través de un vidrio, calentando el interior. El vidrio no deja escapar la radiación emitida en el interior, esta radiación se guarda y posteriormente se libera [5].

Para cumplir con los diferentes criterios se tienen procesos de evaluación del diseño en la etapa proyectual, que pueden poseer variadas características, dependiendo de qué aspecto se quiere evaluar: económico, físico, normativo, funcional, estético, para esto se utilizan modelos, laboratorios, bases de datos, expertos, reglamentos o cualquier otro medio. Por esta razón los diseñadores buscan herramientas que permitan moverse con relativa seguridad y que garanticen que las soluciones propuestas resuelvan los problemas planteados.

2.3 Existencia de los dispositivos de simulación de trayectoria solar numéricos, gráficos y físicos.

Para esta tesis es de interés mencionar algunas de las herramientas utilizadas para evaluar las edificaciones en lo que se refiere a la incidencia solar. La orientación que se dé a los edificios supondrá la cantidad de radiación sobre cada una de las fachadas y cuáles serán los efectos de dicha incidencia. Para resolver en forma adecuada el uso de las distintas fachadas se debe conocer entre otros datos, la trayectoria del sol con respecto a la construcción analizada.

Existen varias formas para determinar la trayectoria solar respecto a un sitio específico y poder definir los distintos ángulos de incidencia a lo largo del día y en los distintos periodos del año. Actualmente existen tres, la primera son los modelos numéricos aplicados en los programas computacionales relacionados con la simulación de trayectoria solar y la iluminación natural, y la segunda se realiza a través de modelos de gráficas solares construidas expreso para cada caso, y finalmente se encuentran los modelos físicos de simulación de trayectoria

solar, que tienen como ventaja la posibilidad de simular cualquier orientación y latitud en un ámbito controlado y con la posibilidad de ser repetido cualquier número de veces.

2.3.1 Modelos numéricos de simulación de la trayectoria solar.

Los simuladores numéricos y gráficos sirven para analizar, comparar y evaluar la arquitectura en general, así como todos los aspectos relacionados con ella.

En el ámbito comercial aparece una amplia gama de programas computacionales relacionados con la simulación de la trayectoria solar entre los cuales se encuentran: AutoCad, 3D Max, Sun Dial, MacHeliódón, Light Sacape PC Solar, Archicad, Rhino 3D, entre otros, diseñados para resolver e informar sobre incidencia solar, proyección de sombras y algunos aspectos de iluminación natural. Todos ellos basados a partir de tres variables, latitud, declinación del sol y hora del día, con las cuales se pueden calcular y simular la trayectoria solar, mostrar las sombras proyectadas de elementos verticales y horizontales y el ángulo de incidencia solar. Estos programas recuperan para el usuario, de manera muy sencilla, la tradicional y complicada geometría solar. (Figura 3)

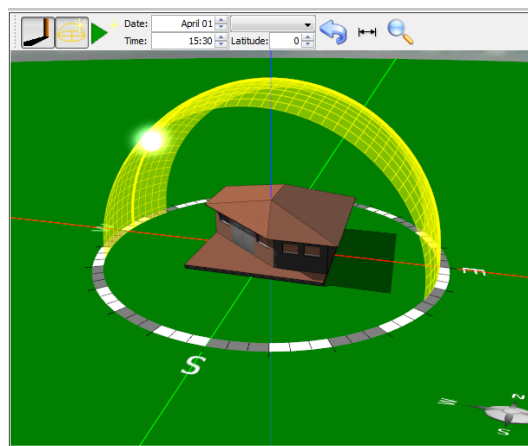


Figura 3. Ejemplo de programa computacional [6].

La tendencia en los procesos de evaluación de las edificaciones, en su etapa proyectual, es el uso de sistemas de simulación en realidad virtual. Sin embargo, la verificación física, en laboratorio, a base de modelos es necesaria por motivos pedagógicos y fuertemente vinculados con la construcción de los modelos virtuales [7].

2.3.2 Modelos de gráficas de desplazamiento solar.

Por medio de gráficas de desplazamiento es posible, para diferentes periodos del año y distintas horas del día, así como para diferentes latitudes, determinar la altitud, el acimut del sol, así como la hora de salida y puesta del sol.

Existen diferentes tipos de modelos gráficos como son la gráfica solar de proyección ortogonal, gráfica solar de proyección estereográfica, gráfica solar de proyección equidistante, la proyección sobre ejes cartesianos y la proyección gnomónica.

Una de las más utilizadas es la gráfica solar ortogonal la cual representa la bóveda celeste y la trayectoria solar, en ella se pueden localizar fácilmente la posición del sol o la trayectoria del rayo solar en cualquier hora y en cualquier día del año, es decir, que se pueden conocer los valores de los ángulos de acimut y altura solar. (Figura 4)

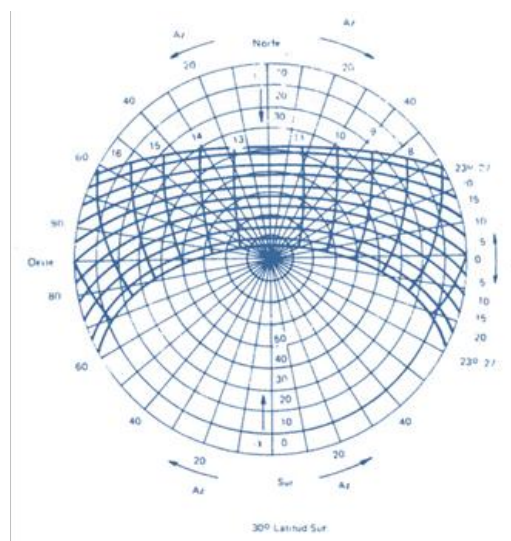


Figura 4. Ejemplo de gráfico de desplazamiento solar.

Otra aplicación de estos gráficos es que permiten la determinación de “periodos de sombra” y el “perfil del horizonte”, donde se representa la planta y elevación del edificio al que se interesa determinar el período de sombra, para ello se establece la altitud, observando la duración que tendrá el sol cuando empiece a producirse sombra sobre la superficie de interés, de esta manera se puede apreciar si el efecto de sombra es o no importante [8].

2.3.3 Modelos físicos de simulación de la trayectoria solar.

Este tipo de modelos tienen la posibilidad de simular cualquier orientación y latitud en un ámbito controlado y con la posibilidad de ser repetido cualquier número de veces. Observar en maquetas el comportamiento de las sombras y los asoleamientos de fachada es algo visual que puede ser interpretado rápidamente, y que permite comparar, corregir o transformar fácilmente el diseño de la edificación. Estos modelos requieren de un sistema de iluminación compuesto de una o varias fuentes luminosas que representan al sol. Además, la relación entre el modelo a escala del edificio y la fuente luminosa debe reproducir tres condiciones: latitud, declinación del sol y hora del día. Al hacer estas condiciones ajustables, se pueden reproducir las variables de cualquier lugar, hora y fecha.

A partir de los años treinta del siglo XX, se ha construido un número significativo de estos modelos o máquinas de simulación bajo diferentes nombres: máquina solar, máquina de trayectoria solar, helioscopio, heliodón, solescopio, termoheliodón, solármetro, entre otros [7]. (Figura 5)

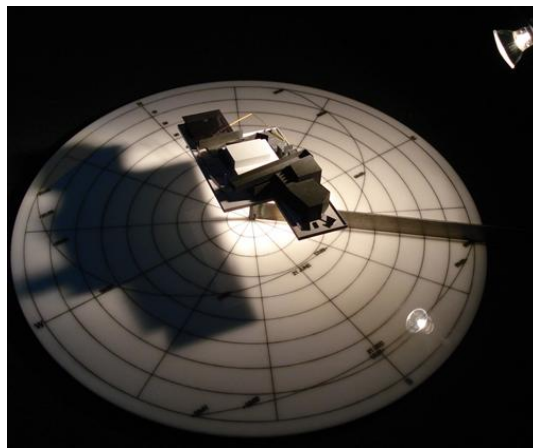


Figura 5. Ejemplo de modelo físico de trayectoria solar [9].

2.4 Heliodón.


Un heliodón o simulador de trayectoria solar es un dispositivo mecánico que permite la simulación de la posición del sol o de su trayectoria para una determinada condición temporal y espacial. Sirve para evaluar el efecto de esta trayectoria en modelos físicos arquitectónicos o urbanísticos de un proyecto de estudio [10].

Con el tiempo han surgido diferentes propuestas de heliodón, tanto en la forma de manejar la fuente luminosa, como en la solución mecánica o electrónica de sus movimientos. Tres son las soluciones más comunes y se mencionan a continuación.

2.4.1 Fuente luminosa móvil y plataforma fija.

En este tipo de heliodones la bóveda en conjunto con el sistema de iluminación proveen de los movimientos necesarios para la simulación, estos movimientos son llevados a cabo por un sistema mecánico operado de forma manual o por medio de motores, mientras que la plataforma permanece inmóvil. Véase en la tabla 1.

Tabla 1. Análisis de heliodón de fuente luminosa móvil y plataforma fija.

Tabla de análisis de Heliodones de Fuente luminosa móvil y plataforma fija			
			
Modelo	Heliodón del laboratorio de investigaciones en Arquitectura Bioclimática de la Universidad Metropolitana	Heliodón del Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción de la Universidad del Bio Bio CITECUBB en Chile	Heliodón Modelo 126, de la HPD (Dispositivos de Alta Precisión)
Bóveda	Funciona con tres brazos en forma de anillo, construido con una estructura tubular de aluminio, controlado por un motor de pasos que hace girar los brazos hasta fijarlo en la posición deseada.	Funciona con una estructura de retícula con tres anillos, que se desplazan de manera manual, de acuerdo a un transportador colocado en la base.	Funciona con una estructura de siete anillos de 3.6m de diámetro, que se desplazan de forma manual, cuenta con bloqueo de frenos para su ajuste.
Plataforma	La mesa es de forma circular con un diámetro de 1.2 m., hecha de madera con recubrimiento de formaica.	Plataforma horizontal fija, hecha de madera con recubrimiento de formaica.	Plataforma circular de diámetro 1.2 m., con recubrimiento de formaica.

2.4.2 Fuente luminosa móvil y plataforma móvil.

En este tipo de heliodones los movimientos son proporcionados tanto por la plataforma como por la fuente luminosa, la cantidad de movimientos para realizar una simulación se dividen entre estos elementos, al igual que la forma en cómo proporcionar movimiento a los

mecanismos, ya que ambas pueden ser manuales o por medio de un motor, o una combinación de estas. Se describe en la tabla 2.


Tabla 2. Análisis de heliodón de fuente luminosa móvil y plataforma móvil.

Tabla de análisis de Heliodones de Fuente luminosa fija y plataforma móvil.			
			
Modelo	Heliodón de pie, del comité de redacción y diseño de guías de tecnología, en Lousiana	El Heliodón Universal, fabricado por la marca heliodón.	Heliodón Interactivo – Medio, de la Compañía Heliotec, equipamientos didácticos.
Bóveda	Estructura que sirve de soporte para la lámpara y esta graduada con las fechas de los equinoccios y solsticios, con el fin de ubicar alguna época del año.	Estructura se integra por un brazo y un arco, este último esta graduado con las fechas y horas para ser ajustado a cualquier longitud, además funciona como riel permitiendo el desplazamiento manual de la lámpara.	Estructura de aluminio en forma de arco con 180°, que funciona como riel permitiendo el desplazamiento de la lámpara.
Plataforma	Plataforma móvil se puede girar para simular la hora y se puede inclinar para representar la latitud.	Plataforma móvil de .80 x 1.30m, tiene marcado el norte astronómico y se inclina de acuerdo a la latitud, también aquí se ajustan las declinaciones de forma manual.	Plataforma circular móvil la cual gira para ubicar el modelo de acuerdo a su la longitud terrestre.
Lámpara	Lámpara incandescente sin luminaria, se coloca por la estructura de acuerdo a la estación del año.	Lámpara con luminaria parabólica que al desplazarse por el brazo es ajustable a cualquier día del año.	Led de alto brillo, ajustable y de bajo consumo.

2.4.3 Fuente luminosa fija y plataforma móvil.

En este tipo de heliodones la plataforma se encarga de proporcionar todos los movimientos necesarios, estos movimientos son llevados a cabo por algún mecanismo operado de manera manual o por medio de un motor, mientras que una fuente luminosa se mantiene fija y puede estar o no integrada en una bóveda.

Tabla 3. Análisis de heliodón de fuente luminosa fija y plataforma móvil.

Tabla de análisis de Heliodón de Fuente luminosa fija y plataforma móvil.	
	
Modelo	Heliodón del Laboratorio de Energía Solar de la Universidad Técnica Federico Santa María en Chile.
Bóveda	Estructura fija que sostiene una lámpara.
Plataforma	Plataforma horizontal móvil, hecha de PTR en L y soleras, cuenta con un transportador en la base para su desplazamiento manual.
Lámpara	Lámpara incandescente sin luminaria, colocada en un punto fijo.

2.5 Geometría Solar.

Para poder simular los movimientos de declinación y recorrido de las horas de luz solar se debe recurrir a una parte de la geometría solar, así como a una parte de la geografía, el conocimiento de estas ciencias permitirá la correcta aplicación a los movimientos que se desean representar.

La tierra rota sobre su propio eje en sentido contrario a las manecillas del reloj, para dar un giro completo de 360° en 24 horas 0 minutos y 57.33 segundos; el eje de la tierra tiene una inclinación de $23^\circ 27'$. Es el tercer planeta que gira alrededor del sol, forma un plano imaginario en forma de elipse en el periodo de un año. En este trayecto el 21 de Junio la tierra recibe rayos solares con un ángulo cercano a los 90° en el hemisferio Norte, y más oblicuos en el hemisferio Sur. Durante esta misma fecha la tierra en el hemisferio Norte está iluminada más allá de los 180° de giro y el hemisferio Sur menos de 180° , por lo que los días serán más largos en el primer caso y más cortos en el segundo. Como ejemplo se muestra la figura 6.



Figura 6. Movimiento de la tierra alrededor del sol en el periodo de un año.

El 21 de Junio es llamado solsticio de invierno en el hemisferio Sur, y en esta misma fecha será el solsticio de verano en el hemisferio Norte. El día 21 de Diciembre será el solsticio de verano en el hemisferio Sur y el de invierno para el hemisferio Norte.

El 21 de Marzo y el 21 de Septiembre los rayos solares llegan perpendiculares al eje de giro de la tierra, por lo que los días serán de igual duración, de 12 horas en todo el planeta. Se designan estas fechas como equinoccios, siendo el 21 de Marzo, el de otoño para el hemisferio Sur y de primavera para el hemisferio Norte, y el 21 de Septiembre como equinoccio de primavera en el hemisferio Sur y de otoño para el hemisferio Norte [2].

La latitud es la distancia en grados, minutos y segundos desde el ecuador hasta cualquier parte de la corteza terrestre, considerando que la tierra es una esfera achatada en los polos, se divide en paralelos. En el hemisferio Norte se considera a la latitud positiva, variando entre 0° y $+90^\circ$, teniendo como paralelo de 0° al Ecuador terrestre. Al Sur del ecuador, se considera a la latitud negativa, variando también entre 0° y -90° , como se muestra en la figura 7.

La longitud es la distancia en grados, minutos y segundos, desde el meridiano 0° también conocido como meridiano de Greenwich, hacia el Oeste los meridianos aumentan de 0° a 180° y hacia el Este de 0° a 180° , por lo que es necesario especificar si es Este u Oeste. (Figura 8)

2.5.2 Altitud.

La altitud solar es el ángulo formado por los rayos solares dirigidos al centro de la bóveda celeste y el plano horizontal; se mide a partir del plano del horizonte hacia al zenit de 0° a 90°.

2.5.3 Ángulo de Declinación.

Como se mencionó anteriormente el 21 Junio los rayos son perpendiculares a la tierra, en esta fecha la declinación del sol es de +23°27', el 21 de Diciembre la declinación es de -23°27', y de 0° para el 21 de Marzo siendo de igual manera para el 21 de Septiembre. (Figura 10)

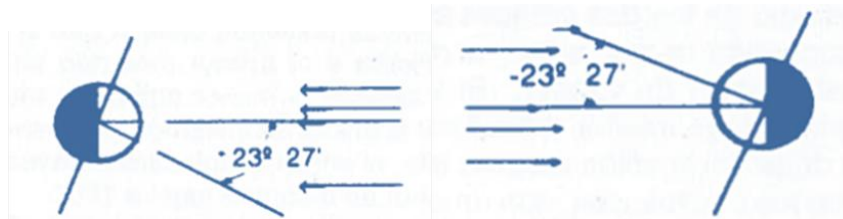


Figura 10. Declinación solar en los solsticios.

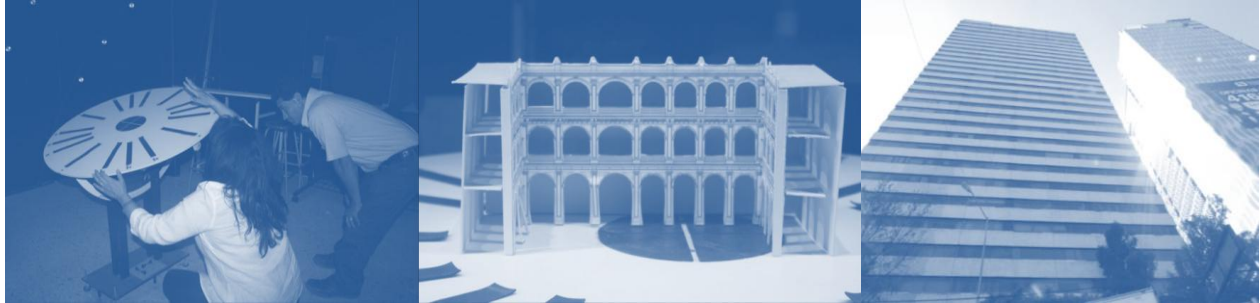
La declinación varía a través del año, esta se puede calcular por medio de una fórmula que es lo suficientemente aproximada para aplicaciones de ingeniería. Siendo la declinación en grados δ y n , el número secuencial del día del año, así se tiene que:

$$(^{\circ})\delta=23,45 \text{ sen } (360(284+n/365)). \quad (1)$$

De este capítulo se puede concluir que después de analizar algunos de los modelos existentes de heliodones, el tipo de heliodón que mejor se adapta a este proyecto es el de fuente luminosa móvil y plataforma móvil, ya que permite dividir la parte mecánica para realizar los diferentes movimientos que se necesitan, enfocándolo también a ser de uso didáctico donde los usuarios puedan percibir no solo las sombras, sino su ubicación y los recorridos del sol de forma sencilla, por lo que la parte de la bóveda se encargara de realizar los movimientos de declinación y el recorrido de las horas del día, mientras que la plataforma se encargara de ubicar la latitud y longitud.

Para poder representar las fechas se cuenta con la fórmula de declinación, en capítulos posteriores se abordara la fórmula para representar las horas, y la forma en cómo adaptarlas en el diseño de la bóveda.

CAPITULO 3 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO



3.1. Introducción.

En este capítulo se define el problema de diseño, los usuarios y las metas que se desean alcanzar en el proyecto de forma general, para después concentrarse en las necesidades y especificaciones para el diseño de la bóveda.

Se muestra el proceso que se aplica para la identificación de las necesidades del usuario, los resultados obtenidos y la transformación de estas necesidades en requerimientos, que es una parte básica del proceso de desarrollo de un producto y está estrechamente relacionada a la generación y la selección del concepto.

De los heliodones evaluados se identifica el mejor diseño, se analizan las funciones que componen este sistema y se destacan las que son funciones primarias y funciones secundarias, las cuales son un parámetro más para tomar en cuenta al desarrollo del concepto, pues se busca crear una propuesta que supere a los modelos actuales.

Finalmente se muestra la forma en cómo se resolverá el diseño de la bóveda, que es un problema complejo por lo que requiere la segmentación de cada uno de sus componentes.

3.2 Resumen de diseño del proyecto.

Para generar una propuesta de diseño funcional y eficiente se toman en cuenta las necesidades del usuario transformándolas en requerimientos [3], con esta información se generan y evalúan los conceptos de diseños que surgirán, para seleccionar la propuesta más apta y poder desarrollarla.

Para el proceso del desarrollo del concepto se requieren una serie de actividades o procesos, aunque se manejen de manera secuencial, generalmente no es así, pues en el transcurso del diseño son iterativas y en algún punto se puede retroceder. A continuación se presenta un resumen del diseño, donde se plantea de forma general el problema, las metas y los usuarios. Como se observa en la tabla 4.

Tabla 4. Resumen de diseño de heliodón controlado por computadora.

RESUMEN DE DISEÑO	
Proyecto Heliodón controlado por computadora	
Descripción del producto	*Dispositivo Mecánico que realiza movimientos a través de motores controlados por computadora para simular el recorrido del sol para cualquier fecha del año, hora de luz solar y para cualquier lugar.
Metas clave	*Funcional *Preciso *Didáctico *Generar planos *fabricación de Prototipo *Sistema de iluminación de calidad y cantidad de luz adecuada.
Usuario primario	* Profesionistas en arquitectura, ingenieros en diseño, especialistas en bioclimática, urbanismo, diseño, planificación y conservación de paisajes y jardines, así como restauración y conservación del patrimonio construido(Investigación, análisis y evaluación de proyectos)
Usuario secundario	*Escuelas de nivel superior (uso didáctico e investigación)
Postulados	*Control por computadora *Ligero *Desmontable *Seguro *Coordinación entre mecanismos y motores
Personas interesadas	*Usuarios primarios y secundarios *Universidades *Centros de investigación bioclimática *Producción *Propiedad de dibujo industrial




3.3 Análisis de productos existentes.

El éxito o fracaso de un producto depende de la correcta detección de necesidades, así como la forma en cómo satisfacer estas; una táctica de obtener estas necesidades es a través

de la recopilación de datos sin procesar de los usuarios, es una forma básica de crear un canal de información con el usuario, buscando conocer la experiencia en el ambiente de uso del producto. Existen diferentes formas de obtener estos datos, puede ser por medio de entrevistas, grupos de enfoque y observar el producto en uso [3].

Para esta tesis se decidió observar el producto en uso o también llamada observación pasiva, enfocada a los usuarios líder, ya que este tipo de usuarios expresan con frecuencia sus necesidades emergentes, pues han tenido que lidiar con la ineficiencia de productos existentes y porque quizás ya han inventado soluciones para satisfacer sus necesidades, siendo estos usuarios también expertos en el tema, de estas observaciones se obtiene la siguiente información presentada en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados de la observación pasiva.



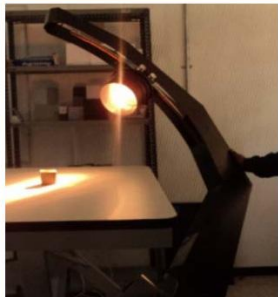
Heliodón	Observaciones
<p data-bbox="269 919 683 961">Heliodón del Laboratorio de diseño Bioclimático de la UAM-Azacapotzalco</p> 	<p data-bbox="699 976 1356 1144">El heliodón requiere de un gran espacio, por las dimensiones de la bóveda. La bóveda es fija, su sistema de iluminación está compuesto por 48 lámparas montadas en una estructura de solera, cada una se activa de manera manual a través de interruptores. Al ser fija solo permite evaluar los solsticios y los equinoccios. La calidad de la luz nos es eficiente por lo que genera sombras difusas. La operación de la bóveda resulta sencilla, pero poco práctica.</p>
<p data-bbox="269 1230 683 1272">Heliodón del Laboratorio de Bioclimática del IPN-Tecamachalco, México DF</p> 	<p data-bbox="699 1239 1356 1528">La bóveda es móvil y simula la declinación utilizando los datos de la latitud y la fecha, está integrada por tres segmentos de arco de PVC, en los cuales se encuentra su sistema de iluminación integrado por 48 lámparas, cada una se activa de manera manual a través de interruptores. Solo permite evaluar los solsticios y los equinoccios. La estructura esta reforzada con alambres tensados, pero estos elementos no logran toda la estabilidad requerida. La calidad de la luz nos es eficiente por lo que genera sombras difusas y se utiliza solo para fines didácticos. La operación del sistema de iluminación es sencilla, pero poco práctica y poco precisa. Su diseño mecánico no es eficiente, pues mover toda la bóveda es un trabajo pesado y difícil de realizar para una sola persona.</p>
<p data-bbox="269 1577 683 1619">Heliodón tipo Mendoza del Laboratorio de Bioclimática del IPN-Tecamachalco, México DF</p> 	<p data-bbox="699 1633 1356 1818">Estéticamente es agradable y muestra elementos con buenos acabados. La bóveda se encarga de realizar los movimientos para las horas, los días y la latitud. Generar los movimientos resulta difícil para el usuario debido al peso de las piezas y el diseño del sistema mecánico, por lo que el usuario requiere de un gran esfuerzo para mover el brazo. Los niveles de intensidad luminosa son buenos, pero se requiere de una gran inversión económica para la lámpara, y el área que logra iluminar para analizar es aproximada al de una hoja tamaño carta.</p>



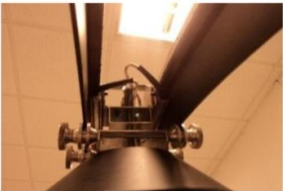
Los modelos presentados tienen como desventaja que las simulaciones se realizan de manera aproximada, ya que el usuario es quien debe posicionar los elementos, y esto no siempre se logra hacer con precisión, por lo que la eficiencia está dada por la experiencia y habilidad en el manejo de cada Heliódón.

3.4 Análisis de funciones y análisis de valor para el heliodón tipo Mendoza.

El heliodón Mendoza denominado así por su creador el arquitecto Julio Ernesto Mendoza, se considera como la herramienta más funcional, por lo que se realiza un análisis con en base a la observación de las partes que lo componen y las funciones que realizan, las cuales se clasifica en funciones es principales o secundarias, como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Identificación y clasificación de funciones del heliodón tipo Mendoza.

Identificación y clasificación de funciones				
		<p>Los elementos principales del Heliódón Mendoza son un horizonte o mesa, sistema mecánico para la posición de la latitud, las declinaciones o días del año grabados en el arco del brazo, una lámpara parabólica, un sistema mecánico para el desplazamiento de la lámpara, un sistema mecánico para la simulación de las horas.</p>		
Elemento	Función	Principal	Secundaria	
	Emitir rayos paralelos	x		
	Generar sombras definidas		x	
	Ahorrar energía	x		
Cable	Conducir electricidad a la lámpara		x	
Interruptor	Interrumpe o deja pasar la corriente eléctrica que alimenta a la lámpara.	x		
	Sujetar la placa grabada con las horas		x	
	Sujetar placa grabada con las fechas		x	
	Contener el mecanismo para la simulación de las fechas	x		
	Realizar la simulación de las horas	x		
	Contener el mecanismo para el posicionamiento de la latitud		x	
	Riel para guiar las fechas	x		

	Mecanismo para las fechas	Posicionar la lámpara en una fecha	x	
		Indica la posición de la lámpara		x
		Unir la lámpara con el brazo		x
		Contener parte del cableado para la lámpara		x
		Recorrer un riel	x	
		Sujetarse al brazo		x
	Riel	Sujetar el mecanismo para las fechas		x
		Guiar el mecanismo de las fechas	x	
	Mecanismo para las horas	Simular una hora del día	x	
		Posicionar el brazo en un ángulo	x	
		Indicar la posición del brazo con respecto a la placa grabada con las horas		x
		Rotar todo el brazo	x	
	placa grabada con las horas	Mostrar el recorrido de las horas		x
		Indicar las horas para que se posicione el brazo	x	
	Mecanismo para las fechas	Posicionar la lámpara en una fecha	x	
		Indica la posición de la lámpara		x
		Unir la lámpara con el brazo		x
		Contener parte del cableado para la lámpara		x
		Recorrer un riel	x	
		Sujetarse al brazo		x
	Riel	Sujetar el mecanismo para las fechas		x
		Guiar el mecanismo de las fechas	x	

Se realiza también una matriz de ponderación en la cual se colocan las funciones y los componentes, con la finalidad de ver las relaciones entre función-componente y su grado de importancia, para esto se presenta una tabla de puntuación que muestra los posibles valores representativos de asignar, siendo 1 el valor para una relación casi nula hasta el 5 siendo el valor para una relación vital. Como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Tabla de ponderación.

Comparación	Puntos
Algo	1
Poco	2
Bastante	3
Mucho	4
Excepcionalmente	5

Después se presenta la matriz de ponderación, por medio de ésta se busca información para obtener un diseño que ofrezca más ventajas y mejores soluciones, así como la posibilidad de innovar.

Esta matriz permite analizar cuáles componentes poseen mayor valor y realizan más funciones en la bóveda, así también dan la posibilidad percibir cuáles se pueden modificar con base en las funciones que realizan en coordinación con los requerimientos del usuario a la hora de diseñar. Como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Matriz de ponderación.

Producto Ideal: Bóveda para Heliodón		Elementos del producto analizado									
Función		A Lámapra	B Brazo	C Mecanismo de horas	D Mecanismo fechas	E Riel	F Placa de horas	G Placa de fechas	H Cable	I Interruptor	J Elementos de Unión
1	Generar sombras definidas	A4	B2	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1
2	Ahorrar energía	A3	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I2	J1
3	Emitir luz de calidad	A5	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1
4	Conducir electricidad a la lámpara	A1	B1	C1	D2	E2	F1	G1	H5	I2	J1
5	Interrumpe o deja pasar la corriente eléctrica que alimenta a la lámpara.	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H2	I5	J1
6	Sujetar la placa grabada con las horas	A1	B4	C3	D1	E1	F4	G1	H1	I1	J3
7	Sujetar placa grabada con las fechas	A1	B4	C1	D3	E2	F1	G4	H1	I1	J3
8	Contener el mecanismo para la simulación de las fechas	A1	B5	C1	D3	E3	F1	G1	H1	I1	J1
9	Realizar la simulación de las horas	A1	B5	C5	D1	E1	F3	G1	H1	I1	J1
10	riel para guiar las fechas	A1	B4	C1	D4	E5	F1	G1	H1	I1	J1
11	posicionar la lámpara en una fecha	A1	B3	C1	D5	E4	F1	G4	H1	I1	J1
12	Indica la posición de la lámpara	A1	B2	C3	D3	E2	F3	G3	H1	I1	J1
13	Unir la lámpara con el brazo	A3	B1	C1	D4	E2	F1	G1	H1	I1	J3
14	Contener parte del cableado para la lámpara	A2	B2	C1	D3	E2	F1	G1	H3	I1	J1
15	Recorer un riel	A3	B2	C1	D4	E3	F1	G1	H3	I1	J1
16	Sujetar el riel al brazo	A2	B4	C1	D3	E4	F1	G1	H1	I1	J3
17	Sujetar el mecanismo para las fechas	A2	B4	C1	D4	E4	F1	G1	H1	I1	J3
18	Guiar el mecanismo de las fechas	A1	B4	C1	D3	E4	F1	G1	H1	I1	J1
19	Simular una hora del día	A3	B5	C5	D1	E1	F2	G1	H1	I1	J1
20	Posicionar el brazo en un ángulo	A1	B3	C5	D1	E1	F3	G1	H1	I1	J1
21	Indicar la posición del brazo con respecto a la placa grabada con las horas	A2	B3	C4	D1	E1	F4	G1	H1	I1	J1
22	Rotar todo el brazo	A1	B3	C5	D1	E1	F2	G1	H1	I1	J1
23	Mostrar el recorrido de las horas	A1	B3	C3	D1	E1	F5	G1	H1	I1	J1
24	Indicar las horas para que se posicione el brazo	A1	B2	C4	D1	E1	F4	G1	H1	I1	J1
25	Mostrar el recorrido de los meses	A1	B2	C1	D3	E2	F1	G5	H1	I1	J1
26	Indicar las fechas para que se posicione la lámpara	A2	B2	C1	D2	E2	F1	G4	H1	I1	J1
27	Mantener unidos los diferentes elementos que conforman la bóveda de acuerdo a las necesidades de las piezas y mecanismos	A3	B3	C3	D3	E2	F2	G2	H2	I2	J5

El resultado de esta matriz se muestra en la siguiente tabla la cual se observan los porcentajes que obtiene cada elemento del heliodón Mendoza y el grado de importancia de sus funciones. Como se observa en la tabla 9.

Tabla 9. Resultados de la matriz de ponderación.

Tabla de comparación y asignación de puntos.		
Factor	Puntos	Porcentaje (%)
A	49	9.74
B	76	15.11
C	57	11.33
D	61	12.13
E	56	11.13
F	49	9.74
G	43	8.55
H	37	7.36
I	34	6.76
J	41	8.15
Total	503	100.00

Para este caso los factores con menor porcentaje se pueden modificar o no tomar en cuenta, como son el factor H que corresponde al cable, I que corresponde al interruptor; para los porcentajes de A lámpara, C mecanismo para las horas, E riel, F placa para las horas, G placa para las fechas y J elementos de unión, muestran una oportunidad para modificar y mejorar tanto la funcionalidad como calidad de estos elementos; para los elementos B brazo y D mecanismo para las fechas, que realizan o tienen conexión con varias funciones es necesario dedicarles especial atención para mejorar y hacer más eficientes estas relaciones, al igual que se presenta la posibilidad de mejorar e innovar en estos elementos.

3.5 Análisis de necesidades y requerimientos.

Para lograr un diseño funcional y eficiente también se analizan las necesidades del usuario que se presentan en la siguiente tabla, agrupando las primarias en negritas y con el símbolo !, las secundarias con *, dándoles un valor relativo, teniendo 1 para las necesidades prioritarias hasta el 5 para las necesidades menos imprescindibles. Como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Necesidades primarias, secundarias y su importancia.

Núm.	Necesidad	Importancia
1	!La bóveda del heliodón simula la posición del sol en cualquier día del año y para todas las horas del día. *La bóveda permite simular las sombras, la incidencia del sol y los niveles de iluminación natural en modelos de emplazamientos en cualquier fecha del año.	1
2	*La bóveda permite simular las sombras, la incidencia del sol y los niveles de iluminación natural en modelos de emplazamientos en cualquier hora del día.	1
3	!El sistema de iluminación opera de forma eficiente *La iluminación del sistema logra simular el paralelismo de la radiación solar.	1
4	*El espectro de luz visible del sistema de iluminación simula eficazmente la luz natural.	1
5	*El sistema de iluminación es eficientemente energético.	3
6	*El Sistema de iluminación es fácil de operar.	3
7	!La bóveda cuenta con un sistema mecánico eficiente. *El sistema mecánico de la bóveda trabaja de forma eficiente.	2
8	*La bóveda se posiciona en las horas y fechas requeridas por medio de un arreglo del sistema mecánico mediante motores	2
9	!Las sombras generadas por el sistema de iluminación sobre los modelos son de Calidad *La Cantidad y la Calidad de luz generada por el sistema de iluminación cumplen con los requerimientos para simular la incidencia de los rayos del sol.	1
10	!El diseño de la bóveda permite un funcionamiento eficiente. *La operación de la bóveda es simple.	2
11	*El diseño de la bóveda está centrado en el usuario; es decir, se toman las necesidades del usuario para facilitar el uso del prototipo en relación con las necesidades del usuario.	1
12	!El Sistema de iluminación es fácil de operar. *Se activa de forma sencilla.	2
13	*Es fácil de manipular.	2
14	*Su configuración permite el fácil reemplazo de sus componentes.	3
15	*El Sistema de iluminación es de buen rendimiento ya que sus componentes funcionan de manera eficaz.	2
16	!La bóveda está diseñada en un estilo simple y geométrico, de apariencia que considera la estabilidad visual. *Los materiales seleccionados y los mecanismos diseñados muestran un aspecto simple y funcional.	3
17	!La bóveda del heliodón es estructuralmente estable. *La bóveda está constituida en una estructura físicamente estable.	2
18	*Los movimientos de vibración que presenta la bóveda al entrar en funcionamiento son insignificantes.	3
19	! La forma de la estructura de la bóveda se integra en su aspecto al resto del Heliodón. *Algunos materiales que constituyen la bóveda son los mismos con los que se construyó la plataforma.	4
20	*Los colores y acabados en la bóveda son los mismos con los que se constituyeron el resto de los componentes del heliodón.	4
21	*Los ensambles y conexiones en la bóveda son del mismo diseño que los del resto de la plataforma.	4
22	*La forma y las dimensiones de la bóveda del heliodón están en proporción con las del resto del heliodón.	5
23	!La bóveda del Heliodón funciona de manera segura para el usuario. *Los componentes de la bóveda no presentan en su diseño riesgos para el usuario.	2
24	*La velocidad de los movimientos de la bóveda permiten un análisis minucioso de los modelos por observar.	2
25	*La velocidad de los movimientos de la bóveda permiten una operación sin riesgos para el usuario.	3

26	*El sistema de iluminación cuenta con un sistema disipador de calor que permite una operación sin riesgo para el usuario.	3
27	*Los materiales de la bóveda son resistentes y duradero.	2
28	*Los ensamblajes de la bóveda son suficientemente resistentes para garantizar la seguridad del usuario.	3
29	* La operación del sistema de iluminación permite un uso prolongado al usuario sin ocasionar molestias visuales.	4
!La bóveda tiene un diseño perceptivo.		
30	*El diseño de la bóveda permite fácilmente intuir las funciones que éste componente del heliodón realiza.	3

En base a estas necesidades del productos analizados se generaron las especificaciones objetivo de la bóveda, donde las necesidades se transforman en una descripción de lo que la bóveda tiene que hacer a manera de mejoras, estas especificaciones se manejan como una lista de medidas que reflejan el grado al que el producto satisface las necesidades del usuario, igualmente tienen un valor de acuerdo a la importancia, siendo 1 el valor de mayor importancia hasta 5 como valor de menor relevancia. Tabla 11

Tabla 11. Especificaciones objetivo.

Núm.	Núm. de necesidad	Especificaciones Objetivo	Importancia
1	1	*Las fechas se simulan posicionando al sistema de iluminación en el ángulo de declinación correspondiente al día en cuestión.	1
2	2	*Las horas se simulan posicionando a la bóveda de acuerdo al círculo horario establecido en equivalencias de 15° para cada hora.	1
3	3	*El sistema de iluminación genera Luz incidente directa (Luz puntual).	1
4	4	* El sistema de iluminación genera Luz blanca con una longitud de onda desde 380nm a 780 nm.	1
5	5	*El Consumo de energía del sistema de iluminación es menor a 45 Watts.	3
6	6	*El Tiempo de activación del sistema de iluminación es de 1 minuto como máximo.	3
7	7	*el mecanismo diseñado permite simular correctamente la posición del sol en cualquier día y hora del año.	2
8	8	* El correcto funcionamiento del mecanismo y la correcta elección de los motores genera movimientos en la bóveda con márgenes de error aceptables.	2
9	9	*Los Niveles de luz generados por el sistema de iluminación se determinarán de acuerdo a la cantidad de luxes de diferentes propuestas para el diseño de dicho sistema.	1
10	10	*El Tiempo considerado para simular las condiciones de soleamiento y sombreado en modelos con la bóveda del heliodón será en el intervalo de 4 a 6 minutos.	2
11	11	*La bóveda del heliodón se operará con mayor facilidad, por sus sistemas de control contenidos en su diseño y fabricación, que los heliodones ya construidos en otras partes del país que no contienen a dichos sistemas.	1
12	12	*El tiempo de activación es menor a 1 minuto.	2
13	13	*Las piezas que forman al sistema de iluminación tienen una componente ergonómica.	2
14	14	*Las piezas que forman al sistema de iluminación son de fácil adquisición en el mercado.	3
15	15	*La lámpara del sistema de iluminación presenta un promedio de vida mayor a 5,000.	3
16	16	* La forma de la bóveda del heliodón cumplirá con una función estética mediante una adecuación entre su forma y su función.	3

17	17	*Los materiales y la forma de cada componente y de la bóveda en general contribuyen con la estabilidad de la misma.	2
18	18	*la vibración de la bóveda al realizar los movimientos es mínima.	3
19	19	*Los materiales por utilizar en la construcción de la bóveda serán metales como el acero, aluminio, duraluminio y plásticos.	4
20	20	*Los procesos de acabado para los componentes del heliodón serán a base de pulido y barniz transparente, así como barniz de apariencia metálica .	4
21	21	*Para la solución de los ensambles y conexiones en la bóveda se considerarán los mismos criterios de diseño industrial que los tomados para el diseño de la plataforma del heliodón.	4
22	22	*La forma y dimensiones de la bóveda se corresponderán con las del resto del heliodón mediante un sólo diseño que considere la integración de todas las partes en una sola propuesta.	5
23	23	* Los componentes de la bóveda conseran en su diseño criterios ergonómicos que garantizan el óptimo comportamiento del producto en cuanto a su relación con el susuario.	2
24	24	* La Velocidad máxima de operación será de 180° por 30 minuto para garantizar un correcto análisis de modelos.	2
25	25	* La Velocidad máxima de operación será de 180° por 30 minuto para garantizar un correcto análisis de modelos.	3
26	26	*El disipador de calor en el sistema de iluminación peritirá obtener temperaturas superficiales en dicho sistema menores a 50°.	3
27	27	*Los materiales para la elaboración de las piezas componentes de la bóveda serán a base de metal o plástico que proporcionen la resistencia requerida.	2
28	28	*Los conectores en los ensambles de la bóveda se realizarán con tornillos y/o soldadura.	3
29	29	*intensidad de luz en el sistema de iluminación será menor a 500 luxes para evitar daños visuales al usuario.	4
30	30	*El diseño de la bóveda facilitará al usuario las condiciones para la realización de investigación experimental en el campo del diseño arquitectónico.	3

Con esta información se concluye que la propuesta de un heliodón controlado por computadora mediante motores satisface algunas necesidades, requerimientos, y mejoras en comparación con otros modelos, por lo que el usuario evitará realizar los movimientos de forma manual y permitirá que el posicionamiento de los elementos sea preciso.

Ahora se procede a realizar propuestas de diseño, pero la mejor forma de resolver este problema complejo será descomponiéndolo en problemas más simples, a esta división del problema se le denomina desarticulación del problema. Para este caso la desarticulación del problema se hará tomando como primer elemento el sistema de iluminación, del cual se requiere simule de la mejor forma la luz natural lo cual permitirán establecer parámetros como la distancia adecuada para estas condiciones entre la bóveda y la plataforma, así como un panorama para el dimensionamiento de la bóveda, por lo que el diseño de divide como se muestra en la figura 11.

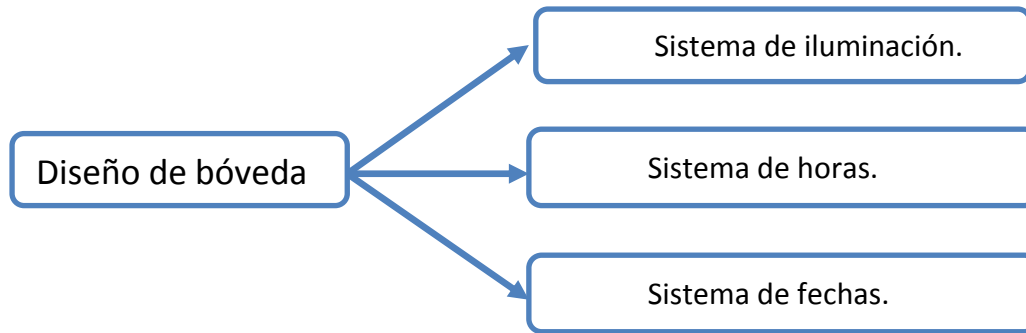


Figura 11. Diagrama de desarticulación del problema.

CAPITULO 4 CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN



4.1. Introducción.

En este capítulo se abordan algunos conceptos de la luz, la forma en cómo se produce, así también se presentan algunos de los tipos de lámparas que se encuentran en el mercado con el propósito de adquirir algunas que puedan adaptarse al proyecto, evaluar los niveles de intensidad luminosa que emiten, y la nitidez de las sombras que generan.

Se exponen algunas de las características de la luz que se requieren para realizar las simulaciones en un heliodón, siendo parte importante a la hora de la búsqueda, selección y evaluación.

Considerando estos requerimientos se selecciona una lámpara a la cual se le adaptan una serie de elementos para su óptimo funcionamiento, por lo que se aplica un método de conceptualización que ayuda a integrar de diferentes maneras estos elementos en un sistema de iluminación.

Los conceptos surgidos se evalúan con el fin de seleccionar el mejor, desarrollar un modelado 3D, para posteriormente realizar un diseño de detalle y la elaboración de éste sistema de iluminación.

4.2 Sistema de iluminación.

Gran parte del sistema de iluminación depende de la correcta selección de la fuente luminosa y la luminaria, las cuales deben proporcionar un nivel de iluminación que simule la intensidad luminosa solar, y generar las sombras más nítidas a una determinada distancia.

La radiación solar es el proceso de transmisión de la energía del sol en el espacio, realizada por medio de ondas electromagnéticas, teniendo longitudes de onda que se manifiestan en rayos equis (α), rayos gama (γ), luz y calor.

La radiación emitida por el sol e interceptada por la tierra se divide en tres fracciones principales, los rayos ultravioleta (9%), la radiación visible (41%) y los rayos infrarrojos (50%). La radiación visible para los seres humanos se denomina luz y se encuentra entre las longitudes de onda es de 360 nm a 760 nm, la onda que es percibida con mayor intensidad por el ojo humano es de 550 nm. (Figura 12)

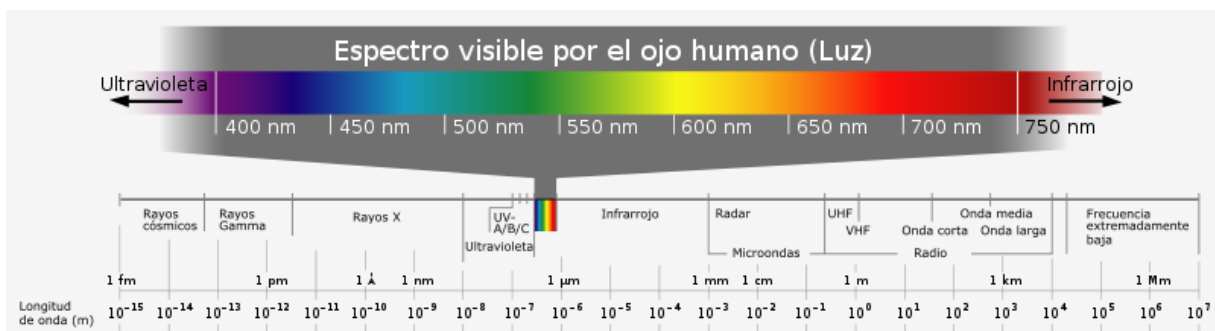


Figura 12. Diagrama de espectro visible por el ojo humano [14].

La forma en cómo inciden Los rayos solares es perpendicular en las regiones tropicales, mientras que en las regiones templadas lo hacen de forma oblicua [13], esto se detalla en el siguiente capítulo.

4.2.1 Tipos de fuentes luminosas.


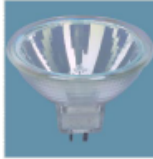


Por medio de las lámparas se genera la presencia de luz artificial y con ayuda de las luminarias se puede dar soporte y distribuir adecuadamente esta luz.





La forma en cómo se produce luz se da principalmente de las siguientes formas, las que funcionan según las características de los gases que las forman, vapor de mercurio o sodio, y las presiones a las que se encuentren, alta o baja presión.

Los LED's (Diodo Emisor de Luz) por su parte trabajan con un material semiconductor que es capaz de emitir una radiación electromagnética en forma de luz, su funcionamiento está basado en el efecto de la electro-luminiscencia, en la cual mediante una estimulación directa de polarización permite a este dispositivo liberar energía en forma de fotón, además es caracterizado por el bajo consumo de energía eléctrica y su prolongado tiempo de vida [15].

Existe un gran número de lámparas, se presentan algunos de los tipos más conocidos, para después enfocarse en aquellas que se consideran aplicables al diseño del sistema de iluminación. Como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Análisis de tipos de fuentes luminosas.

Tipos de fuentes luminosas				
	Lámpara Incandescente Convencional	Lámpara Incandescente Halógena	Lámpara de Vapor de Mercurio de Baja Presión	Lámpara de Vapor de Mercurio de Alta Presión
				
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> Buena reproducción cromática Encendido Instantáneo Variedad de potencias Bajo coste de adquisición Facilidad de instalación Apariencia del color cálido 	<ul style="list-style-type: none"> Buena reproducción cromática Encendido Instantáneo Bajo coste de adquisición Facilidad de instalación Variedad de tipos Elevada intensidad luminosa 	<ul style="list-style-type: none"> Eficiencia luminosa Larga duración Bajo coste de adquisición Variedad de apariencia y color Distribución luminosa adecuada para empleo en interiores Posibilidad de buena reproducción de los colores 	<ul style="list-style-type: none"> Buena eficiencia luminosa Larga duración Flujo luminoso unitario importante en potencias altas Variedad de potencias
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> Reducida eficacia luminosa Corta duración Elevada emisión de calor 	<ul style="list-style-type: none"> Reducida eficacia luminosa Corta duración Elevada emisión de calor 	<ul style="list-style-type: none"> Sin equipo electrónico: encendido no instantáneo Dificultad de lograr contraste e iluminación de acento Forma y tamaño para algunas aplicaciones 	<ul style="list-style-type: none"> En ocasiones alta radiación UV Flujo luminoso no instantáneo Depreciación del flujo importante
Función	<ul style="list-style-type: none"> Alumbrado interior Alumbrado de acento Casos especiales de buena reproducción cromática 	<ul style="list-style-type: none"> Alumbrado interior Reduce decoloración se usan para un realce o acentuar espacios reducidos 	<ul style="list-style-type: none"> Alumbrado interior 	<ul style="list-style-type: none"> Alumbrado exterior e industrial En aplicaciones especiales con filtro UV Lámparas de color mejorado

	Lámpara de Vapor de Sodio de Alta Presión	Lámpara de Vapor de Sodio de Baja Presión	Lámparas Fluorescentes	Lámparas Led's
				
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Muy buena eficacia luminosa • Larga duración • Aceptable rendimiento en color en tipos especiales • Poca depreciación de flujo • Posibilidad de reducción de flujo 	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente eficacia luminosa • Larga duración • Aceptable rendimiento en color en tipos especiales • Reencendidos instantáneos en caliente 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo coste de adquisición • Larga duración • Excelente rendimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo consumo de energía • Amplia variedad de tonos • Baja emisión de calor • Larga duración • Luz más brillante
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> • Mala reproducción cromática en versión estándar • Estabilización no instantánea • En potencias pequeñas gran sensibilidad a sobre tensiones • Equipos especiales para reencendido en caliente 	<ul style="list-style-type: none"> • Muy baja reproducción cromática • Flujo luminoso no instantáneo • Sensibilidad a descensos de tensión 	<ul style="list-style-type: none"> • No dan luz continua • No es recomendable exponerse a esta, por largo periodo de tiempo • Estabilización no instantánea • Es un tipo de luz difusa 	<ul style="list-style-type: none"> • Ante una luz fuerte, su luz se disminuye • Alto costo de algunos modelos. • Ángulo de visibilidad entre 30° y 60°
Función	<ul style="list-style-type: none"> • Alumbrado interior • Alumbrado interior industrial • Alumbrado de túneles • Lámparas de color mejorado 	<ul style="list-style-type: none"> • Alumbrado de seguridad • Alumbrado de túneles 	<ul style="list-style-type: none"> • Alumbrado interior 	<ul style="list-style-type: none"> • Alumbrado interior • Alumbrado público • se usan para un realce o acentuar espacios reducidos

En base a las ventajas, desventajas y aplicaciones de las lámparas presentadas se selecciona la lámpara incandescente halógena por la elevada intensidad luminosa que genera, así como los leds por el bajo consumo de energía y la luz brillante que producen, para conocer los diferentes modelos se buscan el mercado lámparas de estos tipos, para realizar pruebas con el fin de evaluar y conocer directamente su intensidad, su color y la nitidez de las sombras que generan.

4.3 Características de lámparas para el heliodón.

Para tener una referencia más clara de las características de una lámpara en un heliodón se realizó una consulta con el Profesor de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería del Politécnico, Ezequiel Colmenero Búzali quien proporciono la siguiente información. La institución dispone de dos heliodones, el primero cuenta con una lámpara de luz puntual, así como un ángulo estrecho, y con una luminaria que orienta y concentra la luz, esto permite que los rayos sean paralelos. (Figura 13)



Figura 13. Lámpara del heliodón Mendoza.

El segundo heliodón cuenta con lámparas incandescentes halógenas, y como principal característica es que estas lámparas tienen un ángulo estrecho al disipar sus rayos. (Figura 14)

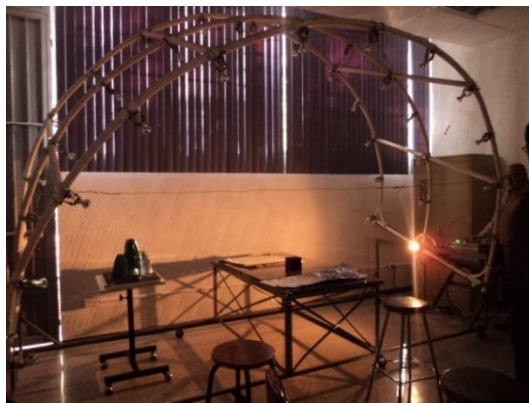


Figura 14. Sistema de iluminación de heliodón en el Politécnico.

En ambos casos se buscó la existencia de una relación entre la distancia de la plataforma y la lámpara, pero se llegó a la conclusión de que no existe ninguna relación, la distancia correcta será la que proporcione el nivel de iluminación necesario, es decir que la luz sea

suficiente para iluminar y generar sombras nítidas en una maqueta en condiciones de poca luz o total oscuridad. A partir de esto, se adquirieron dos lámparas de leds con sus respectivas luminarias, una lámpara halógena y además se encontraron leds de alta potencia de los cuales se adquirieron dos.

Los leds de alta potencia son diseños más completos que los leds convencionales, incluyen diversas alternativas de óptica de control del flujo luminoso y se fabrican en potencias mayores a 1 Watt, teniendo como características una vida promedio de 50,000 hrs., excelente flujo luminoso, alta eficiencia, control preciso y direccional del flujo luminoso, así como mínimas emisiones de radiaciones infrarrojas y ultravioletas [16]. (Figura 15)



Figura 15. Led de alta potencia.





4.4 Evaluación de lámparas.

Para determinar cuál de las lámparas adquiridas es la adecuada para simular la luz en el sistema de iluminación se realizan pruebas dentro de un espacio en total oscuridad, posicionando la lámpara en diferentes alturas y proyectando la luz hacia una maqueta, para tener referencia del nivel de iluminación emitido se utiliza un luxómetro, que es un instrumento de medición que muestra la cantidad de iluminancia real emitida por una fuente de luz a diferentes distancias, su unidad de medida es lux (lx).

Al experimentar con la iluminación que se obtienen a diferentes alturas entre la maqueta y la lámpara, así como la nitidez o distorsión que pueden tener las sombras generadas, y adaptando dos lentes con la finalidad de generar rayos paralelos, así como aumentar los niveles de iluminación, se logra obtener una gama muy diversa de iluminancias y sombras.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la investigación, se presentan las características generales de las lámparas, las ventajas y desventajas, así como las observaciones de la cantidad de luz que se obtiene a diferentes alturas y las mejoras que presenta la luz con las lentes, finalmente las conclusiones definen si es o no apto el modelo de lámpara para el proyecto. Como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Evaluación para Lámpara y LEDs.

LÁMPARA P30 6X2W	
Características	<p>Lámpara de Led's de 12 Watts Dimensiones: $\Phi 95 \times 100$mm Peso: 180gr. Integrada por 6 Led's, de 2 watts cada uno Color de Luz: Blanca</p> 
Ventajas	<p>Su consumo energético es mínimo, la cantidad de iluminación es alta, no causa molestia al trabajar por largos periodos, y la emisión de calor es baja permitiendo su manipulación durante las pruebas.</p> 
Desventajas	<p>Al ser un arreglo de 6 Led's, genera múltiples sombras, sus dimensiones y su peso son considerables, por lo que resulta más complicado proporcionarle movimiento.</p> 
Observaciones	<p>Se observó que entre los 1.10 m a los 1.50 m en adelante se generan sombras con nitidez. Se colocaron 2 lentes en la lámpara, la primera no mostró mejoras, mientras que la segunda logró aumentar la iluminación 110 luxes, es decir de 1,379.5 lx a 1,489.5 lx, pero no se pudo eliminar las múltiples sombras que la lámpara genera.</p> 
Conclusiones	<p>Esta lámpara no sería adecuada para simular al sol, debido a que no genera rayos paralelos, no genera sombras con nitidez, su tamaño es voluminoso y su intensidad luminosa no cuenta con los niveles esperados como para mostrar sombras nítidas, incluso si se le colocara el lente.</p> 

LÁMPARA LED SPOT LV 4W Philips Master		
Características	Lámpara spot de Led's de 4 Watts Dimensiones: $\Phi 45 \times 50$ mm Integrada por 3 Leds Color de Luz: Blanca	
Ventajas	Su consumo energético es mínimo, no causa molestia al trabajar por largos periodos , la emisión de calor es baja permitiendo trabajar con ella por tiempos prolongados y su manipulación durante las pruebas. su haz de luz es puntual. Por su tamaño y peso es más fácil de manejar. Sus niveles de iluminación son buenos.	
Desventajas	Al estar compuesta por 3 Leds genera múltiples sombras , para su funcionamiento necesita una fuente que regule el paso de corriente por lo que se agrega tamaño y peso.	
Observaciones	Genera múltiples sombras , aunque en con mejor calidad que la otra lámpara de Led's, su intensidad es baja pero al ser una luz puntual ilumina mejor las maquetas, la altura a la que se tiene una mejor generación de sombras y luz es entre los 1.05 m a los 1.35m y la generación de calor es mínima. Se probaron 2 lentes, la primer lente no logro mejoras, la segunda lente logro aumentar la iluminación 104 luxes, es decir de 287.5 lx a 391.5 lx, pero aun así se generaron múltiples sombras.	
Conclusiones	Le hace falta niveles de intensidad luminosa, así como nitidez en las sombras, el tamaño de esta lámpara es más fácil de manejar pero se ha de considerar que requiere de un adaptador de corriente para su funcionamiento, por lo que no sería conveniente proponerla para el proyecto.	
LÁMPARA HALÓGENA MR16-130-50W/C		
Características	Lámpara Halógena de 50 Watts Dimensiones: $\Phi 45 \times 50$ mm Color de Luz: Blanca	
Ventajas	Es una luz puntual y cuenta con una luminaria que permite concentrar la luz, no necesita adaptador de corriente, es ligera, sus dimensiones son pequeñas por lo que es fácil de colocar y proveer movimiento. Sus niveles de iluminación son buenos.	
Desventajas	Su consumo energético es alto, la intensidad de luz que emite llega a causar molestia al usuario si se trabaja por tiempos prolongados, genera mucho calor en poco tiempo, por lo que se dificulta su manipulación y su calidad de luz no es suficiente.	
Observaciones	La intensidad luminosa es buena, sin embargo las sombras que genera carecen de nitidez, la altura a la que se obtienen mejores sombras es de 1.20 m a 1.50 m de altura. La intensidad luminosa que emite es similar a la lámpara led spot. Se colocaron 2 lentes, solo una logro que la intensidad aumentara 115 luxes, es decir de 446 lx a 561 lx y se disminuyeron las sombras difusas.	
Conclusiones	Su tamaño es práctico, su haz de luz y su color son buenos, pero la falta de nitidez en las sombras que genera, así como, la molestia que causa su uso prolongado y el alto calor que genera, esta lámpara no sería adecuada para el proyecto.	

LÁMPARA LED-P1W100-120/41	
Características	<p>Led de alta potencia de 1 Watt Dimensiones: Φ15mm Color de Luz: Blanca</p> 
Ventajas	<p>El tamaño y peso de esta lámpara son reducidos, su consumo energético es mínimo, la generación de calor es mínima, la intensidad luminosa es buena y la nitidez de las sombras generadas también es buena.</p> 
Desventajas	<p>Este tipo de Leds necesita un circuito para regular la cantidad de energía y disipar el calor, por lo que el led iría acompañado de un disipador y una luminaria para concentrar la luz. Se necesita más intensidad luminosa para realizar las simulaciones.</p> 
Observaciones	<p>Esta lámpara genera sombras nítidas a cualquier altura, pero la intensidad luminosa que emite no es suficiente, no genera mucho calor. La altura a la que se tienen las mejores sombras y luz es entre 0.85 m y 0.65m. Al colocar este Led bajo una lente se obtiene una mejora en la intensidad, ya que se tiene un aumento de 50 luxes, es decir de 66.10 lx a 116.10 xl.</p> 
LÁMPARA LED-P5W300-120/44	
Características	<p>Led de alta potencia de 5 Watts Dimensiones: Φ15mm Color de Luz: Blanca</p> 
Ventajas	<p>El tamaño y peso de esta lámpara son reducidos, su consumo energético es mínimo, la intensidad luminosa es buena, la nitidez de las sombras que genera también es buena.</p> 
Desventajas	<p>Este tipo de Leds necesita un circuito para regular la cantidad de energía y disipar el calor, por lo que el led iría acompañado de un disipador y una luminaria para concentrar la luz. Se necesita más intensidad luminosa para poder realizar de manera optima las simulaciones.</p> 
Observaciones	<p>Esta lámpara genera sombras nítidas a cualquier altura, al ser de 5W. la cantidad de luz que emite es buena, pero no es suficiente, no genera mucho calor. La altura a la que se tienen las mejores sombras y luz es entre 1.15 m y 0.75. Al colocar este Led bajo un lente se obtiene una mejora en su iluminación, ya que se tiene un aumento de 72 luxes, es decir de 90.50 lx a 162.50 lx.</p> 
Conclusiones	<p>Esta lámpara genera sombras nítidas, se considera como aceptable la intensidad luminosa, pero no es suficiente, por lo que se probará con un modelo con de más potencia.</p> 

Se presenta la tabla 14 que muestra el nivel de iluminación así como la nitidez de las sombras que genera cada una de las lámparas ya presentadas.

Tabla 14. Comparativo de intensidad luminosa y sombras generadas de las diferentes lámparas.

Comparativo de intensidad luminosa y sombras generadas de las diferentes lámparas.	
Lámparas	Observaciones
<p>LÁMPARA P30 6X2W</p> 	<p>Esta lámpara emite una cantidad limitada de iluminación, las sombras que genera no son nítidas.</p>
<p>LÁMPARA LED SPOT LV 4W Philips Master</p> 	<p>La cantidad de iluminación emitida por esta lámpara es limitada, las sombras que genera carecen de nitidez.</p>
<p>LÁMPARA HALÓGENA MR16-130-50W/C</p> 	<p>La lámpara halógena a pesar de emitir una buena cantidad de iluminación no genera sombras definidas.</p>
<p>LÁMPARA LED-P1W100-120/41</p> 	<p>El led de 1 watt carece de un buen nivel de iluminación, pero genera sombras nítidas.</p>
<p>LÁMPARA LED-P5W300-120/44</p> 	<p>El led de 5 watts cuenta con un nivel de iluminación medio, pero genera sombras bien definidas.</p>

Para la selección de la fuente de luz se considera como prioridad la calidad de sombras que produce, por lo que se contempla utilizar leds de alta potencia, pues las sombras que genera son de destacada calidad, la luz que emite es eficaz, su consumo energético es bajo, el ciclo de vida es alto y su tamaño es pequeño.













Como se menciona en la tabla 13 para el led de 5 watts, se necesita más cantidad de luz, por lo que se adquiere un led de 10 Watts, con el fin de evaluar la luz y las sombras que genera, se presenta la siguiente tabla donde se muestra la evaluación para este led, siendo un análisis más profundo para asegurarse de que esta sea la opción apropiada. Como se observa tabla 15.

Tabla 15. Evaluación LED de alta potencia de 10W.

LED-P10YLLLL-120/49	
Características	<p>Led de alta potencia de 10 Watts Dimensiones: Φ15mm Color de Luz: Blanca Corriente nominal:1000mA Número de chips internos: 9 Temperatura de operación: -35 a 60°C</p> 
Ventajas	<p>El tamaño y peso de esta lámpara son pequeños, su consumo energético es mínimo, sus niveles de intensidad luminosa son excelentes, la nitidez de sombras que genera es ideal, sus horas de vida en condiciones ideales es prolongada.</p> 
Desventajas	<p>Este tipo de Leds necesitan un circuito para regular la cantidad de energía y genera una gran cantidad de calor por lo que no solo se colocaría el led, sino también su circuito y un disipador de calor, así como una luminaria para concentrar la luz. Su costo es elevado comparado con el de otros Leds.</p> 
Observaciones	<p>Esta lámpara genera sombras nítidas a cualquier altura, la cantidad y calidad de luz se presenta entre los 0.85m con 190 lx y 0.95m con 180 lx. Para probarla por largos periodos de tiempo se adaptó un difusor de calor y se realizaron mediciones de temperatura, registradas desde 5 minutos con una temperatura de 34°C hasta los 40 minutos registrando 67°C. Al colocar el Led bajo una lente cóncava-convexa se obtiene una mejora en su iluminación, teniendo una mejora de 60 luxes, pues este aumento de 190 lx a 250 lx.</p> 
Conclusiones	<p>Esta lámpara genera sombras de notable calidad, se considera excelente el nivel de iluminación y las sombras que genera son nítidas, aunque se necesite para su correcto funcionamiento un circuito, un disipador de calor y una lente, se toma como la mejor opción para realizar las simulaciones pues lo que se busca es la mejor luz puntual capaz de generar sombras bien definidas.</p> 

Para tener bien definida la altura a la que se tendrá un buen nivel de iluminación y las sombras generadas sean nítidas se realizan una serie de pruebas en un cuarto oscuro, que consisten en colocar la lámpara a diferentes alturas, observando la intensidad y las sombras generadas, también se coloca un lente cóncavo-convexo que aumenta la intensidad por lo que la altura también dependerá del aumento que genere la lente, como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Comparativo de intensidades y sombras de la lámpara a diferentes alturas.

Comparativo de intensidades y sombras de la lámpara a diferentes alturas		
Se coloco el Led a diferentes alturas para observar el nivel de iluminación que podía tener sobre una maqueta, así como el aumento que se tenia al colocar una lente cóncava-convexa.		
1.25m 	1.15m 	1.05m 
0.95 m 	0.85m 	0.75m 
0.65m 	Led colocado a 0.95m sin la lente cóncava-convexa. 	Led colocado a 0.95m con la lente cóncava-convexa. 
Prueba del led con la lente a 0.95 m 	Inclinación de la lente a 0.95m para simular el posible movimiento de la bóveda. 	Resultado de colocar el led a una altura de 0.95m con la lente cóncava-convexa. 

La altura promedio es 0.95m, en donde las sombras son nítidas y al agregar la lente se tiene un aumento en la intensidad, por lo que se considera esta la mejor altura para posicionar el sistema de iluminación.

Como se plantea en la tabla 15 para utilizar un led de alta potencia se requiere de un disipador de calor; un disipador es un instrumento que se utiliza para bajar la temperatura de algunos componentes electrónicos. Su funcionamiento se basa en la segunda ley de la termodinámica, transfiriendo el calor de la parte caliente que se desea disipar al aire. Este proceso se propicia aumentando la superficie de contacto con el aire permitiendo una eliminación más rápida del calor excedente.

Un disipador extrae el calor del componente que refrigera y lo evacúa al exterior, normalmente al aire. Para ello es necesaria una buena conducción de calor a través del mismo, por lo que se suelen fabricar de aluminio por su ligereza, aunque también son fabricados de cobre [17].

Un disipador de calor de aluminio tiene diferentes formas de base, en el mercado se clasifican de diferente manera y de acuerdo a la empresa que los fabrica, generalmente se nombran de acuerdo a la formas de la base, ejemplo disipador en M, ejemplo figura 16.



Figura 16. Disipador tipo M [18].

Para el correcto funcionamiento de la lámpara leds de 10 watts son necesarios una serie de elementos, se presenta el siguiente diagrama, figura 17, donde se muestran los

componentes que se necesitan, los que se encuentran en color rojo son los componentes principales y los que se muestran en color azul son componentes secundarios.

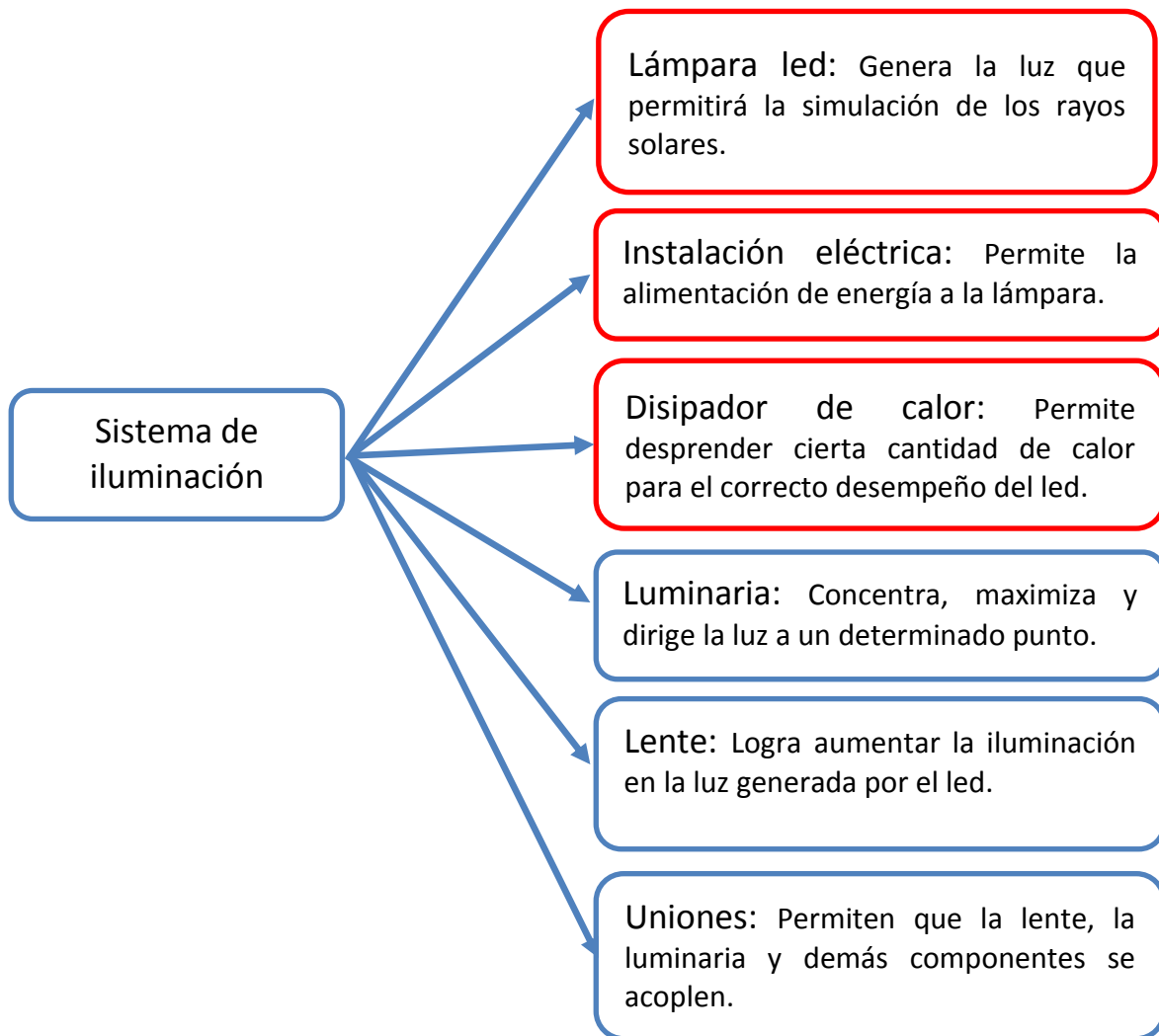


Figura 17. Diagrama de componentes para el Sistema de iluminación.

4.5 Conceptualización del sistema de iluminación.

Con el fin de buscar soluciones para sistema de iluminación se presenta una matriz de funciones, técnica que ayuda a desarrollar conceptos, se colocan en primera fila las funciones que se requieren y en las columnas las posibles soluciones para cada función, al combinar las columnas se obtienen una serie de conceptos de los cuales se seleccionan aquellos que

satisfagan mejor las necesidades del usuario, sean factibles de manufacturar y económicamente viables. Tabla 17 y tabla 18.

Tabla 17. Matriz de selección del concepto para el sistema de Horas.

Matriz de selección del concepto para el sistema de iluminación

Alimentación Eléctrica	Disipador de Calor	Material de Luminaria	Uniones	Ubicación del circuito
Batería AA	Disipador comercial en L	Aluminio	Tornillos	Integrado dentro de la luminaria
Corriente Directa	Disipador comercial en M	Acero dulce	Remaches	Integrado dentro del disipador
Fuente de Voltaje	Disipador comercial en C	Latón	Soldadura	A un lado de la lámpara
Celdas Solares	Placa de aluminio	Carcasa comercial	Punteado	Elemento externo a la lámpara
Batería 9 Volts	Placa de duraluminio	Plástico	Ensamblados	A un lado de la luminaria
Regulador de corriente	Barra circular de aluminio	Duraluminio	Pegamiento Epóxico	

Tabla 18. Posibles Combinaciones para la Matriz de selección del concepto para el sistema de Horas.

Matriz de selección del concepto para el sistema de iluminación

Alimentación Eléctrica	Disipador de Calor	Material de Luminaria	Uniones	Ubicación del circuito
Batería AA	Disipador comercial en L	Aluminio	Tornillos	Integrado dentro de la luminaria
Corriente Directa	Disipador comercial en M	Acero dulce	Remaches	Integrado dentro del disipador
Fuente de Voltaje	Disipador comercial en C	Latón	Soldadura	A un lado de la lámpara
Celdas Solares	Placa de aluminio	Carcasa comercial	Punteado	Elemento externo a la lámpara
Batería 9 Volts	Placa de duraluminio	Plástico	Ensamblados	A un lado de la luminaria
Regulador de corriente	Barra circular de aluminio	Duraluminio	Pegamiento Epóxico	

4.5.1 Propuestas de conceptos.

1. Sistema de iluminación alimentado por baterías AA, un disipador de calor comercial en L, una luminaria fabricada en acero dulce, unido con remaches y un circuito integrado dentro del disipador. (Figura 18)

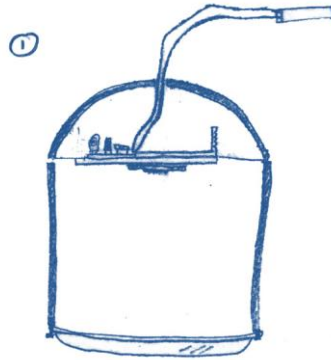


Figura 18. Concepto 1 para Sistema de iluminación.

2. Sistema de iluminación alimentado por corriente directa, un disipador de calor comercial en M, una luminaria fabricada en aluminio, unido con tornillos y un circuito colocado a un lado de la lámpara. (Figura 19)

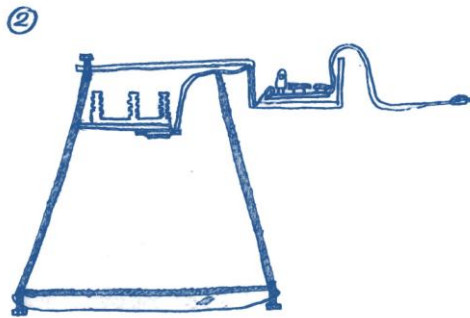


Figura 19. Concepto 2 para Sistema de iluminación.

3. Sistema de iluminación alimentado por un regulador de corriente, un disipador elaborado con barra circular de aluminio, con una luminaria tipo carcasa comercial, unido por medio de ensamblajes y con un circuito como elemento externo a la lámpara. (Figura 20)

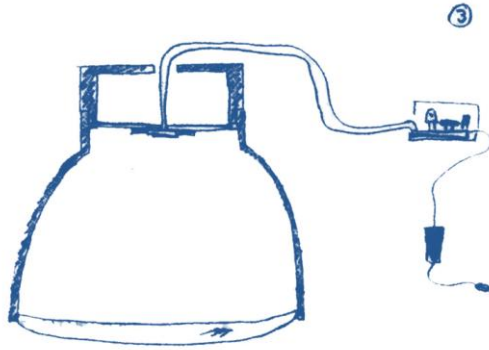


Figura 20. Concepto 3 para Sistema de iluminación.

4. Sistema de iluminación alimentado por una fuente de voltaje, un disipador de calor comercial en C, con una luminaria de plástico, unido con ensamblajes y con un circuito a un lado de la lámpara. (Figura 21)



Figura 21. Concepto 4 para Sistema de iluminación.

Surgieron otras propuestas que no se consideran, como el uso de paneles solares ya que el costo de éstos es elevado y el sistema de cableado puede representar un problema en caso de tener que ubicarlo a una distancia considerable del heliodón, se descarta también la forma de unión de los elementos con algún pegamento o adhesivo por la falta de eficiencia, ya que el pegamento no podría soportar los esfuerzos y probablemente tampoco soporte las temperaturas que el led genera; en lo que se refiere a la unión de materiales como el latón con el acero o el latón con el aluminio por medio de soldadura, se considera que tampoco es viable ya que para soldar se requiere que ambas piezas sean del mismo material, en este caso no es posible unir por medio de soldadura el latón con el aluminio y , además soldar latón de calibre muy delgado podría perforar este material.

4.6 Evaluación y mejora de conceptos para el sistema de iluminación.

Las propuestas que se consideran factibles se evalúan mediante una matriz de selección, con el propósito de calificar y reducir el número de conceptos. Se toman como criterios de selección algunas de las necesidades de mayor importancia para el usuario, la manufactura y las funciones que se deben realizar, para calificar cada concepto se utiliza como parámetro un concepto de referencia, en este caso se compara con el sistema de iluminación del heliodón Mendoza, dando una puntuación relativa de “mejor que”(+) , “igual que”(0) o “peor que”(-) en cada celda de la matriz para representar cómo cada concepto califica en comparación con el concepto de referencia. Como se muestra en la tabla 19.

Tabla 19. Matriz de selección de conceptos para el sistema de iluminación.

Se toma como referencia el sistema de iluminación del Heliodón Mendoza	Código	(+) mejor que	(0) igual que	(-) peor que
	Conceptos			
Criterios de selección	1	2	3	4
El Sistema de iluminación es fácil de operar.	0	0	(+)	(+)
Es fácil de manipular.	0	(-)	0	0
Su configuración permite el fácil reemplazo de sus componentes.	(+)	0	(+)	(+)
Disipador de calor que permite una operación sin riesgo para el usuario.	0	0	(+)	(+)
Fácil de manufacturar	0	(+)	(+)	(-)
Concentra, maximiza y dirige la luz a un determinado punto.	(+)	(+)	(+)	0
La lente, la luminaria y demás componentes se encuentren unidos correctamente.	(-)	(-)	(-)	0
eficiente sistema de alimentación energética.	(-)	(+)	(+)	(-)
Suma de (+)	2	3	6	3
Suma de 0	4	3	1	3
Suma de (-)	2	2	1	2
Puntuación Neta	0	1	5	1
Rango	4	3	1	3
¿Continúa?	No	No	Sí	No

Se toma como el mejor concepto el número 3, pues la suma de “mejor que” fue la más alta y el rango también resulta el más alto, así pues la propuesta maneja un sistema fácil de operar, se pueden reemplazar componentes de forma comercial y la luminaria cumple eficientemente con su función, otra de las razones de esta elección es que se dispone de unos cuantos modelos de luminarias, los cuales se muestran en la figura 22, lo que abarata los costos y disminuye los tiempos de manufactura; también el colocar el circuito fuera del sistema permite reducir los tamaños y pesos para el sistema.

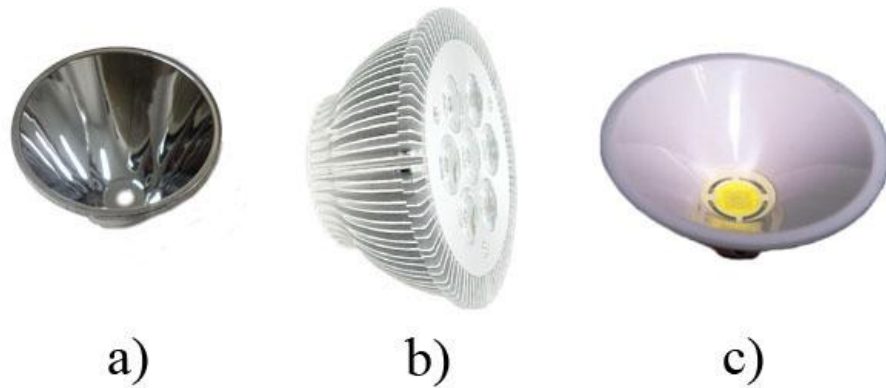


Figura 22. Modelos de luminarias a) reflector pulido b) luminaria difusor c) reflector mate.

En base a este concepto se mejoran y combinan algunos elementos para crear las siguientes propuestas de diseño generando un Diseño global superior, es decir implementar una solución existente para la luminaria y enfocarse en el resto de los componentes del sistema de iluminación para darles una solución novedosa.

- A. Se propone utilizar una luminaria o también llamado reflector, como se muestra en la figura 22-a, por la parte superior se ensambla el led mediante tornillos a una base de lámina de aluminio y ensamblada al disipador de calor cilíndrico de aluminio con barrenos para la salida de los cables de alimentación del led; por la parte inferior se coloca la lente sujeta por un arillo de lámina de aluminio que se ensambla a la luminaria, como se muestra en la figura 23.
- B. Para esta propuesta se cuenta con un disipador de calor cilíndrico de aluminio barrenado en la parte superior para la salida de los cables de alimentación, ensamblado a la luminaria figura 22-b, se cuenta con una lámina que sirve de base para montar el led y se colocan con tornillos; en la parte inferior de la luminaria se coloca la lente sujeta con un arillo de lámina de aluminio atornillado a la luminaria, como se muestra en la figura 24.
- C. El diseño de este sistema de iluminación está compuesto por un disipador en forma de domo, con la parte superior recta para realizar 2 barrenos y poder sacar los cables de alimentación, dentro de este sistema se coloca una base de lámina de aluminio, atornillado a ésta se encuentra el led, ensamblando la luminaria de

la figura 22-c, con este arreglo, por la parte inferior se encuentra un anillo de lámina de aluminio que sujeta al lente, como se muestra en la figura 25.

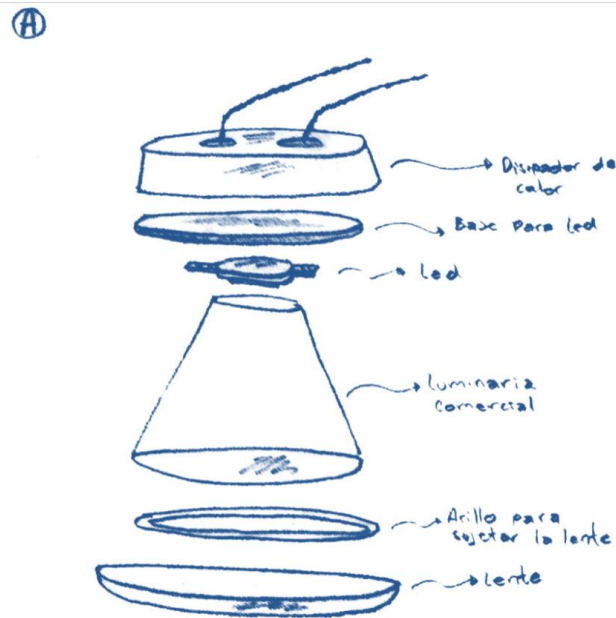


Figura 23. Concepto A mejorado para Sistema de iluminación.

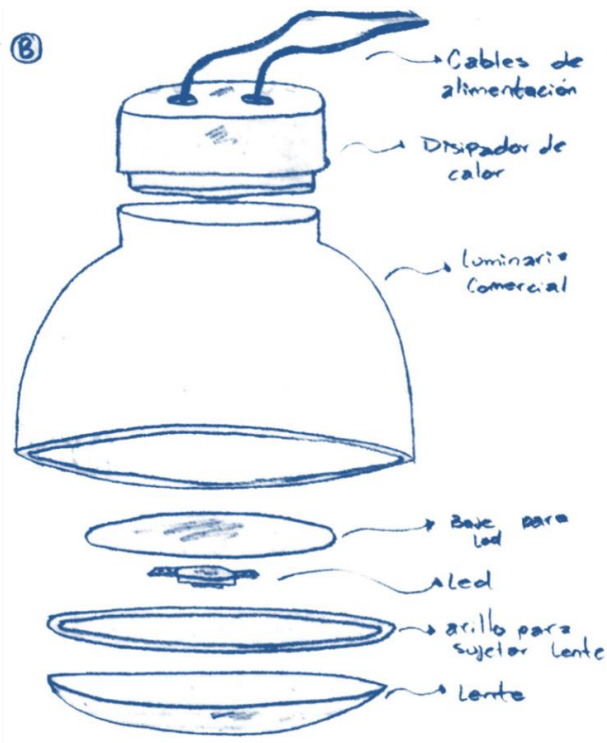


Figura 24. Concepto B mejorado para Sistema de iluminación.

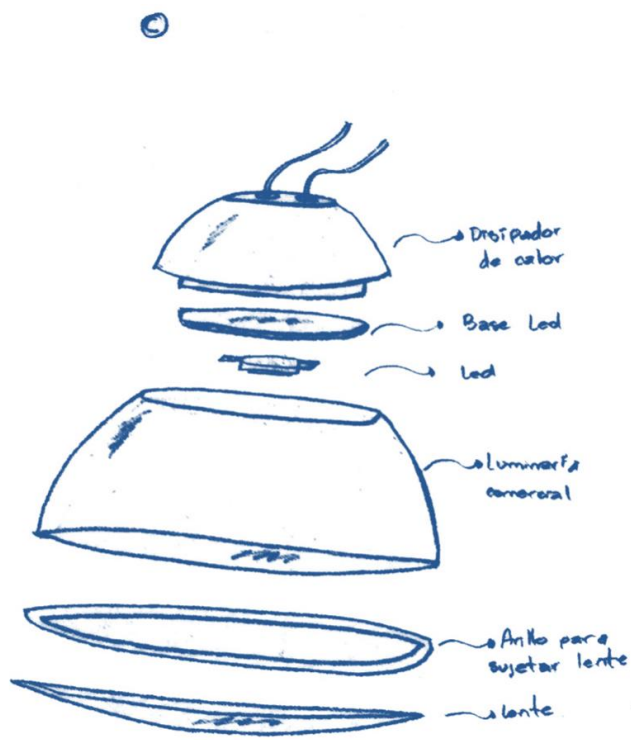


Figura 25. Concepto C mejorado para Sistema de iluminación.

Nuevamente estos conceptos se evalúan, pero ahora bajo una matriz de puntuación del concepto, donde se da un porcentaje a los criterios de selección y se centra en comparaciones más refinadas. Tabla 20

Tabla 20. Matriz de puntuación de conceptos para el sistema de iluminación.

Calificación para el desempeño del 1 al 3, siendo 1 para mal desempeño, 2 para regular y 3 Óptimo .	Conceptos						
		A		B		C	
Criterios de selección	Peso	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada
El Sistema de iluminación es fácil de operar.	10%	1	0.1	3	0.3	2	0.2
Es fácil de manipular.	10%	1	0.1	2	0.2	2	0.2
Su configuración permite el fácil reemplazo de sus componentes.	10%	3	0.3	2	0.2	2	0.2
Disipador de calor que permite una operación sin riesgo para el usuario.	20%	2	0.4	3	0.6	3	0.6
Fácil de manufacturar	10%	2	0.2	3	0.3	2	0.2
Concentra, maximiza y dirige la luz a un determinado punto.	20%	3	0.6	3	0.6	2	0.4
La lente, la luminaria y demás componentes se encuentren unidos correctamente.	10%	1	0.1	3	0.3	2	0.2
eficiente sistema de alimentación energética.	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Puntuación Total Rango		2.1		2.8		2.3	
¿Continúa?		No		Desarrollar		No	

El concepto que mejor puntaje obtiene en la matriz de puntuación es el B, por lo que se procede a generar un modelado de esta propuesta. (Figura 26)

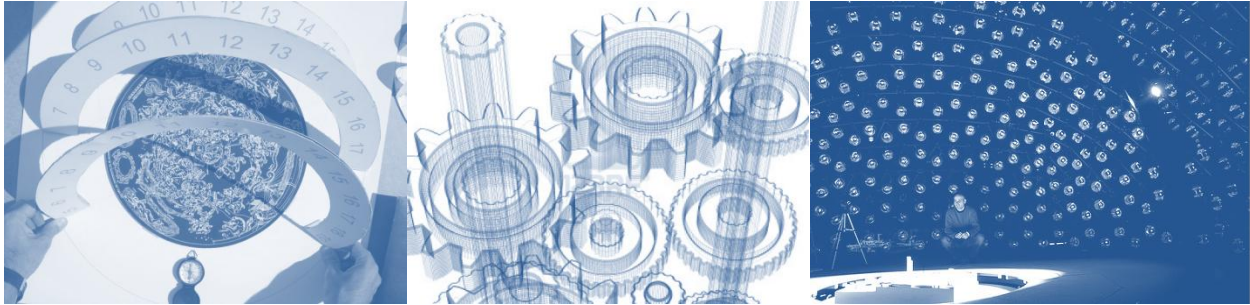


Figura 26. Modelado del sistema de iluminación.

En éste capítulo se obtiene un concepto para el sistema de iluminación, el cual responde a las necesidades y requerimientos que se plantearon en el capítulo anterior y en éste, las ventajas con las que cuenta este concepto son el ahorro en tiempos de elaboración, con los niveles de intensidad luminosa requeridos para la simulación, así como nitidez en las sombras que genera el led en combinación con la lente, además se plantea que en caso de terminar la vida útil del led este pueda ser remplazado, sin necesidad de remplazar todo el sistema de iluminación; posteriormente se realizara el diseño a detalle del sistema de iluminación para poder construirlo y realizar pruebas de funcionamiento.

Uno de los datos fundamentales que aporta el sistema de iluminación para el diseño de la bóveda es la altura a la cual se trabaja de manera óptima, que es a los 0.95 m. la cual se aplica para la parte de diseño de detalle.

CAPITULO 5 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA BÓVEDA



5.1. Introducción.

El diseño de la bóveda requiere no sólo de las necesidades del cliente, se necesita tomar en consideración la forma en cómo representar los movimientos para las horas y las fechas, así como los mecanismos con los cuales se pueden llevar a cabo dichos movimientos.

Parte de este capítulo contempla una investigación de mecanismos de rotación y de arrastre, así como sus aplicaciones en diferentes máquinas para dar una noción de cuales se podrían aplicar al proyecto, de igual manera se presentan una serie de motores que pueden ser utilizados para proporcionar el movimiento a los mecanismos.



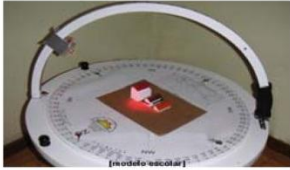
Teniendo los posibles mecanismos y motores, así como formas y materiales se realiza la conceptualización de la bóveda, para facilitar este proceso se divide en dos partes, la primera parte para el sistema de horas y la segunda parte para el sistema de fechas, estos conceptos se evalúan, para tomar las mejores opciones e integrarlas en un solo diseño mejorado.

5.2 Representación de fechas y horas.

Una vez resuelta la parte del sistema de iluminación y con una distancia definida de 0.95 m. entre el sistema y la plataforma del heliodón, distancia en la cual se cumplen con los requerimientos del nivel de iluminación deseado, al igual que la generación de sombras nítidas, se procede a resolver el problema de la simulación de las fechas, este problema va de la mano con el problema de la simulación de las horas, ya que deben coordinarse y distribuirse los movimientos.

Se analizan en algunas bóvedas los arreglos para representar las horas y las fechas, como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21. Análisis de la representación de horas y fechas en algunas bóvedas.

Bóveda	Horas	Fechas	Conclusiones
<p>Bóveda con sistema de iluminación de horas fijas y fechas móviles.</p> 	<p>Sistema de iluminación integrado 3 arcos cada uno con 12 lámparas dirigidas al centro de la plataforma las cuales se mantiene fijas.</p>	<p>Los 3 arcos se encuentran unidos en los extremos para ser movidos por un sistema mecánico que se inclina en grados de acuerdo al ángulo de declinación</p>	<p>La cantidad de lámparas que se requieren y los 3 arcos generan una bóveda costosa y pesada, el sistema eléctrico es simple pero tedioso ya que se controlan 36 lámparas, un sistema mecánico para las fechas para este proyecto requiere de un motor con gran torque para poder mover todo el peso, por lo que no se considera conveniente aplicar este tipo de arreglo la bóveda.</p>
<p>Bóveda con sistema de iluminación de horas móviles y fechas móviles.</p> 	<p>mecanismo que recibe al arco del sistema de fechas, que gira de 0° a 180°, en intervalos de 15° para cada hora</p>	<p>Arco que contiene un Mecanismo que desplaza el sistema de iluminación, integrado por una lámpara y su luminaria, en una longitud de arco de acuerdo a su equivalencia en ángulos proyectados.</p>	<p>Este arreglo se considera posible de aplicar ya que el sistema de iluminación solo requiere de una lámpara integrada a un arco para simular el recorrido de las fechas y girar todo este arreglo para representar las horas, se tiene la posibilidad de implementar motores para el mecanismo de las horas y para el mecanismo para las fechas.</p>
<p>Bóveda con sistema de iluminación de horas móviles y fechas móviles</p> 	<p>El mecanismo de las horas se realiza sobre un arco, el sistema de iluminación recorre 180°, cada segmento de arco que equivale en 15° para simular una hora, este movimiento se realiza por medio de un motor.</p>	<p>Las fechas se representan inclinando el arco, dependiendo del ángulo de declinación que corresponde a cada fecha.</p>	<p>Este arreglo también se puede aplicar al proyecto, pero el modelo presentado es 66cm. De radio y con una altura de 40 cm., su sistema de iluminación de pequeño y ligero, por lo que la simulación de las horas no es tan compleja, pero aplicarlo a mayor escala pudiera resultar complicado.</p>

Nuevamente se toma como referencia el heliodón Mendoza ya que se considera como el mejor arreglo al solo utilizar un lámpara y la forma en cómo reparte los movimientos para las fechas y las horas, a continuación se presenta la forma de representarlas de manera analítica y grafica para poder aplicarlas en la bóveda.

5.2.1 Aplicación de la Geometría solar para simular las fechas y las horas.

Para conocer con precisión la posición del sol en una fecha y hora, sobre el plano del horizonte es necesario apoyarse mediante trazos designados por la geometría solar bajo el método geométrico.

El primero a aplicar es la declinación, es decir la posición del sol en cada día del año, como se señaló en capítulos anteriores, la fórmula para conocer en ángulo de declinación es:

$$(^{\circ})\delta=23,45 \text{ sen } (360(284+n/365)) \quad (1)$$

En donde n = No. De día según Klein.

Esta fórmula se utiliza para conocer la ubicación de los rayos solares en cualquier día del año; dada la forma esférica y la inclinación de la tierra, el ángulo de declinación varía de acuerdo a la latitud del lugar, en este proyecto, ya que la latitud será proporcionada por la plataforma, se simulan los cálculos con una latitud 0 para los intervalos de cada mes como se muestra en la tabla, y con estos datos es posible obtener una trayectoria solar desde el mes de Enero hasta el mes de Diciembre. Como se muestra en la tabla 22.

Tabla 22. Ángulos de declinación por mes.

Ángulo de Declinación por mes para una latitud de 0°	
Fecha	Ángulo de Declinación
01 de Enero	-23.0116
01 de Febrero	-17.5164
01 de Marzo	-8.2937
01 de Abril	4.0168
01 de Mayo	14.9008
01 de Junio	22.0396
01 de Julio	23.1204
01 de Agosto	17.9131
01 de Septiembre	7.7246
01 de Octubre	-4.2155
01 de Noviembre	-15.3634
01 de Diciembre	-22.1077

Para fines prácticos se trazan estos ángulos a un origen rotado 90° y se prolongan a un arco de cualquier dimensión, generando un recorrido solar para el ciclo de un año de la siguiente manera:

Los ángulos de declinación forman segmentos que corresponden a los intervalos entre cada mes, prolongando el ángulo de -23.0116 para representar el primer día de enero y el ángulo -17.5164 que representa el primero de febrero y marcando como el segmento 01, lo mismo ocurre para los siguientes meses hasta diciembre marcado como el mes 12; se observa que los intervalos no son iguales, algunos tienen una variación considerable en los lapsos que forman los ángulos de declinación, como sucede en los meses de marzo y septiembre, en otros el intervalo que forman los ángulos de declinación son reducidos, como ocurre en los meses de Junio y Diciembre, así también se puede ver que el recorrido del sol empieza de enero hasta junio, de derecha a izquierda, y regresa de julio a diciembre, de izquierda a derecha, como se muestra en la figura 27.

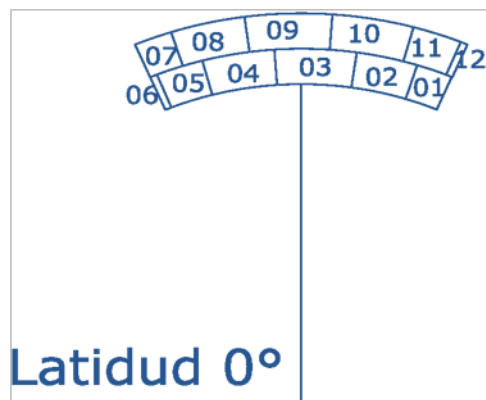


Figura 27. Representación de declinaciones por mes.

Este método también se puede aplicar para conocer la posición para cada uno de los días del año, en este caso solo se ocupan los meses para tener una referencia de las distancias en longitud de arco, ya que se plantea utilizar un programa para controlar el motor en base a la fórmula de declinación y posicione la lámpara en el día que indique el usuario.

Para conocer el recorrido del sol a través de las horas del día se aplica el siguiente método geométrico: Se traza una bóveda celeste, es decir una circunferencia, se dibuja el eje del plano del horizonte con una línea horizontal y el plano vertical será V, que representa la

Ecuatorial o el Cenit, en el centro se encuentra el observador O, como se plantea una latitud de 0° , la línea del plano del ecuador PE es perpendicular al eje V, se toma la mitad de la circunferencia.

Se define $15^\circ = 1$ hora. (2)

Por lo que se divide del centro O cada 15° comenzando por la parte inferior del eje V, hasta llegar a la parte superior del eje V, y de regreso, se observa que existe simetría, ya que las 11h=13h; las 10h=14h; hasta llegar de regreso a las 0h=24h, como se muestra en la figura 28.

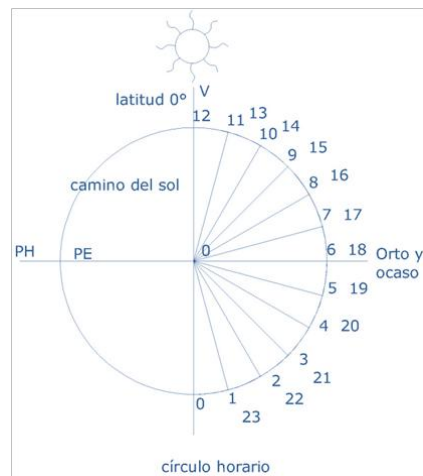


Figura 28. Representación de las 24 horas del día para una bóveda celeste.

Se aprecia que PE coincide con las 6h y 18h, también que se tiene una cantidad reducida de luz solar en las horas que se encuentran debajo de PE, quedando como zona de evaluación de luz solar de las 6h hasta las 18h, y siendo simétrico este segmento se pueden acoplar las horas como se muestra en la figura 29.

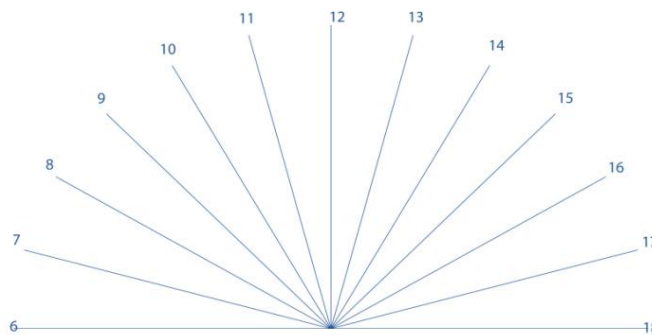


Figura 29. Recorrido de las 06:00 a las 18:00 horas.

Con esta información se propone simular estos movimientos de la siguiente forma: situar las fechas en el segmento de recorrido para los días el cual recorrerá el sistema de iluminación y que estos sistemas que giren de 0° a 180° para posicionarse en las horas, como se muestra en la figura 30.

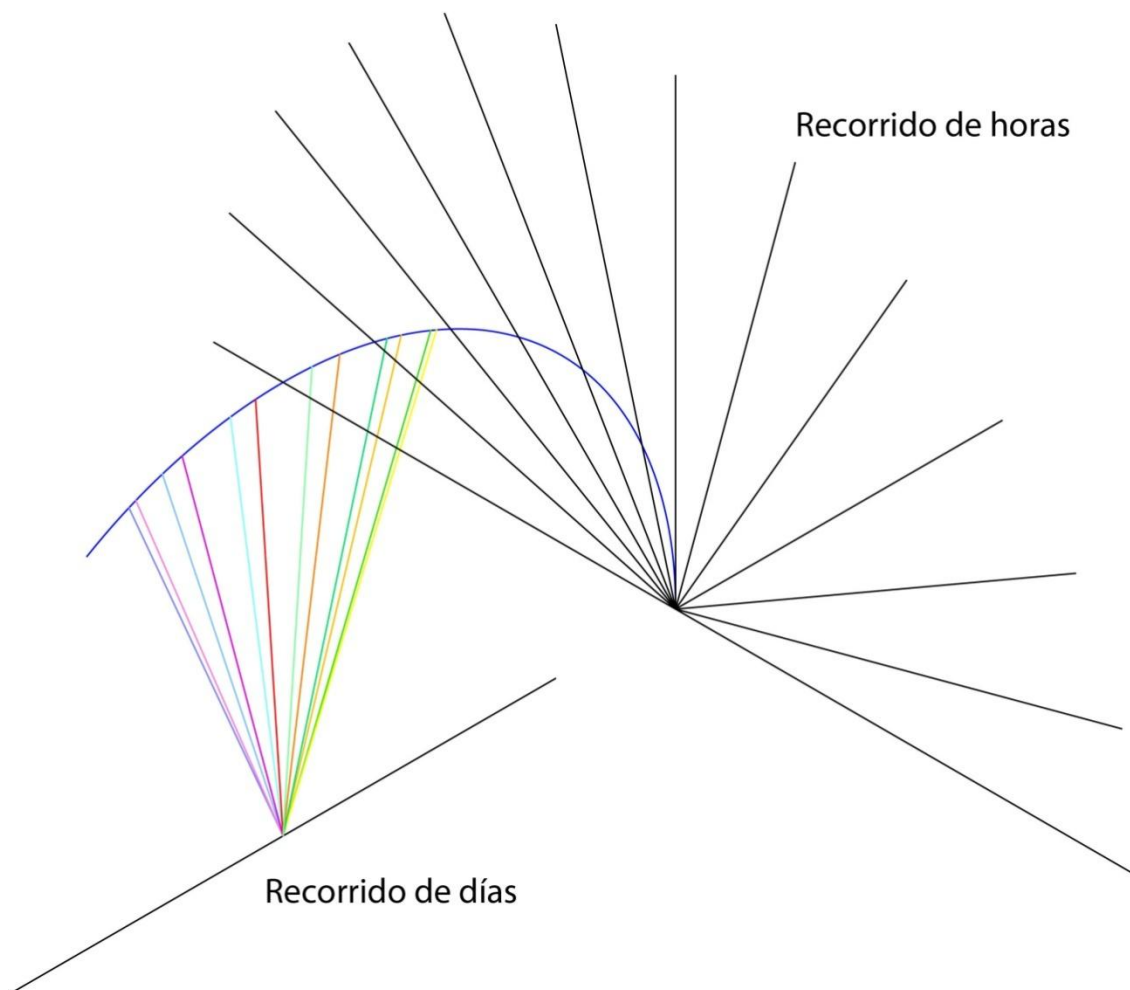


Figura 30. Representación de los movimientos de horas y fechas para bóveda.

5.3 Investigación de mecanismos.

Para dar solución a estos dos movimientos se realiza una investigación de Benchmarking, que es una recolección y análisis de información de productos existentes en el mercado que poseen una funcionalidad similar a aquella del producto en desarrollo o presentan soluciones a

los problemas de diseño que se buscan resolver, este análisis depende del caso y de las necesidades de cada equipo de trabajo [3].

En esta técnica no existe un proceso estandarizado, para esta tesis se aplica entre otras una búsqueda y observación en internet y en las instalaciones del laboratorio de manufactura avanzada, pruebas de mecanismos, herramientas y máquinas, y se consideraran aquellas que muestren posibles soluciones y se tomará en cuenta el análisis de funciones previamente realizado para el del Heliódón tipo Mendoza, con la finalidad de mejorar los mecanismos y automatizarlos. El objetivo de aplicar esta técnica es desarrollar una propuesta innovadora que supere en eficiencia a las anteriores.

Se presentan primero una serie de elementos que permiten la transmisión de movimiento, se trata de un resumen de los métodos y mecanismos empleados para transmitir la fuerza motriz (potencia mecánica) desde la fuente que la produce hasta el momento en que se utiliza en la producción de un trabajo determinado. Para conectar las máquinas con las fuentes de potencia que han de accionarlas y para transmitir la fuerza de una a otra parte de una máquina, se utilizan varios dispositivos, estos dispositivos o elementos se pueden agrupar de la siguiente manera [17]:

- Ejes, Árboles, Flechas y Cojinetes
- Poleas y Bandas
- Cadenas
- Engranajes
- Cardanes o Junta Universal

Se consideraran los cuatro primeros elementos ya que estos pueden brindar una posible solución a la parte mecánica para la simulación de las horas y las fechas, abordando primero los ejes, árboles, flechas y cojinetes se presenta una síntesis de las características y funciones que realizan, así como los elementos mecánicos que reducen la fricción entre el eje, flecha o árbol y las piezas conectadas a estos con el fin de apoyar y facilitar el desplazamiento, como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23. Ejes, árboles, flechas y Cojinetes.

Ejes, Árboles, Flechas y Cojinetes	
Son términos que se aplican a barras cilíndricas generalmente de acero, con movimiento de rotación y soportadas, en dos o más puntos, por los cojinetes	
<p style="text-align: center;">Eje</p>  <p>Cargados transversalmente y sujetos a esfuerzos de flexión, para acople de piezas giratorias.</p>	<p style="text-align: center;">Bujes</p>  <p>Se utilizan cuando el eje se apoya en sus dos extremos dentro de la misma armazón del aparato.</p>
<p style="text-align: center;">Flecha</p>  <p>Sujeta a esfuerzos de torsión y flexión. Se usan para transmitir movimiento de rotación a distancias relativamente cortas.</p>	<p style="text-align: center;">Rodamientos</p>  <p>La flecha o el eje se meten a presión en el anillo interior del rodamiento y gira con él</p>
<p style="text-align: center;">Árbol</p>  <p>Similares a las Flechas, pero de mayor diámetro.</p>	<p style="text-align: center;">Rodamiento de Bolas</p>  <p>Soporta muy bien cargas radiales más ligeras y velocidades más altas que los de rodillos</p>
<p style="text-align: center;">Cojinetes o Chumaceras</p>  <p>Se utilizan para soportar y ubicar los ejes y partes que giran en las máquinas</p>	<p style="text-align: center;">Rodamientos de Rodillos</p>  <p>Soportan cargas más altas, incluidas el choque, pero bajas velocidades</p>
<p style="text-align: center;">Madera</p>  <p>Acepta cargas de 8-15 lb/pulg² y velocidades menores de 100 r.p.m., presentan poca duración comparados con el rodamiento de bolas</p>	<p style="text-align: center;">Rodillos cónicos</p>  <p>Se emplean para fuertes cargas radiales y de empuje</p>

Para el mecanismo que simula las horas se transferirá un movimiento de rotación que estará sujeto no solo a esfuerzos de flexión sino también a torsión, por lo que se propone el uso de una flecha o un árbol y rodamientos.

A continuación se presenta una tabla que muestra los mecanismos que permiten la traslación o desplazamiento de un elemento, la finalidad es analizar y proponer algunos de estos mecanismos para la simulación de las fechas. Tabla 24

Tabla 24. Mecanismos de traslación y desplazamiento.


Mecanismo	Descripción
<p>Correas de transmisión</p> 	<p>Las transmisiones por correa, en su forma más sencilla, consta de una cinta colocada con tensión en dos poleas: una motriz y otra movida. Al moverse la cinta (correa) transmite energía desde la polea motriz a la polea movida por medio de la fricción que surge entre la correa y las poleas.</p>
<p>Sistema de cadenas y piñones</p> 	<p>Este sistema consta de una cadena sin fin cuyos eslabones engranan con ruedas dentadas o piñones que están unidas a los ejes de los mecanismos conductor y conducido sin que exista resbalamiento o desprendimiento entre los dos piñones y la cadena. Las cadenas empleadas en esta transmisión suelen tener libertad de movimiento solo en una dirección y tienen que engranar de manera muy precisa con los dientes de los piñones.</p>
<p>Engranajes y cremalleras</p> 	<p>El mecanismo piñón-cremallera tiene la finalidad transformar un movimiento de rotación (piñón) en un movimiento rectilíneo (cremallera) o viceversa. Este mecanismo está formado por:</p> <p>El piñón es una rueda dentada normalmente con forma cilíndrica que describe un movimiento de rotación alrededor de su eje.</p> <p>La cremallera es una pieza dentada que describe un movimiento rectilíneo en uno u otro sentido según la rotación del piñón.</p> <p>La cremallera como el piñón han de tener el mismo paso circular y, en consecuencia, el mismo módulo.</p>
<p>Correas dentadas y piñones</p> 	<p>Las correas dentadas y piñones son un tipo transmisión mecánica que basan su funcionamiento en la interferencia mecánica entre los dientes de los piñones y una correa dentada, donde el movimiento se genera cuando es movido uno de los piñones y los dientes engranan en las ranuras de la banda que se desliza en algún sentido, transmitiéndose el movimiento al otro u otros piñones, al igual que sistema de cremallera, el piñón y la correa dentada deben tener el mismo paso.</p>
<p>Tornillo sin fin y corona</p> 	<p>Es un mecanismo de transmisión circular compuesto por dos elementos: el tornillo (sinfín), que actúa como elemento de entrada (o motriz) y la corona rueda dentada, que actúa como elemento de salida (o conducido). La rosca del tornillo engrana con los dientes de la rueda de modo que los ejes de transmisión de ambos son perpendiculares entre sí. Por cada vuelta del tornillo, el engranaje gira un solo diente, para que la rueda dé una vuelta completa, es necesario que el tornillo gire tantas veces como dientes tiene el engranaje. El sistema posee una relación de transmisión muy baja, es un excelente reductor de velocidad.</p>
<p>Sistemas de guiado lineal</p> 	<p>Los rodamientos lineales son elementos de rodadura para movimientos de traslación, donde se debe distinguir si las fuerzas que se producen son transmitidas por elementos rotativos o por elementos de fricción. Las guías se componen de una unidad carril-carro o son unidades carril-carril con jaulas planas de rodillos o bien jaulas planas a bolas, dispuestas entre los carriles. Las guías lineales son apoyos fijos. Estas guías absorben fuerzas desde todas las direcciones, excepto en la dirección del movimiento, y momentos alrededor de todos los ejes. Los sistemas de guiado por eje con casquillos lineales a bolas son adecuados para cargas en dos sentidos y compensan los errores de alineación estáticos del eje.</p>

Se presentan algunos ejemplos de elementos de transmisión de movimiento utilizados en diferentes herramientas, maquinarias y productos como se muestra en la tabla 25.

Tabla 25. Aplicación de mecanismos de transmisión.




Productos	Posibles soluciones de aplicar
<p>Impresora</p> 	<p>Se desarmaron un par de impresoras y lo que se puede tomar como ejemplo es el sistema de arrastre está dado por un motor a pasos, una banda dentada y piñones, los cuales permite el desplazamiento en ambos sentidos del cabezal de tinta con precisión, mientras que un sistema de eje y chumacera abierta cargan y encaminan los cartuchos de tinta. Se aprovecha también el arreglo geométrico del motor de pasos y uno de los piñones.</p> <p>La combinación del sistema de banda dentada y el sistema de chumacera y eje pueden ser aplicados, pero dependería del peso total del sistema de iluminación y de los pesos de ambos sistemas, pues se busca un diseño ligero.</p>
<p>plotter</p> 	<p>Se desarmo un plotter para conocer su funcionamiento y piezas, este al igual que la impresora cuenta con un sistema de arrastre de banda dentada, como sistema de guía y carga cuenta con un eje y una chumacera para el cabezal, en este caso el cabezal es más pesado, ya que también realiza la función de corte del papel y las distancias que recorre son más largas, por lo que la banda y el eje son más largos y más resistentes, también se pudo observar el arreglo geométrico del motor con uno de los piñones.</p> <p>Podría utilizarse el mecanismo de arrastre por la resistencia de la banda dentada, siempre y cuando la trayectoria de la banda se ajuste a la curvatura, si el sistema de iluminación fuese muy pesado para solo utilizar la banda podría ocuparse también el sistema de guía y arrastre.</p>
<p>Robot Soldador</p> 	<p>Se puede observar que este brazo cuenta con 5 ejes de giro en los planos XY, ZY y XZ, la integración de los motores al brazo para mover estos ejes que se encuentran bien ajustados por tornillos de cabeza allen, al igual el resto del brazo, así como el tamaño y peso de las piezas, pues entre más lejos de la base son más pequeñas y ligeras, y la base se encuentra empotrada al piso.</p>
<p>Cortador de Plasma CNC</p> 	<p>El cortador de plasma maneja un sistema de desplazamiento en el eje Y guiado por un riel a cada lado, este desplazamiento se realiza por medio de engranes en la base del sistema de corte y cremallera en los rieles, este sistema utiliza un electrodo o consumible para cortar las piezas, y es desplazado en X igualmente por un juego de engranes y cremallera y finalmente el eje Z es dado por dos cremalleras dispuestas de tal forma que se pueda descender lo máximo en Z.</p>
<p>Puertas Automáticas Corredizas</p> 	<p>En el caso de las puertas corredizas se cuenta con un sistema de arrastre que permite desplazar una especie de grapa que se une a la puerta, se aprecia que se utiliza una banda dentada y piñones, así como un sistema de carga y guía dados por un perfil y una especie de carros que se desplazan sobre ellos.</p>


<p>Puertas Automáticas Ascendentes</p> 	<p>En las puertas automáticas ascendentes el sistema de carga y guía se encuentra en las laterales de la cortina con dos poleas, la primera encamina a la cortina en el cambio de dirección de vertical a horizontal del riel y la segunda la acomoda sobre la parte horizontal del riel, y el sistema de desplazamiento se coloca en medio de la cortina para poder arrástrala por medio de una cadena y piñones.</p>
<p>Motor con Tornillo de Avance Mecánico y Tuerca</p> 	<p>El motor cuenta con un tornillo sin fin que proporciona el avance mecánico y una tuerca, con lo cual se puede mover una carga de un punto a otro. Este sistema se considera aplicable al proyecto si el tornillo sin fin pudiera trabajar en curva y con el avance que se requiere para desplazar el sistema de iluminación para las fechas.</p>
<p>Torno</p> 	<p>De todo este complejo sistema algunas de las partes que pudieran apoyar al diseño mecánico del brazo son; El carro del portaherramienta que se desplaza por medio de un tornillo sin fin y es apoyado por un mecanismo de cremallera y engrane, al igual que un eje y chumacera que sirven de guía, también cuenta con una barra de avance, que permite o impide el desplazamiento del carro. Otro de las partes es el contrapunto, el cual se desliza por medio de guías en la base, dos rieles y para ajustar cuenta con un seguro en la parte inferior.</p>
<p>Fresadora</p> 	<p>De este sistema se toman los diferentes desplazamientos que realiza la bancada, para el eje X utiliza un tornillo sin fin, que puede ser controlado de forma manual o por medio de un motor, para el eje Y utiliza igualmente un tornillo sin fin y un par de rieles para apoyar al desplazamiento de toda la bancada, se mueve de forma manual, el eje Z sube o baja por medio de un tornillo sin fin, el cual se controla manualmente con una manivela.</p>
<p>Riel de Chumacera Lineal Abierta</p> 	<p>Estas chumaceras con balero son utilizadas generalmente para el desplazamiento lineal de ejes mecánicos de maquinaria en donde se requiere precisión y cero juego. La posible aplicación para este proyecto sería utilizar un par de ejes como rieles y desplazar las chumaceras sobre ellos por medio de motores para transportar al sistema de iluminación.</p>

<p style="text-align: center;">Corredera para Puerta</p> 	<p>Este sistema trabaja de manera horizontal, cuenta con una placa de montaje que se ajusta dentro de un perfil, el cual funciona como riel, utiliza un perno y dos tuercas para unir y ajustar la placa con la base de los rodamientos la cual está integrada por 4 ruedas y dos ejes, para las ruedas utiliza rodamientos de acero recubiertos de Nylon.</p> <p>Las correderas se podrían aplicar como parte del mecanismo para las fechas, así como las placas y pernos como elementos de unión entre el sistema de iluminación y el brazo.</p>
---	--

En el mercado existen una gran gama de motores, una manera de clasificarlos es de acuerdo a la manera de conseguir la energía mecánica, clasificándose en motores de energía térmica y motores de energía eléctrica, para este proyecto se utilizarán motores de energía eléctrica y entre ellos se proponen los motores que pudieran encargarse de impulsar los mecanismos, se presenta un resumen de su funcionamiento, las aplicaciones, las ventajas y desventajas, como se muestra en la tabla 26.

Tabla 26. Tipos de Motores que se pudieran utilizar en el proyecto.

Tipos de motores				
	Funcionamiento	Aplicaciones	Ventajas	Desventajas
<p style="text-align: center;">Motor paso a paso</p> 	<p>Diseñado para girar un determinado ángulo en función de las señales eléctricas que se aplique en sus terminales de control. La magnitud de los pasos depende de las características constructivas comprendiendo ángulos de menos 1° hasta 15°, según el modelo.</p>	<p>Motores para alimentación de papel en impresoras, posicionamiento de cabezales en impresoras o en plotters, cabezas de electro escritura en unidades de discos de computadora, posicionamiento de herramientas y aplicaciones en robótica.</p>	<p>Se puede obtener información precisa sobre la posición del elemento accionado, llevando la cuenta de los pulsos, sin necesidad de sensores de posición. Notable compatibilidad con los sistemas electrónicos digitales.</p>	<p>El control del motor es relativamente complicado, pobre relación potencia-volumen. Generalmente son más grandes que los servomotores.</p>
<p style="text-align: center;">Servomotores</p> 	<p>Este dispositivo trabaja con corriente continua, que puede ubicarse en un ángulo al enviar una señal codificada y mantenerse en dicha posición, puede ser controlado tanto en velocidad como en posición. Conformado por una caja reductora y un circuito de control.</p>	<p>Control de posición de alerones, timón, dirección (en autos), alimentación de combustible, corte, impresión, etiquetado, empaçado, manipulación de alimentos, robótica y automatización de fábricas.</p>	<p>Tiene un bajo consumo de energía, tienen un gran torque y al utilizar pulsos tiene mayor precisión.</p>	<p>Para mantenerlo en una posición en un determinado tiempo es necesario enviarle el pulso correspondiente, en algunos casos solo trabaja de 0° a 180°, es difícil realizar varias frecuencias sin utilizar microcontroladores.</p>
<p style="text-align: center;">Motor Monofásico Universal</p> 	<p>Es un tipo de motor eléctrico que puede funcionar tanto con corriente continua como con corriente alterna, tiene menos pérdidas de energía cuando se conecta a una red de corriente alterna, no satura magnéticamente su núcleo y mejora el factor de potencia.</p>	<p>Principal aplicación en herramientas portátiles como taladros de mano, caladoras, pulidoras y lijadoras eléctricas.</p>	<p>Bajo costo, reducido tamaño, poco peso, trabajan tanto en corriente alterna como en corriente continua, tiene grandes pares de arranque y elevadas velocidades de rotación cuando se alimentan con excitación en serie.</p>	<p>Necesitan de mantenimiento, es decir cambio de escobillas; hay que tener precaución de no alimentarlos sin carga ya que al funcionar en vacío, por lo que el motor puede acelerarse produciendo intensidades de corriente en las bobinas quemándose los aislantes y el motor.</p>

 <p>Motor de Inducción</p>	<p>Es un tipo de motor eléctrico de corriente alterna, está formado por un rotor y un estátor, en el que se encuentran las bobinas inductoras, cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas, se induce un campo magnético giratorio que vuelve al rotor.</p>	<p>Bombas de agua, molinos, taladros de banco, trituradoras y sierra cinta horizontal.</p>	<p>Fácil de encontrar repuestos, variedad de estilos de montaje, cuenta con una gran gama de piezas para trabajar en diferentes funciones.</p>	<p>Son motores industriales que necesitan una gran cantidad de corriente para el arranque, llevan circuitos integrados para regular la toma de corriente de la línea y así no generar bajones de intensidad de la corriente y su costo es elevado.</p>
--	--	--	--	--

5.4 Conceptualización del sistema de horas.

Teniendo referencia de éstas formas de transmisión de energía y sus aplicaciones en algunas máquinas, así como algunos motores que pudieran utilizarse, se plantea para el sistema de horas el siguiente diagrama de elementos que se pudieran requerir para su desempeño, como se muestra en la figura 31.

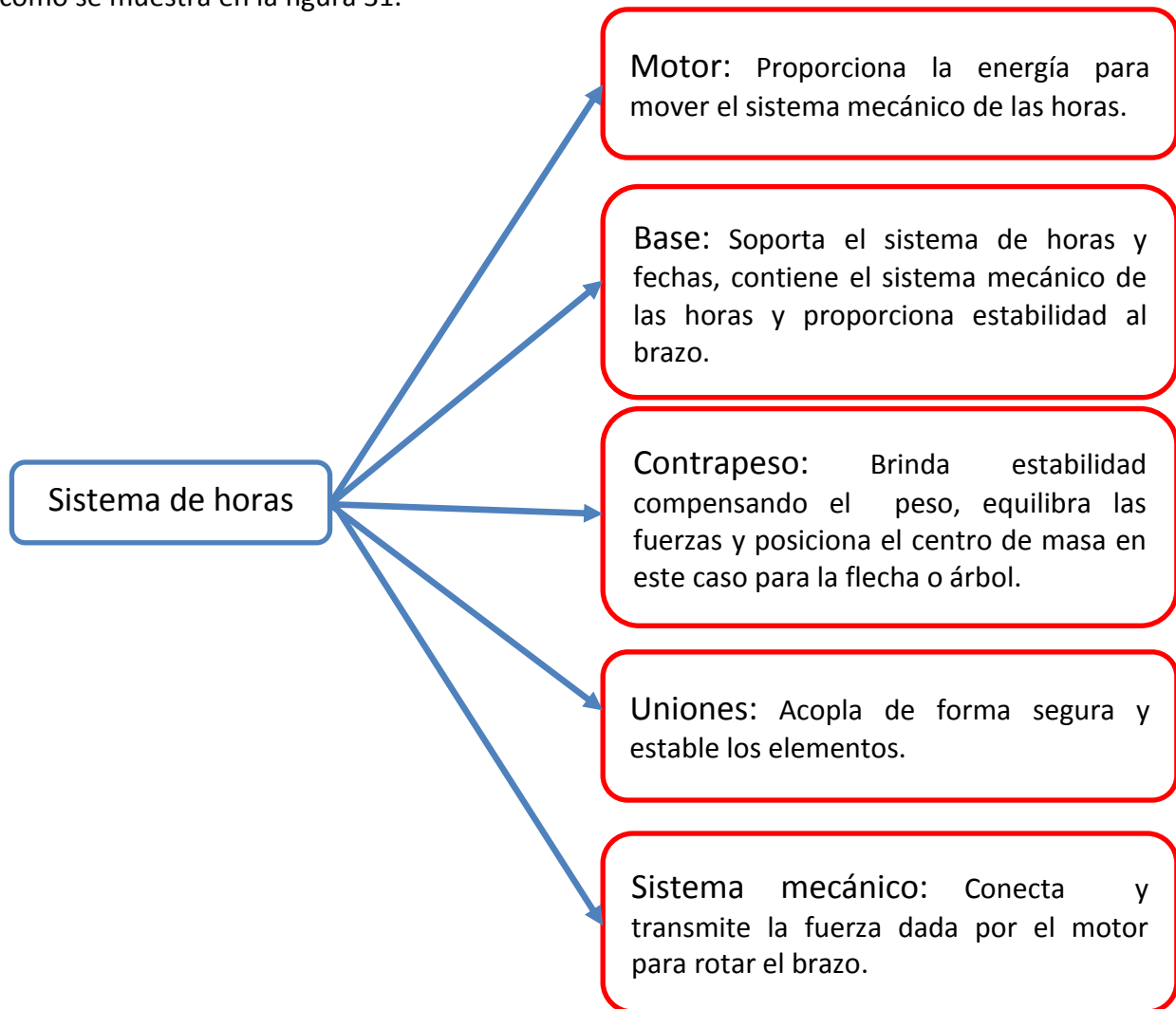


Figura 31. Diagrama de Elementos para el Sistema de Horas.

Se elabora una matriz de funciones para generar conceptos para el diseño del sistema de horas, colocando en las columnas las diferentes propuestas de materiales y las posibles formas para la base, tipos de motor, materiales y formas para el contrapeso y poder generar diversas combinaciones como se muestra en las tablas 27 y 28.

Tabla 27. Matriz de selección del concepto para el Sistema de Horas.

Matriz de selección del concepto para el sistema de horas						
Sistema Mecánico	Material	Formas	Uniones	Motor	Material del contrapeso	Forma del contrapeso
Flecha y Rodamiento de Bolas	Aluminio	Curva	Remaches	Paso a Paso	Placa de Acero Dulce	Cuadrado
Flecha y Rodamiento de Rodillos	Acero Dulce	Semicurva	Tornillos Cabeza de Gota	Servomotor	Duraluminio	Curvo
Flecha y Rodamiento Cónico	PTR	Recta	Soldadura	Motor Monofásico Universal	Barra de Acero Dulce	Rectangular
	Acero Inoxidable	Piramidal	Tornillos Avellanado con Hueco Hexagonal	Motor de Inducción	Plomo	Hexagonal
	Duraluminio		Tornillo Cilíndrico con Hueco Hexagonal			

Tabla 28. Combinaciones de la Matriz de selección del concepto para el Sistema de Horas.

Matriz de selección del concepto para el sistema de horas						
Sistema Mecánico	Material	Formas	Uniones	Motor	Material del contrapeso	Forma del contrapeso
Flecha y Rodamiento de Bolas	Aluminio	Curva	Remaches	Paso a Paso	Placa de Acero Dulce	Cuadrado
Flecha y Rodamiento de Rodillos	Acero Dulce	Semicurva	Tornillos Cabeza de Gota	Servomotor	Duraluminio	Curvo
Flecha y Rodamiento Cónico	PTR	Recta	Soldadura	Motor Monofásico Universal	Barra de Acero Dulce	Rectangular
	Acero Inoxidable	Piramidal	Tornillos Avellanado con Hueco Hexagonal	Motor de Inducción	Plomo	Hexagonal
	Duraluminio		Tornillo Cilíndrico con Hueco Hexagonal			

Los conceptos que resultan para el sistema de horas son los siguientes:

1. Para este concepto se tiene una base de acero dulce de forma recta, unida y/o empotrada con tornillos de avellanado con hueco hexagonal, un contrapeso de placa de acero dulce con forma curva, para el sistema mecánico se utiliza una flecha y rodamientos de bolas movido por un servomotor. (Figura 32)
2. En esta propuesta se tiene una base de PTR con formas curvas tenues, unida con soldadura, un contrapeso de duraluminio® con forma rectangular, para el sistema mecánico se utiliza una flecha y rodamientos de bolas movido por un motor monofásico universal. (Figura 32)
3. Se propone una base de acero inoxidable de forma curva unida y/o empotrada con tornillos de cabeza de gota, un contrapeso de placa de acero dulce con forma hexagonal, para el sistema mecánico se utiliza un árbol y rodamientos de rodillos movido por un motor paso a paso. (Figura 34)

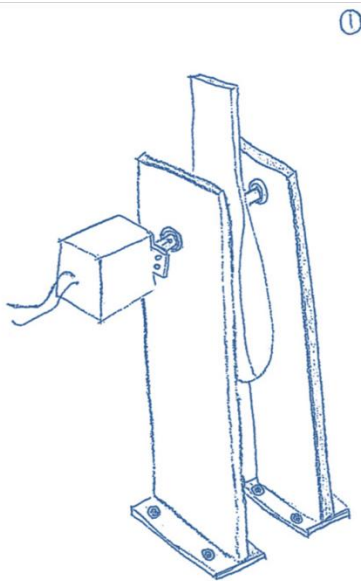


Figura 33. Concepto 1 para el Sistema de Horas.

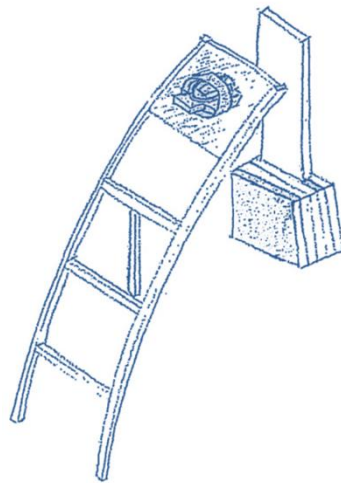


Figura 32. Concepto 2 para el Sistema de Horas.

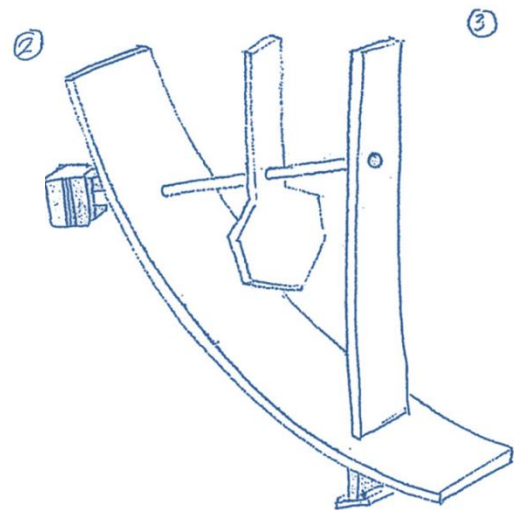


Figura 34. Concepto 3 para el Sistema de Horas.

4. Para este concepto se tiene una base de duraluminio® de forma recta, unida y/o empotrada con tornillos cilíndricos con hueco hexagonal, un contrapeso de placa

de acero dulce con forma hexagonal, para el sistema mecánico se utiliza una flecha y rodamientos cónicos movido por un motor paso a paso. (Figura 35)

5. En esta propuesta se tiene una base de aluminio con forma piramidal, unida y/o empotrada remaches, un contrapeso de plomo con forma cuadrada, para el sistema mecánico se utiliza una flecha y rodamientos cónicos movido por un motor de inducción. (Figura 36)

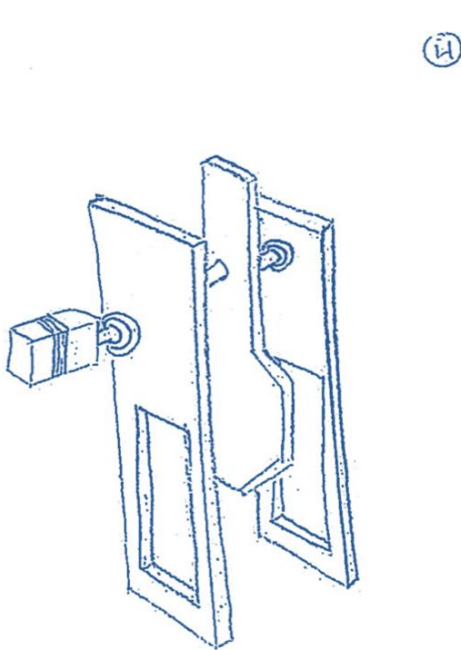


Figura 35. Concepto 4 para el Sistema de Horas.

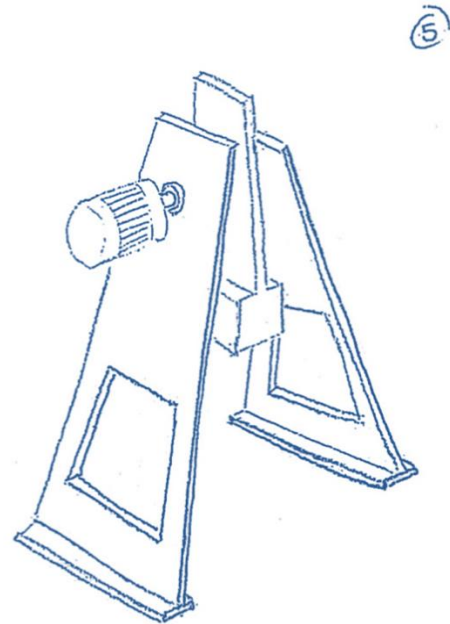


Figura 36. Concepto 5 para el Sistema de Horas.

Para conocer los mejores conceptos se utiliza una Matriz de Selección de Conceptos, teniendo nuevamente como parámetro de comparación al Heliódón tipo Mendoza, se evalúan los criterios dados por los usuarios para la bóveda en general, así como criterios específicos para el sistema de horas, entre los que destacan la facilidad de manufactura, la estabilidad y la resistencia de los materiales. Como se muestra en la tabla 29.

Tabla 29. Matriz de selección de conceptos para el Sistema de Horas.

Matriz de selección de conceptos para el Sistema de Horas					
Se toma como referencia el sistema de iluminación del Heliodón Mendoza	Código	(+) mejor que	(0) igual que	(-) peor que	
	Conceptos				
Criterios de selección	1	2	3	4	5
La bóveda permite simular la iluminación en cualquier hora del día.	(+)	0	0	(+)	(+)
El sistema mecánico de las horas trabaja de forma eficiente.	(+)	0	(-)	(+)	0
La bóveda se posiciona en las horas por medio de motores	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
La base está constituida en una estructura físicamente estable.	(+)	(-)	0	(+)	0
Los materiales de la base son resistentes y duraderos.	(+)	0	(+)	(-)	(-)
Los ensambles de la base son resistentes para garantizar la seguridad del usuario.	(+)	0	0	(+)	(-)
La forma de la base cumplirá con una función estética mediante una adecuación entre su forma y su función.	(+)	(-)	0	(+)	(+)
Fácil de manufacturar.	0	0	(-)	0	0
Costo moderado de los materiales	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Suma de (+)	7	1	2	6	3
Suma de 0	1	5	4	1	3
Suma de (-)	1	3	3	2	3
Puntuación Neta	6	-2	1	4	0
Rango	1	5	4	1	3
¿Continúa?	SÍ	No	No	Sí	No

Como resultado de ésta matriz se obtienen datos de mejora para el sistema de horas, las que cumplen con la mayoría de requisitos son las propuestas 1 y 4, ya que se espera que la parte mecánica la realicen de forma eficiente, por la posible estabilidad de los diseños y porque se espera que sean factibles de manufacturar, a éstos conceptos se les realizaran mejoras; para conseguir un diseño integrado y estable, las mejoras se presentaran de manera conjunta con el sistema de fechas para realizar una evaluación general de la bóveda.

5.5 Conceptualización del sistema de fechas.

Para la conceptualización del sistema de fechas se toman como referencia los mecanismos de traslación, sus aplicaciones y los motores ya antes mencionados, por lo que se plantean los siguientes elementos para el funcionamiento del sistema de horas, como se muestra en la figura 37.

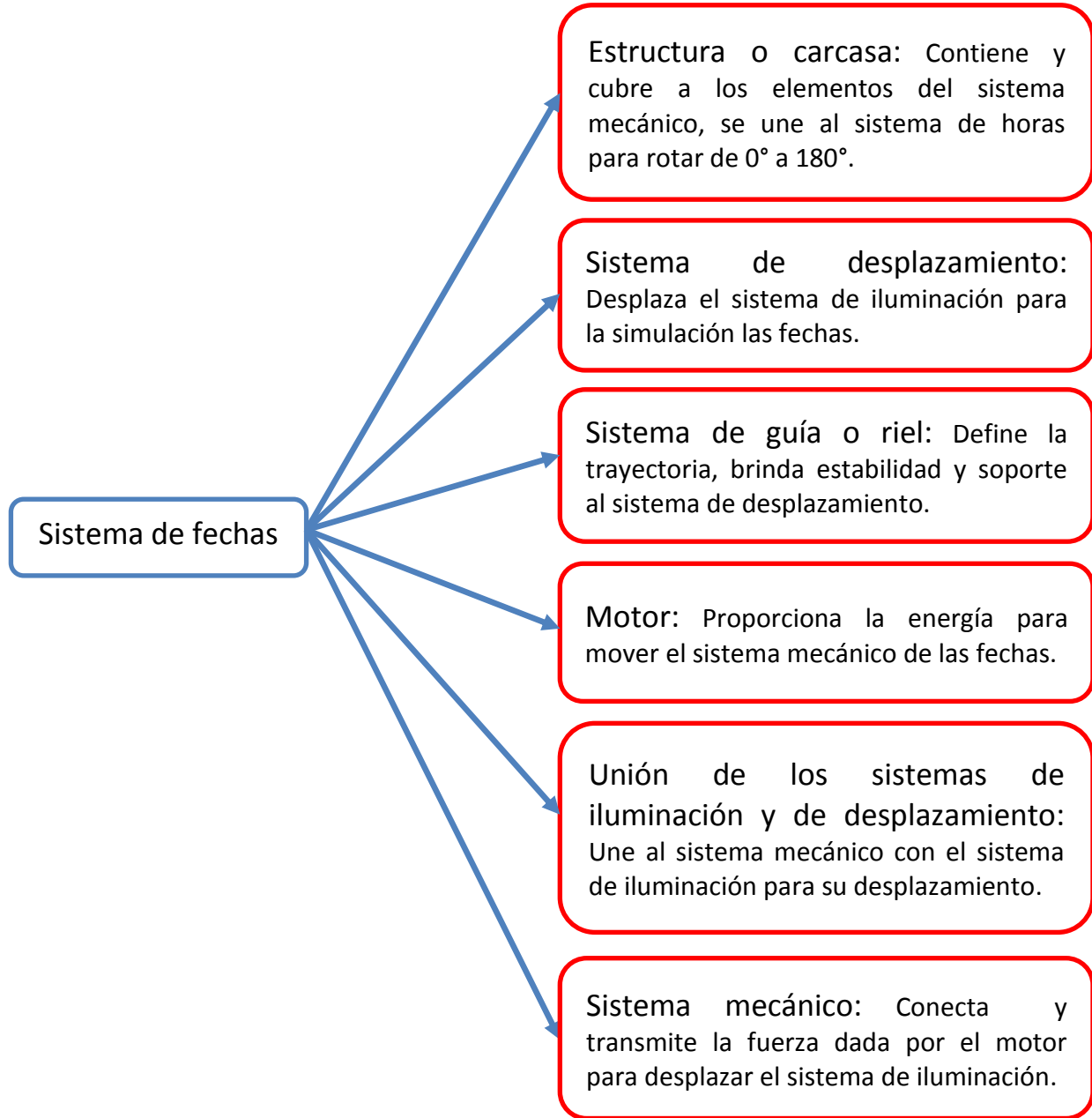


Figura 37. Diagrama de elementos para el Sistema de Fechas.

Tomando en cuenta estos elementos se realiza una matriz de funciones en la cual se proponen materiales, formas, mecanismos de traslación, motores, entre otros, para generar conceptos de algunas de las combinaciones que resultan de conjuntar diferentes opciones véase en tablas 30 y 31.

Tabla 30. Matriz de selección del concepto para el sistema de fechas.

Matriz de selección del concepto para el sistema de fechas						
Sistema Mecánico	Material para Riel	Material Brazo	Forma	Motor	Uniones	Unión del Sistema de Iluminación
Correas de Transmisión	Placa de Aluminio	Placa de Aluminio	Curva	Paso a Paso	Remaches	Placa de Fijación con Guías para el Riel
Cadena y Piñones	Alucobond	Duraluminio	Semicurva	Servomotor	Tornillos Cabeza de Gota	Placa y Rodamientos
Engrane y Cremallera	PTR	Alucobond	Recta	Motor Monofásico Universal	Soldadura	Placa y Baleros Abiertos
Correa Dentada y Piñones	Duraluminio	PTR	segmento curvo y segmento recto	Motor de Inducción	Tornillos Avellanado con Hueco Hexagonal	Corredera de Puerta
Tornillo Sin Fin y Corona	Perfil de Aluminio	Lámina de acero			Tornillo Cilíndrico con Hueco Hexagonal	Corredera de Fijación
Sistema de Guiado Lineal	Flecha de Acero					

Tabla 31. Combinaciones de la matriz de función para el sistema de fechas.

Matriz de funciones para el Sistema de Fechas						
Sistema Mecánico	Material para Riel	Material Brazo	Forma	Motor	Uniones	Unión del Sistema de Iluminación
Correas de Transmisión	Placa de Aluminio	Placa de Aluminio	Curva	Paso a Paso	Remaches	Placa de Fijación con Guías para el Riel
Cadena y Piñones	Alucobond	Duraluminio	Semicurva	Servomotor	Tornillos Cabeza de Gota	Placa y Rodamientos
Engrane y Cremallera	PTR	Alucobond	Recta	Motor Monofásico Universal	Soldadura	Placa y Baleros Abiertos
Correa Dentada y Piñones	Duraluminio	PTR	segmento curvo y segmento recto	Motor de Inducción	Tornillos Avellanado con Hueco Hexagonal	Corredera de Puerta
Tornillo Sin Fin y Correa	Perfil de Aluminio	Lámina de acero			Tornillo Cilíndrico con Hueco Hexagonal	Corredera de Fijación
Sistema de Guiado Lineal	Flecha de Acero					

Los conceptos que resultan para el sistema de fechas son:

1. Se propone un sistema de correas de transmisión que se desplace con un motor paso a paso y conecte al sistema de iluminación por medio de una placa con rodamientos, guiada por un riel hecho de perfil de aluminio, para el brazo una carcasa de duraluminio® de forma curva unida con tornillos de cabeza avellanada con hueco hexagonal. (Figura 38)

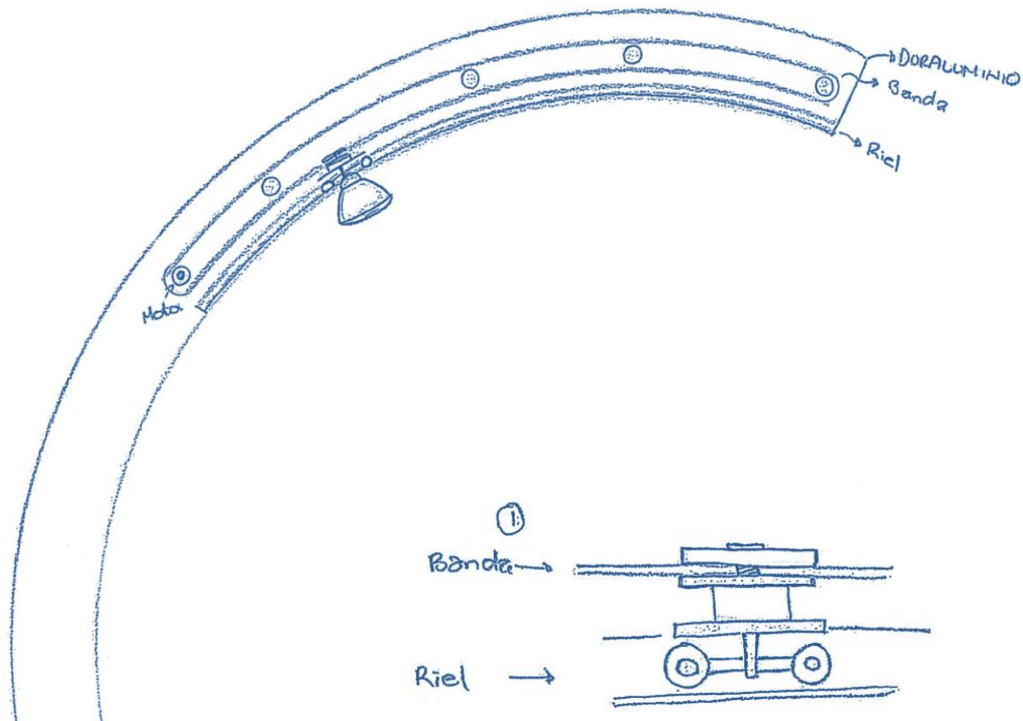


Figura 38. Concepto 1 para el sistema de fechas.

2. Se propone un sistema de cadena y piñones que se desplace con un motor monofásico universal y conecte al sistema de iluminación por medio de una placa con baleros abiertos, guiada por una flecha de acero rectificada, para el brazo una carcasa de alucobond®, el segmento que se requiere para las fechas se propone con forma curva y el resto recto, unida con remaches tipo pop. (Figura 39)

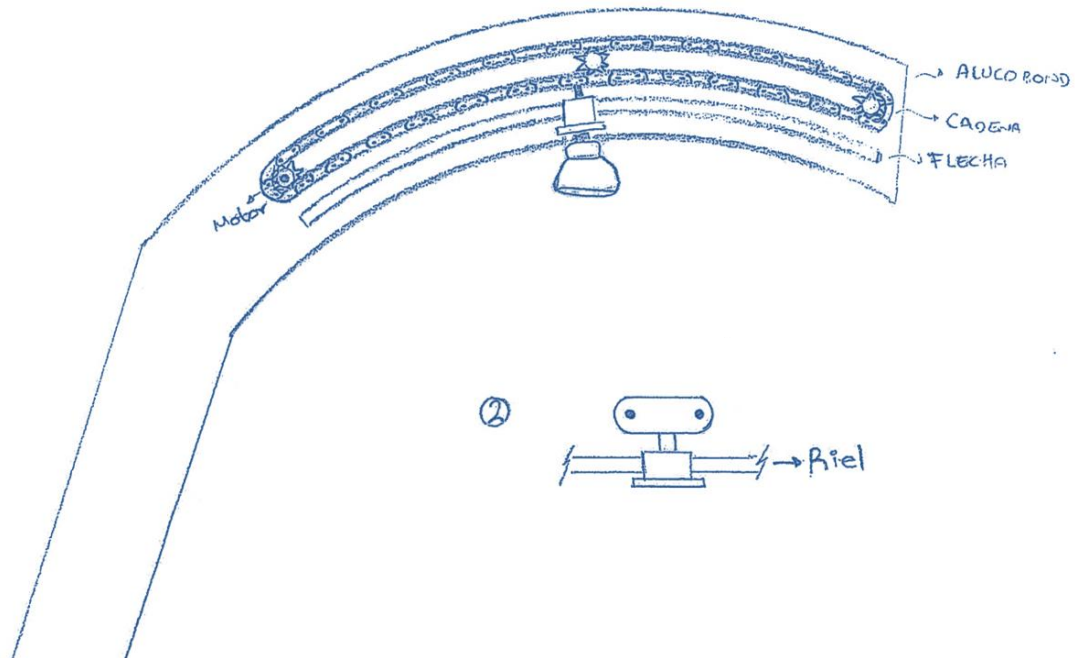


Figura 39. Concepto 2 para el sistema de fechas.

3. Se propone un sistema de 2 rieles de cremallera y engranes, que mueva los engranes con un motor de inducción y conecte al sistema de iluminación por medio de un eje y una placa, guiada y presionada por un par de soleras, para el brazo una carcasa de placa de aluminio, de forma curva, unida con tornillos cilíndricos con hueco hexagonal. (Figura 40)

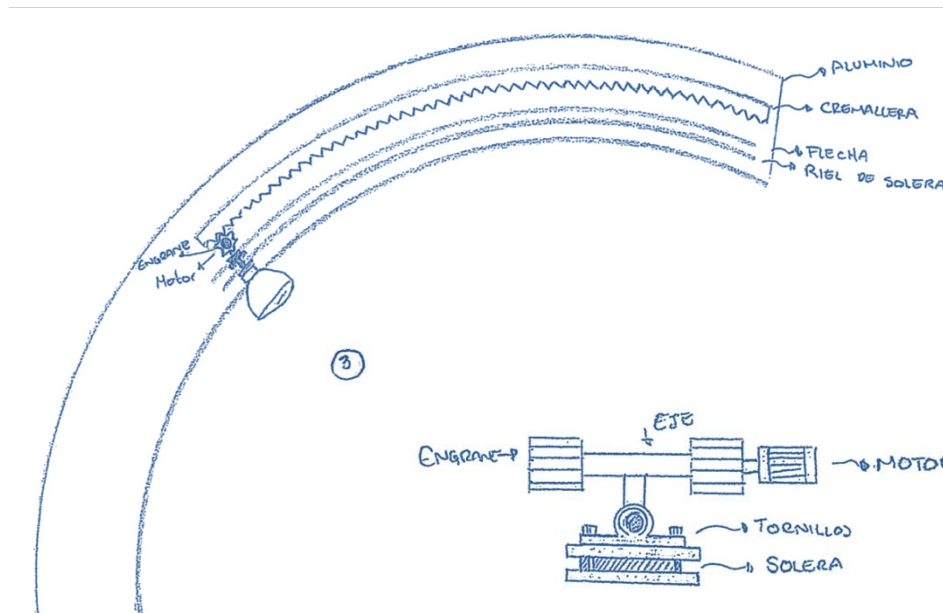


Figura 40. Concepto 3 para el sistema de fechas.

4. Se propone un sistema de correa dentada y piñones que se desplace con un motor paso a paso y conecte al sistema de iluminación por medio de correderas para puerta, guiada por un riel y una carcasa de alucobond®, el segmento que se requiere para las fechas será curvo y el resto recto, unida con remaches tipo pop. (Figura 41)

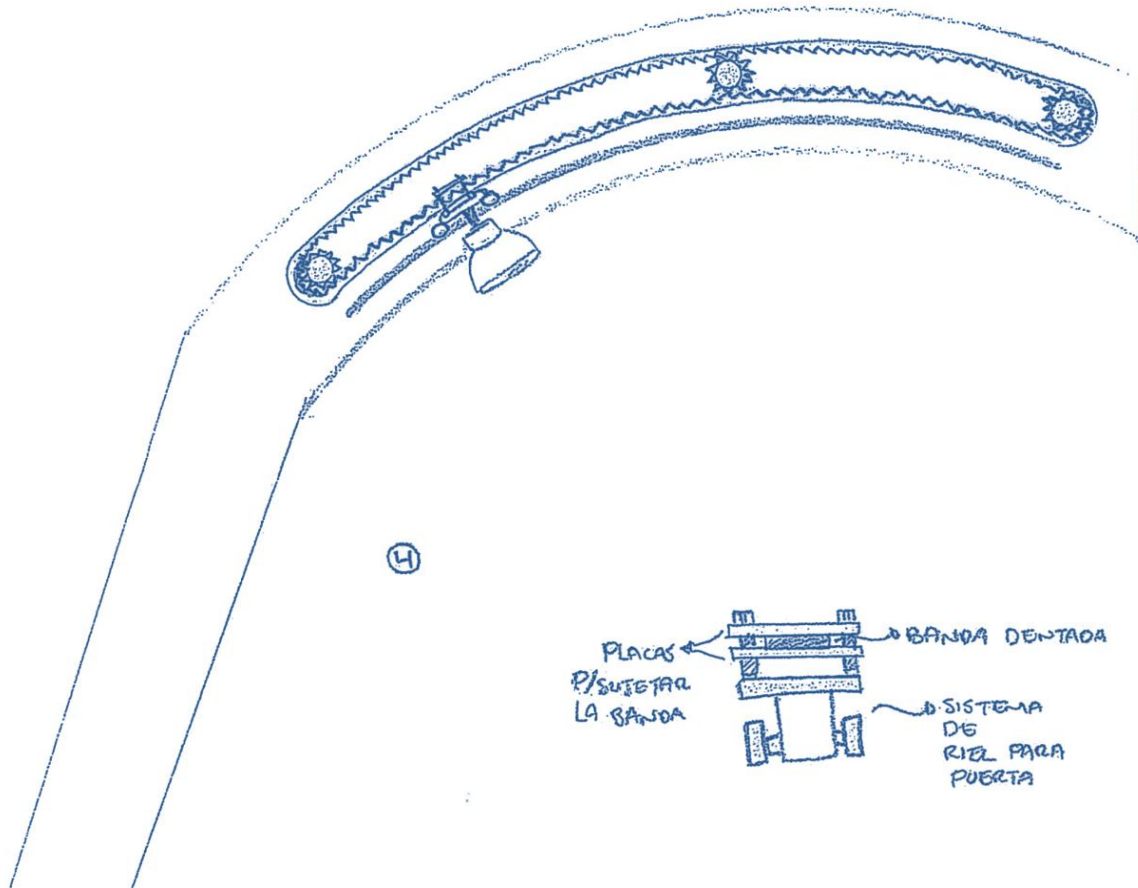


Figura 41. Concepto 4 para el sistema de fechas.

5. Se propone un sistema de tornillo sin fin y corona, que desplace la corona con un motor monofásico universal y conecte al sistema de iluminación por medio de una placa de fijación con guías para riel, orientada por un riel hecho de duraluminio®, para el brazo una carcasa de lámina de acero de formas rectas unida con remaches tipo pop. (Figura 42)

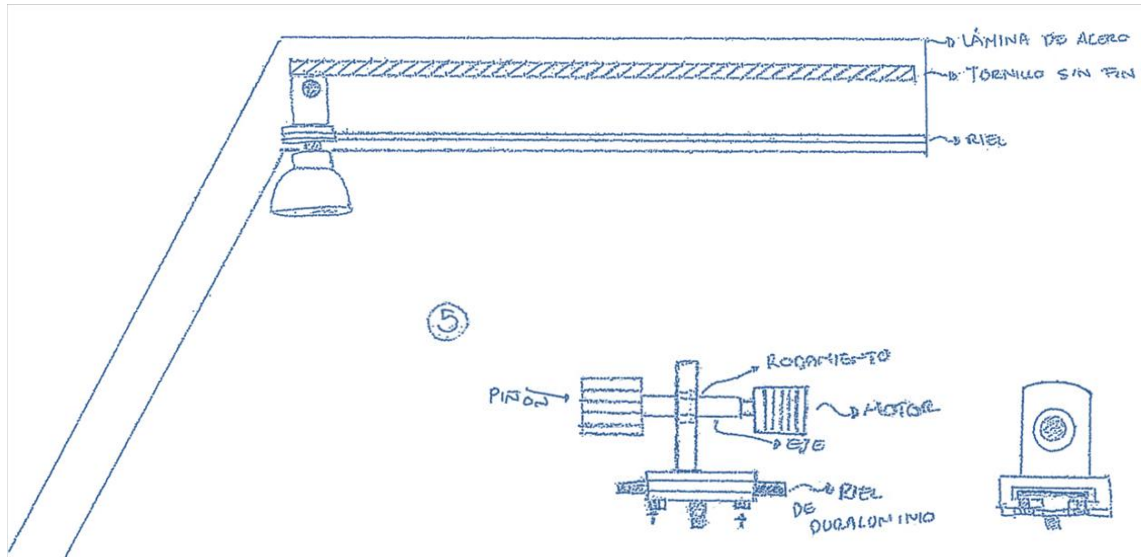


Figura 42. Concepto 5 para el sistema de techas.

6. Se propone un sistema de guiado lineal, como riel se utiliza una flecha de acero que se desplace con un motor paso a paso y conecte al sistema de iluminación por medio de una placa y baleros abiertos, para el brazo una estructura de PTR de formas rectas, unida con tornillos cilíndricos con hueco hexagonal. (Figura 43)

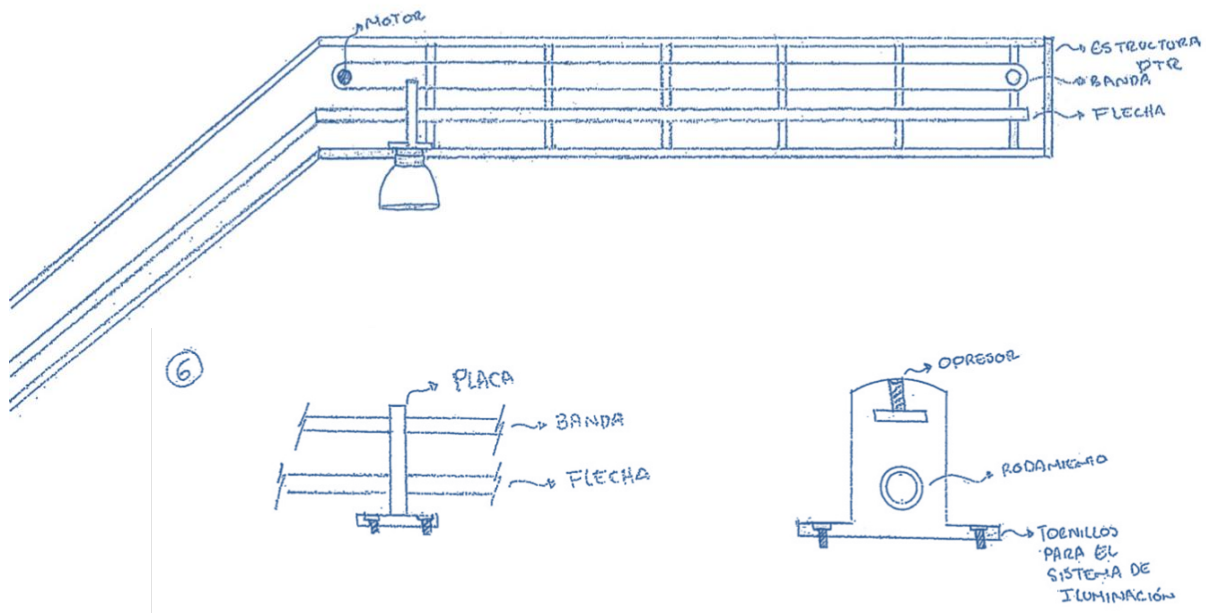


Figura 43. Concepto 6 para el sistema de techas.

Nuevamente se recurre a una matriz de selección para determinar cuáles son los mejores conceptos para el sistema de techas, se evalúan no solo las necesidades del usuario,

sino también la parte mecánica, pues se busca que el sistema de arrastre funcione en el diseño de manera precisa y que se pueda construir, los tres últimos criterios reflejan esta inquietud, véase en la tabla 32.

Tabla 32. Matriz de selección de conceptos para el sistema de fechas.

Matriz de selección de conceptos para el Sistema de Fechas						
Se toma como referencia el sistema de iluminación del Heliodón Mendoza			Código: (+) mejor que, (0) igual que y (-) peor que			
	Conceptos					
Criterios de selección	1	2	3	4	5	6
La bóveda permite simular la iluminación para cualquier fecha del año.	(+)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)
El sistema mecánico de las Fechas trabaja de forma eficiente.	(+)	(-)	0	(+)	(-)	(+)
La bóveda se posiciona en las horas por medio de motores	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
El brazo está constituido en una estructura físicamente estable.	0	(+)	(-)	(+)	0	(+)
Los materiales del brazo son ligeros	0	(+)	(+)	(+)	(+)	0
Los materiales del brazo son resistentes y duraderos.	(+)	0	0	0	0	(+)
Los ensamblajes del brazo son resistentes para garantizar la seguridad del usuario.	(+)	0	(+)	0	0	(-)
La forma del brazo cumplirá con una función estética entre su forma y su función.	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)
Costo moderado de los materiales	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)
El sistema de arrastre es eficiente.	0	(-)	0	(+)	(-)	0
El sistema de arrastre fácil de construir.	(+)	(+)	(-)	(+)	(-)	(-)
Factible de manufacturar	(+)	(+)	(-)	(+)	0	(+)
El Mecanismo funciona correctamente bajo las condiciones del diseño.	0	(-)	(-)	0	(+)	(+)
El mecanismo funciona de manera precisa.	(+)	(-)	0	(+)	(+)	(+)
Suma de (+)	9	7	5	11	4	9
Suma de 0	4	2	4	3	2	2
Suma de (-)	1	5	5	0	6	4
Puntuación Neta	8	2	0	11	-2	5
Rango	4	2	4	3	2	2
¿Continúa?	Sí	No	No	Sí	No	No

El resultado obtenido de esta matriz como conceptos aceptables son 1 y 4; para continuar con la parte de mejora del concepto se consultan algunos proveedores y técnicos sobre la posibilidad de trabajar con una flecha de acero rectificada en curva, lo cual resulta costoso y difícil de elaborar, así como la posibilidad de usar un tornillo sin fin o una cremallera con una trayectoria curva, pero esto tampoco se puede llevar a cabo.

5.6 Mejora de conceptos.

La mejora de conceptos se realizara de forma conjunta con el sistema de fechas y horas con el fin de presentar una propuesta general para la bóveda.

A. Uniendo el concepto 1 del sistema de horas y el concepto 4 del sistema de fechas, se obtiene lo siguiente: para el sistema de representación de horas se proponen soportes de acero dulce de forma rectangular, unida y/o empotrada con tornillos de avellanado con hueco hexagonal, un contrapeso de placa de acero dulce con forma hexagonal, un sistema mecánico de flecha y rodamientos de bolas impulsado por un servomotor. Para las fechas se propone un sistema de correa dentada y piñones que se desplace con un motor paso a paso y conecte al sistema de iluminación por medio de correderas para puerta, guiada por un riel y una carcasa de alucobond® con el segmento que se requiere para representar las fechas tendrá una forma curva y el segmento recto será de duraluminio®, para las uniones se utilizaran tornillos de avellanado con hueco hexagonal, como se muestra en la figura 44.

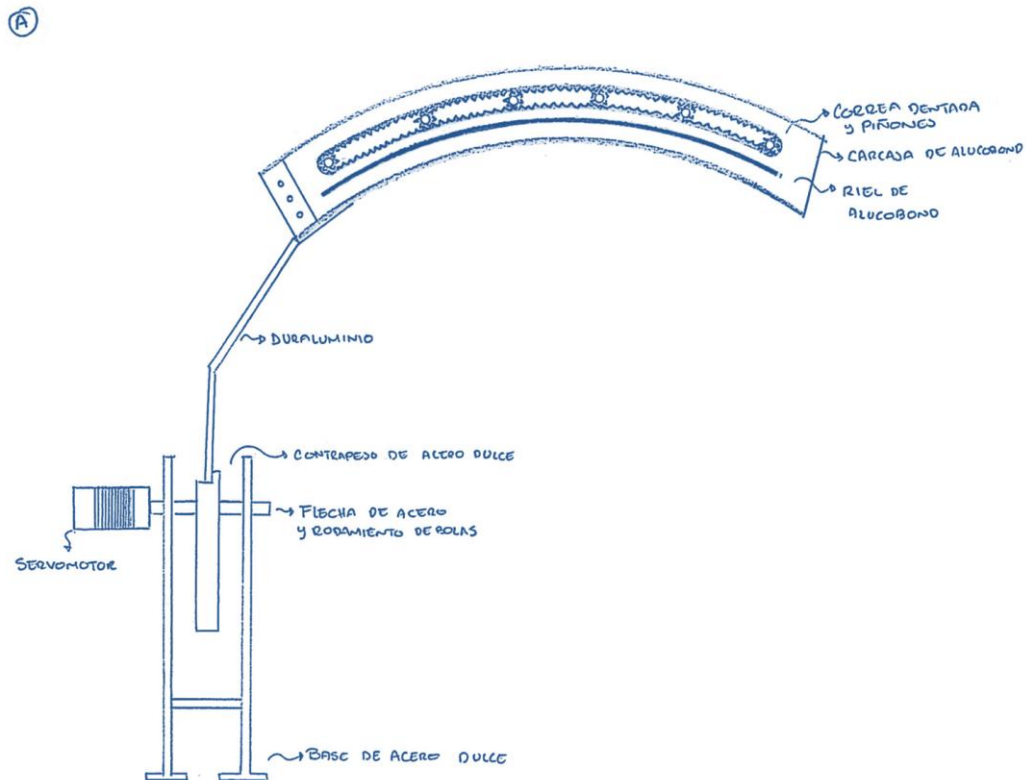


Figura 44. Concepto A para la bóveda.

- B. Uniendo los conceptos 4 del sistema de horas y el 1 de sistemas de fechas se propone para las horas una base de duraluminio® de forma recta, unida y/o empotrada con tornillos cilíndricos con hueco hexagonal, un contrapeso de placa de acero dulce con forma recta, para el sistema mecánico se utiliza una flecha y rodamientos cónicos movidos por un motor paso a paso. Para las fechas se propone un sistema de correas de transmisión que se desplace con un motor paso a paso y conecte al sistema de iluminación por medio de una placa con rodamientos, guiada por un riel hecho de perfil de aluminio, para el brazo una carcasa de duraluminio® de forma curva unida con tornillos de avellanado con hueco hexagonal, como se muestra en la figura 45.

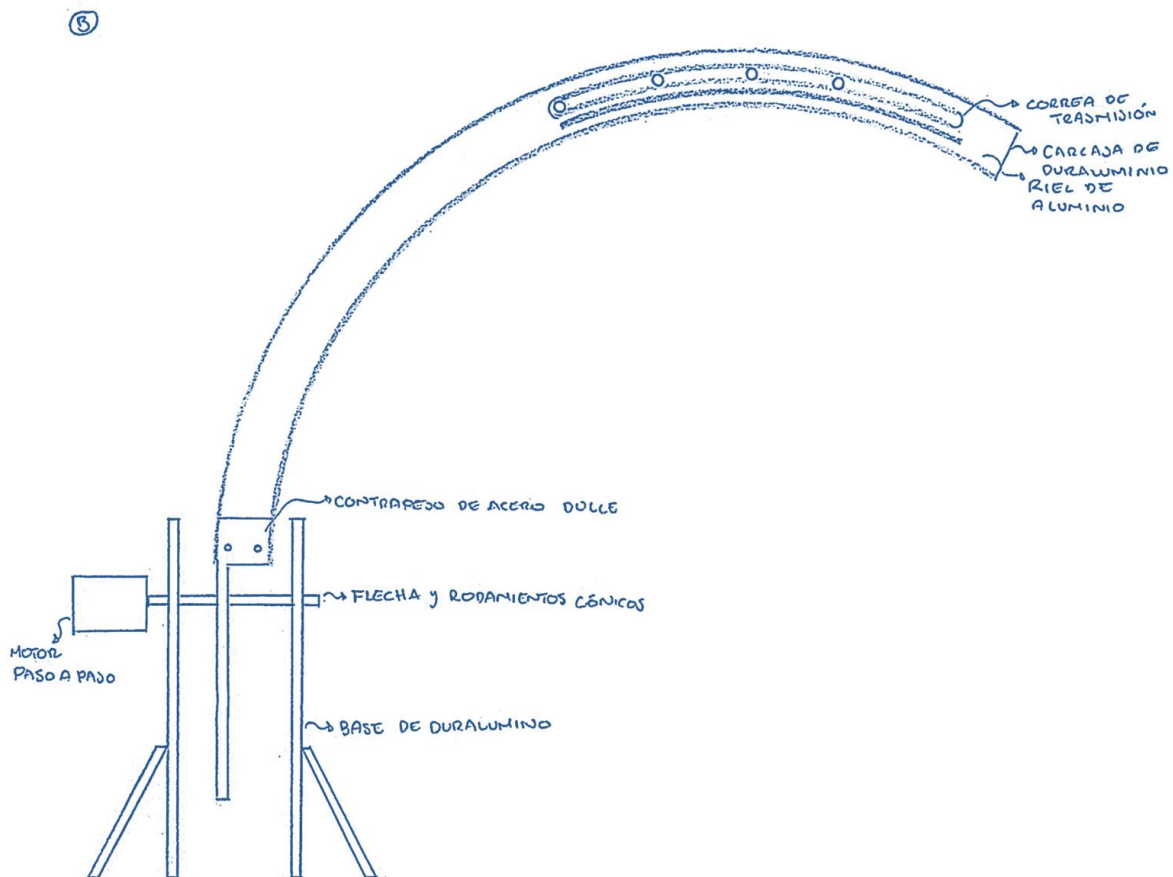


Figura 45. Concepto B para la bóveda.

Los conceptos mejorados de la bóveda se evalúan para seleccionar el que mejor satisfaga los requerimientos, así como la posibilidad de ser elaborado y éste dentro del presupuesto del proyecto como se muestra en la tabla 33.

Tabla 33. Matriz de puntuación de conceptos para la bóveda.

Matriz de puntuación de conceptos					
Calificación para el desempeño del 1 al 3, siendo 1 para mal desempeño, 2 para regular y 3 Óptimo .	Conceptos				
	A			B	
Criterios de selección	Peso	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada
El mecanismo de la base permite simular las horas correctamente.	16%	3	0.48	2	0.32
El mecanismo del brazo permite simular las fechas correctamente.	16%	3	0.48	3	0.48
Los motores permiten activar los mecanismos y posicionarlos con márgenes de error aceptables.	10%	3	0.3	2	0.2
La operación de la bóveda es accesible.	9%	2	0.18	2	0.18
El diseño de la bóveda considera criterios de ergonomía para su óptimo comportamiento en relación con el usuario.	10%	3	0.3	2	0.2
El diseño en la bóveda plantea una forma estética y funcional.	9%	2	0.18	3	0.27
Los materiales de la bóveda contribuyen a la estabilidad para la realización movimientos.	9%	3	0.27	1	0.09
Los conectores funcionan de forma eficiente y segura.	6%	2	0.12	2	0.12
El diseño permite una operación sin riesgo para el usuario.	6%	2	0.12	2	0.12
El proceso de manufactura tiene un grado de complejidad medio.	9%	3	0.27	1	0.09
Puntuación Total Rango			2.7		2.07
¿Continúa?			Desarrollar		No

El concepto que cumple con los mayores criterios es el concepto A, las razones más importantes por la que éste concepto fue seleccionado es por los materiales, ya que se busca que la carcasa del sistema de horas sea ligera pues el peso total del sistema de horas debe ser calculado en relación al contrapeso, también por el tamaño del algunas piezas que serían muy difíciles de maquinar en duraluminio®.

Se presenta un modelado del concepto A en el cual se muestran el sistema de horas, el sistema de iluminación, así como un detalle del sistema de fechas. (Figura 46)



Figura 46. Modelado del concepto seleccionado para la bóveda.

Con ayuda de las matrices de funciones se generaron una serie de conceptos tanto para el sistema de horas como para el sistema de fechas, los cuales se evaluaron y mejoraron para obtener el diseño total de la bóveda.

CAPITULO 6 DISEÑO DE DETALLE



6.1. Introducción.

Una vez definidos los conceptos y teniendo como referencia los primeros modelados, se procede a diseñar de manera más precisa todas las piezas requeridas mediante el software de CAD/CAM/CAE Solidworks®, en este proceso no solo se incluyen las formas geométricas, las medidas y los barrenos si es que se requieren, así como los elementos de unión que se planean utilizar, con la finalidad de integrarlos en un ensamble y ver que las piezas estén técnicamente listas para producirse.

Teniendo el ensamble completo de la bóveda se realizan simulaciones simples de los movimientos que llevaran a cabo los mecanismos propuestos, lo que permite observar si los mecanismos propuestos trabajaran de manera correcta, las piezas son sometidas a simulaciones de funcionamiento, para determinar el tamaño del torque que requiere el motor se aplican materiales a las piezas adquiriendo así las propiedades de masa, centroide, resistencia, etc., y tener una referencia de las características de los motores de manera analítica.

Una vez detallado y evaluado el modelo 3D se comienza el proceso de elaboración de las piezas, las cuales en su mayoría se fabricaran utilizando la maquinaria y herramienta con las que cuentan los talleres de la universidad.

6.2 Materiales.

Parte importante de este capítulo es la aplicación a cada pieza modelada de los materiales correspondientes o similares a lo planteado en la parte de conceptualización, por lo que se presentan algunas características de estos materiales.

6.2.1 Acero.

Según la norma UNE EN 10020:2001 define al acero como aquel material en el que el hierro es el elemento predominante, el contenido en carbono es, generalmente inferior al 2% y contiene además a otros elementos.

El límite superior del 2% en el contenido de carbono (C) es el límite que separa al acero de la fundición. En general, un aumento del contenido de carbono en el acero eleva su resistencia a la tracción, pero como contrapartida incrementa su fragilidad en frío y hace que disminuya la tenacidad y la ductilidad.

6.2.1.1 Acero Dulce.

Cuando el porcentaje de carbono es del 0,25% máximo se obtiene el acero dulce. Estos aceros tienen una resistencia última de rotura en el rango de 48-55 kg/mm² y una dureza Brinell en el entorno de 135-160 HB. Son aceros que presentan una buena soldabilidad aplicando la técnica adecuada.

Aplicaciones: Piezas de resistencia media de buena tenacidad, deformación en frío, embutición, plegado, herrajes, etc., [18].

Para esta tesis algunas piezas que se realizan en este material son el contrapeso, las bases y los soportes.

6.2.1.2 Acero inoxidable.

Los aceros inoxidables son una gama de aleaciones que contienen un mínimo de 11% de cromo. El cromo forma en la superficie del acero una película pasivante, extremadamente delgada, continua y estable. Esta película deja la superficie inerte a las reacciones químicas. Esta es la característica principal de resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables.

Los aceros inoxidables tienen una resistencia a la corrosión natural que se forma automáticamente, es decir no se adiciona. Tienen una gran resistencia mecánica, de al menos dos veces la del acero al carbono, son resistentes a temperaturas elevadas y a temperaturas criogénicas. Son fáciles de transformar en gran variedad de productos y tiene una apariencia estética, que puede variarse sometiendo el acero a diferentes tratamientos superficiales para obtener acabado espejo, satinado, coloreado, texturizado, etc., [19].

Para el proyecto se planea utilizar este material en la elaboración de la flecha.

6.2.2 Acrílico.

Poli (metacrilato de metilo) (PMMA) es un termoplástico transparente, químicamente es el polímero sintético de metacrilato de metilo, conocido comúnmente vidrio acrílico.

El PMMA se utiliza a menudo como una alternativa al cristal, y en competencia con policarbonato (PC) es preferido debido a sus propiedades de fácil manejo, procesamiento y bajo costo. Entre sus propiedades se encuentra una densidad de 1,150-1,190 kg /m³, esto es menos de la mitad de la densidad del vidrio, y similar a la de otros plásticos, tiene una buena fuerza de impacto superior a la de vidrio o poliestireno, pero significativamente inferior a la de los polímeros de policarbonato o de ingeniería, es más suave y más fácil de rasgar que el vidrio, transmite hasta el 92% de la luz visible (3 mm de espesor), y da un reflejo de alrededor del 4% de cada una de sus superficies debido a su índice de refracción; tiene una excelente estabilidad del medio ambiente en comparación con otros plásticos como el policarbonato, y por lo tanto a menudo el material de elección para aplicaciones al aire libre; su resistencia a los solventes es poca, ya que se hincha y se disuelve fácilmente [20].

Las piezas que se realizan de este material son las que se encargaran de sostener los potenciómetros.

6.2.3 Alucobond®.

El alucobond® es un panel compuesto por dos láminas de cubierta de aluminio y un núcleo de plástico, este composite es rígido, resistente a los golpes, a la presión y al doblado; es ligero y tiene una alta resistencia a la rotura, resistencia a la intemperie, amortiguación de las vibraciones, limpieza y mantenimiento simples [21].

El alucobond® será utilizado en la elaboración de los rieles y carcasa de la bóveda.

6.2.4 Aluminio.

Es un elemento químico clasificado como un metal no ferromagnético, entre sus propiedades se encuentra que es un elemento muy abundante en la naturaleza, sólo aventajado por el oxígeno. Se trata de un metal ligero, con una densidad de 2700 kg/m^3 , y con un bajo punto de fusión ($660 \text{ }^\circ\text{C}$). Su color es blanco y refleja bien la radiación electromagnética del espectro visible y el térmico. Es buen conductor eléctrico (entre 35 y $38 \text{ m}/(\Omega \text{ mm}^2)$) y térmico (80 a $230 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$).

Mecánicamente es un material blando (Escala de Mohs: 2-3-4) y maleable. En estado puro tiene un límite de resistencia en tracción de $160\text{-}200 \text{ N/mm}^2$ ($160\text{-}200 \text{ MPa}$). Todo ello le hace adecuado para la fabricación de cables eléctricos y láminas delgadas, pero no como elemento estructural. Para mejorar estas propiedades se alea con otros metales, lo que permite realizar sobre él operaciones de fundición y forja, así como la extrusión del material. También de esta forma se utiliza como soldadura [22].

El aluminio se utilizara para elaborar la brida en el sistema mecánico.

6.2.5 Duraluminio®.

Duraluminio® (también llamado duraluminum, duraluminio o dural) es el nombre comercial de uno de los tipos más tempranos de aleaciones de aluminio. Los componentes de aleación principales son cobre, manganeso y magnesio. Un equivalente moderno de uso general de este tipo de la aleación es AA2024, que contiene cobre 4.4%, magnesio 1.5% y 0.6% manganesos.

Es una aleación de las más usadas, dentro de los aluminios, que permite aplicaciones hasta ahora reservadas a los aceros, como son tornillería, automoción, moldes de soplado, mosquetones y utensilios, entre otros [23].

Este material se utilizara para elaborar la unión entre el sistema de fechas y el sistema de horas, así como las tapas de los rodamientos.

6.2.6 Nylamid®.

Es una marca de nylon, los nylons también se llaman poliamidas, debido a los característicos grupos amida en la cadena principal. Estos grupos de amidas son muy polares y pueden unirse entre sí mediante enlaces por puente de hidrógeno. Debido a esto y a que la cadena de nylon es tan regular y simétrica, los nylons son a menudo cristalinos, y forman excelentes fibras. Los nylons han encontrado campos de aplicación como materiales plásticos en aquellos sectores o usos particulares donde se requiere más de una de las propiedades siguientes: alta tenacidad, rigidez, buena resistencia a la abrasión, buena resistencia al calor.

Entre las aplicaciones más importantes se encuentran, en el campo de la ingeniería mecánica los asientos de válvulas, engranajes en general, excéntricas, cojinetes, rodamientos, etc. Además las piezas de nylon pueden funcionar frecuentemente sin lubricación, son silenciosas, pudiendo en muchos casos moldearse en una sola pieza evitándose el ensamblado de las diferentes piezas metálicas o el uso de máquinas caras con la consiguiente pérdida de material [24].

Este material se utilizara en la elaboración de piezas para el sistema de arrastre para el sistema de fechas gracias a sus propiedades.

6.3 Modelado tridimensional por computadora.

Después de haber seleccionado el concepto se elabora un prototipo enfocado, definiendo al prototipo como una aproximación hacia el producto final junto con una o más dimensiones de interés. Existen los prototipos enfocados, los cuales se dividen en físicos y analíticos, los prototipos físicos son artefactos tangibles que permiten realizar pruebas y experimentación, y los prototipos analíticos que representan al producto de una manera no tangible, siendo estas simulaciones por computadora, ecuaciones en hoja de cálculo y modelos de computadora de geometría tridimensional. Los prototipos se utilizan para verificar si el diseño funciona y si logra satisfacer las necesidades del usuario y permiten decidir sobre el diseño, las formas, materiales, medidas, entre otros aspectos[3].

Para esta tesis se utiliza el modelado por computadora 3D, estos modelos representan diseños como conjuntos de entidades en 3D, cada una por lo general creada por figuras geométricas, como son los cilindros, esferas, bloques y agujeros.

Las ventajas del modelado incluyen la capacidad de visualizar fácilmente la forma tridimensional del diseño; la capacidad de calcular de manera automática propiedades físicas como son la masa y el volumen, así como crear descripciones más enfocadas, como son las vistas. También se puede detectar la interferencia geométrica entre las piezas.

Para realizar el prototipo analítico de la bóveda se utiliza el programa SolidWorks®, en el cual se representan las medidas y las geometrías predominantes que darán un margen para elegir el tipo de maquinaria y herramienta posible a utilizar en la elaboración del prototipo físico, se simulan los ensambles de las piezas, se definen y aplican los materiales ya que el programa cuenta con la opción de dotar de masa a las piezas permitiendo realizar una simulación del trabajo mecánico de los diferentes sistemas.

6.3.1 Modelado del sistema de iluminación.

El primer modelado que se realiza es el sistema de iluminación, en la tabla 34 se muestra el propósito, es decir la finalidad de realizar el modelado, el nivel de aproximación que llevara el modelado y el perfil de prueba para evaluarlo.

Tabla 34. Prototipo modelado del sistema de iluminación.

Nombre del prototipo	Sistema de iluminación	
Propósito (aprendizaje, comunicación, integración o verificación)	Conocer las medidas, los materiales y la geometría de cada una de las piezas, así como integrarlas en un ensamble.	
Nivel de aproximación	Precisión en la geometría y las medidas, una aproximación en los materiales y precisión en el ensamble.	
Perfil del plan de prueba	Verificar que la geometría y las medidas sean las correctas mediante en ensamble.	



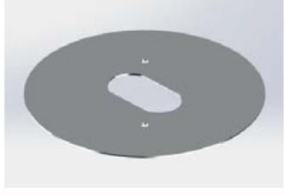
La figura 47 presenta un explosivo de todo el sistema de iluminación para apreciar el orden y ubicación de las piezas que lo integran.



Figura 47. Explosivo del sistema de iluminación.

La siguiente tabla muestra la geometría de cada una de las piezas, una breve descripción de su función, los materiales, las medidas más representativas y el número de piezas requeridas para el sistema de iluminación, véase en la tabla 35.

Tabla 35. Modelado de las piezas que integran el sistema de iluminación.


Modelado de piezas que integran el sistema de iluminación.				
Pieza	Descripción	Material	Medidas generales	No. de piezas
<p>Difusor</p> 	<p>Pieza de forma cilíndrica que gracias a la serie de barrenos y el material ayuda a disipar el calor generado por el led, también tiene la función de cerrar la parte superior del sistema de iluminación.</p>	Aluminio	<p>ϕ1externo 50.10mm, ϕ2externo 42.10mm y ϕ interno 36.10mm</p>	1
<p>Luminaria</p> 	<p>Pieza comercial que concentra y dirige la luz, es el cuerpo del sistema de iluminación. Por su diseño disipa parte del calor que el led emite.</p>	Aluminio y plástico	<p>ϕ superior 49.90mm y ϕ inferior 95.00mm</p>	1
<p>Base para el led</p> 	<p>Pieza circular que sirve de base para colocar el led dentro de la luminaria.</p>	Lámina de aluminio	ϕ 61.80mm	1

<p style="text-align: center;">Led</p> 	<p>Led de alta potencia de 10 watts, se adquiere en el mercado.</p>		<p>45.00mm X 27.94mm</p>	<p>1</p>
<p style="text-align: center;">Lente</p> 	<p>Lente de cristal cóncava convexa que logra aumentar la iluminación en la luz generada.</p>	<p>Cristal</p>	<p>ø 73.00mm</p>	<p>1</p>
<p style="text-align: center;">Arillo antiderrapante</p> 	<p>Pieza comercial que impide el daño y derrape del lente, resiste temperaturas hasta de 60°.</p>	<p>Goma</p>	<p>ø exterior 90.20mm y ø interior 74.20mm</p>	<p>1</p>
<p style="text-align: center;">Arillo se sujeción</p> 	<p>Arillo que da soporte y ayuda a sujetar la lente.</p>	<p>Lámina de aluminio</p>	<p>ø exterior 95.50mm y ø interior 73.50mm</p>	<p>1</p>
<p style="text-align: center;">Tornillos</p> 	<p>Tornillos comerciales (cabeza ranurada en cruz).</p>	<p>Chapa metálica</p>	<p>1/8" x 1/2"</p>	<p>4</p>

6.3.2 Modelado del sistema de horas.

Se elabora la tabla 36, que muestra el prototipo analítico, es decir el modelado del sistema de horas en Solidworks® con el fin de conocer el propósito, el nivel de aproximación y el perfil del plan de prueba.

Tabla 36. Prototipo modelado del sistema de horas.

Nombre del prototipo	Sistema de horas	
Propósito (aprendizaje, comunicación, integración o verificación)	Conocer las medidas, los materiales, la geometría y los pesos de cada una de las piezas, así como integrarlas en un ensamble y por medio de una simulación verificar el sistema mecánico.	
Nivel de aproximación	Precisión en la geometría y las medidas, una aproximación en los materiales y precisión en el ensamble.	
Perfil del plan de prueba	Verificar que la geometría, las medidas y los mecanismos sean correctos mediante en el ensamble y la simulación.	





La figura 48 presenta un explosivo de todo el sistema de horas con la finalidad de apreciar el orden y ubicación de las piezas que conforma este sistema.



Figura 48. Explosivo del sistema de horas.

Se presenta la tabla 37 con las piezas que integran el sistema de horas con una descripción de la geometría y la función que realiza cada pieza, el material que se plantea utilizar y el número de piezas que se requieren.

Tabla 37. Modelado de las piezas que integran el sistema de horas.

Modelado de piezas que integran el sistema de iluminación.				
Pieza	Descripción	Material	Medidas generales	No. de piezas
<p>Placa de anclaje</p> 	<p>Pieza de forma cuadrada con ojales para posicionar el sistema de horas de forma precisa con respecto a la plataforma.</p>	Acero dulce	240mm X 240mm	1
<p>Base</p> 	<p>Pieza de forma rectangular con barrenos para posicionarse sobre la palca de anclaje.</p>	Acero dulce	240 mm X 200mm	1
<p>Soporte Vertical</p> 	<p>Placa con forma rectangular predominante, con barrenos para incrustar baleros, así como para los soportes horizontales y para los tornillos.</p>	Acero dulce	900mm X 145mm	2
<p>Soporte Horizontal</p> 	<p>Barra que permite unir los soportes verticales.</p>	Acero dulce	ø1 23.00mm, ø2 25.00mm y 68.00mm de largo	4
<p>Extensión sistema fechas</p> 	<p>Pieza de forma rectangular predominante, tiene un doblez con un ángulo de 60°, requiere de barrenos para ensamble con la brida, ensamble con el sistema de horas y para dejar pasar la flecha.</p>	Aluminio	670mm X 145mm	1
<p>Flecha</p> 	<p>Barra con moleteado en el centro para ensamble con la brida y barrenos en los extremos para encajar el eje del motor y el eje de un potenciómetro, así como barrenos para opresores.</p>	Acero inoxidable	ø 25mm	1

<p>Brida</p> 	<p>Disco con el centro barrenado para ensamble con la flecha, barrenos para ensamble con la extensión del sistema de fechas.</p>	<p>Aluminio</p>	<p>øexterno 73.50mm, øinterno 25.40mm</p>	<p>1</p>
<p>Contrapeso</p> 	<p>Forma rectangular predominante, con extensión y barrenos para el ensamble con la extensión del sistema de fechas.</p>	<p>Acero dulce</p>	<p>380mm X 380mm</p>	<p>1</p>
<p>Tapa para rodamientos</p> 	<p>Forma cuadrada predominante con barrenos para dejar pasar el eje y para tornillos, con concavidad para sujetar el balero.</p>	<p>Aluminio</p>	<p>60mm X 60mm</p>	<p>2</p>
<p>Rodamientos</p> 	<p>Rodamientos comerciales.</p>	<p>Acero</p>	<p>øexterno 52mm, øinterno 25mm</p>	<p>2</p>
<p>Tornillos</p> 	<p>Tornillos de avellanado con hueco hexagonal.</p>	<p>Chapa metálica</p>	<p>5/16" x 3/4"</p>	<p>15</p>
<p>Opresores</p> 	<p>Opresores con hueco hexagonal.</p>	<p>Chapa metálica</p>	<p>3/16 X 1/2"</p>	<p>3</p>

6.3.3 Modelado del sistema de fechas.

Se presenta también para el sistema de fechas la tabla 38, la cual es una tabla del prototipo con la finalidad de conocer el propósito, el nivel de aproximación y el perfil del plan de prueba del modelado.

Tabla 38. Prototipo modelado del sistema de fechas.

Nombre del prototipo	Sistema de fechas	
Propósito (aprendizaje, comunicación, integración o verificación)	Conocer las medidas, los materiales, la geometría y los pesos de cada una de las piezas, así como integrarlas en un ensamble.	
Nivel de aproximación	Precisión en la geometría y las medidas, una aproximación en los materiales.	
Perfil del plan de prueba	Verificar que la geometría y las medidas sean correctos mediante el ensamble.	

Para conocer el orden y la ubicación de las piezas de forma general se presenta un explosivo del sistema de fechas, así como el sistema de arrastre para poder apreciar las piezas que lo conforman, como se muestra en la figura 49 y la figura 50.

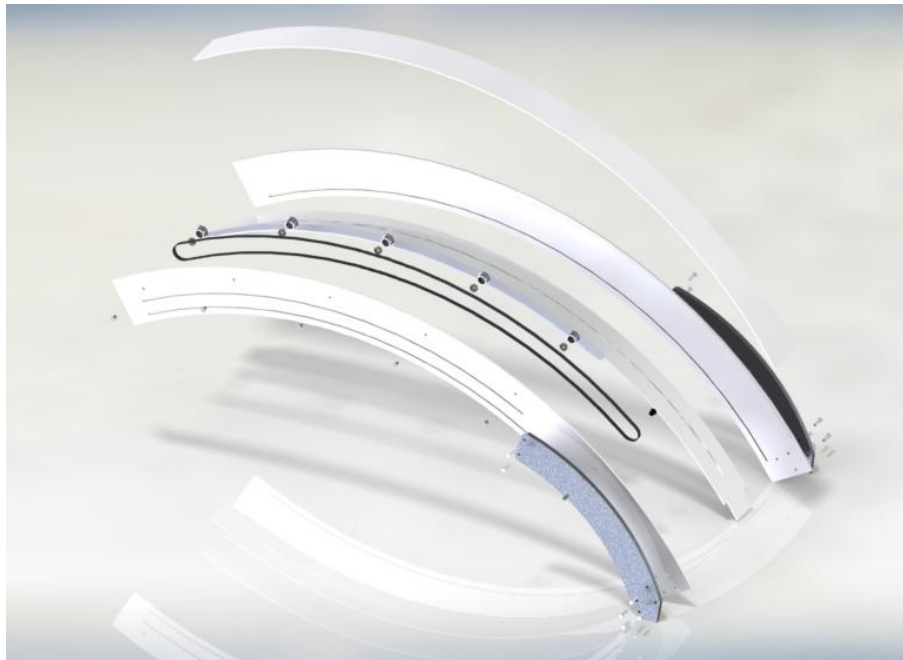


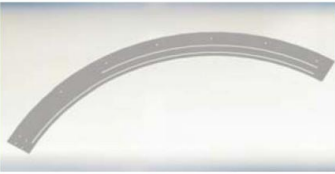



Figura 49. Explosivo del sistema de fechas.



Figura 50. Explosivo del sistema de arrastre.

En la tabla 39 se presentan las piezas diseñadas y las piezas comerciales que conforman el sistema de fechas, cada una con una descripción de su función, el material, las medidas generales y el número de piezas necesarias para integrar el sistema de fechas.

Tabla 39. Modelado de las piezas que integran el sistema de fechas.

Modelado de piezas que integran el sistema de iluminación.				
Pieza	Descripción	Material	Medidas generales	No. de piezas
 <p>Tapa 1 lateral</p>	Tapa lateral en forma de arco que sujeta las poleas y rieles para el sistema mecánico.	Alucobond	Arco de \varnothing interior 1900mm y \varnothing exterior 2200mm	1
 <p>Tapa 2 lateral s</p>	Tapa lateral en forma de arco que une al riel inferior y a la tapa superior.	Alucobond	Arco de \varnothing interior 1900mm y \varnothing exterior 2200mm	1
 <p>Tapa superior</p>	Tapa superior, tira en forma de arco, para el sistema de fechas.	Alucobond	Arco de \varnothing 2200mm y 100mm de ancho	1
 <p>Riel inferior</p>	Tira en forma de arco que funciona como riel y soporta para el sistema de horas.	Alucobond	Arco de \varnothing 1900mm y 100mm de ancho	1

<p>Riel de banda</p> 	<p>Tira en forma de arco que guía la grapa y la banda para que su trayectoria sea curva.</p>	<p>Alucobond</p>	<p>Arco de \varnothing 2100mm y 35mm de ancho</p>	<p>1</p>
<p>Soporte exterior</p> 	<p>Soporte con forma predominante de segmento de arco que sirve para unir el sistema de horas con el sistema de fechas.</p>	<p>Duraluminio</p>	<p>Arco de \varnothing exterior de 1080mm y \varnothing interior de 920mm</p>	<p>2</p>
<p>Soporte interior</p> 	<p>Soporte con forma predominante rectangular que sirve para unir el sistema de horas con el sistema de fechas.</p>	<p>Duraluminio</p>	<p>150mm X 85mm</p>	<p>2</p>
<p>Sistema de arrastre 1</p> 	<p>Pieza de múltiples geometrías que se une a la grapa y permite el desplazamiento de la lámpara con ayuda de ejes y llantas.</p>	<p>Duraluminio</p>	<p>50mm X 75mm</p>	<p>1</p>
<p>Sistema de arrastre 2</p> 	<p>Pieza de múltiples geometrías que se une a la lámpara y permite el desplazamiento con ayuda de llantas y ejes.</p>	<p>Duraluminio</p>	<p>30mm X 75mm</p>	<p>1</p>
<p>Ruedas del sistema de arrastre</p> 	<p>Sistema de ejes y llantas, piezas comerciales que ayudan a desplazar la lámpara por el riel.</p>		<p>\varnothing de llantas 24.5mm, \varnothing de ejes 7.5mm y largo de ejes 26.5mm</p>	<p>8</p>
<p>Soporte para sistema de iluminación</p> 	<p>Soporte de formas curvas que sostiene, posiciona y une al sistema de arrastre el sistema de iluminación.</p>	<p>Duraluminio</p>	<p>94.50mm X 60mm</p>	<p>1</p>
<p>Grapa para sistema de arrastre</p> 	<p>Grapa integrada por dos piezas de acrílico que sujetan y presionan la banda y una pieza de nylamid que nivela la altura y distancias para que la lámpara se posiciones de manera precisa.</p>	<p>Acrílico y nylamid</p>	<p>Ancho 37.50mm X largo 47mm para el acrílico y largo 20mm para le nylamid</p>	<p>1</p>

<p>Banda dentada</p> 	<p>Banda dentada, pieza comercial, que se desplaza por el riel junto con la grapa, el sistema de arrastre y la lámpara.</p>		<p>48" de perímetro</p>	<p>1</p>
<p>Eje para polea</p> 	<p>Pieza de geometría cilíndrica que permite el giro de las poleas.</p>	<p>Acero</p>	<p>∅ 7.5mm y ∅12mm</p>	<p>5</p>
<p>Rodamiento para polea</p> 	<p>Pieza comercial que permite el giro de la polea.</p>		<p>∅ interno 7.5mm y ∅ externo 19mm</p>	<p>5</p>
<p>Piñón</p> 	<p>Piñón, pieza comercial que provee, mediante el motor, movimiento a la banda encajando dientes y ranuras con los de la banda.</p>		<p>∅ externo 16 y ∅ de dentado 12mm</p>	<p>1</p>
<p>Tornillos</p> 	<p>Tornillos de avellanado con hueco hexagonal.</p>	<p>Chapa metálica</p>	<p>5/32" X 1/2"</p>	<p>32</p>

En total para todo el modelo de la bóveda se proponen 140 piezas, entre piezas diseñadas, piezas comerciales y tornillería.

6.4 Construcción de prototipo integral.

Una vez listo el modelo 3D, se generan los planos constructivos de todas las piezas diseñadas (apéndice) donde se muestran dimensiones, vistas, isométricos y explosivos, para elaborar cada una de ellas y poder obtener el modelo físico de la bóveda, que en este caso se elabora un prototipo físico integral, ya que se implementan todos los atributos del producto, y es una versión totalmente operacional y a escala completa, por lo que se tiene la ventaja de ser evaluada por los usuarios con el fin de identificar los defectos del diseño.

La razón de realizar un prototipo físico es para comprobar que el diseño sea correcto no solo geoméricamente, también se podrán ver los comportamientos o fallas inesperadas que

pueden afectar el desempeño del diseño, teniendo la oportunidad de corregirlos a este nivel de prototipo, en estos casos el prototipo físico puede servir como una herramienta para detectar fenómenos perjudiciales no anticipados.

6.4.1 Prototipo del sistema de iluminación.

Se presenta un resumen de los procesos y herramientas utilizados para la elaboración o adecuación de las piezas que integran el sistema de iluminación.

Difusor



Difusor



Esta pieza se elabora con una barra de 4" de aluminio, la cual se rebaja para conseguir los diámetros exteriores. Para el interior se barrena con una broca de 1" y se tornea el resto para conseguir el diámetro interno.

En el perímetro de la pieza se realizan 6 barrenos con ayuda del cabezal divisor, el taladro de banco y una broca de 1/4" con la finalidad de ayudar a disipar el calor y aligerar la pieza, se rompen las aristas vivas con lima y lijas.

Luminaria



Para la luminaria se realizan 4 barrenos en el taladro de banco con una broca de 1/8" en la base inferior para ensamble.

Base para led



Se corta un segmento de lámina con cizalla, se barrenan 4 perforaciones para el ensamble y cableado del led, se perfora el centro con la forma del led y se corta el contorno con tijeras para metal, se rompen las aristas vivas con esmeril y limas.

Led



Para el óptimo funcionamiento del Led se realizan pruebas de voltaje de operación, para determinar la cantidad de voltaje que necesita y controlarlo por medio de un circuito, así como midiendo las temperaturas que alcanza con un termopar y un sensor de temperatura laser para verificar que no rebasen su rango de operación y prolongar su tiempo de vida.

Lente



Para adecuar el diámetro y forma de la lente se realiza el corte de un segmento y el desbaste del contorno, este arreglo se realiza fuera de la universidad, pues no se cuenta con las herramientas necesarias para poder llevarlo a cabo.



Arillo



La elaboración del arillo se realiza marcando el contorno de la pieza sobre la lámina, se corta este segmento con la cizalla, se barrena en el centro con un sacabocado de 2" de diámetro en el taladro de banco, el exterior se corta y redondea con la cizalla y tijeras para metal, el contorno de la pieza se pasa por el esmeril con el fin de redondearla, finalmente se rompen las aristas vivas con una lima bastarda y lijas de agua.

Goma antiderrapante



Se adquirió esta goma con las dimensiones aproximadas a la parte inferior de la luminaria, por lo que solo se realizan 4 barrenos de 1/8" en el taladro de banco alrededor del perímetro del arillo, con la finalidad de dejar pasar los tornillos de ensamble.

6.4.2 Circuito para el sistema de iluminación.

El sistema de iluminación requiere de una fuente de alimentación de corriente directa (CD), pero que mantenga constante la corriente que se le aplica al led. Para el led de 10W se requiere una corriente de 1 Ampere (A). En el mercado existen fuentes especiales para led's, sin embargo eran costosas por lo que se decidió usar una fuente de voltaje comercial (de 120V de AC a 12V DC y 5 A). Se diseñó y construyó el circuito de la figura 51, el cual tiene como entrada el voltaje de 12V y la convierte a una fuente de corriente constante. Tiene un potenciómetro con el que se le puede regular a una corriente mayor o menor, por lo que se puede usar con led's de mayor o menor potencia.

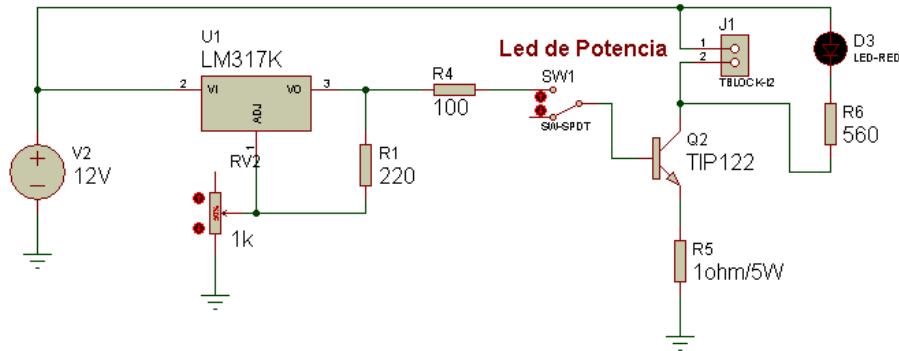


Figura 51. Diagrama del circuito para el sistema de iluminación.

En la figura 52 se muestra una fotografía de la placa de circuito impreso donde se montaron los componentes del diagrama de la figura 51.

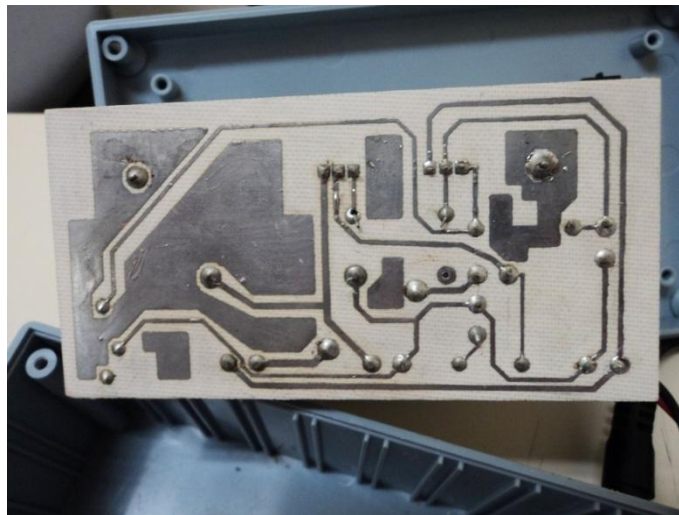


Figura 52. Gravado de placa.

En la figura 53 se muestra una fotografía del mismo circuito con la caja en donde se ensambló. Tiene como entrada la fuente de voltaje de 12V y el interruptor para encender y o apagar la corriente hacia el led. Las salidas son los bornes donde se conecta el led de potencia y un led de color rojo que indica que el circuito esta encendido (figura 54).

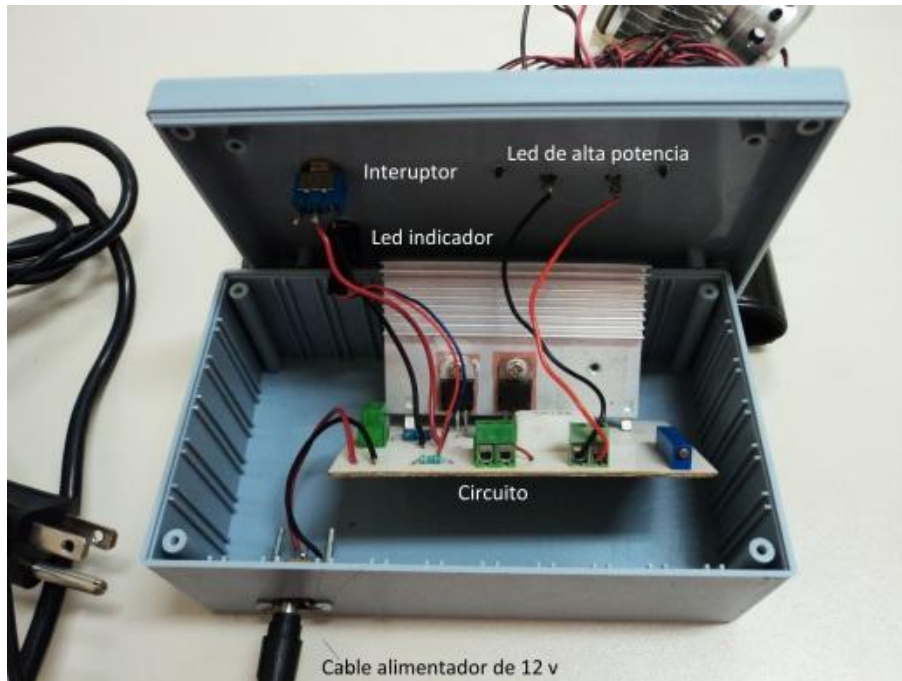


Figura 53. Circuito elaborado.

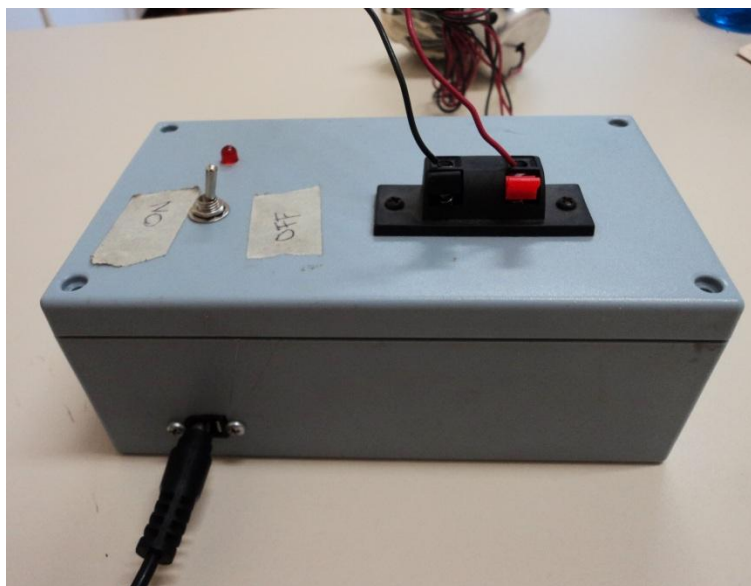


Figura 54. Carcasa del circuito.

6.4.3 Prototipo del sistema de horas.

Se presenta un resumen de los procesos y herramientas utilizados para la elaboración de las piezas del sistema de horas.

Placa de anclaje



Se elabora una base con una placa de acero dulce de 1/4", la cual se corta con soplete de oxiacetileno, se elimina la escoria con marro y cincel, se rectifica con la fresadora manual y se le hacen ojillos con un cortador de 1/2" plano, se matan los filos con lima bastarda, se une por medio de soldadura a la plataforma, se cubre con un tratamiento primario de anticorrosivo y se pinta.

Base



Se corta un rectángulo con soplete de oxiacetileno, se elimina la escoria con marro y cincel, se rectifica con la fresadora manual y cortador de 1/2" plano, se hacen 4 perforaciones en el taladro de banco con una broca de 1/2", se rompen las aristas con una lima bastarda, se aplica una capa de primario anticorrosivo y pintura.

Soporte vertical



Para los soportes verticales se adquieren 2 rectángulos de placa de acero dulce de 1/2", los cuales se maquinan en una fresadora CNC con un cortador plano de 1/2" para rectificar, redondear la parte superior y las perforaciones para colocar los baleros, después se rebarba y se rompen las aristas vivas..



Soporte vertical



También se maquinan 2 cavidades en las caras interiores en cada soporte para ensamblar con los soportes horizontales, estas cavidades llevan un barreno en el centro, el cual se realiza con una broca de 5/16" en el taladro de banco, para unir con tornillos en un extremo y en el otro para poner puntos de soldadura.

Para dar acabado se remueve el recubrimiento del acero, se lustran las superficies con una pulidora y se cubre con barniz.

Soporte Horizontal



Se rectifican en el torno 4 barras de acero para obtener un diámetro uniforme, así como para rebajar el diámetro en los extremos y poder ensamblarlas en los soportes verticales. En uno de los extremos se realiza un barreno de 9/23", se utiliza un machuelo de 5/16" para marcar la cuerda y poder ensamblar con torillos.

El otro extremo las barras se acoplan y se soldan a uno de los soportes.

Tapas para baleros

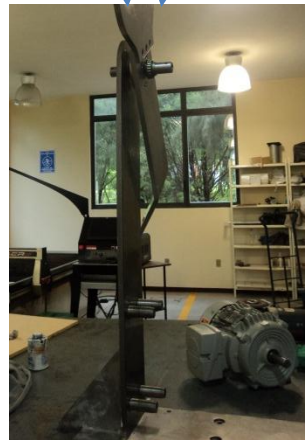


Las tapas se maquinan en la fresadora CNC con un cortador de 3/16", el mismo maquinado realiza una concavidad para insertar parte del balero, a cada tapa se le hacen 4 barrenos de 3/16" para ensamblar, se rompen las aristas con una lima bastarda y con lijas de agua. Se realizan varias pruebas y ajustes en las tapas para que los baleros encajen a la perfección.

Extensión sistema de fechas



Esta pieza se elabora con un rectángulo de placa de duraluminio® de 13 mm, el cual se corta con una sierra de disco, la parte para en ensamble con la carcasa de este rectángulo se maquina en la fresadora CNC con un cortador de 3/16", este segmento requiere de un doblar el cual se realiza aplicando calor con soplete de oxiacetileno y fundente, para dar el ángulo necesario se utiliza la dobladora.

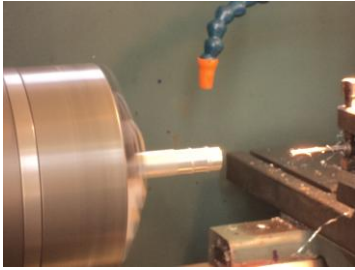


Extensión sistema de fechas



El resto de la pieza se rectifica en la fresadora manual con un cortador de 3/4", se rompen las aristas con una lima bastarda, en la parte inferior se perfora el hueco para dejar pasar la flecha con el taladro de banco y una broca de 63/64", los barrenos para unir la brida se realizan con una broca 3/16" y un avellanador, para la unión con el contrapeso se hacen 3 barrenos con una broca 9/32" y para hacer cuerda se utiliza un machuelo de 5/16".

Flecha



La flecha se elabora a partir de una barra de acero inoxidable, la cual es torneada para rectificar y dar el diámetro de 25mm, con una broca de 9/32" se realiza una concavidad en el centro de una de las caras planas para el ensamble con el eje del motor, en la otra cara plana se barrena con una broca de 3/16" para colocar un potenciómetro.

Flecha

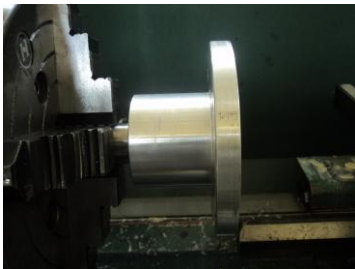


En la cara perimetral se realizan barrenos para colocar 2 opresores que ayuden a vincular el eje del motor con la flecha, de igual forma se barrena para acoplar el eje del potenciómetro con una broca de 5/32" y machuelo de 3/16". Para unir el eje con la brida se realiza un moleteado en el centro de 1/2" de ancho.



Brida

Contrapeso



La elaboración de la brida se realiza a partir de una barra de aluminio de 4", la cual se rebaja en el torno para obtener un diámetro de 73.50mm, se barrena el centro con una broca de 63/64" para ensamblar con el eje, en el taladro de banco y con ayuda del cabezal divisor se hacen 4 barrenos de 9/32" y poder hacer una cuerda con un machuelo de 5/16" para unir con sistema de horas.



Se adquiere un rectángulo de 40X40 cm de placa de acero dulce de 3/4", se elimina la escoria de las orillas, se maquina para rectificar y redondear las esquinas en la fresadora CNC con un cortador de 1/2", se realizan 3 barrenos, para unión del sistema de horas, con una broca de 5/16" en la fresadora manual, se realiza un avellanado en los barrenos, se quita el recubrimiento y se lustra con la pulidora, se rompen las aristas vivas con lima y se coloca una capa de barniz.

6.4.4 Prototipo del sistema de fechas.

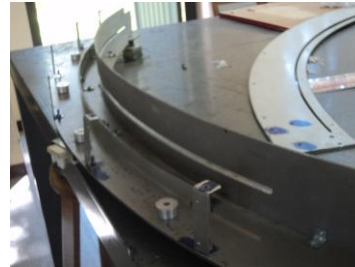
Se presenta un resumen de los procesos y herramientas utilizados para la elaboración de las piezas del sistema de fechas.

Tapas laterales



Debido a las dimensiones las tapas laterales se mandan a maquinar con hidrocorte o corte con chorro de agua, los dos segmentos de arco llevan unas ranuras para ensambles, disponiendo de estas se realizan una serie de barrenos para ensamble de piezas, y a la tapa que lleva el sistema de arrastre se le realizan perforaciones con una broca 9/32" con un taladro de mano para colocar los ejes de las poleas.

Tapa inferior



Para la tapa inferior se corta una tira de la placa de alcobond® con la sierra de disco, se ranura con la fresadora manual y un cortador de 1/4", se realizan unos cortes en los extremos para el ensamble con los laterales y en la roladora se le da la curvatura.

Riel



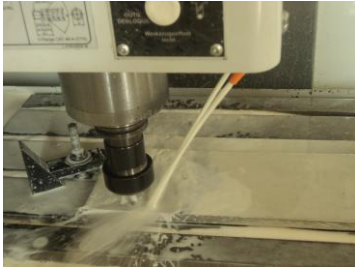
El riel del sistema de arrastre se elabora con una tira delgada de alucobond®, se le dejan un par de pestañas para el ensamble y en la roladora se le da la curvatura. Para dar rigidez y reforzar el ensamble se colocan escuadras con tornillos 5/32".

Tapa superior



Se corta una tira de alucobond® con la sierra de disco, se le da la curvatura en la roladora, para ensamblar se elaboran una serie de costillas de acero inoxidable que se unen con tornillos autobarrenables.

Soporte exterior



Los soportes se elaboran cortando con la sierra de disco un segmento de placa de duraluminio®, se maquinan en la fresadora CNC con un cortador de 3/16", se rompen las aristas vivas con lima bastarda, se barrenan 9 perforaciones, con una broca de 1/4" en el taladro de banco, para cada uno de los soportes y se ensamblan a la carcasa con tornillos.

Soporte interior



Los soportes interiores se maquinan en la fresadora CNC con un cortador de 3/16", se rompen las aristas vivas con lima bastarda y se realizan 5 barrenos en el taladro de banco con ayuda de una broca de 1/4".

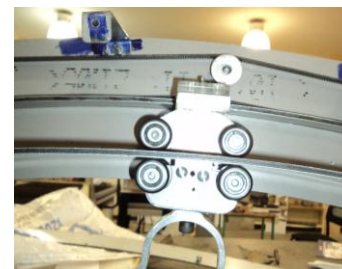


Sistema de arrastre



Para el sistema de arrastre se cortan 2 segmentos de duraluminio® y se maquinan de ambos lados en la fresadora CNC con un cortador de 3/16", se hacen 2 barrenos en el taladro de banco con una broca 5/16" en cada pieza para los ejes, se rompen las aristas vivas con una lima bastarda. Una de las piezas lleva dos barrenos en la parte superior hechos en el taladro de banco con una broca de 15/64" y se marca una cuerda con un machuelo de 1/4", para ensamblar se realizan 2 barrenos

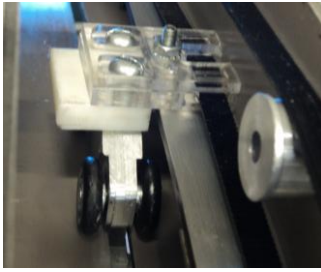
Sistema de arrastre



con una broca 15/64" y se marca cuerda con un machuelo de 1/4".

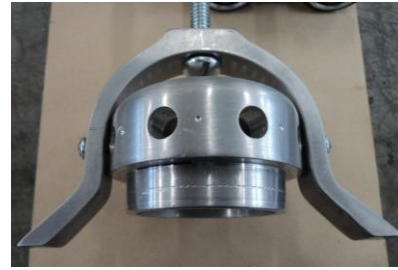
Para la otra pieza se realiza un barreno en la parte inferior de 15/64" y se marca cuerda con un machuelo de 1/4", para el ensamble se barrenan 2 perforaciones de 1/4".

Grapa para sistema de arrastre



La grapa se elabora con una placa de acrílico que se maquina en la fresadora manual para rebajar algunas partes y hacer 2 ojales, se barrena le centro con broca de 1/8", otra pieza de acrílico se maquina para hacer de igual forma 2 ojales y se barrena con broca de 7/64" a la mitad de la placa, se para ensamble se marca cuerda con machuelo de 1/8". Finalmente se maquina un trozo de nylamid para dar el espesor necesario y hacerle ojales.

Soporte para sistema de iluminación



Se corta con la sierra de disco un segmento de placa de duraluminio®, se maquina en la fresadora CNC con un cortador de 3/16, se rompen las aristas vivas con lima bastarda, en el taladro de banco se realizan un barreno en la parte superior con broca de 1/4" y en los laterales barrenos con broca de 3/16".

Banda dentada



Poleas



La banda se adquiere en el mercado y se coloca según la propuesta de diseño entre las poleas y el riel, para probar su correcto funcionamiento se pone a recorrer la trayectoria en numerosas ocasiones con la grapa, y el sistema de arrastre, así como el sistema de iluminación. Para calcular el torque del motor se mide la tensión en repetidas ocasiones con un xplorer ELX PS-2002 sensor de fuerza de equipo LEYBOLD.

Se coloca en el torno una barra de aluminio para conseguir los diámetros externos e interno, al igual que el barreno para dejar pasar el eje, se inserta el balero en cada polea. Se elaboran los ejes en el torno y se ensamblan en la tapa lateral.

Estos subsistemas se integran en un ensamble general para conformar toda la bóveda y poder verificar que las piezas se ensamblen de manera correcta, que la parte mecánica en el sistema de horas y el sistema de fechas trabajen adecuadamente, así como la resistencia y estabilidad del anclaje en la plataforma del heliodón. (Figura 55)



Figura 55. Ensamble general de la bóveda.

Finalmente se integra el motor para el sistema de fechas y el motor para el sistema de horas, se realizan una serie de pruebas para verificar que funcione adecuadamente y sin esfuerzo, así como el voltaje de operación que se requiere para la elaboración de circuitos que posteriormente se realizaran. (Figura 56)

En este proceso de pruebas se determina que el motor para las fechas requiere más toque de lo calculado, por lo que se realiza un cambio de motor que tiene como consecuencia el incremento de peso en el sistema de horas, lo cual se refleja en el esfuerzo para trabajar del motor para el sistema de horas, por lo que es necesario modificar el contrapeso para que el motor de las horas funcione adecuadamente.

Para evitar la vibración y reforzar la carcasa del sistema de fechas se colocan una serie de escuadras y tornillos.



Figura 56. Bóveda con los motores integrados.

6.5 Evaluación del prototipo.

Se lleva a cabo una prueba del funcionamiento del sistema completo, realizada por el Doctor en Arquitectura Refael Alavéz Ramírez- profesor investigador del CIDIR colaborador en el proyecto general-, quien prepara un modelo a escala para evaluar que el sistema de horas y fechas funcionen correctamente, observar la intensidad luminosa del sistema de iluminación, la nitidez de las sombras producidas, así como el funcionamiento de la plataforma, y si la relación entre está y la bóveda permiten una simulación para fines didácticos y de análisis. (Figura 57)



Figura 57. Maqueta sobre el heliodón para evaluación.

Se realizan 4 simulaciones, la primera para el 21 de Marzo y la segunda el 21 de Septiembre que son los equinoccios (primavera y otoño), la tercera para el 21 de Junio, y la cuarta el 21 de Diciembre que son los solsticios (verano e invierno), en cada uno de estos días se evalúa de las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde. (Figura 58)

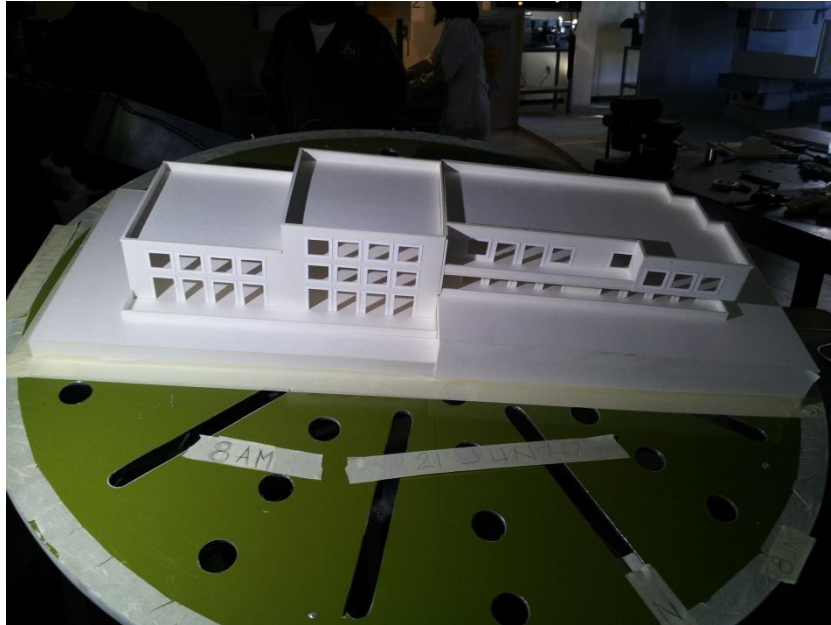


Figura 58. Simulación para el 21 de junio a las 8 am.

Como aún no se dispone de la parte del sistema de control y de automatización, el posicionamiento de horas y fechas se efectuó de manera manual, se aplicó voltaje a los motores con una fuente de voltaje hasta que los sistemas se colocaron en la posición correspondiente.

En lo que corresponde a este trabajo de tesis, la parte de la bóveda permite evaluar maquetas de tamaño considerable que a su vez permite una observación más precisa, con la identificación de detalles en los efectos de generación de sombras y de iluminación del modelo; en lo que corresponde al sistema de horas se observa que es correcta su posición y se logra la simulación dentro del heliodón, y finalmente para el sistema se observa que la simulación y posición logradas son las esperadas.

Conclusiones

Se cumplió con el objetivo general que fue diseñar y construir una bóveda para simular la posición del sol de las 06:00 a las 18:00 horas., así como construir un sistema de iluminación para ser parte del heliodón, todo esto impulsado por motores que posteriormente serán controlados por computadora.

Para esta tesis se parte de conocimientos de geometría solar la cual muestra la forma de representar los movimiento del sol vistos desde la tierra, es decir la simulación de la rotación para las horas y la simulación de la traslación para las fechas, se consideran también una serie de necesidades por parte de los usuarios que al poder ser objetivos y medibles algunos se transforman en requerimientos, aunado a esto se toman en cuenta los mecanismos y motores posibles de aplicar.

Siguiendo la metodología planteada se descompone el problema en tres secciones para dar respuesta de mejor manera al diseño, teniendo como primera solución el sistema de iluminación el cual es parte fundamental y genera parámetros de relación de distancias entre el horizonte o plataforma y la bóveda, cabe destacar que este sistema de iluminación se eligió bajo una serie de pruebas para lograr obtener una iluminancia de 250 luxes, y cuenta con la ventaja de solo remplazar el led en caso de que se termine su vida útil y utilizar nuevamente el resto del sistema.

El segundo problema planteado es el sistema de horas que se resuelve en base al círculo solar propuesto por la geometría solar y se propone un movimiento de rotación para su simulación, se generan conceptos que puedan dar solución al sistema de fechas, se evalúan, los elegidos se integran y refinan en conjunto con el sistema de fechas.

El tercer problema planteado es el sistema de fechas que se resuelve con la fórmula de la declinación y se propone un sistema de traslación para la simulación de las fechas, para este se realizan una serie de conceptos que pudieran brindar la traslación del sistema de iluminación.

Se integran los sistemas de iluminación, horas y fechas para lograr un diseño analítico integral, el cual contempla todas las piezas diseñadas, piezas de tornillería y demás piezas

prefabricadas con el fin de verificar las geometrías y medidas en las piezas y corroborar que estas se relacionan en un ensamble general.

Finalmente se procede a realizar un prototipo físico funcional, para esto se elaboraron cada una de las piezas diseñadas, se adquirieron algunas piezas prefabricadas y tornillería, así como los motores. Teniendo la bóveda integrada se realizaron pruebas del funcionamiento para verificar que las piezas, los ensambles y los mecanismos funcionaran de manera adecuada y realizar las modificaciones pertinentes. Para evaluar el desempeño del heliodón en conjunto se realizan una serie de simulaciones teniendo como resultado una herramienta funcional.

Con la integración de la bóveda y la plataforma se desarrolló una parte del heliodón, el cual será posteriormente controlado por computadora mediante un sistema de automatización y control; el desarrollo del heliodón hasta esta etapa ha sido presentado en diferentes congresos.-II Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático Tuxtla Gutiérrez Chiapas, El II Congreso de Academia Journals Celaya Guanajuato en la parte de Ingeniería y Desarrollo tecnológico, El IV Encuentro de Investigadores Nacionales en la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca-.

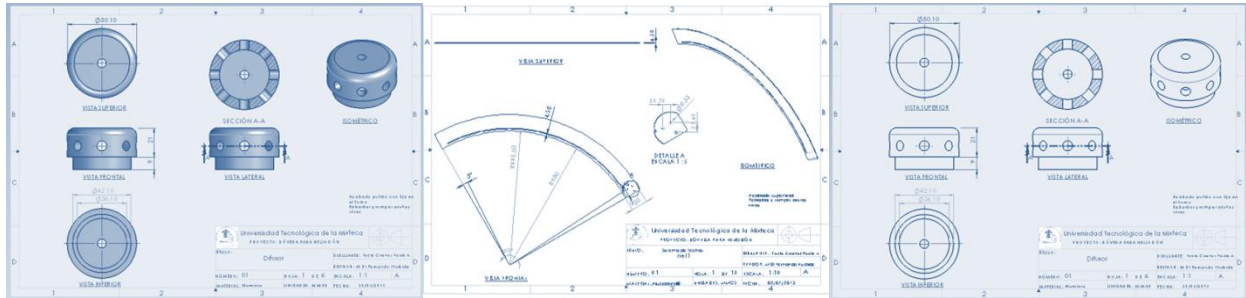
Bibliografía

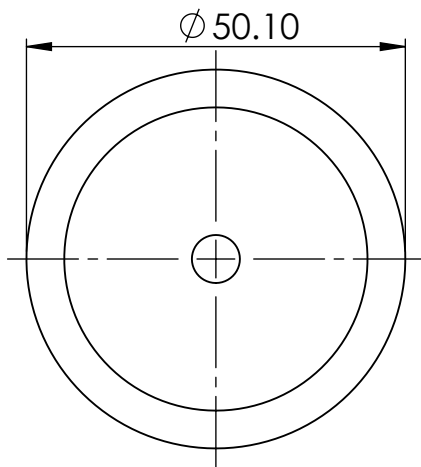
- [1] R. M. Gerardo, *Manual de Diseño Industrial*, tercera ed., G.G.III S.A. de C.V., 1983.
- [2] P. I. Arturo, *Gráfica Solar, Método constructivo y aplicaciones*, "Subitted for publicacion"
- [3] U. K. T. y. Eppinger Steven D., *Diseño y desarrollo de productos, enfoque multidisciplinario*, tercera edición ed., México: Mc Graw Hill, 2004.
- [4] "Arqhys Arquitectura Fuente," [En línea]. Available: <http://www.arqhys.com/wp-content/fotos/2011/09/Arquitectura-bioclimatica-en-Galicia.jpg>. [Último acceso: 09 Diciembre 2011].
- [5] J. M. Aureum, "Arquitectura Bioclimática," [En línea]. Available: http://www.miliarium.com/monografias/construccion_verde/Arquitectura_Bioclimatica.asp. [Último acceso: 24 Septiembre 2011].
- [6] "Energy Science & Technology," [En línea]. Available: <http://energy.concord.org/>. [Último acceso: 09 Octubre 2011].
- [7] E. A. Rodríguez Viqueira, *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*, México: LIMUSA, 2008.
- [8] S. M. Pedro, *Energía Solar en Arquitectura y Construcción*, Chile : RIL editores, 2007.
- [9] A. Worn. [En línea]. Available: <http://www.alanworn.com/index.php?/ongoing/middlesborough-bathhouse/>. [Último acceso: 15 Diciembre 2011].
- [10] E. A. Maristany A, *Diseño, construcción y ajuste de un prototipo de simulador de la trayectoria solar*, Argentina : Universidad Nacional de Córdoba, 2007.
- [11] "Curso de iniciación a la astronomía," [En línea]. Available: http://www.elcielodelmes.com/Curso_iniciacion/curso_1.php. [Último acceso: 15 Diciembre 2011].
- [12] "Ubicación Geográfica © Prisa Digital S.L.," [En línea]. Available: http://ve.kalipedia.com/geografia-venezuela/tema/geografia-fisica/localizacion.html?x=20080731klpgeogve_2.Kes&ap=0. [Último acceso: 07 Enero 2013].

- [13] [En línea]. Available: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Electromagnetic_spectrum-es.svg. [Último acceso: 03 Febrero 2012].
- [14] E. A. Heuveloop Jochen, *Agroclimatología Tropical*, EUNED, 1986.
- [15] "Mastermagazine," [En línea]. Available: <http://www.mastermagazine.info/termino/5554.php>. [Último acceso: 03 Febrero 2012].
- [16] "AG Electrónica," [En línea]. Available: <http://siled.com.mx/catalogos/potencia/files/leds%20de%20potencia.pdf>. [Último acceso: 05 Febrero 2012].
- [17] "Wikipedia," [En línea]. Available: <http://es.wikipedia.org/wiki/Disipador>. [Último acceso: 04 Julio 2013].
- [18] "pickyguide," [En línea]. Available: http://www.pickyguide.es/ordenador_y_software/disipadores_de_calor_guia.html. [Último acceso: 10 Julio 2013].
- [19] "El prisma," [En línea]. Available: http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/transmisiondemovimiento/default.asp. [Último acceso: 15 Enero 2013].
- [20] H. R. Galbarro, "ingemecánica," [En línea]. Available: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn100.html>. [Último acceso: 06 Mayo 2013].
- [21] "ACEROS INOXIDABLES," [En línea]. Available: http://www.utp.edu.co/~publio17/ac_inox.htm. [Último acceso: 06 Mayo 2013].
- [22] "Manufacturing Terms," [En línea]. Available: <http://www.manufacturingterms.com/Spanish/Acrylic.html>. [Último acceso: 06 Mayo 2013].
- [23] "Plastlum," [En línea]. Available: http://www.plastlum.com/alfa/espanhol/alucobon_especificaciones.html. [Último acceso: 06 Mayo 2013].
- [24] "Wikipedia," [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Aluminio>. [Último acceso: 06 Mayo 2013].
- [25] "Pransi, Aceros," [En línea]. Available: <http://www.acerospransi.com/aluminio.html>. [Último acceso: 06 Mayo 2013].

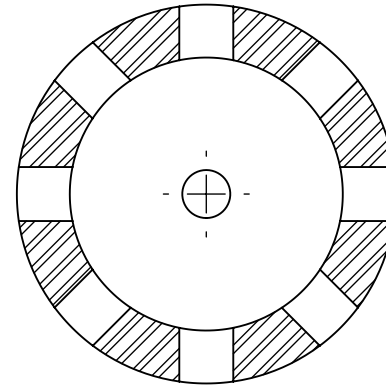
[26] L. J. H. Maestro, "Nylon," [En línea]. Available:
http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/nylon/Nylon_file/page0005.htm. [Último
acceso: 06 Mayo 2013].

APÉNDICE PLANOS CONSTRUCTIVOS

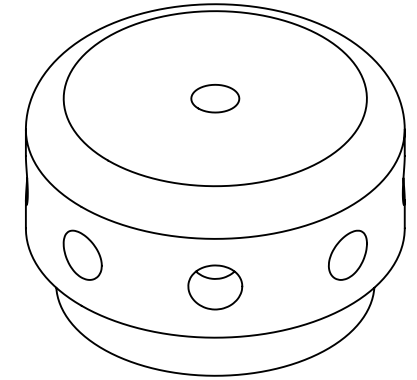




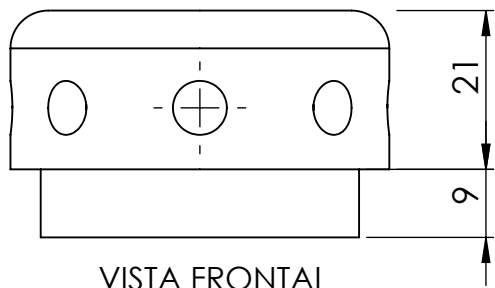
VISTA SUPERIOR



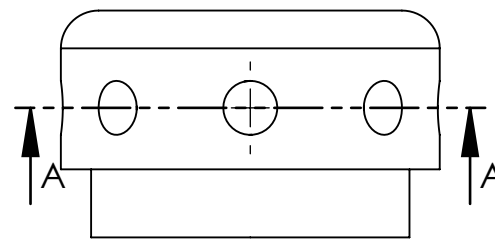
SECCIÓN A-A



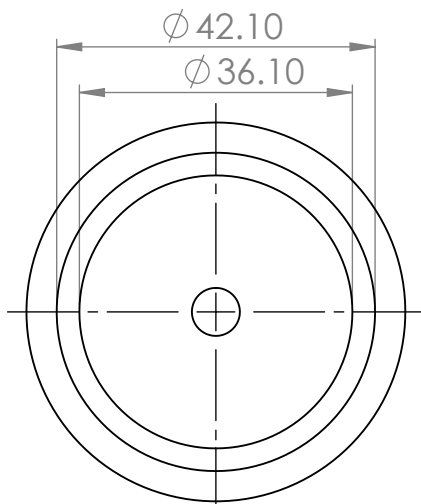
ISOMÉTRICO



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA INFERIOR

Acabado pulido con lija en el torno
Rebarbar y romper aristas vivas



Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de iluminación
Difusor

DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.

REVISOR: MDI Fernando Iturbide

NÚMERO: 01

HOJA: 1 DE 6

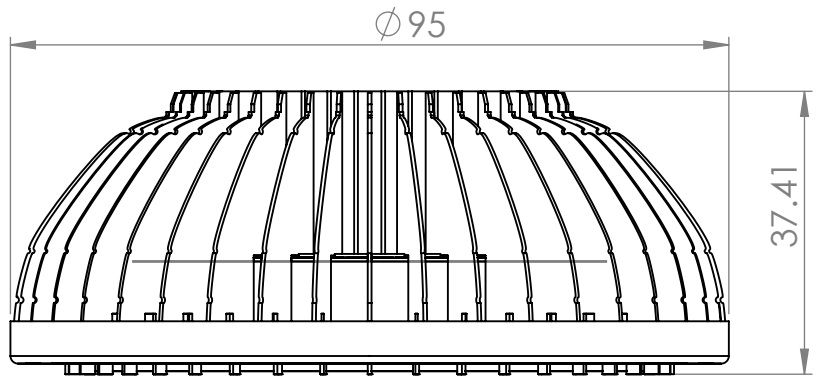
ESCALA: 1:1

A

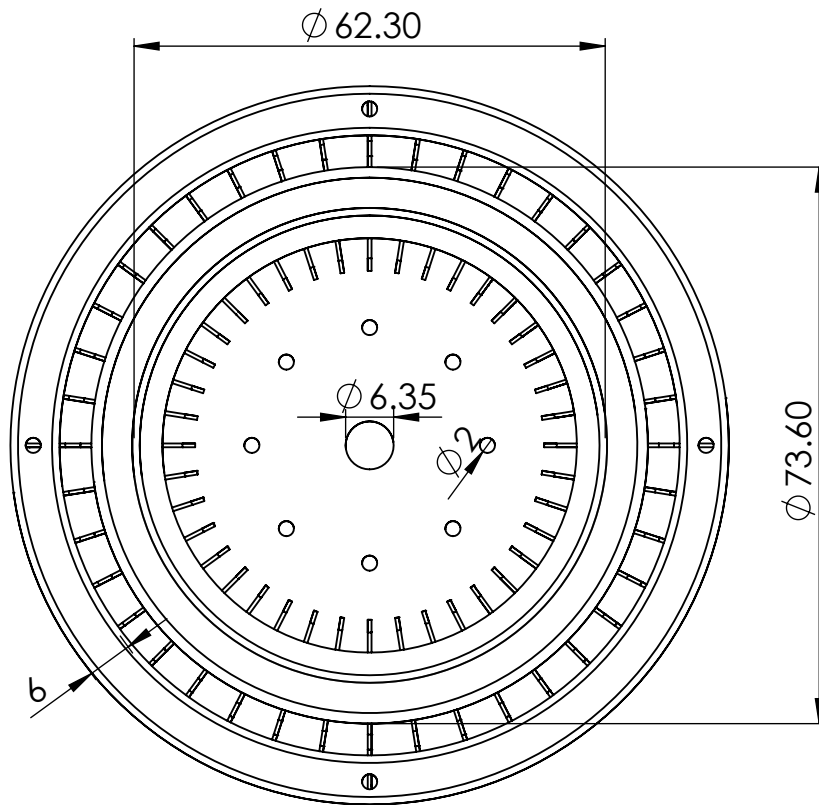
MATERIAL: Aluminio

UNIDADES: MMGS

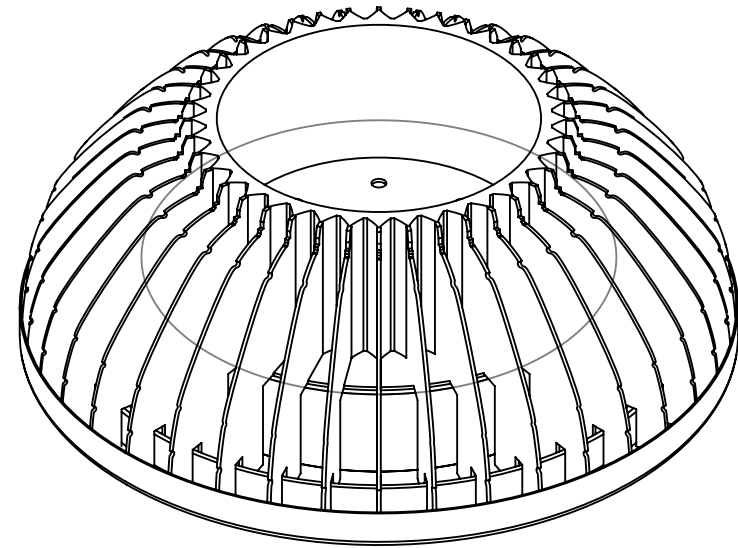
FECHA: 01/07/2013



VISTA FRONTAL



VISTA INFERIOR



ISOMÉTRICO



Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de iluminación
Luminaria

DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.

REVISOR: MDI Fernando Iturbide

NÚMERO: 02

HOJA: 2 DE 6

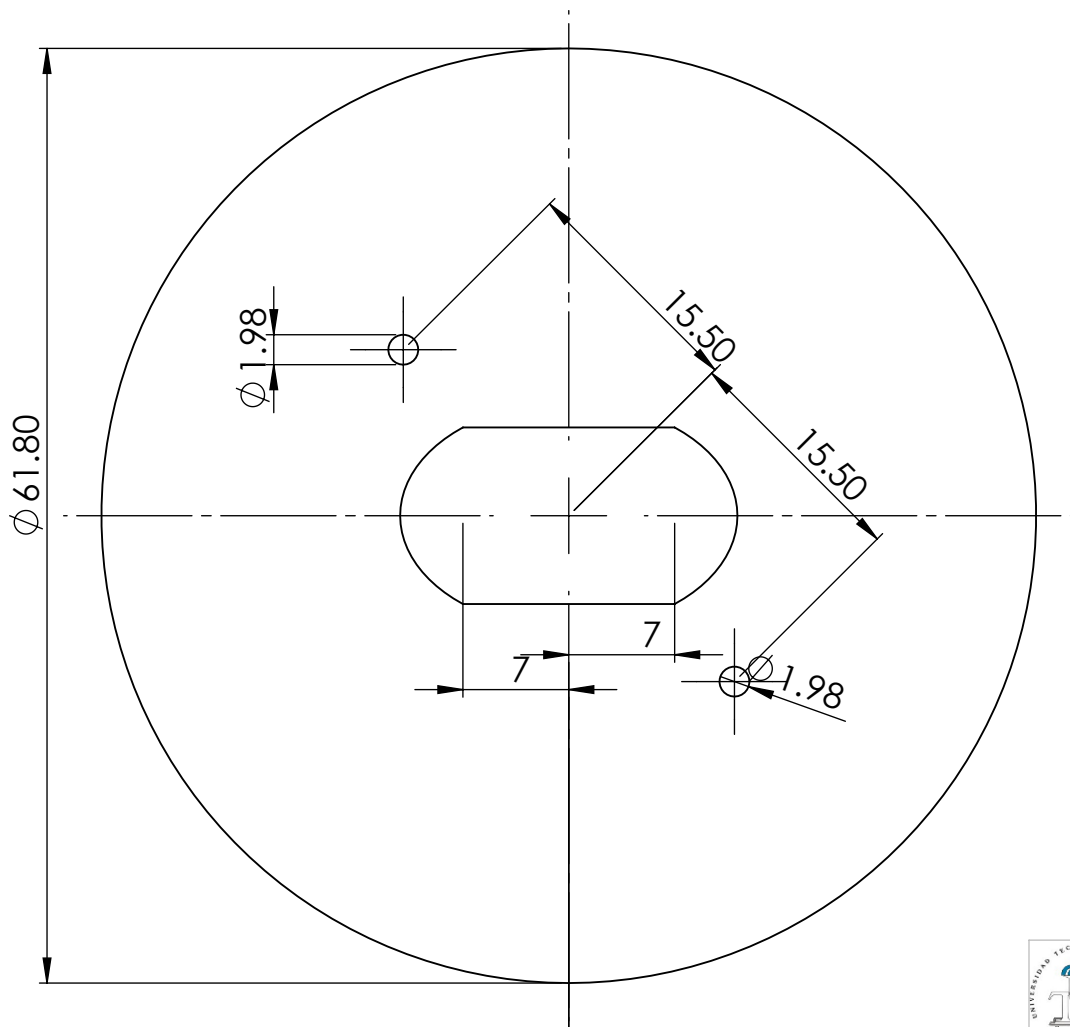
ESCALA: 1:1

A

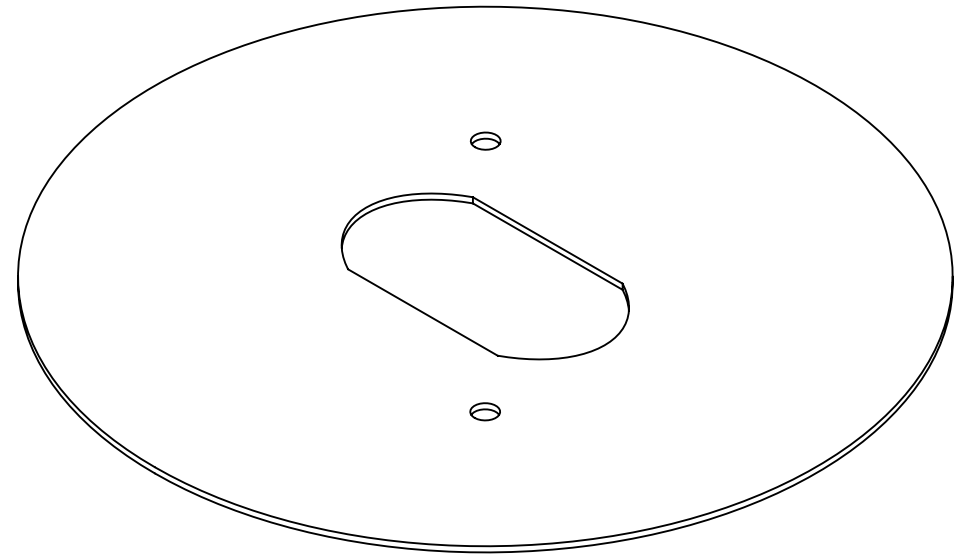
MATERIAL: Aluminio y PVC

UNIDADES: MMGS

FECHA: 01/07/2013



VISTA FRONTAL



ISOMÉTRICO

Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de iluminación
Lamina base

DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.

REVISOR: MDI Fernando Iturbide

NÚMERO: 03

HOJA: 3 DE 6

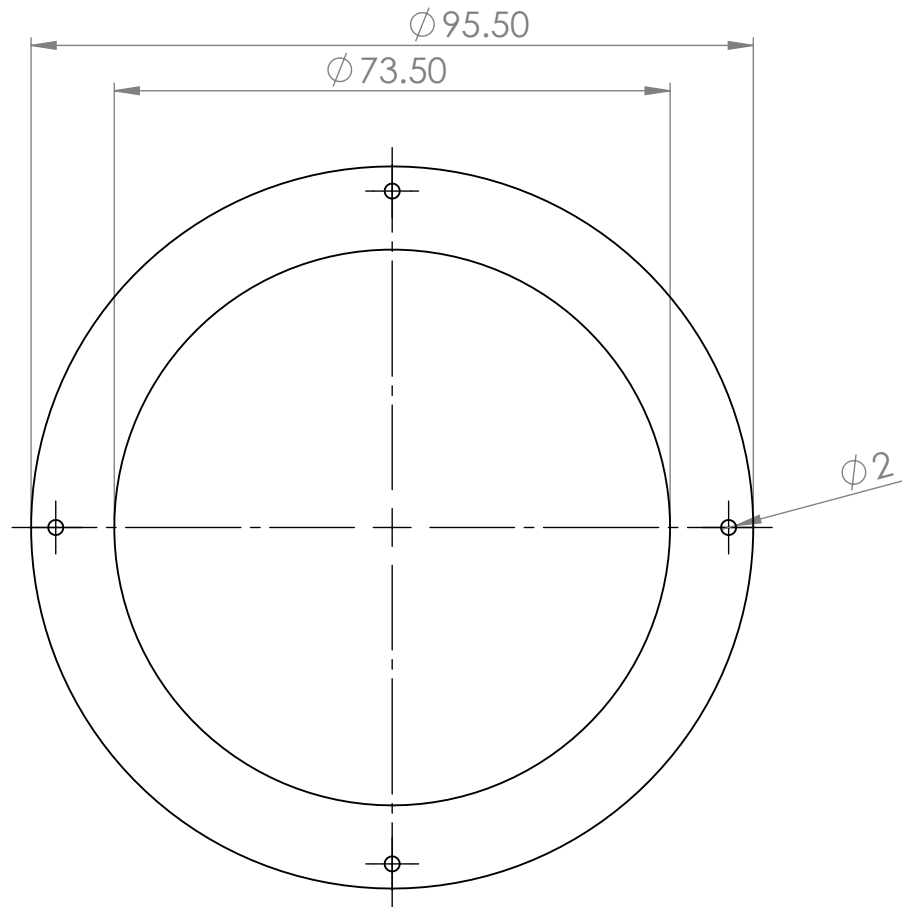
ESCALA: 2:1

A

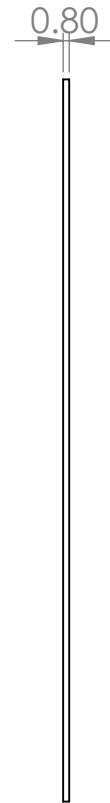
MATERIAL: 6.30

UNIDADES: MMGS

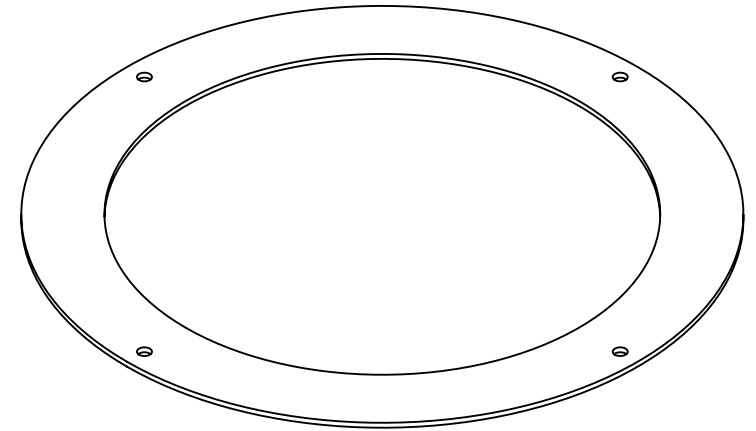
FECHA: 01/07/2013



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



ISOMÉTRICO

Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de iluminación
Arillo Aluminio

DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.

REVISOR: MDI Fernando Iturbide

NÚMERO: 04

HOJA: 4 DE 6

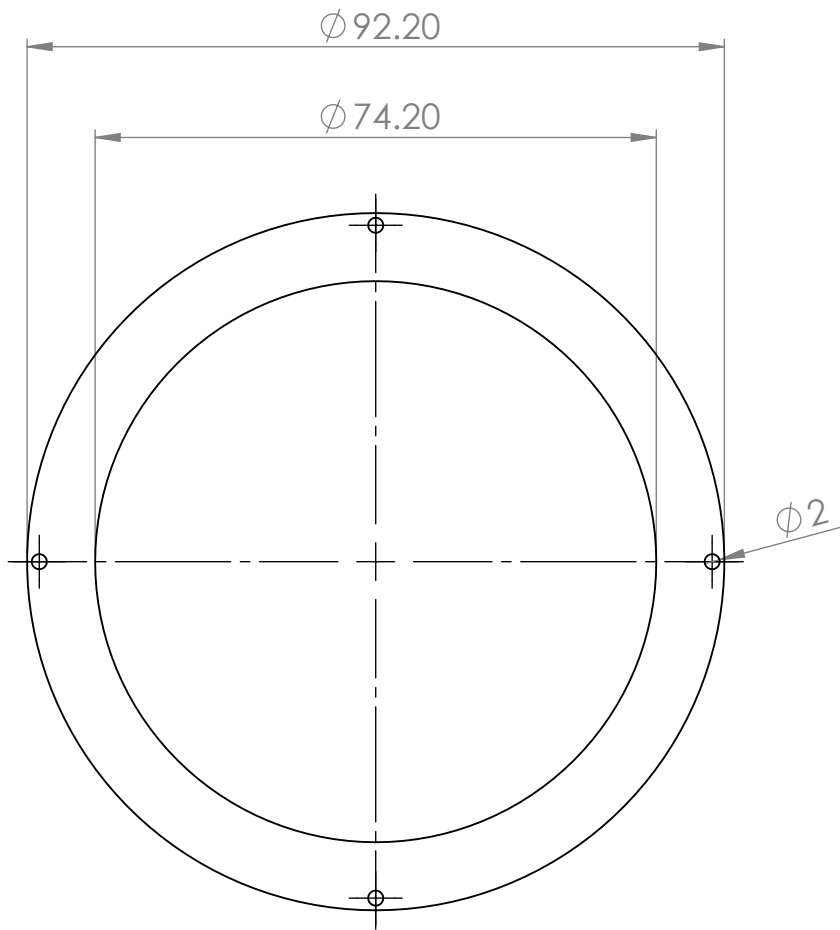
ESCALA: 1:1

A

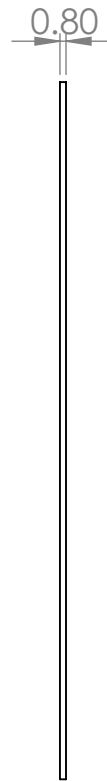
MATERIAL: 6.30

UNIDADES: MMGS

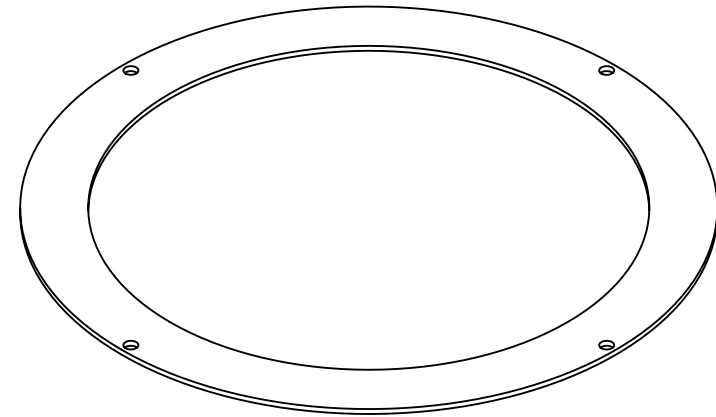
FECHA: 01/07/2013



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



ISOMÉTRICO

Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de iluminación
Arillo de Goma

DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.

REVISOR: MDI Fernando Iturbide

NÚMERO: 05

HOJA: 5 DE 6

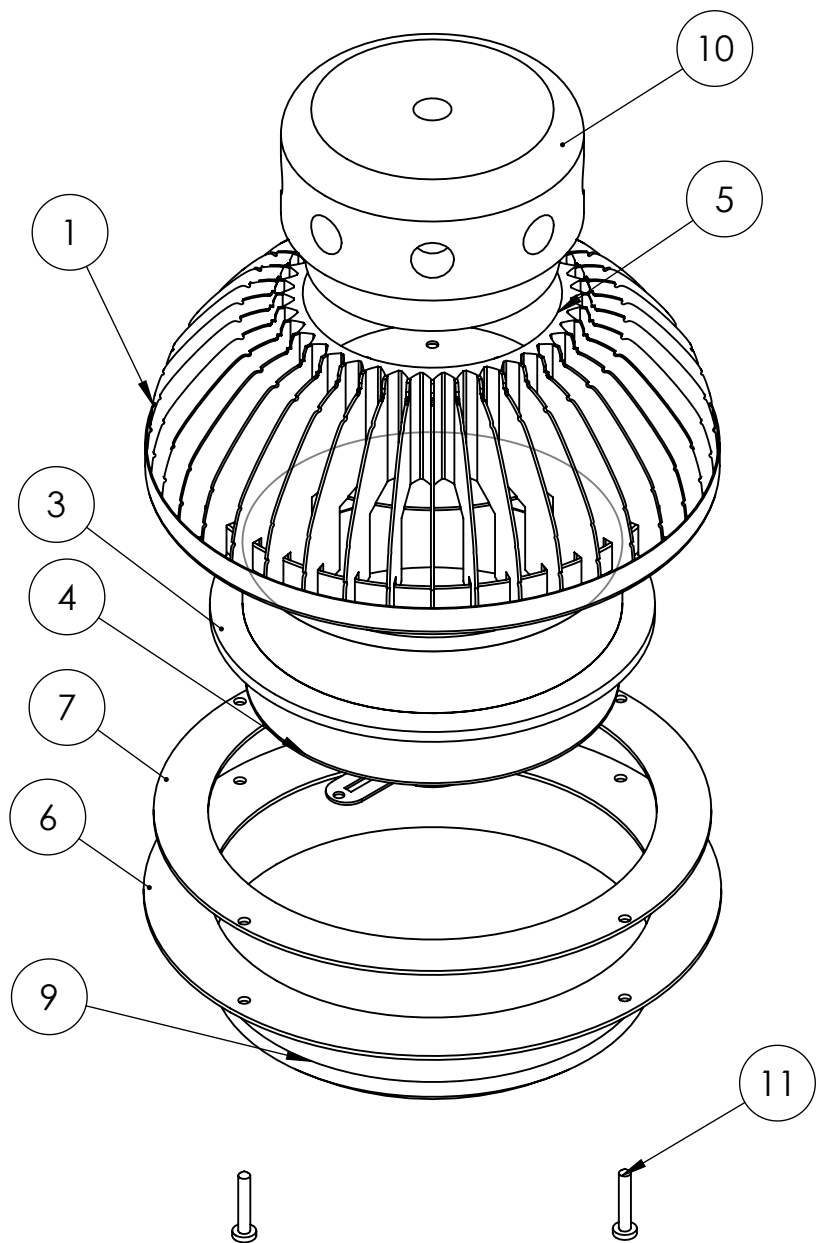
ESCALA: 1:1

A

MATERIAL:

UNIDADES: MMGS

FECHA: 01/07/2013



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	Descripción	CANTIDAD
1	difusoresLuminaria	Lásminas de aluminio	40
2	luminaria 1	Pieza parte de la luminaria	1
3	Piezaplastico	Pieza de PVC incluida en la luminaria	1
4	Lamina base	Lámina de aluminio	1
5	cilindro y laminas	Pieza parte de la luminaria	1
6	Arillo Aluminio	arillo de aluminio	1
7	Arillo de Goma	Pieza comercial	1
8	Led		1
9	Lente		1
10	Difusor	Difusor de calor	1
11	tornillos	Tornillos comerciales de 1/8"x 1/2"	4



Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO:

Explosivo Sistema de Iluminación

DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.

REVISOR: MDI Fernando Iturbide

NÚMERO: 06

HOJA: 6 DE 6

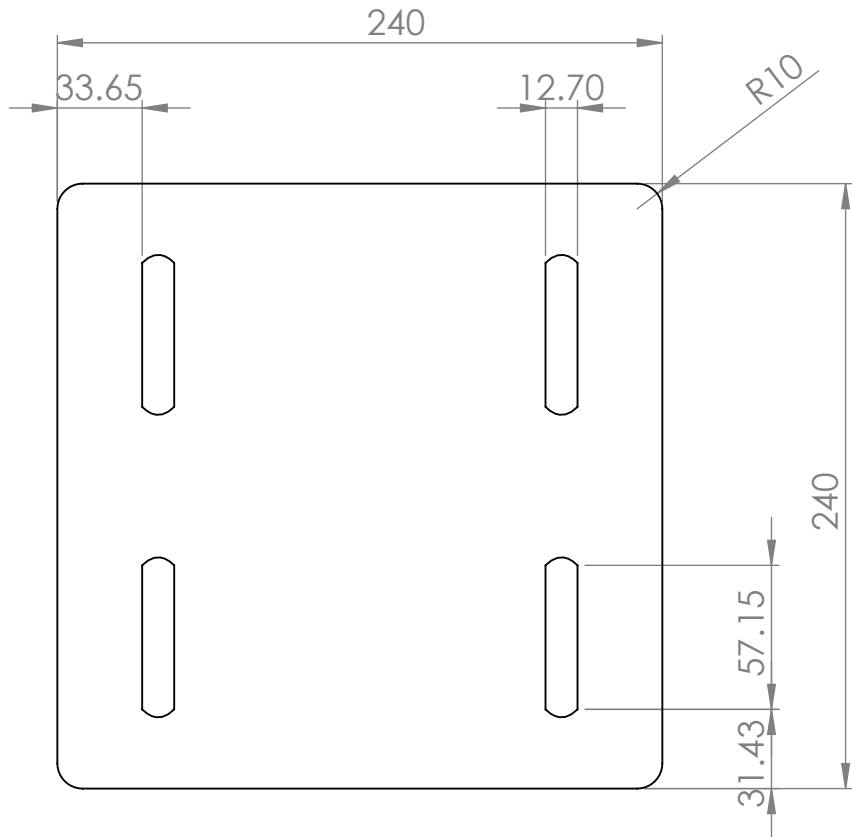
ESCALA: 0.8:1

A

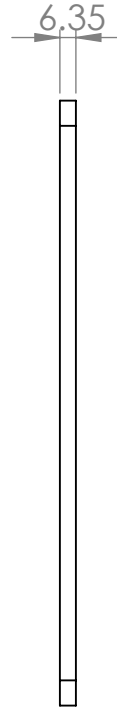
MATERIAL:

UNIDADES: MMGS

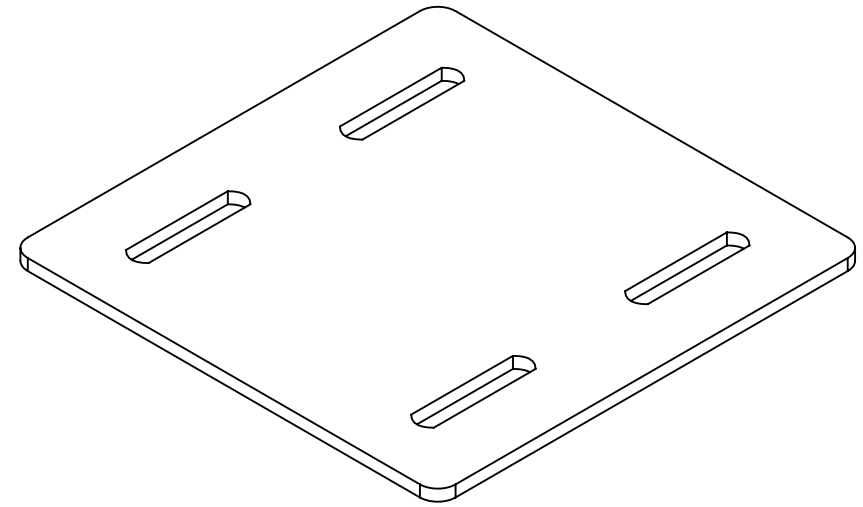
FECHA: 01/07/2013



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



ISOMÉTRICO

Acabado Barniz color aluminio
Rebarbar y romper aristas vivas



Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de horas
Placa plataforma

DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.

REVISOR: MDI Fernando Iturbide

NÚMERO: 01

HOJA: 1 DE 10

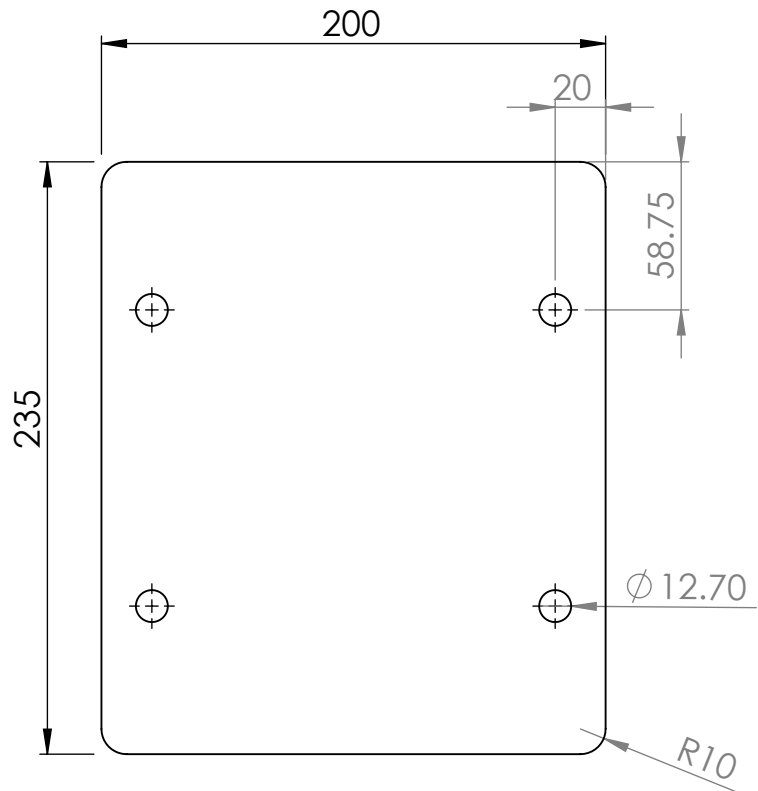
ESCALA: 1:3

A

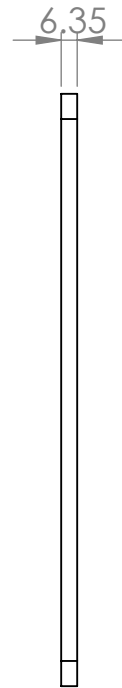
MATERIAL: Acero Dulce

UNIDADES: MMGS

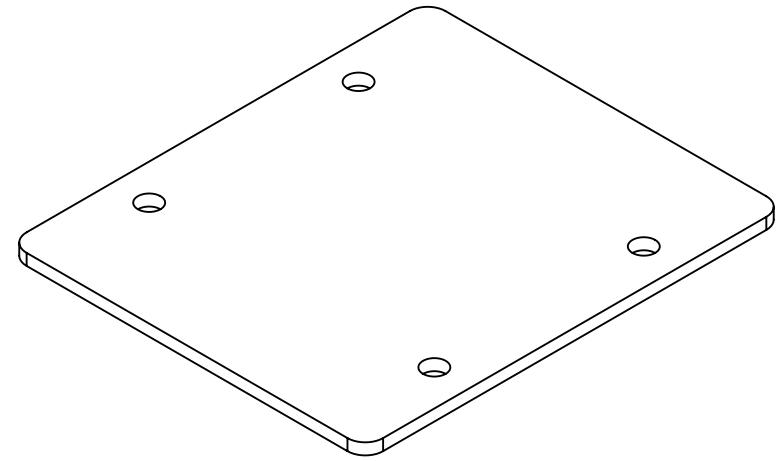
FECHA: 02/07/2013



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



ISOMÉTRICO

Acabado Pulido
Rebarbar y romper aristas
vivas

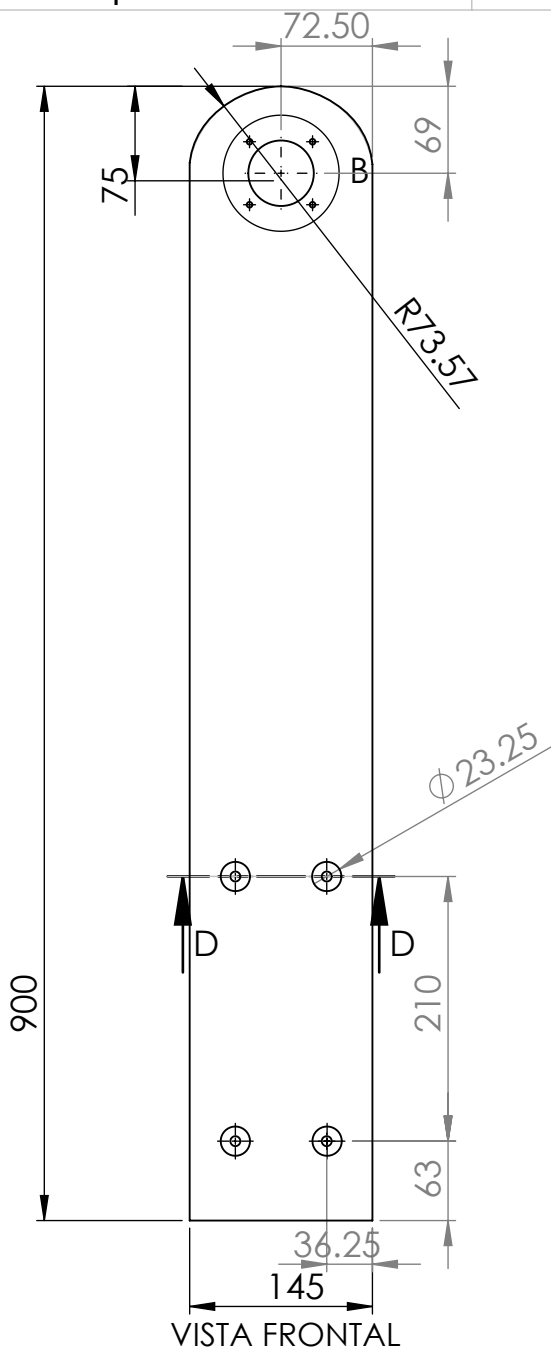


Universidad Tecnológica de la Mixteca

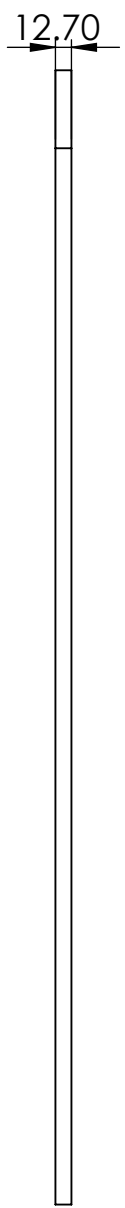
PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



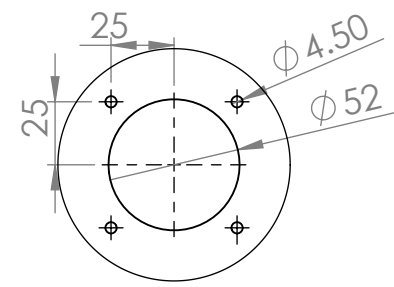
TÍTULO: Sistema de horas Placa base		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.	
		REVISOR: MDI Fernando Iturbide	
NÚMERO: 02	HOJA: 2 DE 10	ESCALA: 1:3	A
MATERIAL: Acero Dulce	UNIDADES: MMGS	FECHA: 02/07/2013	



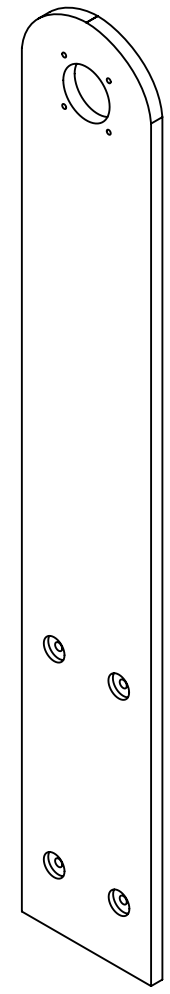
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

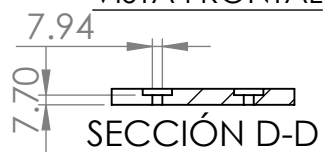


DETALLE B
ESCALA 1 : 3



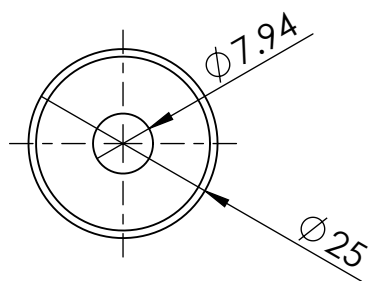
ISOMÉTRICO

Acabado Pulido
Rebarbar y romper aristas
vivas

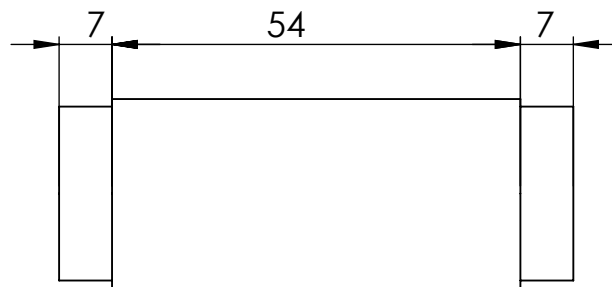


SECCIÓN D-D

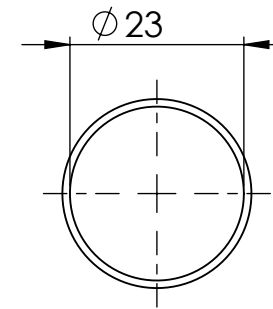
		Universidad Tecnológica de la Mixteca PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN			
TÍTULO: Sistema de horas Soporte vertical		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A. REVISOR: MDI Fernando Iturbide			
NÚMERO: 03		HOJA: 3 DE 10		ESCALA: 1:6	
MATERIAL: Acero Dulce		UNIDADES: MMGS		FECHA: 02/07/2013	



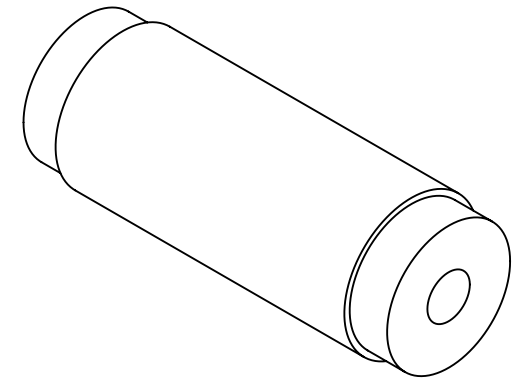
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA POSTERIOR



ISOMÉTRICO

Acabado Pulido
Rebarbar y romper aristas
vivas



Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de horas
Soporte horizontal

DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.

REVISOR: MDI Fernando Iturbide

NÚMERO: 04

HOJA: 4 DE 10

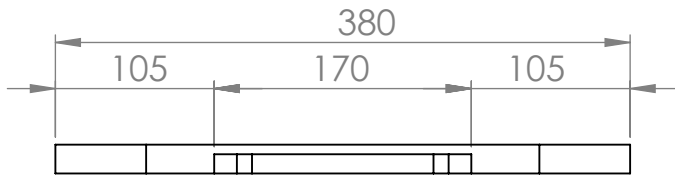
ESCALA: 1:1

A

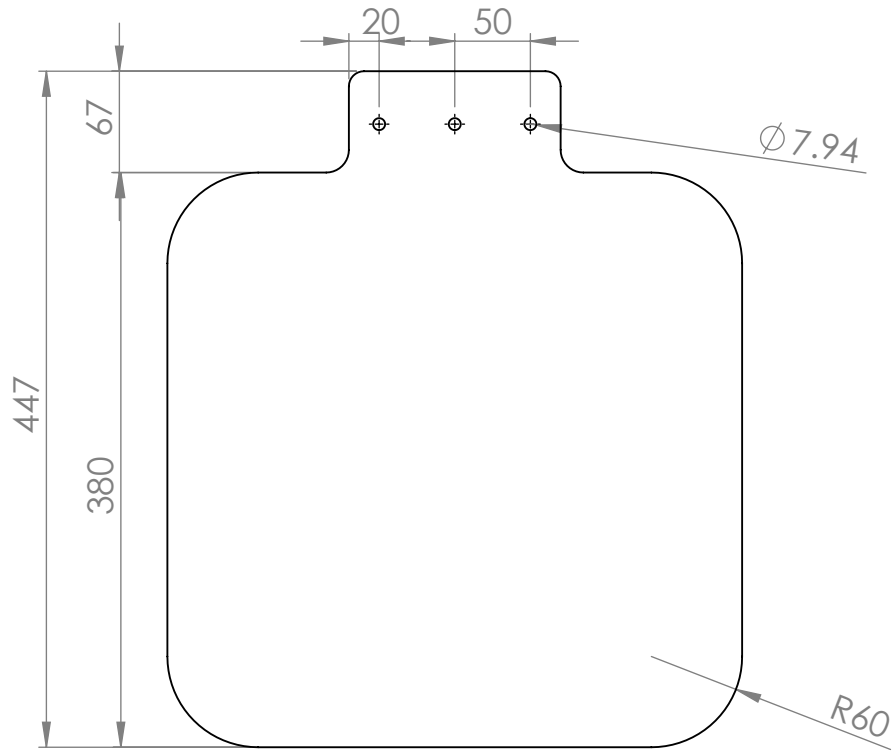
MATERIAL: Acero Dulce

UNIDADES: MMGS

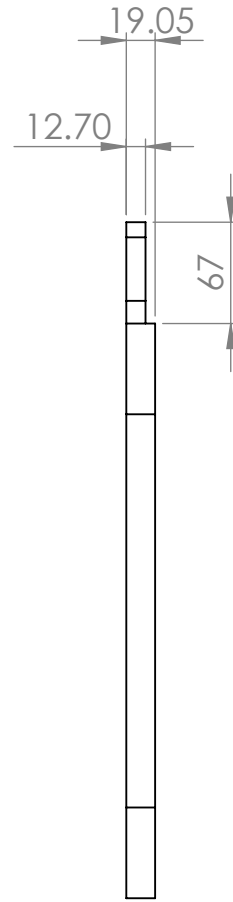
FECHA: 02/07/2013



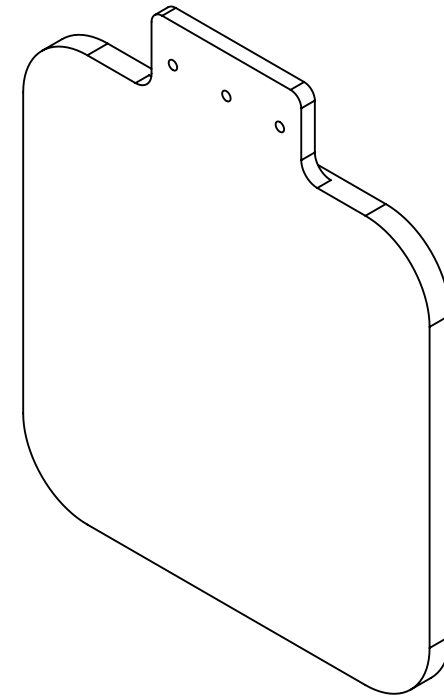
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



ISOMÉTRICO

Acabado Pulido
Rebarbar y romper aristas
vivas

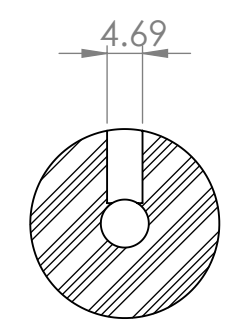


Universidad Tecnológica de la Mixteca

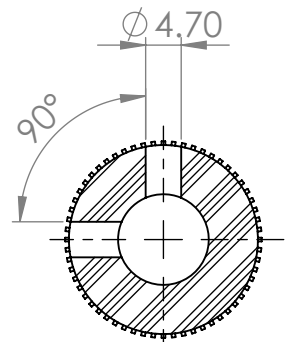
PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de horas Contrapeso		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.	
		REVISOR: MDI Fernando Iturbide	
NÚMERO: 05	HOJA: 5 DE 10	ESCALA: 1:5	A
MATERIAL: Acero Dulce	UNIDADES: MMGS	FECHA: 02/07/2013	

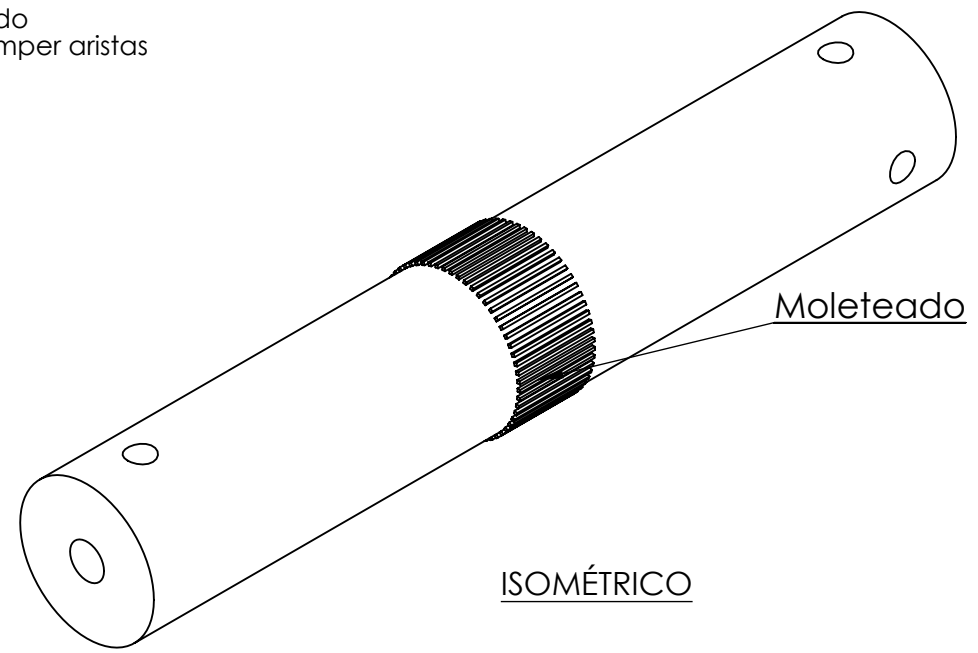


SECCIÓN E-E

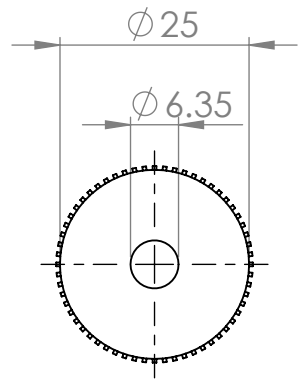


SECCIÓN F-F

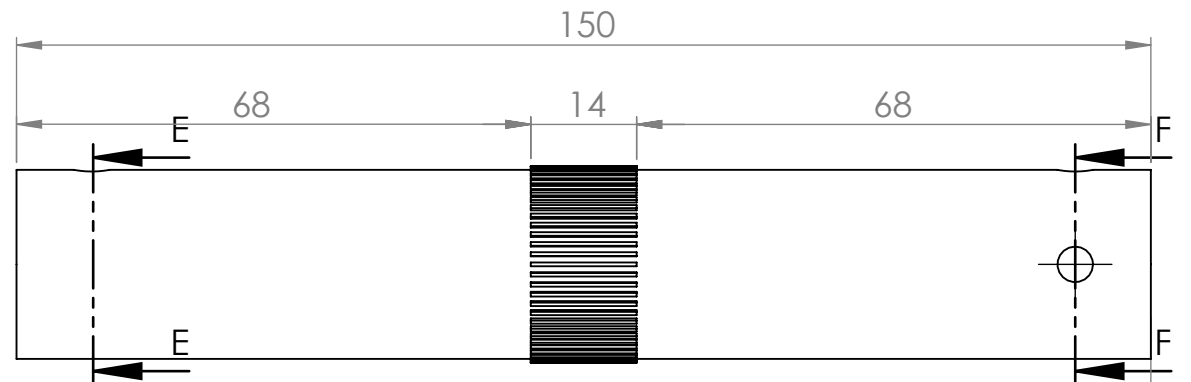
Acabado Pulido
Rebarbar y romper aristas
vivas



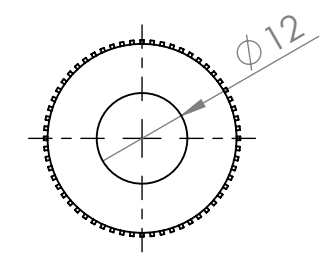
ISOMÉTRICO



VISTA FRONTAL



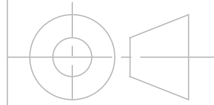
VISTA LATERAL



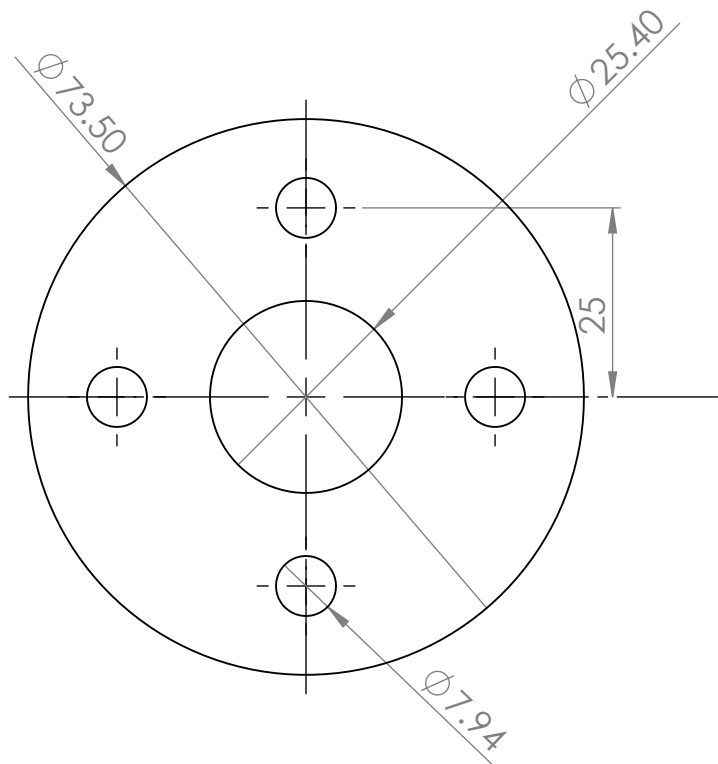
VISTA POSTERIOR



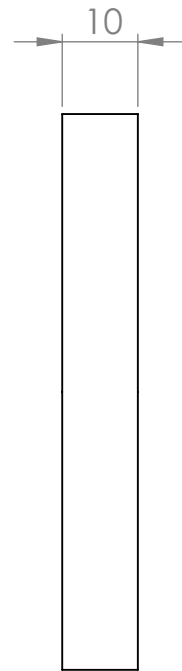
Universidad Tecnológica de la Mixteca
PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



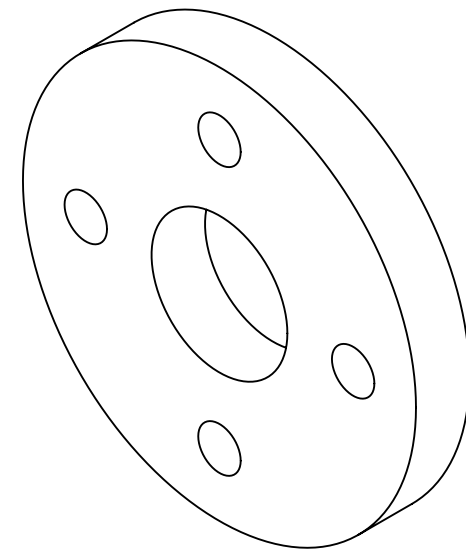
TÍTULO: Sistema de horas Flecha		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.	
NÚMERO: 06		REVISOR: MDI Fernando Iturbide	
HOJA: 6 DE 10		ESCALA: 1:1	
MATERIAL: Acero Inoxidable		UNIDADES: MMGS	
		FECHA: 02/07/2013	



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



ISOMÉTRICO

Acabado pulido con lija en el torno
Rebarbar y romper aristas vivas

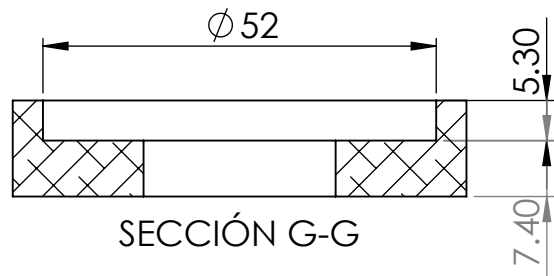


Universidad Tecnológica de la Mixteca

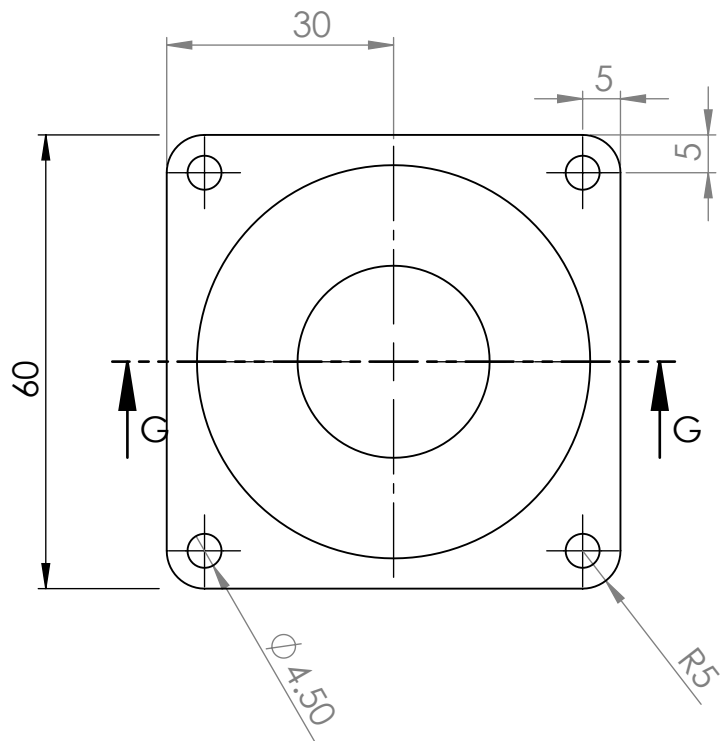
PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



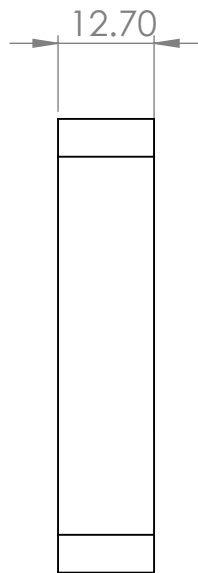
TÍTULO: Sistema de horas Brida		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.	
NÚMERO: 07		HOJA: 7 DE 10	REVISOR: MDI Fernando Iturbide
MATERIAL: Aluminio		UNIDADES: MMGS	ESCALA: 1:1
		FECHA: 02/07/2013	A



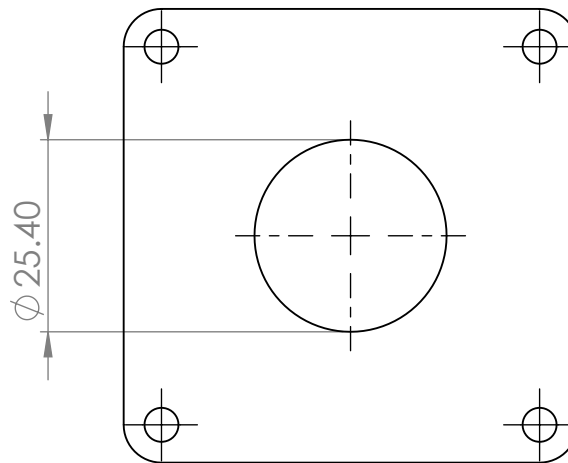
SECCIÓN G-G



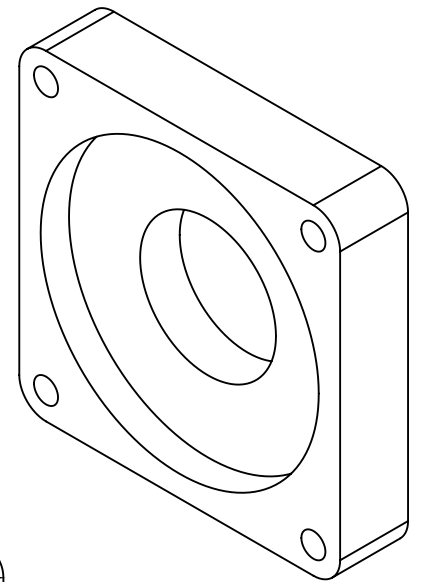
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA POSTERIOR



ISOMÉTRICO

Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de horas
tapa_chumacera_motor

DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.

REVISOR: MDI Fernando Iturbide

NÚMERO: 08

HOJA: 8 DE 10

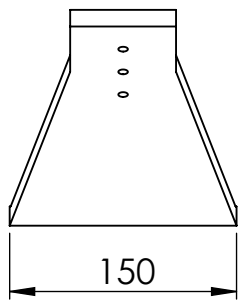
ESCALA: 1:1

A

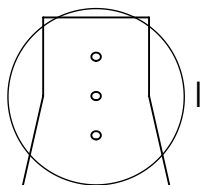
MATERIAL: Duraluminio®

UNIDADES: MMGS

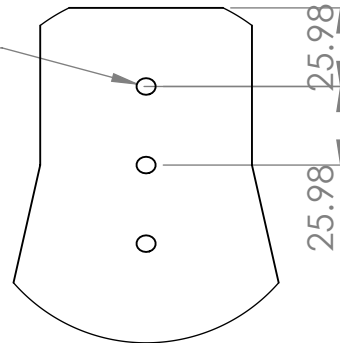
FECHA: 02/07/2013



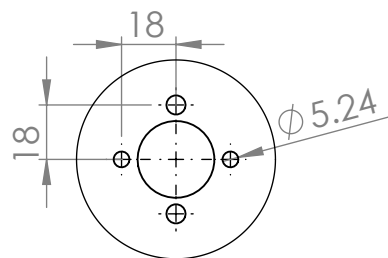
VISTA LATERAL



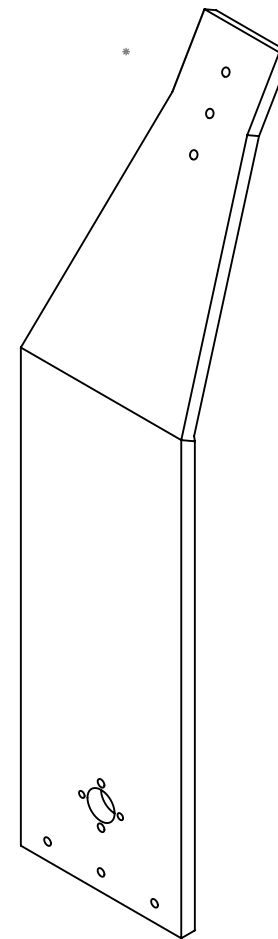
R VERDADERO 3.18



DETALLE I
ESCALA 2 : 5

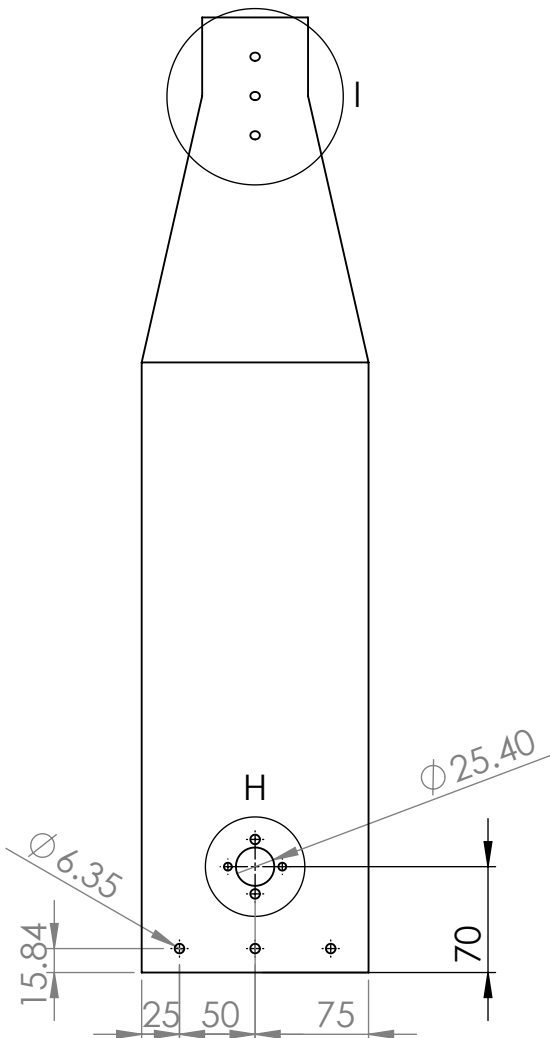


DETALLE H
ESCALA 2 : 5

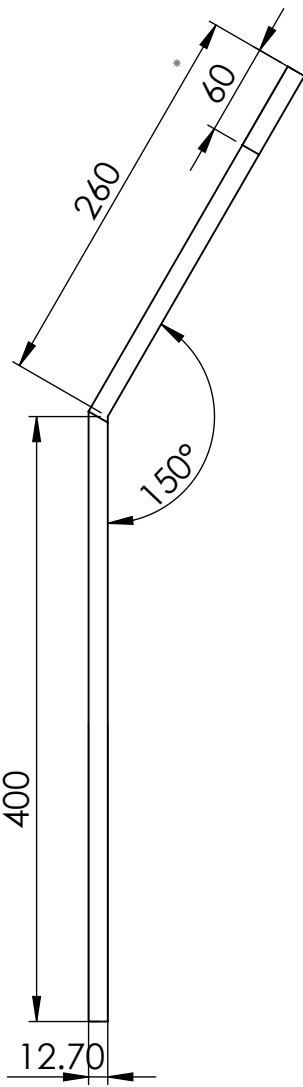


ISOMÉTRICO

Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de horas
extensión brazo

DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.

REVISOR: MDI Fernando Iturbide

NÚMERO: 09

HOJA: 9 DE 10

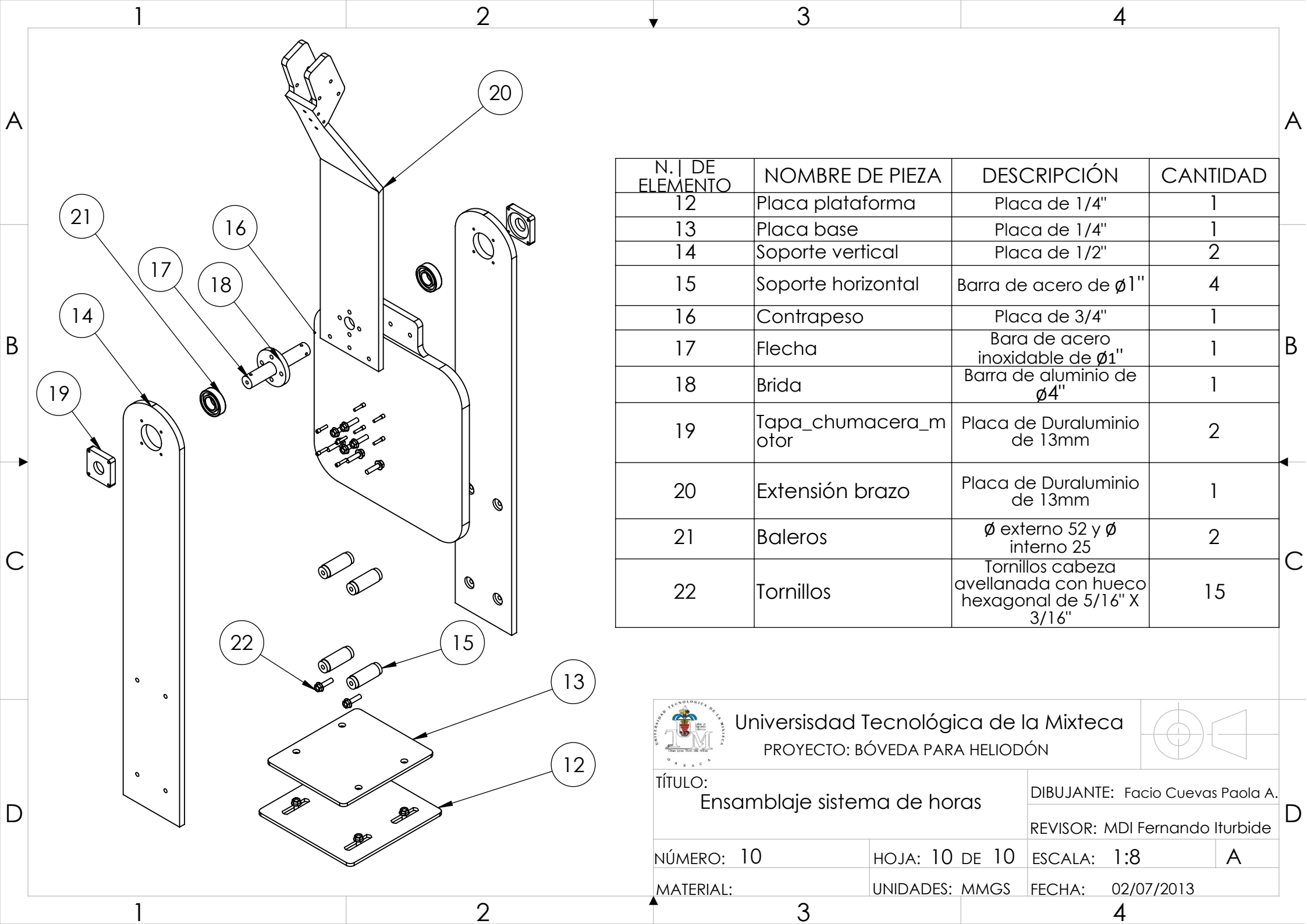
ESCALA: 1:5

A

MATERIAL: Duraluminio®

UNIDADES: MMGS

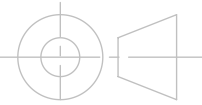
FECHA: 02/07/2013



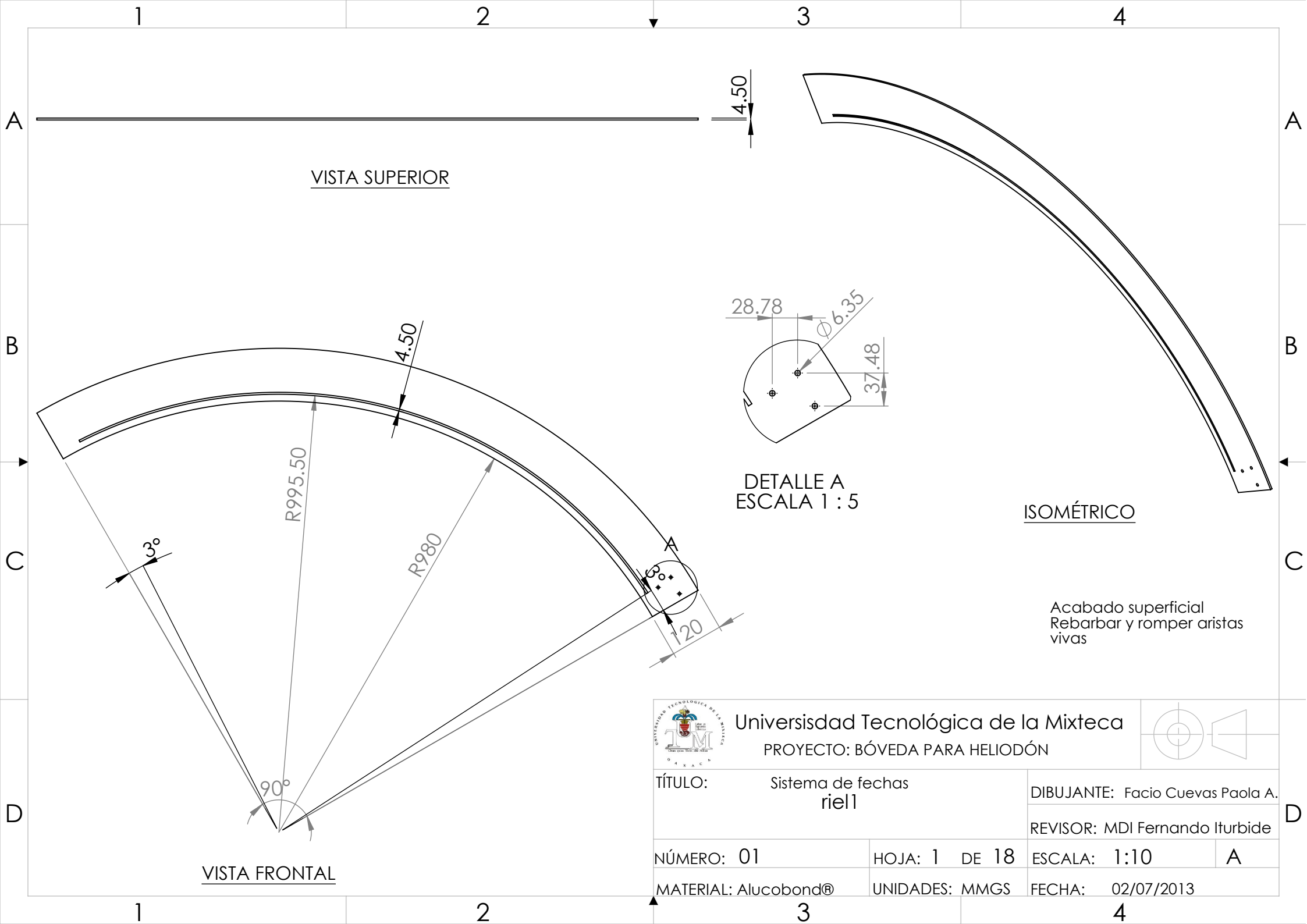
N.º DE ELEMENTO	NOMBRE DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
12	Placa plataforma	Placa de 1/4"	1
13	Placa base	Placa de 1/4"	1
14	Soporte vertical	Placa de 1/2"	2
15	Soporte horizontal	Barra de acero de $\phi 1"$	4
16	Contrapeso	Placa de 3/4"	1
17	Flecha	Barra de acero inoxidable de $\phi 1"$	1
18	Brida	Barra de aluminio de $\phi 4"$	1
19	Tapa_chumacera_motor	Placa de Duraluminio de 13mm	2
20	Extensión brazo	Placa de Duraluminio de 13mm	1
21	Baleros	ϕ externo 52 y ϕ interno 25	2
22	Tornillos	Tornillos cabeza avellanada con hueco hexagonal de 5/16" X 3/16"	15



Universidad Tecnológica de la Mixteca
 PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



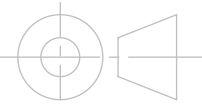
TÍTULO: Ensamblaje sistema de horas		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.	
		REVISOR: MDI Fernando Iturbide	
NÚMERO: 10	HOJA: 10 DE 10	ESCALA: 1:8	A
MATERIAL:	UNIDADES: MMGS	FECHA: 02/07/2013	



Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas

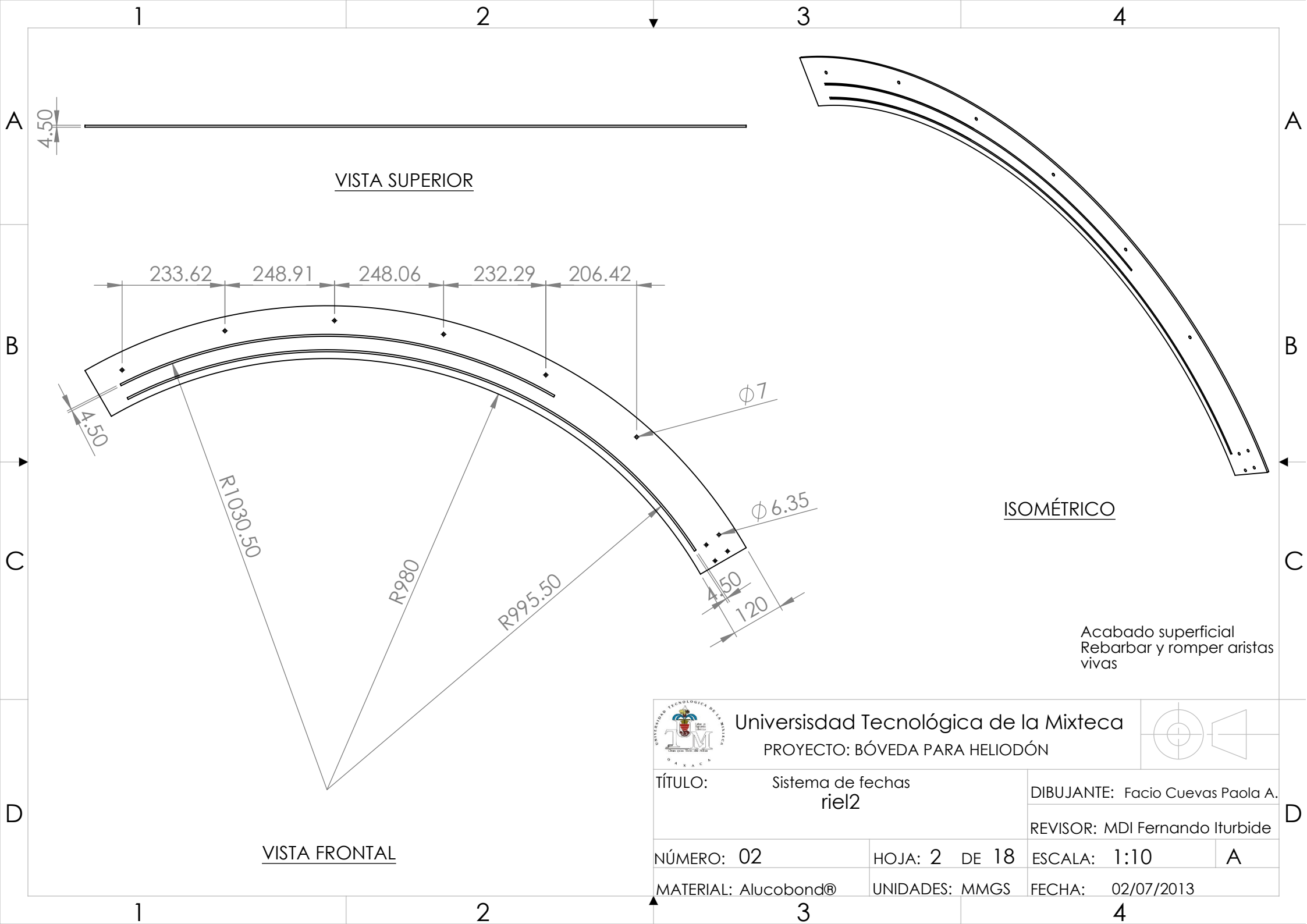


Universidad Tecnológica de la Mixteca
PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de fechas riell		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.	
NÚMERO: 01		HOJA: 1 DE 18	ESCALA: 1:10
MATERIAL: Alucobond®		UNIDADES: MMGS	FECHA: 02/07/2013

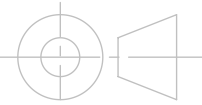
A



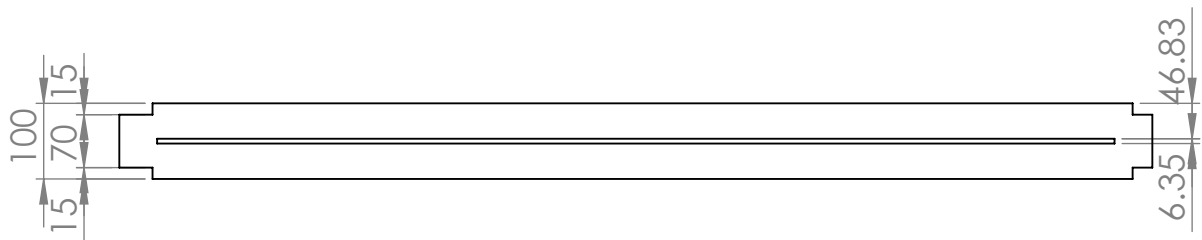
Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



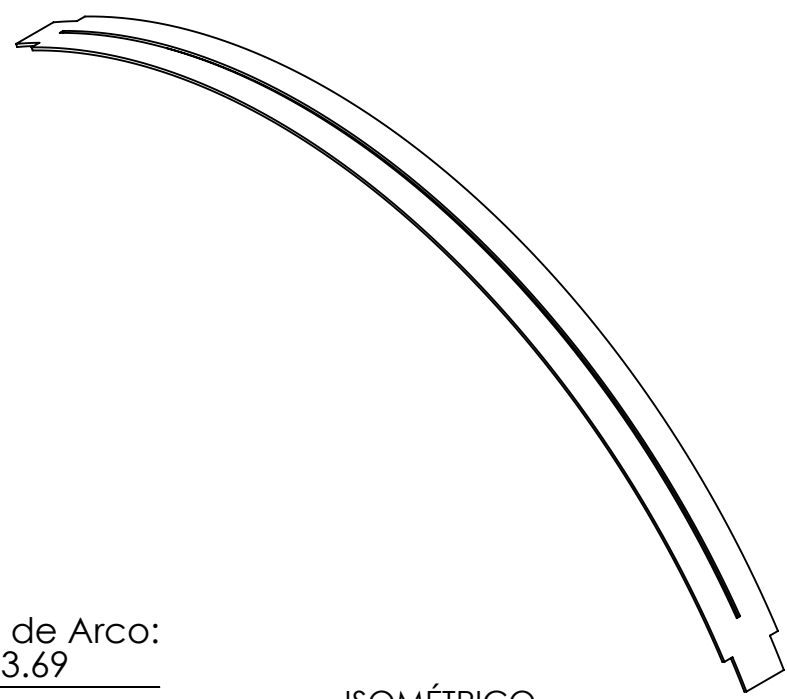
Universidad Tecnológica de la Mixteca
PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de fechas riel2		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.	
NÚMERO: 02		REVISOR: MDI Fernando Iturbide	
HOJA: 2 DE 18	ESCALA: 1:10	A	
MATERIAL: Alucobond®	UNIDADES: MMGS	FECHA: 02/07/2013	



VISTA SUPERIOR



ISOMÉTRICO

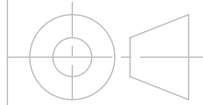


VISTA FRONTAL

Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



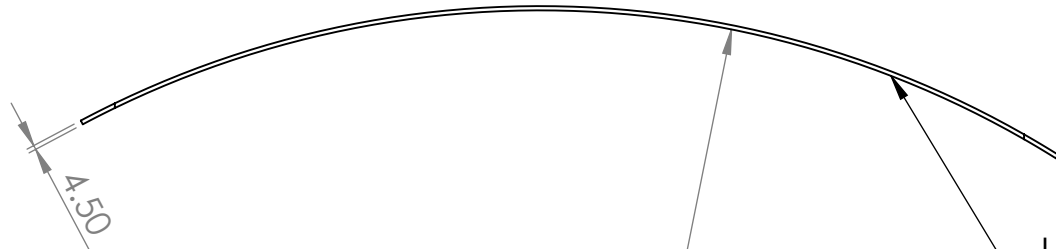
Universidad Tecnológica de la Mixteca
PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de fechas Riel3		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.	
		REVISOR: MDI Fernando Iturbide	
NÚMERO: 03	HOJA: 3 DE 18	ESCALA: 1:10	A
MATERIAL: Alucobond®	UNIDADES: MMGS	FECHA: 02/07/2013	



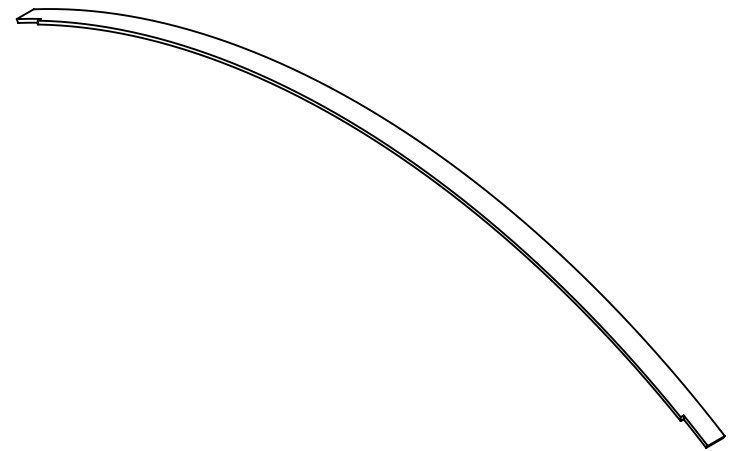
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL

Longitud de Arco:
1001.42

R1030

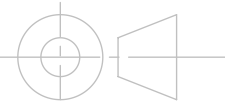


ISOMÉTRICO

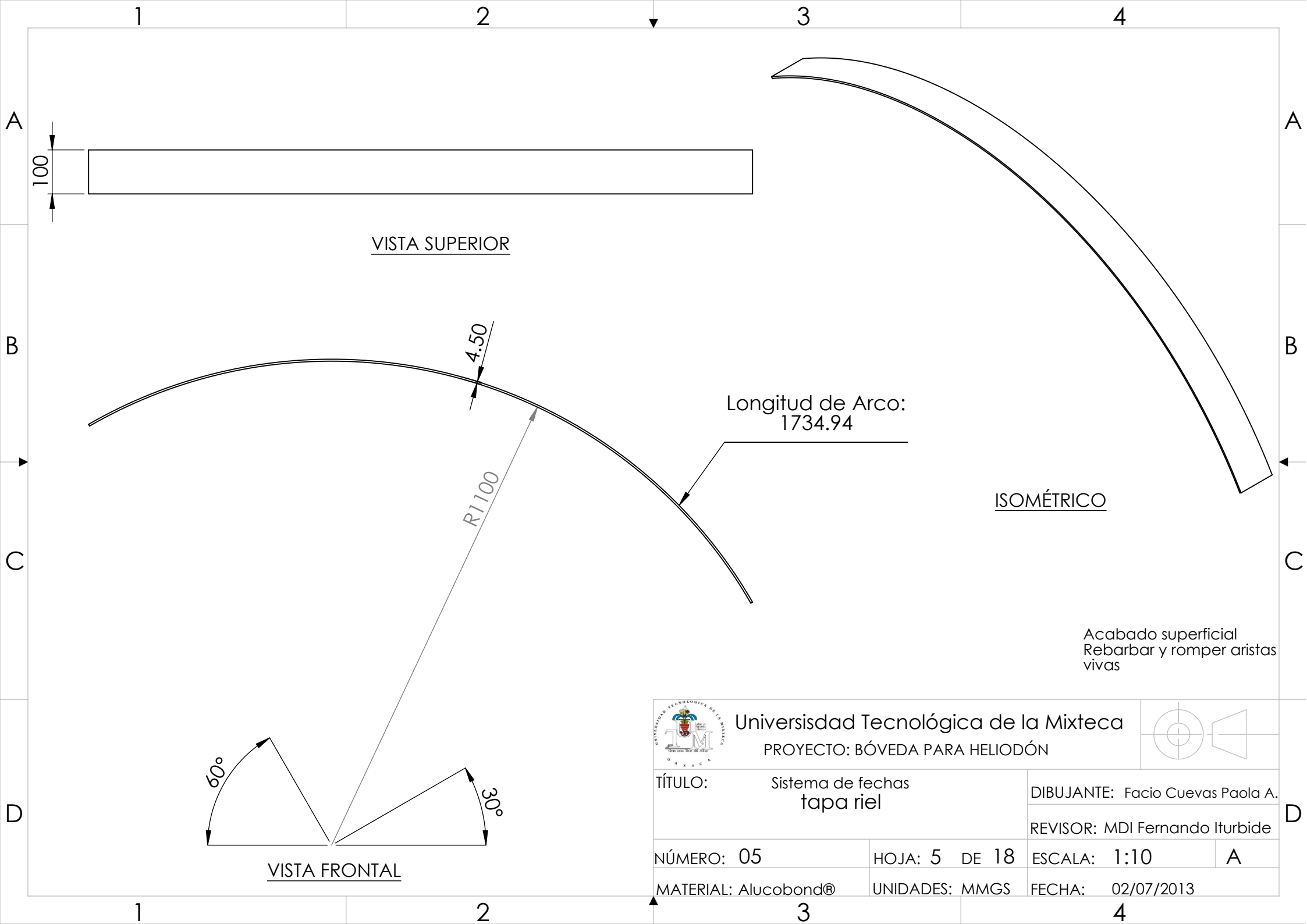
Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



Universidad Tecnológica de la Mixteca
PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de fechas riel 4		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.	
		REVISOR: MDI Fernando Iturbide	
NÚMERO: 04	HOJA: 4 DE 18	ESCALA: 1:8	A
MATERIAL: Alucobond®	UNIDADES: MMGS	FECHA: 02/07/2013	



VISTA SUPERIOR

ISOMÉTRICO

VISTA FRONTAL

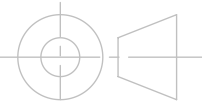
Longitud de Arco:
1734.94

R1100

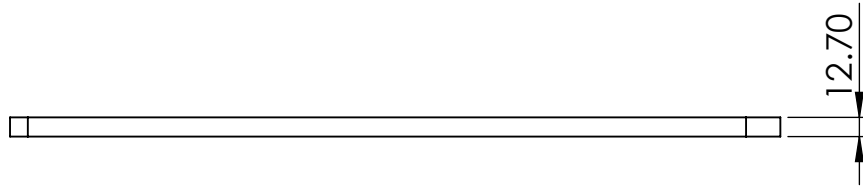
Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



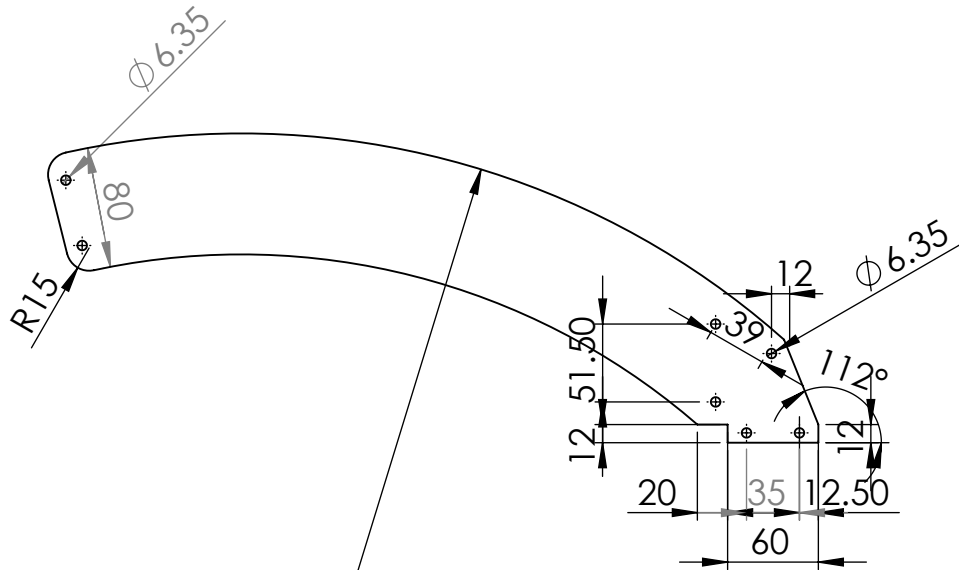
Universidad Tecnológica de la Mixteca
PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



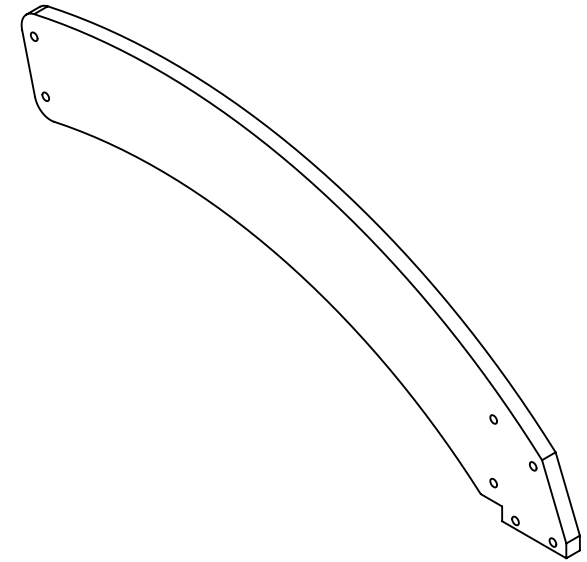
TÍTULO: Sistema de fechas tapa riel		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.	
		REVISOR: MDI Fernando Iturbide	
NÚMERO: 05	HOJA: 5 DE 18	ESCALA: 1:10	A
MATERIAL: Alucobond®	UNIDADES: MMGS	FECHA: 02/07/2013	



VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



ISOMÉTRICO

Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de fechas
Soporte Exterior

DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.

REVISOR: MDI Fernando Iturbide

NÚMERO: 06

HOJA: 6 DE 18

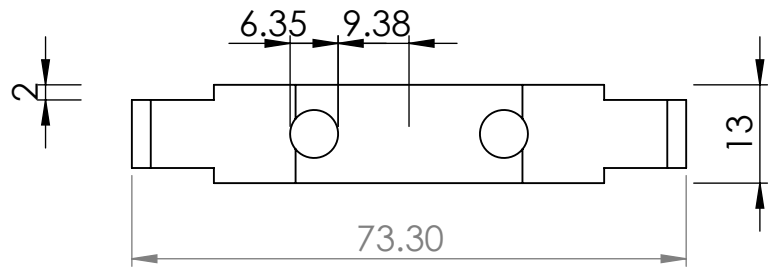
ESCALA: 1:5

A

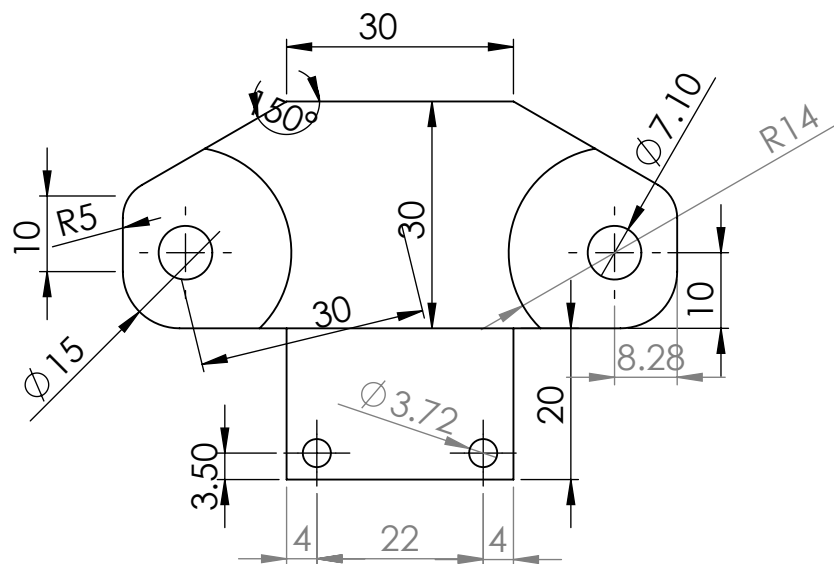
MATERIAL: Duraluminio®

UNIDADES: MMGS

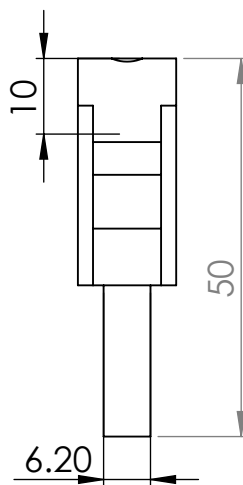
FECHA: 02/07/2013



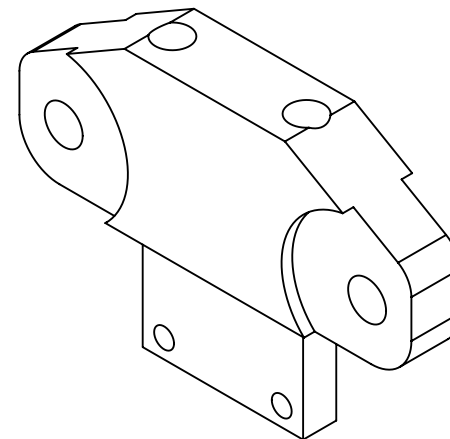
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



ISOMÉTRICO

Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de fechas
Sistema de arrastre 1

DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.

REVISOR: MDI Fernando Iturbide

NÚMERO: 07

HOJA: 7 DE 18

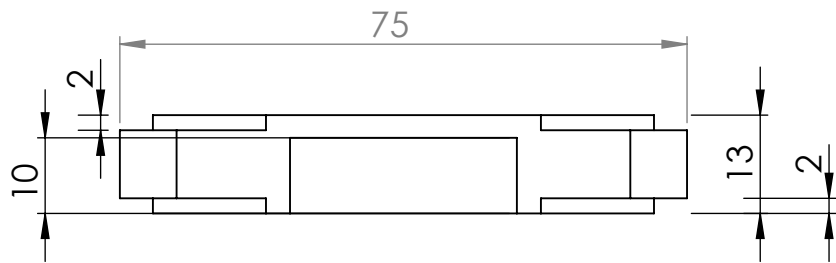
ESCALA: 1:1

A

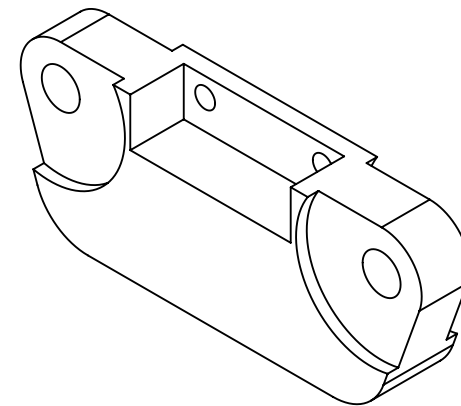
MATERIAL: Duraluminio®

UNIDADES: MMGS

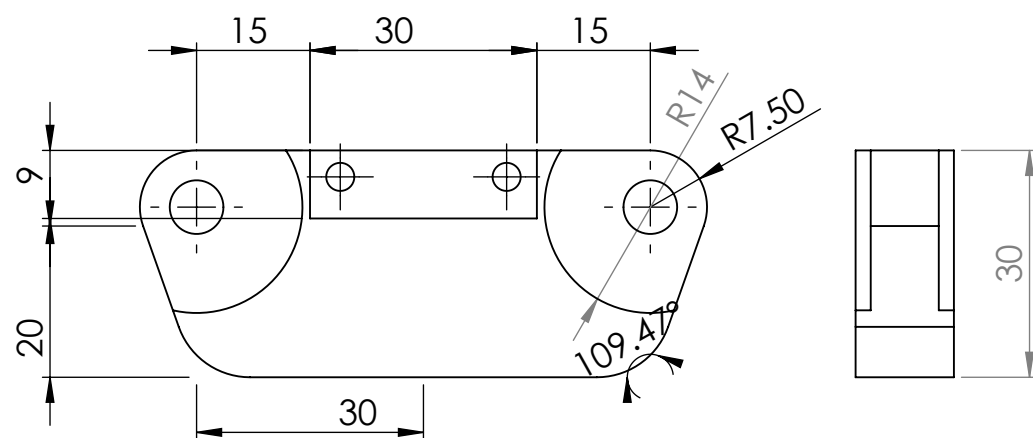
FECHA: 02/07/2013



VISTA SUPERIOR

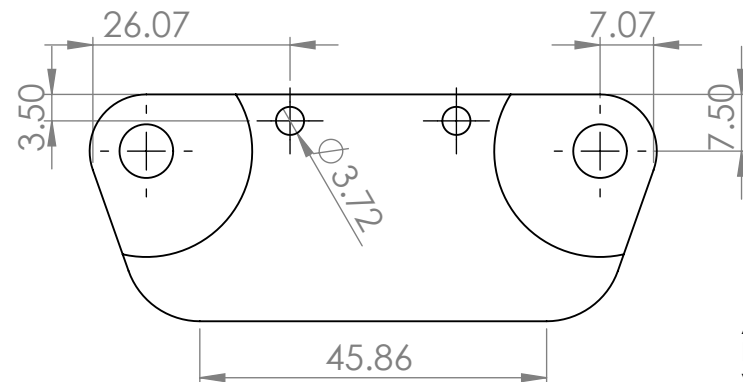


ISOMÉTRICO



VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

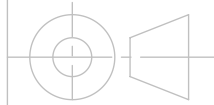


VISTA POSTERIOR

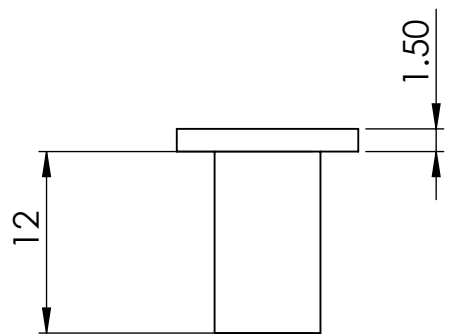
Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



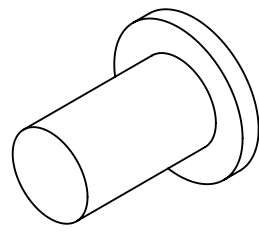
Universidad Tecnológica de la Mixteca
PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



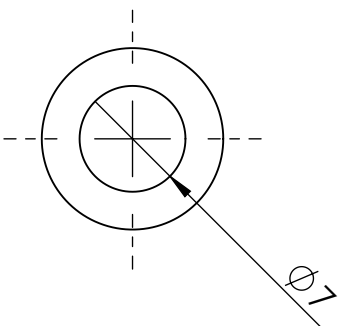
TÍTULO: Sistema de fechas Sistema de Arrastre 2		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.	
		REVISOR: MDI Fernando Iturbide	
NÚMERO: 08	HOJA: 8 DE 18	ESCALA: 1:1	A
MATERIAL: Duraluminio®	UNIDADES: MMGS	FECHA: 02/07/2013	



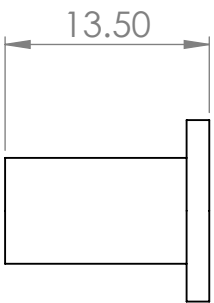
VISTA SUPERIOR



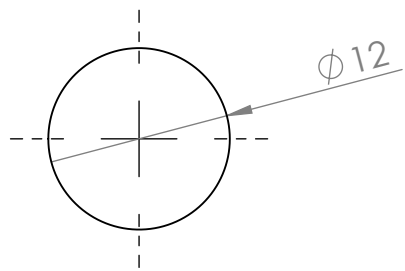
ISOMÉTRICO



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

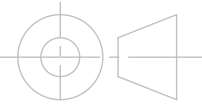


VISTA POSTERIOR

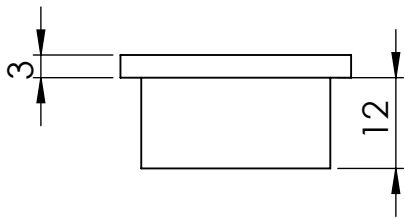
Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



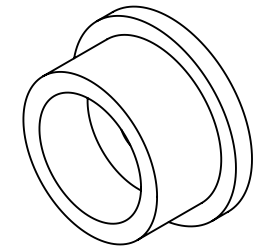
Universidad Tecnológica de la Mixteca
PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



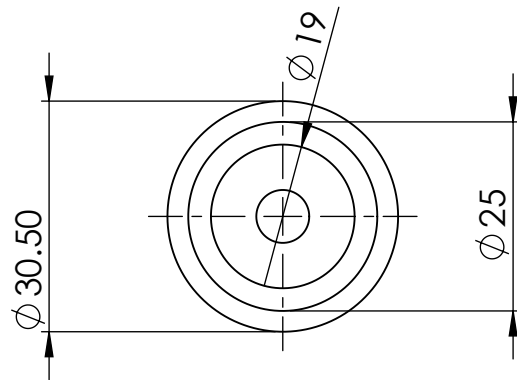
TÍTULO: Sistema de fechas eje poleas		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.	
		REVISOR: MDI Fernando Iturbide	
NÚMERO: 09	HOJA: 9 DE 18	ESCALA: 2:1	A
MATERIAL: Acero rectificado		UNIDADES: MMGS	FECHA: 02/07/2013



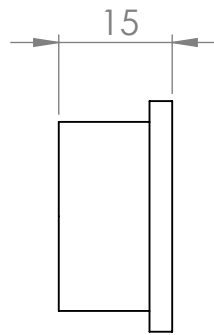
VISTA SUPERIOR



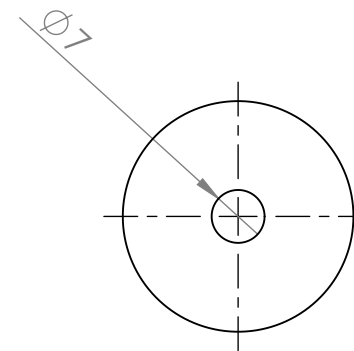
ISOMÉTRICO



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



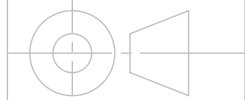
VISTA POSTERIOR

Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO:

Polea

DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.

REVISOR: MDI Fernando Iturbide

NÚMERO: 10

HOJA: 10 DE 18

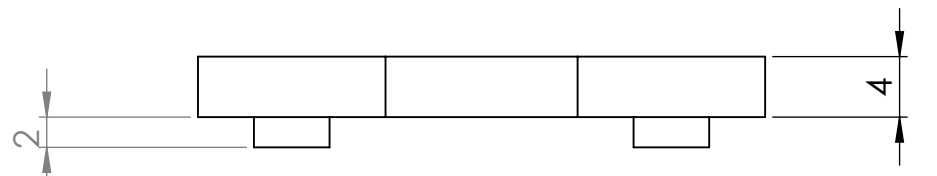
ESCALA: 1:1

A

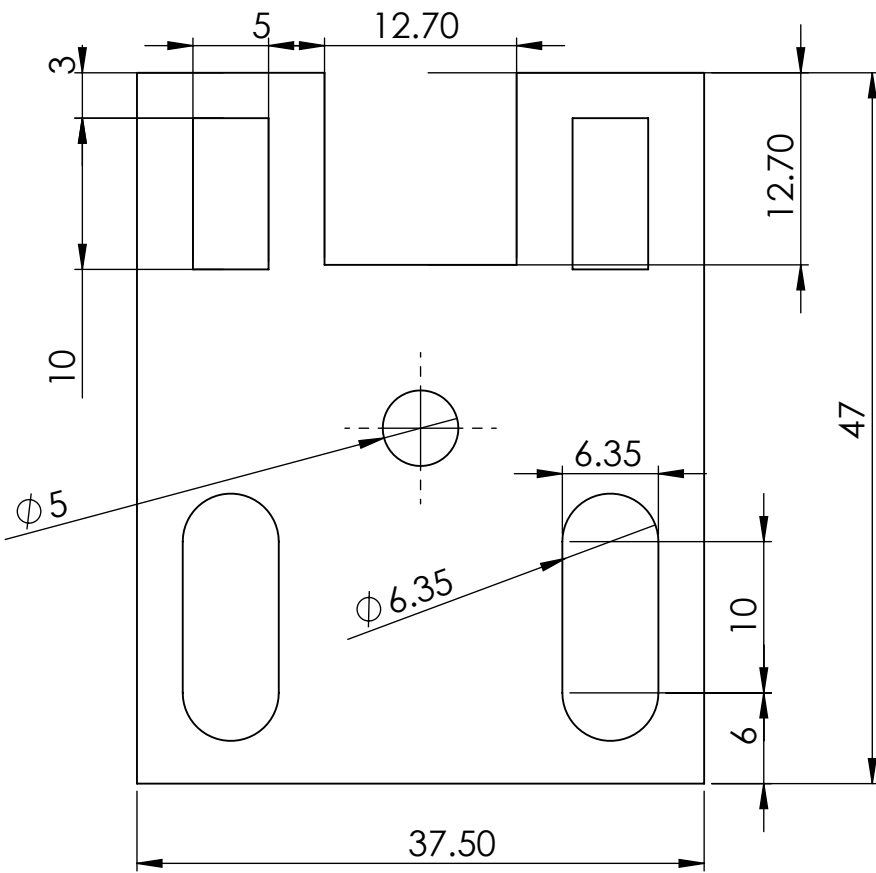
MATERIAL:

UNIDADES: MMGS

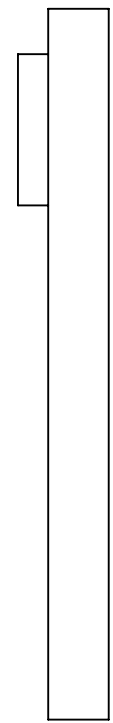
FECHA: 02/07/2013



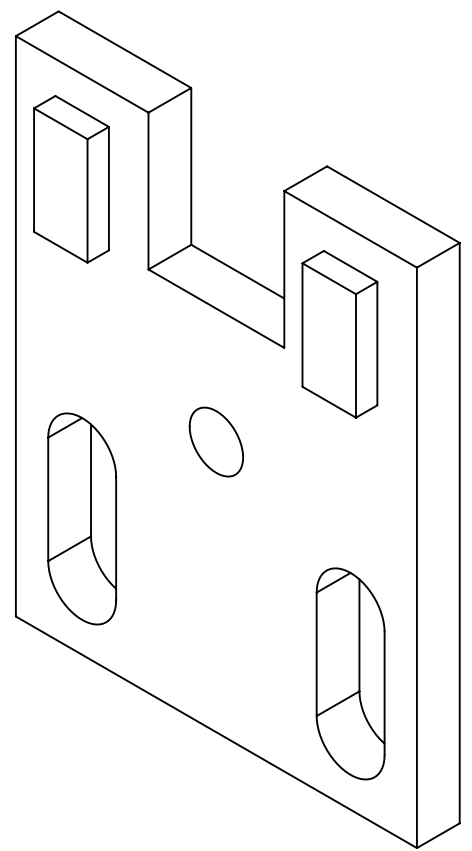
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

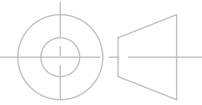


ISOMÉTRICO

Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



Universidad Tecnológica de la Mixteca
PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de fechas grapa1		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.	
NÚMERO: 11		HOJA: 11 DE 18	ESCALA: 2:1
MATERIAL: Acrílico		UNIDADES: MMGS	FECHA: 02/07/2013

A

A

B

B

C

C

D

D

1

2

3

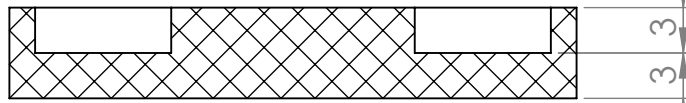
4

1

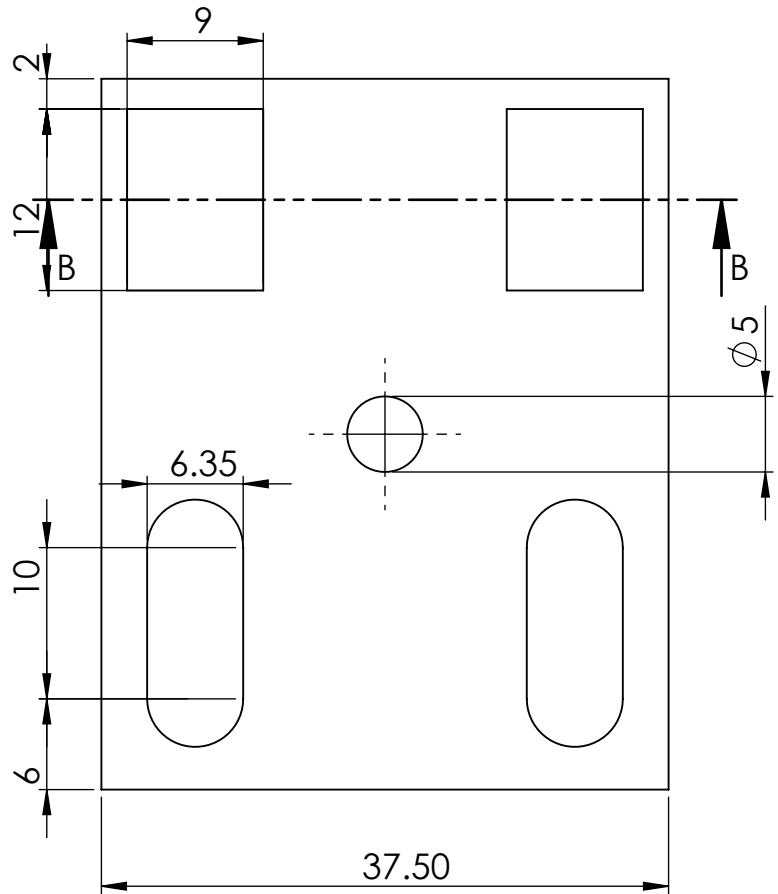
2

3

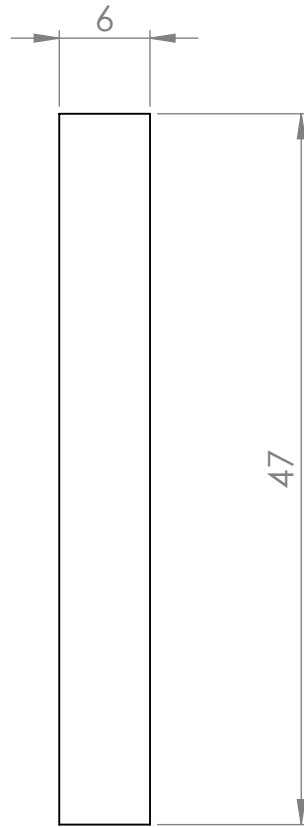
4



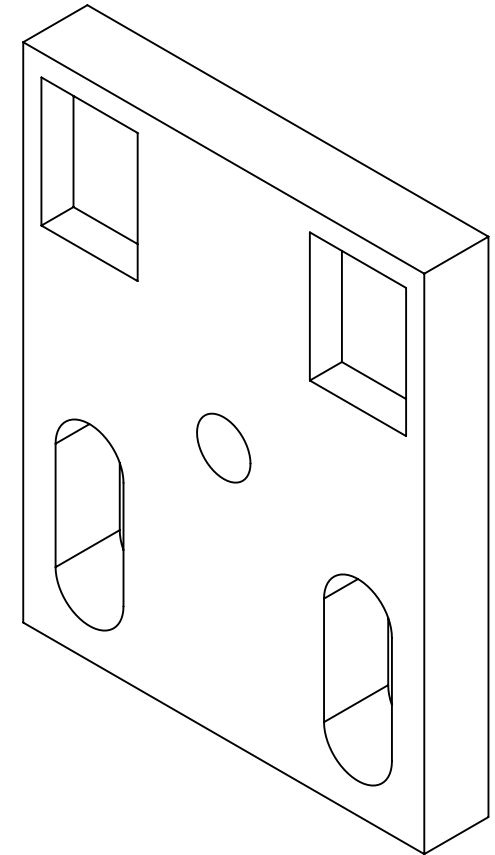
SECCIÓN B-B



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

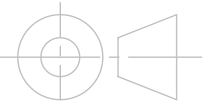


ISOMÉTRICO

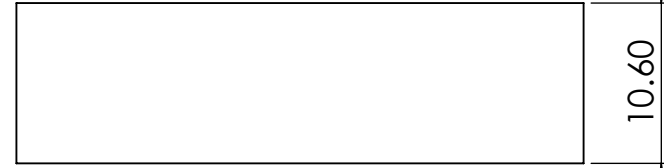
Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



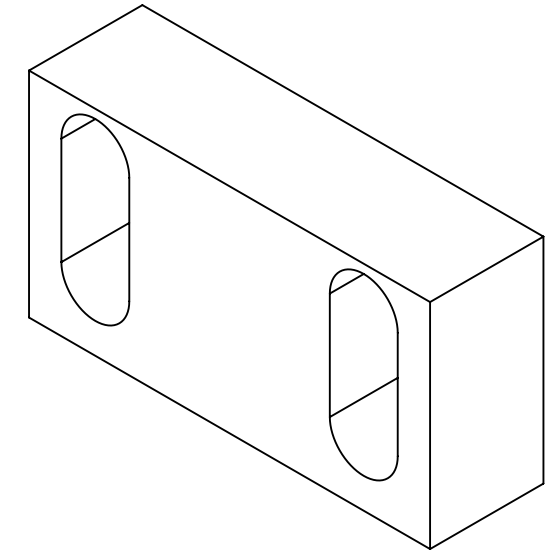
Universidad Tecnológica de la Mixteca
PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



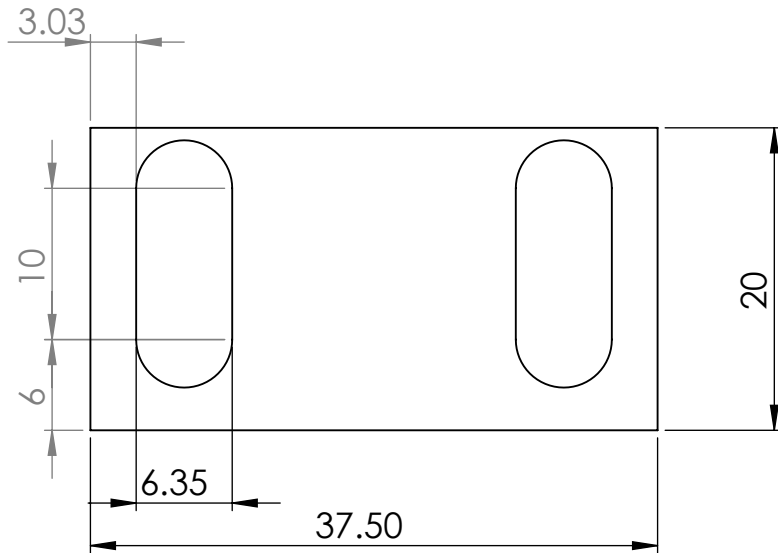
TÍTULO: Sistema de fechas grapa2		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.	
NÚMERO: 12		HOJA: 12 DE 18	REVISOR: MDI Fernando Iturbide
MATERIAL: Acrílico		UNIDADES: MMGS	ESCALA: 2:1
		FECHA: 02/07/2013	A



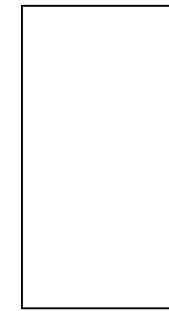
VISTA SUPERIOR



ISOMÉTRICO



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: Sistema de fechas
Grapa 3

DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.

REVISOR: MDI Fernando Iturbide

NÚMERO: 13

HOJA: 13 DE 18

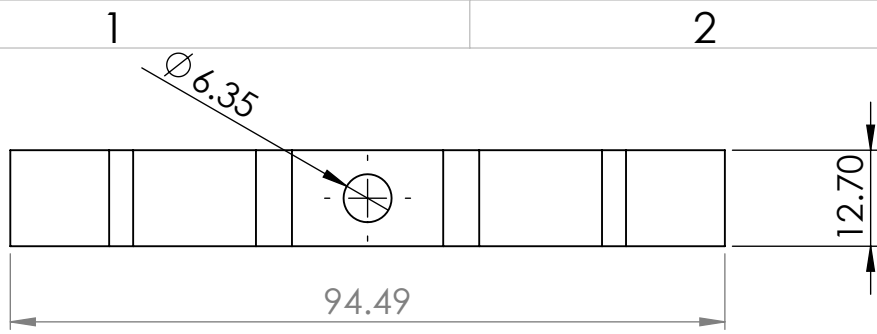
ESCALA: 2:1

A

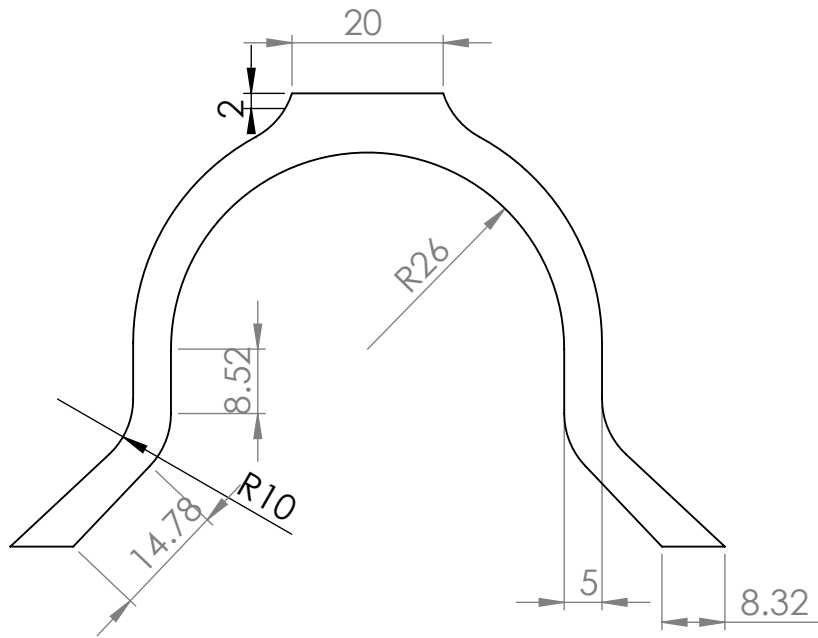
MATERIAL: Nylamid®

UNIDADES: MMGS

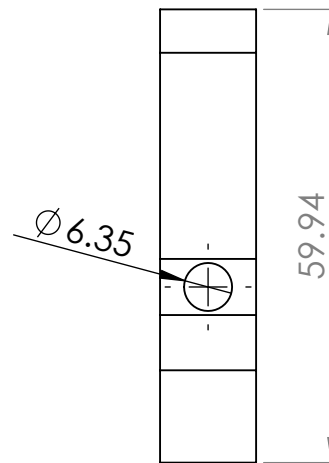
FECHA: 02/07/2013



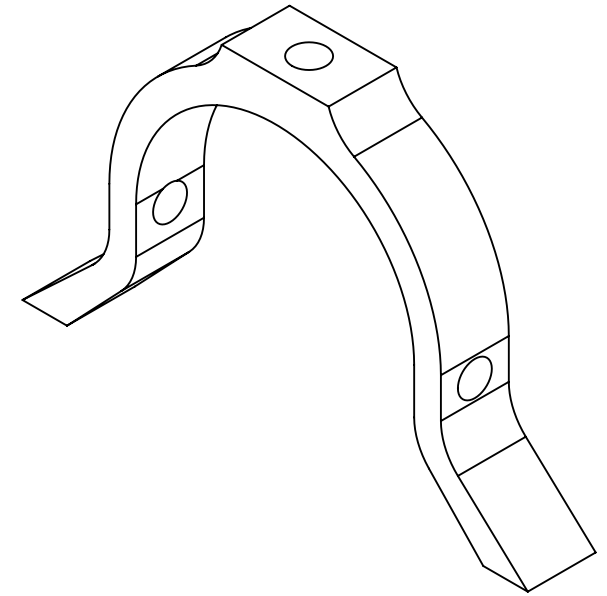
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



ISOMÉTRICO

Acabado superficial
Rebarbar y romper aristas
vivas



Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: soporte lampara
Sistema de fechas

DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.

REVISOR: MDI Fernando Iturbide

NÚMERO: 14

HOJA: 14 DE 18

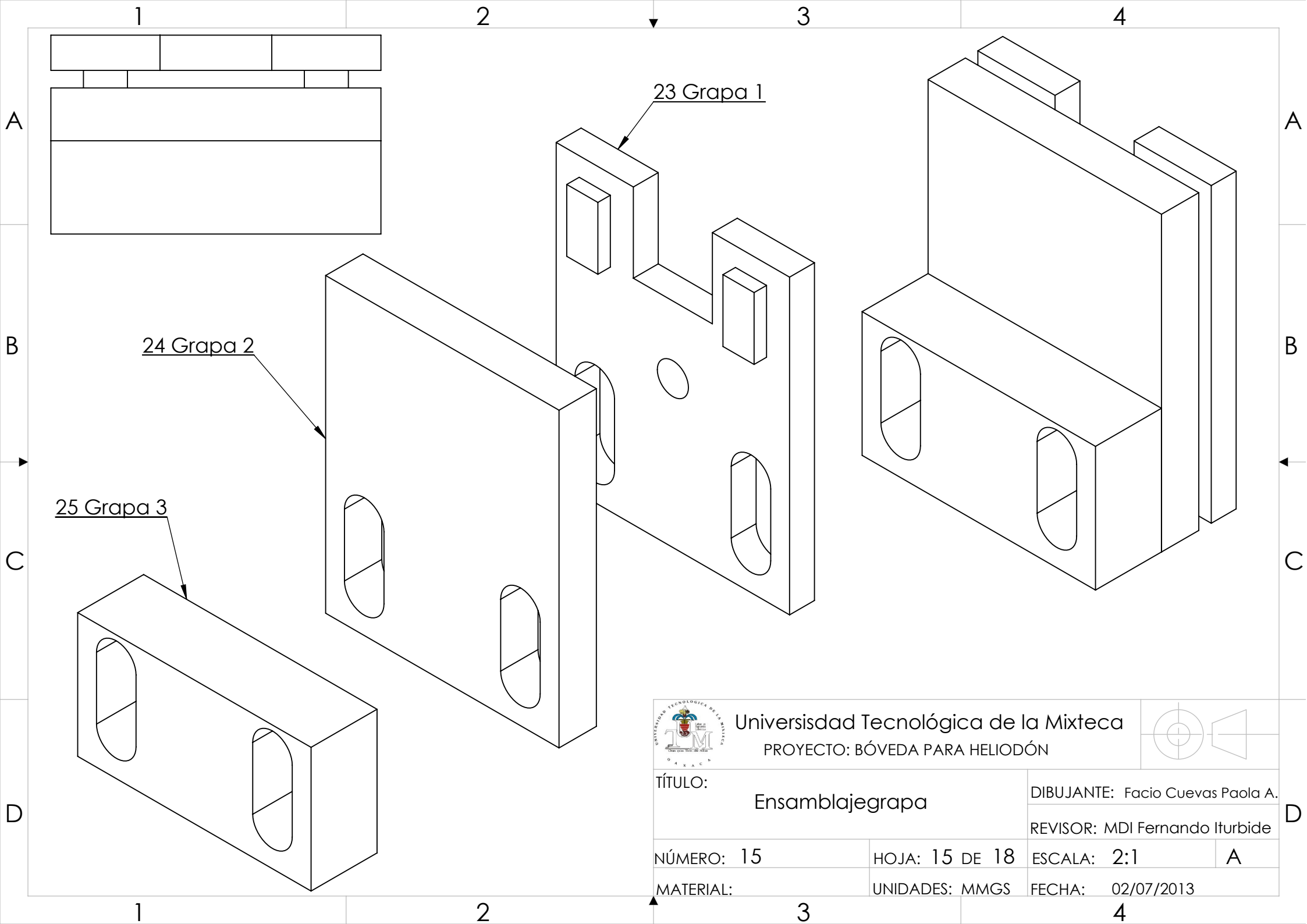
ESCALA: 1:1

A

MATERIAL: Duraluminio®

UNIDADES: MMGS

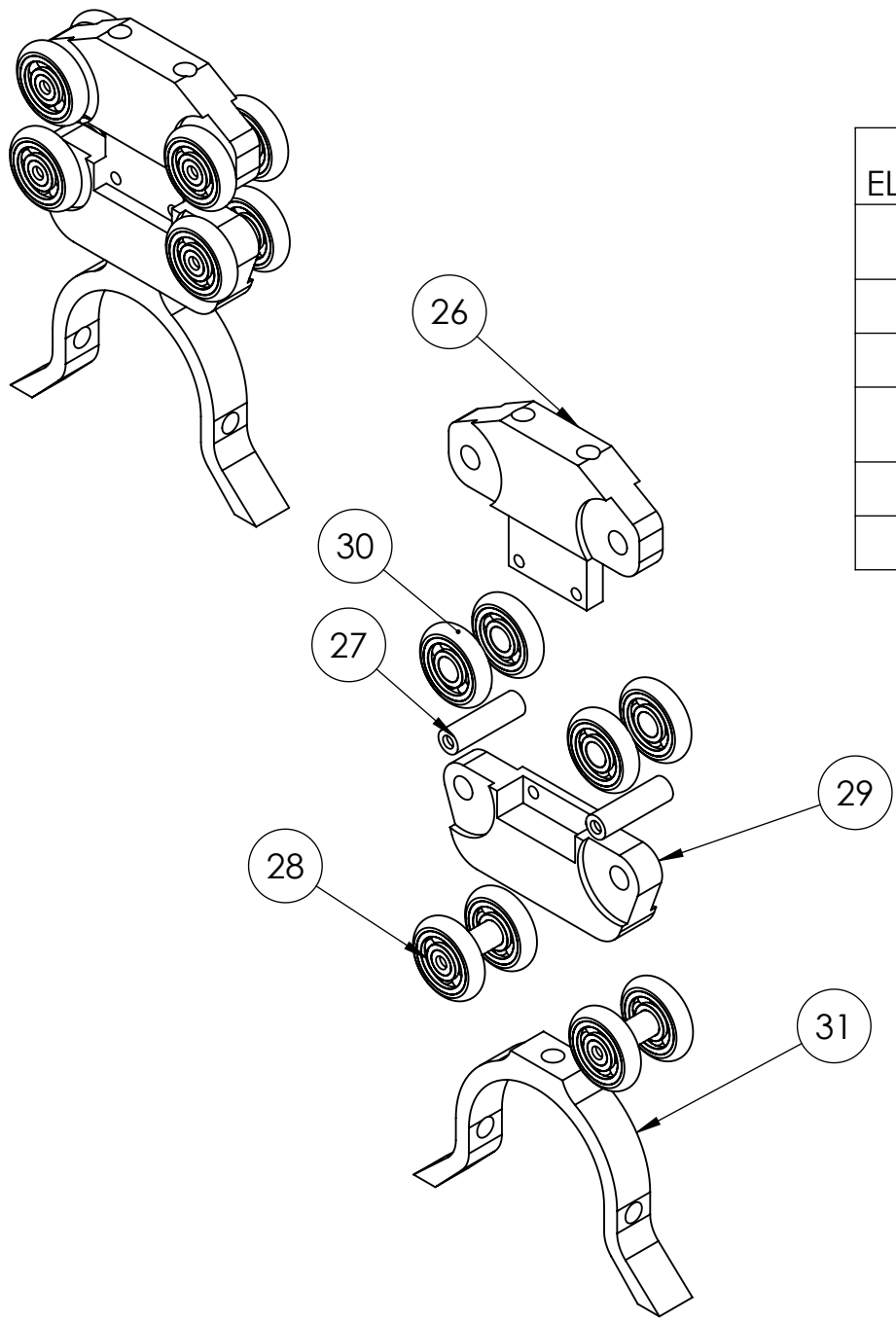
FECHA: 02/07/2013



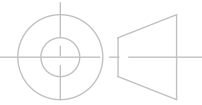
Universidad Tecnológica de la Mixteca
 PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN

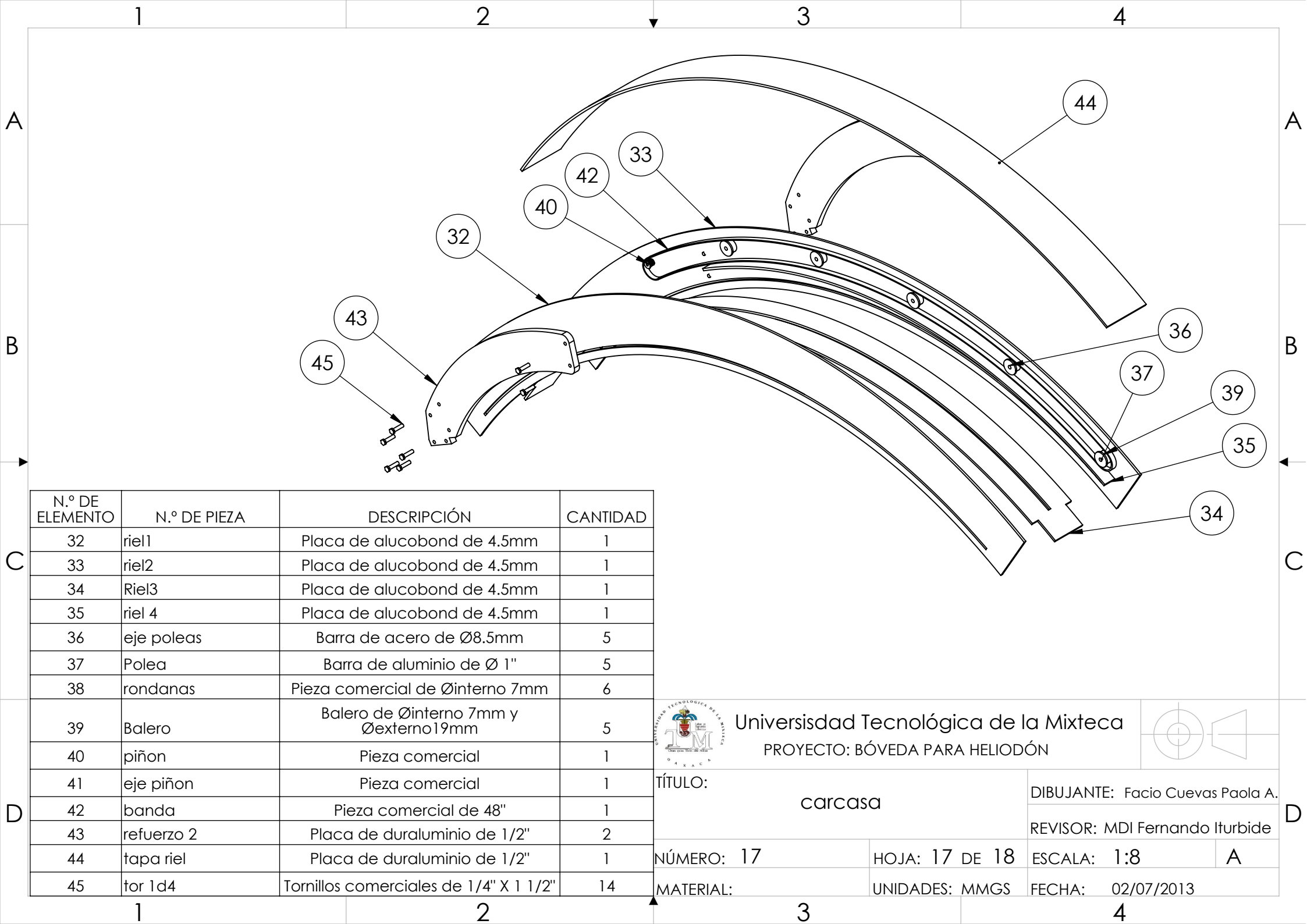


TÍTULO: Ensamblajegrapa		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.	
NÚMERO: 15		HOJA: 15 DE 18	REVISOR: MDI Fernando Iturbide
MATERIAL:		UNIDADES: MMGS	ESCALA: 2:1
		FECHA: 02/07/2013	A



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
26	Sistema de arrastre 1	Placa de Duraluminio de 1/2"	1
27	Eje1	Pieza comercial	4
28	RodamientoP1	Rodamientos comerciales	8
29	Sistema de arrastre 2	Placa de Duraluminio de 1/2"	1
30	Llantas de goma	Pieza comercial	8
31	soporte lampara	Placa de Duraluminiode 1/2"	1

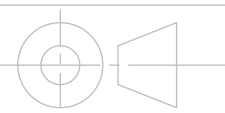
		Universidad Tecnológica de la Mixteca PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN			
TÍTULO: sistema de arrastre			DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.		
			REVISOR: MDI Fernando Iturbide		
NÚMERO: 16		HOJA: 16 DE 18		ESCALA: 1:2	
MATERIAL:		UNIDADES: MMGS		FECHA: 02/07/2013	



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
32	riel1	Placa de alucobond de 4.5mm	1
33	riel2	Placa de alucobond de 4.5mm	1
34	Riel3	Placa de alucobond de 4.5mm	1
35	riel 4	Placa de alucobond de 4.5mm	1
36	eje poleas	Barra de acero de Ø8.5mm	5
37	Polea	Barra de aluminio de Ø 1"	5
38	rondanas	Pieza comercial de Øinterno 7mm	6
39	Balero	Balero de Øinterno 7mm y Øexterno 19mm	5
40	piñon	Pieza comercial	1
41	eje piñon	Pieza comercial	1
42	banda	Pieza comercial de 48"	1
43	refuerzo 2	Placa de duraluminio de 1/2"	2
44	tapa riel	Placa de duraluminio de 1/2"	1
45	tor 1d4	Tornillos comerciales de 1/4" X 1 1/2"	14



Universidad Tecnológica de la Mixteca
 PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO: carcasa		DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.	
NÚMERO: 17		HOJA: 17 DE 18	ESCALA: 1:8
MATERIAL:		UNIDADES: MMGS	FECHA: 02/07/2013

C

D

C

D

Sistema de arrastre

Sistema de iluminación

Sistema de fechas

Sistema de horas



Universidad Tecnológica de la Mixteca

PROYECTO: BÓVEDA PARA HELIODÓN



TÍTULO:

Ensamblaje de Sistemas

DIBUJANTE: Facio Cuevas Paola A.

REVISOR: MDI Fernando Iturbide

NÚMERO: Hoja1

HOJA: 1 DE 2

ESCALA: 1:15

A

MATERIAL:

UNIDADES: MMGS

FECHA: 03/07/2013