

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SEGUIDOR
MECÁNICO PARA UN POTABILIZADOR SOLAR
PARABÓLICO**

**OSCAR EDUARDO HIGUERA MORENO
EFRAÍN AUGUSTO RUIZ SANCHEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2005

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SEGUIDOR
MECÁNICO PARA UN POTABILIZADOR SOLAR
PARABÓLICO**

**OSCAR EDUARDO HIGUERA MORENO
EFRAÍN AUGUSTO RUIZ SANCHEZ**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

ISNARDO GONZÁLEZ

Ingeniero Mecánico

Codirector

EDGAR FERNANDO CASTILLO

Director Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2005

DEDICATORIA

A Dios,

A mis padres, por su lucha incansable y su apoyo,

A mi hija, con todo mi amor,

A mi hermana por su compañía.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos por no dejarme desfallecer.

A Gonzalo Calderón, Laboratorista del taller de Ingeniería Mecánica y amigo por creer en este proyecto, por su consejo y ayuda incondicional.

A los demás mas miembros del taller de Ingeniería Mecánica, por su valiosísima colaboración.

Al Centro de Estudios E Investigaciones Ambientares CEIAM en cabeza de su director el Dr. Edgar Castillo, por creer en mí para desarrollar este proyecto.

A los Ingenieros y amigos Yesid Palma, Vivian López, y Lucy Cely, por todo, todo su apoyo, ayuda, amistad, alegría y lealtad.

A la Señora Elvira Villamizar, por su apoyo incondicional.

A Carboplas LTDA por facilítame la compra del material.

A talleres Torpico, por su Valiosísima colaboración.

A Isnardo González, Ingeniero Mecánico, director del proyecto, por su respaldo, confianza y colaboración oportuna.

A Ricardo Jaimes, Ingeniero Mecánico, por ser la primera persona en creer en este proyecto.

A Fundeproyes, por su colaboración.

A Efraín Ruiz por enseñarme que es el compromiso.

A todos mis amigos.

Oscar Eduardo Higuera Moreno.

DEDICATORIA

A Dios por las bendiciones recibidas siendo esta una de ellas.

A mis padres Wilson y Blanca por su comprensión e incondicional amor.

A mi abuelita Verónica por su inmensurable cariño, apoyo y todas sus enseñanzas.

A mis Hermanos Roberto, Linda, Diana y Carlos por sus afectos.

A toda mi familia por creer.

A la compañera de mi vida Martha Juliana O. por su amor, comprensión y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro director de proyecto, el Profesor Isnardo González por su aporte de conocimientos, su tiempo, su paciencia y su apoyo,

Al Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM, en especial al Doctor Edgar Fernando Castillo,

Al Profesor Ricardo Jaimes por su contribución,

A nuestros calificadores,

A Gonzalo, Henry y Freddy del taller de mecánica,

A mis familiares.

A mi jefe Ing. Miguel Ángel Arias por su apoyo y confianza.

A mis compañeros y amigos por los años de esfuerzo compartido.

Efrain Augusto Ruiz Sánchez

CONTENIDO

	Pág.
1. DESARROLLO DEL POTABILIZADOR SOLAR CILINDRO PARABÓLICO	4
1.1 MÉTODOS PARA LA POTABILIZACIÓN DE AGUA POR MEDIO DE ENERGÍA SOLAR	5
1.1.1 Efectos de la radiación UV-A.	5
1.1.2 Efectos de la temperatura (radiación infrarroja).	5
1.2 PRIMERA FASE "COLECTOR PLANO"	7
1.2.1 Colector Solar Plano.	8
1.2.2 Resultados de la Primera Fase.	9
1.3 SEGUNDA FASE "COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO"	9
1.3.1 Colector Parabólico.	10
1.3.2 Resultados de la Segunda Fase.	10
1.4 TERCERA FASE "SISTEMA DE SEGUIMIENTO DEL SOL"	15
1.4.1 Seguidores Solares.	15
1.4.2 Requerimientos del Diseño.	18
2. PROCESO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO SOLAR	19
2.1 REQUERIMIENTOS DEL PROBLEMA	19
2.2 SISTEMAS DE REGULACIÓN DE TIEMPO	20
2.2.1 Escape de Ancora.	20
2.2.2 Escape de Paletas.	21
2.2.3 Escape Cilíndrico.	22
2.3 SISTEMAS DE ACUMULACIÓN DE ENERGÍA POTENCIAL	23
2.3.1 Acumulación de Energía Potencial Por Gravedad.	23

2.3.2	Acumulación de Energía Potencial por Resortes.	24
2.3.3	Otros Sistemas de Obtención de Movimiento.	25
2.4	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE TIEMPO Y SUMINISTRO DE POTENCIA	26
2.5	DISEÑO PRELIMINAR	27
2.6	DISEÑO FINAL Y FUNCIONAMIENTO DEL MECANISMO DEL SEGUIDOR	30
3.	DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL MECANISMO DE SEGUIMIENTO SOLAR	41
3.1	ESTUDIO DEL MOVIMIENTO SOLAR	41
3.1.1	Resultados del Estudio los Movimientos Solares.	43
3.2	DESCRIPCIÓN DE LAS PIEZAS	48
3.2.1	Sistema de Transmisión.	48
3.2.2	Sistema de Potencia.	52
3.2.3	Sistema de Disparo.	58
3.2.4	Sistema de Control	68
3.2.5	Estructuras.	75
4.	PRUEBAS DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO SOLAR DEL COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO	78
4.1	PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LAS PRUEBAS	79
4.2	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS	79
5.	ANÁLISIS DE COSTOS DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO SOLAR	87
5.1	COSTO DEL MATERIAL	87
5.2	COSTO DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO	95
5.3	COSTOS DE INGENIERÍA	95
5.4	COSTOS TOTALES	96

6.	CALCULO ESTRUCTURALES Y DEL SISTEMA	97
6.1	SIMULACION DE LA DINAMICA DEL MECANISMO	97
6.2	CALCULO DEL RESORTE DEL SISTEMA DE DISPARO	105
6.3	SIMULACION DINAMICA DE ESFUERZOS	107
6.3.1	Eje central.	107
6.3.2	Eje inferior.	108
6.3.3	Eje superior.	109
6.3.4	Estructura.	109
6.3.5	Chasis.	110
6.3.6	Piñón de 17 dientes critico.	111
6.3.7	Piñón de 140 dientes critico.	111
6.3.8	Corona.	112
6.3.9	Te.	113
6.3.10	Piñón de 13 dientes.	113
7.	CONCLUSIONES	115
8.	RECOMENDACIONES	117
	BIBLIOGRAFIA	140

FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Vista Frontal del Colector de Placa Plana	7
Figura 2. Colector Solar Plano	8
Figura 3. Colector Parabólico Receptor de Foco Lineal	11
Figura 4. Colector solar parabólico realizado por Castillo, Cuestas y Rincón	12
Figura 5. Seguidores de Un Eje (detalle de su eje motriz)	16
Figura 6. Seguidor de Dos Ejes con Sensores	17
Figura 7. Circuito para un Seguidor solar	18
Figura 8. Sistema de Escape de Ancora con Pesas de un Reloj de pared	21
Figura 9. Escape de Paletas	22
Figura 10. Escape de cilindro	23
Figura 11. Energía potencial por gravedad	24
Figura 12. Muelle arrollado en espiral con rueda libre y ancora	25
Figura 13. Motor solar	25
Figura 14. Diseño preliminar del mecanismo seguidor	28
Figura 15. Diseño Final del Mecanismo del Seguidor Mecánico	30
Figura 16. Montaje general del potabilizador cilindro parabólico y su dispositivo de seguimiento solar	31
Figura 17. Sistema de Potencia	33
Figura 18. Sistema de Control	34
Figura 19. Sistema de Disparo	35
Figura 20. Eje de giro que pasa por el centro de masa del colector	39
Figura 21. Vistas del colector cilindro parabólico y su inercia	39
Figura 22. Vista a la placa y su inercia. (Remplazara al colector en la simulación)	40
Figura 23. Movimiento Diario del Sol Respecto al Horizonte	42

Figura 24.	Movimiento Anual o Estacional del Sol Respecto al Horizonte Visto a la Hora de Salida (mirando hacia el este)	43
Figura 25.	Sistema De Coordenadas Horizontal	44
Figura 26.	Carta Solar para la Ciudad de Bucaramanga	45
Figura 27.	Sistema de transmisión	49
Figura 28.	Placa colector	50
Figura 29.	Eje colector	50
Figura 30.	Bafle uno	51
Figura 31.	Pasador	51
Figura 32.	Engranaje de 140 dientes tipo B	52
Figura 33.	Sistema de Potencia	53
Figura 34.	Pesos	54
Figura 35.	Winche 1	54
Figura 36.	Winche 2	55
Figura 37.	Ruedas libres	56
Figura 38.	Eje central	56
Figura 39.	Engranaje de 140 dientes	57
Figura 40.	Bafle 3	58
Figura 41.	Cuña de la rueda libre	58
Figura 42.	Sistema de Disparo	59
Figura 43.	Engranaje de 17 dientes	60
Figura 44.	Engranaje de 48 dientes	61
Figura 45.	Engranaje de 34 Dientes	61
Figura 46.	Eje de Disparo	62
Figura 47.	Eje Móvil	63
Figura 48.	Camisa de disparo	63
Figura 49.	Soporte lateral de la camisa de disparo	64
Figura 50.	Resorte	64
Figura 51.	Soporte winche	65

Figura 52.	Soporte Lateral	65
Figura 53.	Eje de embrague	66
Figura 54.	Bafle dos	67
Figura 55.	Bujes del mecanismo	67
Figura 56.	Sistema de control	69
Figura 57.	Engranaje de 17 dientes	70
Figura 58.	Eje inferior	70
Figura 59.	Engranaje de 140 Dientes tipo A	71
Figura 60.	Engranaje 2 de 17 dientes (eje superior)	71
Figura 61.	Eje superior	72
Figura 62.	Corona	73
Figura 63.	Te	74
Figura 64.	Bafle cuatro	74
Figura 65.	Estructuras	75
Figura 66.	Chasis	76
Figura 67.	Estructura	76
Figura 68.	Abrazaderas de sujeción	77
Figura 69.	Nuevo Tren de Engranajes	82
Figura 70.	Nuevo Dispositivo de Control	84
Figura 71.	Montaje del nuevo Dispositivo de Control	85
Figura 72.	Mecanismo simplificado para la simulación	98
Figura 73.	Velocidad del motor	99
Figura 74.	Muestreo torque aplicado por el motor	100
Figura 75.	Peso colgado a un punto externo, tangente y al centro del winche comparado con la realidad	102
Figura 76.	Restricción donde se encuentran los medidores de ángulo y velocidad angular	102
Figura 77.	Grafica velocidad angular con respecto al tiempo	103

Figura 78.	Cambio de posición del peso con respecto al centro del winche (de izquierda a derecha posición 1, posición 2 y posición 3)	104
Figura 79.	Grafica de posición angular con respecto al tiempo	104
Figura 80.	Grafica de Fuerza aplicada por el Resorte	106
Figura 81.	Calculo del Resorte hecho en Solid Edge Handbook	106
Figura 82.	Selección del material de la base de datos de V.N	107
Figura 83.	Análisis de esfuerzos para el eje central	108
Figura 84.	Análisis de esfuerzos eje inferior	108
Figura 85.	Análisis de esfuerzos eje superior	109
Figura 86.	Análisis de esfuerzos para la estructura	110
Figura 87.	Análisis de esfuerzos para el chasis	110
Figura 88.	Análisis de esfuerzos para piñón de 17 dientes	111
Figura 89.	Análisis piñón de 140 dientes	112
Figura 90.	Análisis de esfuerzos corona	112
Figura 91.	Análisis de esfuerzos Te	113
Figura 92.	Análisis piñón de 13 dientes	114
Figura 93.	Ubicación del Potabilizador	122
Figura 94.	Montaje de estructuras	123
Figura 95.	Montaje de baffle tres	124
Figura 96.	Montaje del Eje Central	125
Figura 97.	Montaje de engranaje de 140 diente del sistema de potencia	125
Figura 98.	Montaje del winche 2	126
Figura 99.	Montaje del winche 1	126
Figura 100.	Montaje del baffle dos	127
Figura 101.	Despiece del sistema de disparo	128
Figura 102.	Montaje del sistema de disparo	128
Figura 103.	Montaje del eje de disparo	129
Figura 104.	Montaje total del sistema de disparo	129

Figura 105.	Montaje del engranaje de 17 dientes correspondiente al sistema de disparo	130
Figura 106.	Montaje del eje inferior	131
Figura 107.	Montaje del eje superior	132
Figura 108.	Montaje del Engranaje de 13 dientes	133
Figura 109.	Montaje del soporte en U	133
Figura 110.	Montaje engranaje de 183 dientes	134
Figura 111.	Acople engranajes de 13 y 183 dientes	134
Figura 112.	Acople del dispositivo de control	135
Figura 113.	Sujeción de las guayas a los winches	135
Figura 114.	Montaje placa del colector	136
Figura 115.	Montaje de las chumaceras	137
Figura 116.	Acople del Sistema de Seguimiento y el Colector Solar	137
Figura 117.	Montaje del engranaje de 140 dientes tipo B	138
Figura 118.	Acople de las estructuras del colector y el seguidor	138
Figura 119.	Montaje del bafle 1	139
Figura 120.	Montaje del eje de embrague y el engranaje de 48 dientes	139
Figura 121.	Montaje del eje de embrague	140
Figura 122.	Detalle de los Pasadores	140
Figura 123.	Acople de los engranajes de 48, 34 y 17 dientes	141
Figura 124.	Pasos para el Arranque del mecanismo	142
Figura 125.	Aislamiento Sistema de Disparo para la reposición	144

LISTADO DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Resistencia Térmica de los Microorganismos.	6
Tabla 2. Análisis microbiológico de aguas.	13
Tabla 3. Indicadores de desempeño de los colectores en estudio.	14
Tabla 4. Selección del Sistema de regulación de tiempo.	26
Tabla 5. Selección del Sistema de Potencia	26
Tabla 6. Mecanismo del Seguidor.	31
Tabla 7. Selección De Software.	36
Tabla 8. Ecuaciones de Calculo.	37
Tabla 9. Datos de Entrada.	38
Tabla 10. Determinación De La Velocidad Promedio Del Winche.	38
Tabla 11. Ecuación del Angulo de Declinación Solar.	45
Tabla 12. Ecuación de la Angulo de la Altura Solar	46
Tabla 13. Ecuación del Angulo de Azimut.	46
Tabla 14. Resultados de la aplicación de las ecuaciones anteriores, para la ciudad de Bucaramanga.	46
Tabla 15. Resultados Del Movimiento Anual Del Sol Respecto Al Horizonte, Para La Ciudad De Bucaramanga.	47
Tabla 16. Resultados De La Primera Prueba.	80
Tabla 17. Resultados De la Segunda Prueba.	82
Tabla 18. Resultados de Tercera Prueba.	85
Tabla 19. Resultados Cuarta prueba.	86
Tabla 20. Costos Involucrados En La Construcción De Las Piezas Del Mecanismo De Seguimiento Solar.	88

Tabla 21.	Costos Involucrados En La Selección de Piezas Del Mecanismo De Seguimiento Solar.	92
Tabla 22.	Costos Involucrados En La Manufactura Exterior De Algunas Piezas Del Mecanismo De Seguimiento Solar	94
Tabla 23.	Costos Totales Del Mecanismo De Seguimiento Solar	96
Tabla 24.	Ecuaciones para el calculo velocidad angular del eje central.	98
Tabla 25.	Resultados ecuación calculo velocidad angular eje central.	99
Tabla 26.	Modelo de la tabla generada para el muestreo.	100
Tabla 27.	Ecuación para el cálculo del peso requerido en el winche.	101
Tabla 28.	Resultados de la tabla 27.	101

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Manual del usuario.	139
Anexo B. Propiedades del Prolon.	164
Anexo C. Cotizaciones y Facturas de Compras.	165
Anexo D. Documentos y Compromisos.	169
Anexo E. Planos de Construcción.	171

RESUMEN

TÍTULO:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SEGUIDOR MECÁNICO PARA UN POTABILIZADOR SOLAR PARABÓLICO.*

AUTORES:

Oscar Eduardo Higuera Moreno.

Efraín Ruiz. **

PALABRAS CLAVES:

Seguidor solar, Seguidor mecánico, Potabilizador solar, Energía solar.

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto se realizó con el propósito de aumentar la eficiencia y operabilidad de un colector cilindro parabólico, el cual tiene como función la potabilización de agua para el consumo humano. Para lograr este objetivo se diseñó y construyó un seguidor solar mecánico, autónomo e independiente de cualquier fuente de energía convencional.

El sistema diseñado y construido es un seguidor solar mecánico de un eje, el cual utiliza la acumulación de energía potencial para lograr que el colector cilindro parabólico siga el sol en su movimiento diario, oriente-occidente. El seguidor solar cuenta con un sistema de control, el cual hace, que la caída de los pesos que producen el movimiento, sea controlada de acuerdo con la velocidad requerida para realizar un seguimiento solar adecuado para la tarea de potabilización.

Para lograr la transmisión del movimiento se utilizaron trenes de engranajes fabricados en plástico de ingeniería, conocido en el mercado como Prolon. Este material se utilizó debido a que una de las condiciones de diseño consiste en poseer un mínimo mantenimiento, pues el seguidor junto con el colector se instalarán en zonas rurales.

El mecanismo esta diseñado para ser ensamblado y operado por cualquier persona que siga las instrucciones del manual de usuario. La operación consiste en colocar el colector en posición con el sol naciente, cargar los pesos al seguidor y activar el sistema de control, de esta forma el seguidor hará que el colector cilindro parabólico siga el sol hasta 150° adelante de la posición de partida, tarea que toma aproximadamente 10 horas, tiempo suficiente para a aprovechar la radiación efectiva del sol en esta parte de la tierra.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Isnardo González.

SUMMARY

TITLE:

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A MECHANICAL FOLLOWER FOR PARABOLIC SOLAR PURIFIER. *

AUTHORS:

Oscar Eduardo Higuera Moreno.

Efraín Ruiz. **

KEY WORDS:

Solar follower, Mechanic follower, Solar purifier, Solar energy.

DESCRIPTION:

This project was made in order to increase the efficiency and operation of a cylinder parabolic collector, which has as function the water purification for the human consumption. In order to obtain this objective was designed and constructed a mechanical solar follower, autonomous and independent of any conventional power plant.

The designed and constructed system is a mechanical solar follower of an axis, It uses the potential accumulation of energy to obtain the collector cylinder parabolic follows the sun in his daily movement, orient-west. The solar follower has a control system, It causes the fall of the weights that produce the movement is controlled in agreement with the required speed to make a suitable solar pursuit for the purification task.

In order to obtain the transmission of the movement were used gear train manufactured from engineering plastic, It's known in the market like Prolon. This material was used because one of the conditions of design consists of having a minimum maintenance, because the follower and the collector will settle in countryside.

The mechanism was designed to be assembled and operated by any person who follows the instructions of the user manual. The operation consists in placing the collector with the sunrise, loading the weights to the follower and to activate the control system, in this way the follower will cause the collector cylinder parabolic follows the sun until 150° ahead of the initial position, This job takes about 10 hours, sufficient time to take advantage of the effective radiation the sun in this part of the earth.

* Degree Work.

** Physical-Mechanical Sciences Faculty, Mechanical Engineering, Eng. Isnardo González.

INTRODUCCIÓN

Durante siglos, tanto el hombre como los demás seres vivos han aprovechado la energía solar como fuente de vida y como una opción energética. En los últimos años este concepto ha tenido un gran auge, debido al afán que se tiene de buscar fuentes de energía que no contaminen, que tenga las mismas ventajas de las actuales, pero que no destruya el medio ambiente. En conclusión energía limpia, con cero producción de desechos, alta eficiencia, bajos costos de producción y sin ningún riesgo.

La Universidad Industrial de Santander no ha sido ajena a esta situación, es por esta razón que uno de sus centros de investigación, específicamente el Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM, con el ánimo de mejorar las condiciones de vida de los menos favorecidos, encuentra la forma de potabilizar agua por medio de energía solar. Esta tarea la emprende con el proyecto de grado titulado: Desarrollo de un Sistema de Prototipo para Potabilización de Agua Mediante Energía Solar en Comunidades Rurales del Magdalena Medio, realizado por el alumno de Ingeniería Química Marlon Barrios en el 2002.

El proyecto en mención, abre la puerta para dos fases mas del mismo ya que se trabaja el proceso de potabilización por medio de un panel colector de tipo plano; arrojando excelentes resultados, pero sugiriendo el cambio de geometría del colector. Esta razón motiva la segunda fase del macro-proyecto de potabilización de agua por medio de energía solar, el cual hace caso a las recomendaciones y desarrolla un colector cilindro parabólico para tal fin. Al

igual que la segunda fase los resultados son satisfactorios, pero ven la necesidad de colocar un dispositivo de seguimiento solar para aumentar la eficiencia del proceso.

Queriendo mantener la filosofía del proyecto inicial de no utilizar ningún tipo de energía convencional en el proceso de potabilización, el Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM, busca el apoyo de la Escuela de Ingeniería Mecánica para desarrollar un dispositivo totalmente mecánico e independiente del colector cilíndrico ya existente, para hacer que este gire siguiendo la trayectoria del sol y de esta forma hacer totalmente autónomo la potabilización solar.

Esta es la razón por la cual se desarrollo el presente proyecto de grado titulado, **Diseño y Construcción de un Seguidor Mecánico, para un Potabilizador Solar Parabólico**. El prototipo desarrollado es totalmente autónomo e independiente del colector parabólico y hace que este siga el sol, mejorando así su eficiencia. El proceso de seguimiento solar se consigue por medio de la acumulación de energía potencial y la transmisión del mismo por medio de un mecanismo muy similar al de los antiguos relojes de torre.

El primer capítulo tiene como fin, mostrar los resultados de las dos primeras fases del macro-proyecto de potabilización de agua mediante energía solar y una visión previa de la tercera fase, en la que se muestra los tipos de seguidores solares existentes y la viabilidad que tienen para ajustarse a los requerimientos del problema planteado.

El segundo capítulo, muestra los distintos tipos de mecanismos a utilizar para el proceso de seguimiento solar, plantea detalladamente el proceso de diseño

desarrollado por los autores de este proyecto de grado. Mostrando los primeros avances, la base del diseño final y el proceso de simulación utilizado.

En el tercer capítulo se presentan el estudio del movimiento solar, el cual sirve de base para establecer la configuración del mecanismo de seguimiento solar y de esta forma, presentar una descripción detallada de cada una de las piezas que componen el prototipo de seguimiento solar.

El cuarto capítulo muestra las pruebas realizadas al prototipo de seguimiento solar, el desempeño del diseño original y las mejoras llevadas a cabo para el perfeccionamiento del dispositivo.

El quinto capítulo es un análisis de costos de construcción del prototipo de seguimiento solar, el cual servirá de asiento para la producción de este tipo de dispositivos, llegado el caso de que su construcción se haga de forma comercial.

Finalmente el sexto capítulo presenta el manual del usuario, el cual describe la forma de ensamblar y acoplar al colector el sistema de seguimiento solar y unas recomendaciones de mantenimiento.

Se incluyen como anexos los cálculos del mecanismo, las propiedades del material utilizado en la construcción de los engranajes del mecanismo, la facturación de las compras, los documentos y compromisos y los planos del dispositivo.

1. DESARROLLO DEL POTABILIZADOR SOLAR CILINDRO PARABÓLICO

En esta capítulo se describe en forma resumida como el Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM desarrollo un colector cilindro parabólico, para la obtención de agua potable para su posterior consumo.

El CEIAM, detecta la necesidad de potabilizar agua para comunidades campesinas del Magdalena Medio, y conociendo resultados de mediciones de radiación solar en esta región, se da cuenta que, este tipo de energía alternativa es idónea para tal fin. De tal forma decide comenzar sus investigaciones con el proyecto de grado titulado “Desarrollo de un sistema de prototipo para potabilización de agua mediante energía solar en comunidades rurales del Magdalena Medio” realizado por el alumno de Ingeniería Química Marlon Barrios en el 2002.

El desarrollo del potabilizador cilindro parabólico, impulsado por el Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM, ha tenido tres grandes fases. Las dos primeras se mostraran en el presente capítulo y la tercera es motivo del presente proyecto de grado.

1.1 MÉTODOS PARA LA POTABILIZACIÓN DE AGUA POR MEDIO DE ENERGÍA SOLAR

Todo proceso de desinfección solar utiliza dos componentes de la luz solar para la desinfección del agua: El primero, la radiación UV-A, tiene efecto germicida y el segundo componente, la radiación infrarroja, eleva la temperatura del agua y genera el efecto de pasteurización cuando la temperatura llega a 70-75°C. El uso combinado de la radiación UV-A y del calor produce un efecto de sinergia que incrementa la eficacia del proceso.

1.1.1 Efectos de la radiación UV-A.

La luz UV-A tiene un efecto letal en los patógenos presentes en el agua que afectan a los humanos. Estos patógenos no se adaptan bien a las condiciones ambientales agresivas, pues sus condiciones de vida específicas son las del tracto gastrointestinal humano. Por lo tanto, son más sensibles a la luz solar que otros organismos. La radiación UV-A interactúa directamente con el ADN, los ácidos nucleicos y las enzimas de las células vivas, cambia la estructura molecular y puede producir la muerte de la célula. La radiación UV reacciona con el oxígeno disuelto en el agua y produce formas altamente reactivas de oxígenos (radicales libres de oxígeno y peróxidos de hidrógeno). Estas moléculas también interfieren con las estructuras celulares y matan a los patógenos.

1.1.2 Efectos de la temperatura (radiación infrarroja).

Los microorganismos son sensibles al calor. En la tabla 1 se presenta la temperatura y el tiempo de exposición necesarios para eliminar microorganismos. Puede verse que el agua no tiene que hervir para matar el

99.9% de los microorganismos y el calentamiento del agua de 50 a 60 °C durante una hora tiene el mismo efecto.

Tabla 1. Resistencia Térmica de los Microorganismos

RESISTENCIA TÉRMICA DE LOS MICROORGANISMOS			
MICROORGANISMOS	TEMPERATURA PARA UNA		
	1 min.	6 min.	60 min.
Enterovirus			62 °C
Rotavirus			63 °C (30 min.)
Coliformes fecales	80 °C destrucción completa		
Salmonella		62 °C	58 °C
Shigella		61 °C	54 °C
Vibrio Cholerae			45 °C
Quistes de entamoeba	57 °C	54 °C	50 °C
Quistes de giardia	57 °C	54 °C	50 °C
Huevos y larvas de gusano		62 °C	51 °C
Huevos de Áscaris	68 °C	62 °C	57 °C
Huevos de esquistosoma	60 °C	55 °C	50 °C
Huevos de Tenia	65 °C	57 °C	51 °C

Fuente: CUESTA, Rene y RINCÓN, Iván. Diseño, Construcción Y Evaluación Operacional A Pequeña Escala De Un Potabilizador Solar Parabólico Para Agua. Bucaramanga, 2004, n p. Trabajo de Grado (Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química.

1.2 PRIMERA FASE “COLECTOR PLANO”

Esta primera fase consistió en la elaboración de un potabilizador mediante un colector solar plano, el cual cuenta con las siguientes características:

Figura 1. Vista Frontal del Colector de Placa Plana



Fuente: BARRIOS Marlon. Desarrollo De Un Sistema De Prototipo Para Potabilización De Agua Mediante Energía Solar En Comunidades Rurales Del Magdalena Medio. Bucaramanga 2002, n p, Trabajo de Grado (Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química

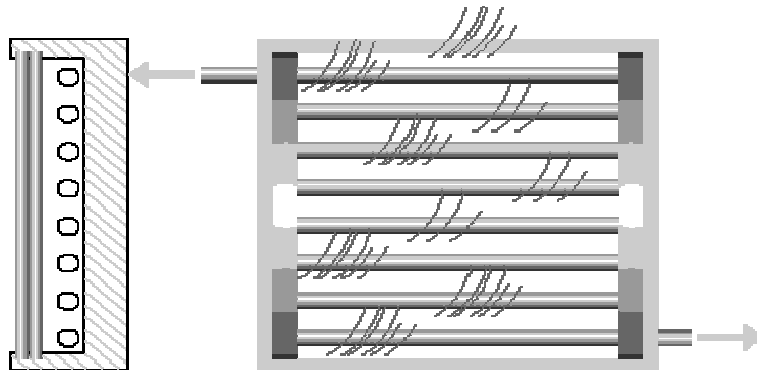
- Colector de 1 m² de área y 14 cm. de profundidad.
- 25 metros de tubería de cobre de 3/8" en serpentín.
- Placa absorbora en lamina de aluminio de 0.5 mm de espesor para anclaje de la tubería.
- Doble cubierta de vidrio corriente (canto verde) de 4 mm de espesor.
- Aislante posterior de lana de vidrio de 6 cm. de espesor.
- Pintura color negro mate para recubrimiento de la placa absorbora.

- Separación de 6 cm entre la placa absorbora y la cubierta interior.
- Distancia de 2 cm entre las dos cubiertas.
- Armazón fabricado en fibra de vidrio¹.

1.2.1 Colector Solar Plano.

El principio fundamental de trabajo de un colector solar se basa en el aprovechamiento de la propiedad que posee una superficie revestida de negro o de una sustancia de material selectivo, que absorbe la radiación solar en un 90% y la emite en menos de un 10 %. En particular, el colector solar plano está formado por una superficie metálica plana que lleva adherida a ella una serie de tuberías de cobre, estando todo el conjunto revestido de pintura negra absorbente.

Figura 2. Colector Solar Plano



Fuente: FARADJE, Rafael. Energía Solar Parte Uno. Disponible en < <http://www.cai.org.ar> >

¹ No hay registros de colectores fabricados con este material.

1.2.2 Resultados de la Primera Fase.

- El colector de placa plana presenta un sobredimensionamiento del 50%, en cuanto a la relación longitud de tubería/ área de exposición solar.
- Los codos presentan perdidas térmicas con respecto al colector en general; por lo que se recomienda trabajar con el menor número de codos posibles en este tipo de colectores.
- El colector presenta un alto grado de inercia térmica.
- Se demostró la importancia del efecto invernadero (cubierta de doble vidrio), aumentando y manteniendo altas temperaturas de operación en el colector.
- El material del armazón presenta problemas debido a deformaciones por efectos térmicos.
- Esta innovación tecnológica, ha presentado resultados satisfactorios, aunque requiere de grandes áreas para la recolección de energía, lo que repercute en espacio y costos, poniendo en peligro la ejecución del proyecto como tal. Por ello se considera necesario analizar la posibilidad de recolectar una mayor cantidad de energía solar por metro cuadrado de colector, usando para este fin diferentes tipos de geometría.

1.3 SEGUNDA FASE “COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO”

En concordancia con los resultados obtenidos en la primera fase y con la certeza de que la energía solar es apta para la potabilización de agua, se busco otro tipo de geometría para el potabilizador solar.

El colector cilindro parabólico fue evaluado como el mas completo y a la vez el que cumplía con los requerimientos del proceso. Por tal motivo El Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM, plantea el proyecto de grado titulado Diseño, Construcción y Evaluación Operacional a Pequeña Escala de un Potabilizador Solar Parabólico para Agua. Desarrollado por Rene Fernando Cuestas e Iván Rene Rincón en el 2004.

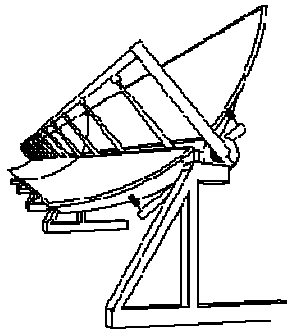
1.3.1 Colector Parabólico.

Se trata de un colector formado por un segmento de parábola cilíndrico que tiene su foco constituido por una tubería cilíndrica de metal por la cual circula el líquido a calentar o evaporar. Rodea a esta tubería metálica otra de vidrio, y entre ambas se ha efectuado el vacío, para disminuir las pérdidas térmicas por convección. Este colector requiere un seguimiento permanente del sol por cuanto los rayos de la radiación solar deben ser permanentemente paralelos al eje de la parábola. Ver figura 3. Para este tipo de colector hay que adaptar el seguidor mecánico, ya que como se menciona, necesita de un dispositivo que lo haga seguir la trayectoria solar para mejorar su eficiencia.

1.3.2 Resultados de la Segunda Fase.

Se diseño y construyó un colector cilindro parabólico en materiales de alta resistencia a la intemperie, buena eficiencia óptica (Foil de aluminio), buena producción de agua potable por día y una eficiencia térmica por encima del 65 %. El colector parabólico presenta alta sensibilidad a los cambios de radiación directa, con condiciones de nubosidad, las temperaturas en el tubo receptor descienden hasta en 20 °C por tiempos prolongados.

Figura 3. Colector Parabólico Receptor de Foco Lineal



Fuente: FARADJE, Rafael. Energía Solar Parte Uno. Disponible en < <http://www.cai.org.ar> >

La temperatura para la eliminación de todos los microorganismos es de 65°C. Para obtener resultados de alta confiabilidad se recomienda una temperatura de 70 °C.

Dada la importancia del mecanismo de movimiento, es necesario profundizar en el desarrollo operacional de este mecanismo. Ya que el sistema de rotación es manual y primario; consta de dos chumaceras soportadas al eje principal del esqueleto del colector; se utiliza un piñón de 140 dientes que permite que el movimiento se realice cada 15 minutos.

Además se utilizaron en el colector unidades complementarias como son: Cubiertas de vidrio en ángulo, intercambiador de calor fabricado en aluminio, mangueras especiales para agua potable y un aislante térmico. Ver figura 4.

Figura 4. Colector solar parabólico realizado por Castillo, Cuestas y Rincón



Fuente: CUESTA, Rene y RINCÓN, Iván. Diseño, Construcción Y Evaluación Operacional A Pequeña Escala De Un Potabilizador Solar Parabólico Para Agua. Bucaramanga, 2004, n p. Trabajo de Grado (Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química.

Las pruebas se realizaron durante veinticuatro días bajo diferentes condiciones climáticas, donde se muestra la ganancia térmica hasta en 10°C dada por el intercambiador de calor, y la alta reflectividad y baja emisividad del material del concentrador (Foil de aluminio); esto último se muestra en las bajas temperaturas del material, que durante los tiempos de operación, permanecen por debajo de los 40°C.

- Resultados Microbiológicos: Para tal efecto se tomaron muestras de agua del Río de Oro, en el sector de Bahondo ubicado en el municipio de Girón (Santander), a la cual se le realizó un análisis microbiológico por la técnica de Fermentación de tubos múltiples, donde se determinó que la temperatura de

trabajo para la potabilización del agua tratada en el colector parabólico debe ser 65°C, como se ve en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis microbiológico de aguas

No PUNTO	COLIFORMES TOTALES	CONIFORMES FECALES
muestra inicial	460.000 n.m.p /ml	43.000 n.m.p /ml
punto 30 grados c.	460.000 n.m.p /ml	43.000 n.m.p /ml
punto 35 grados c.	460.000 n.m.p /ml	43.000 n.m.p /ml
punto 37 grados c.	460.000 n.m.p /ml	43.000 n.m.p /ml
punto 40 grados c.	460.000 n.m.p /ml	43.000 n.m.p /ml
punto 45 grados c.	240.000 n.m.p /ml	15.000 n.m.p /ml
punto 53 grados c.	43.000 n.m.p /ml	9.000 n.m.p /ml
punto 60 grados c.	4.000 n.m.p /ml	4.000 n.m.p /ml
punto 65 grados c.	< 3 /ml	< 3 /ml
punto 70 grados c.	< 3 /ml	< 3 /ml
punto 81 grados c.	< 3 /ml	< 3 /ml

Fuente: CUESTA, Rene y RINCÓN, Ivá. Diseño, Construcción Y Evaluación Operacional A Pequeña Escala De Un Potabilizador Solar Parabólico Para Agua. Bucaramanga, 2004, n p. Trabajo de Grado (Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química.

Se determinó que la eficiencia promedio de este colector es de 66%, considerando este resultado como bueno para la operación de este tipo de dispositivos, además superando la eficiencia media dada por el colector de placa plana. Por último se realizó un análisis comparativo de los indicadores de desempeño; como se muestra en la tabla 3, donde se observó las ventajas de implementar el colector cilindro parabólico, puesto que su capacidad

calorífica y eficiencia térmica es más alta que con el colector de placa plana; mostrando alta reducción en la necesidad de área expuesta para cualquier sistema de potabilización microbiológica que se haga por este medio, debido a que el colector parabólico construido para este proyecto posee un factor de concentración alto con respecto al colector de placa plana.

Tabla 3. Indicadores de desempeño de los colectores en estudio

Indicador	Colector Parabólico (CCP)	Colector Placa Plana
Temperatura de Operación	70 °C	50 °C
Capacidad de producción (agua tratada por hora)	0 - 15 Litros.	0 - 10 Litros
Producción promedio de agua tratada por hora	7.5 Litros	5 Litros
Horas promedio de operación en el sitio de pruebas	5 Horas	5 Horas
Producción de agua tratada por m ² de colector	4 Litros/m ² hora	5 Litros/m ² hora
Capacidad calorífica por m ² de colector	0.933 KJ/m ²	0.576 KJ/m ²
Longitud de tubería por m ² de colector	1 m	12 m
Área necesaria para un sistema de 1 m ³ /día en el sitio de pruebas.	27 m ²	50 m ²
Horas promedio en el sitio de posible ejecución	8 Horas	8 Horas
Área necesaria para un sistema de 1 m ³ /día en el sitio de posible ejecución. (Dato teórico)	16 m ²	28 m ²
Eficiencia instantánea térmica promedio	66.11 %	50.04 %

Fuente: CUESTA, Rene y RINCÓN, Iván. Diseño, Construcción Y Evaluación Operacional A Pequeña Escala De Un Potabilizador Solar Parabólico Para Agua. Bucaramanga, 2004, n p. Trabajo de Grado (Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química.

1.4 TERCERA FASE “SISTEMA DE SEGUIMIENTO DEL SOL”

Terminando de construir el colector cilindro parabólico y obteniendo resultados satisfactorios mencionados anteriormente, una de las recomendaciones hechas por los autores del proyecto; Diseño, Construcción y Evaluación Operacional a Pequeña Escala de un Potabilizador Solar Parabólico para Agua, consiste en implementar un mecanismo que haga que el colector parabólico siga el movimiento diario del sol, ya que sin este la eficiencia del colector se reduciría drásticamente.

Por esta razón El Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM busca el apoyo de estudiantes de Ingeniería Mecánica, para diseñar un mecanismo que cumpla con la tarea de permitir que el colector parabólico siga el sol en su trayectoria diaria.

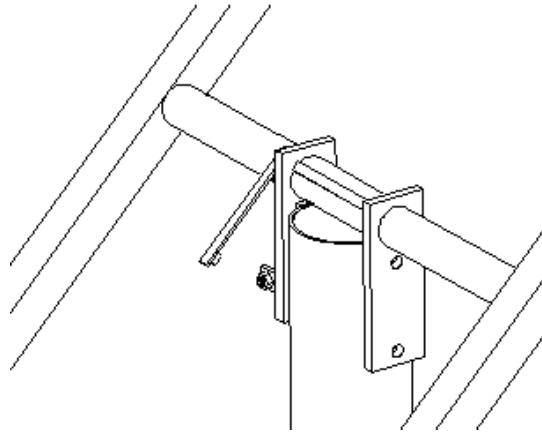
1.4.1 Seguidores Solares.

Los seguidores solares son dispositivos mecánicos que hacen que el panel o el colector, siga la trayectoria del sol durante un día y al final de este se repositone para continuar con este movimiento al siguiente día. En resumen este dispositivo simula la propiedad que tienen los girasoles de realizar un moviendo de orientación hacia la luz del sol. Los paneles fotovoltaicos siguen el movimiento del sol, obteniendo un mayor rendimiento entre un 30 y un 34% más.

Los seguidores se clasifican en dos tipos:

- Seguidores de Un Eje: Este tipo de dispositivos consta de un solo eje horizontal sobre el cual se moverá, ver figura 5. Esta clase de seguidor tendrá una trayectoria aproximada del movimiento solar. Ya que por estar montado sobre un solo eje, esto limitara su movimiento a solo un balanceo alrededor de este.

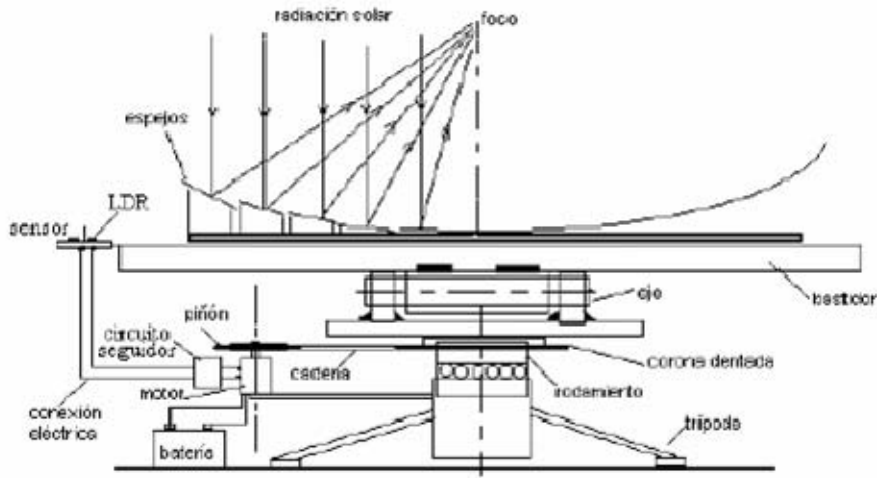
Figura 5. Seguidores de Un Eje (detalle de su eje motriz)



Fuente: FARADJE, Rafael. Energía Solar Parte Uno. Disponible en < <http://www.cai.org.ar> >

- Seguidor de Dos Ejes: El seguidor de dos ejes, tiene un grado más de libertad ya que además de tener el movimiento de balanceo alrededor del eje principal (eje vertical), posee la capacidad de reorientarse a los cambios norte sur que sufre el sol en su movimiento transversal hacia los solsticios. Haciendo este movimiento sobre un eje vertical. Ver figura 6

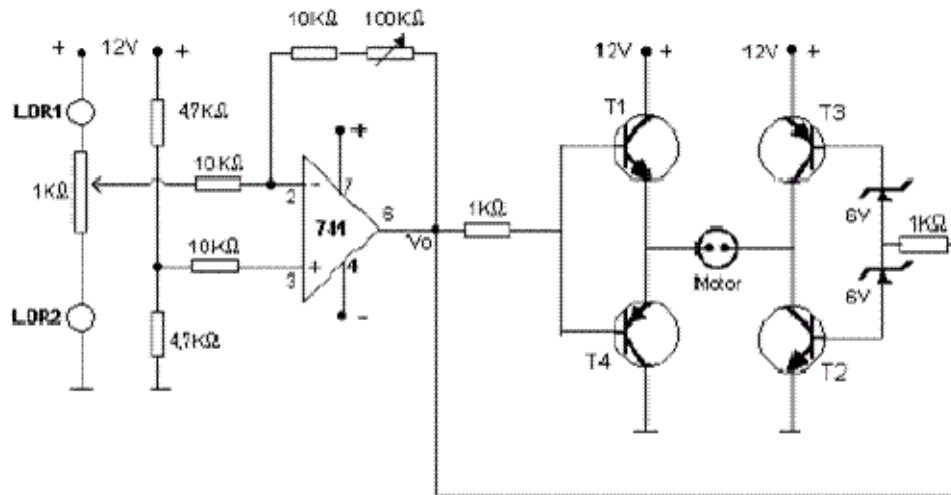
Figura 6. Seguidor de Dos Ejes con Sensores



Fuente: FARADJE, Rafael. Energía Solar Parte Uno. Disponible en < <http://www.cai.org.ar> >

En la actualidad y gracias a los avances en electrónica todos los seguidores adaptados a colectores solares, están aprovisionados de sensores ópticos que logran la reorientación del colector según los movimientos reales del sol, pareciéndose totalmente a un girasol. Un caso clásico se logra utilizando un amplificador operacional 741 operando en modo diferencial. El integrado recibe señales de dos fotoresistores (LDR) que forman un divisor de tensión, estos al estar sometidos a la acción de los rayos solares, y estando separados por un tabique opaco, reciben el cierto momento distinta radiación, entregando de esta manera distintas señales (V_1 y V_2) a cada entrada del amplificador. Dicho amplificador entonces al estar conectado en modo diferencial entrega una tensión de salida V_o proporcional a la diferencia $V_2 - V_1$. La figura 7 muestra un esquema del circuito eléctrico que se utiliza.

Figura 7. Circuito para un Seguidor solar



Fuente: FARADJE, Rafael. Energía Solar Parte Uno. Disponible en < <http://www.cai.org.ar> >

1.4.2 Requerimientos del Diseño.

Como se puede observar el diseño mas idóneo para llevar a cado el seguidor seria el diseño con sensores ópticos, pero una de las limitaciones del sistema consiste en que este debe tener un muy bajo nivel de mantenimiento y asimismo no puede depender de ningún tipo de fuente de energía convencional, por esta razón el diseño que se desarrollara en el transcurso de este proyecto es un sistema netamente mecánico.

2. PROCESO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO SOLAR

En este capítulo se encontrará una breve descripción del mecanismo del seguidor solar y el funcionamiento del sistema en general, al igual que el desarrollo del proceso de diseño.

2.1 REQUERIMIENTOS DEL PROBLEMA

Como se menciona en el capítulo anterior una de las limitaciones del diseño consiste en no utilizar ningún tipo de energía convencional; ya que el sistema estará instalado en zonas rurales del Magdalena Medio. A la vez no se podrá utilizar la energía recolectada por el colector cilindro parabólico, ya que de esta depende el proceso de potabilización y el movimiento del fluido por el sistema, mediante la utilización de una termo bomba. Por estas dos razones debe descartarse la opción de la energía solar como medio promotor de movimiento.

Basándose en estas limitaciones y haciendo una retrospectiva acerca del estado del arte la única posibilidad de solución, consiste en un acumulador de energía potencial, comandado por un sistema de regulación de tiempo.

De este tipo de mecanismos el único conocimiento que se tiene, recae sobre un concurso escolar en Uruguay organizado por la OEI, en el cual el proyecto

ganador consistió en un colector solar el cual poseía como mecanismo de seguimiento un reloj de cuerda. Específicamente el sistema temporizador correspondiente al horario, el cual le daba una autonomía de muy pocas horas y del cual no se tiene mayor información.²

2.2 SISTEMAS DE REGULACIÓN DE TIEMPO

El mecanismo más indicado para llevar a cabo esta tarea, es el mecanismo utilizado por los relojes antiguos. Empleando para tal fin solo la parte correspondiente al horario del reloj.

A continuación se encontrara una descripción de los sistemas de regulación más utilizados y apropiados para esta tarea.

2.2.1 Escape de Ancora.

Es el escape más corriente en relojes de torre antiguos, llamado también escape de áncora de Graham. El áncora va montada sobre un eje de giro central el cual esta comunicado a un péndulo. Este suele ser un péndulo compuesto. La oscilación libre del péndulo se amortigua al cabo de unos pocos minutos; para compensar este amortiguamiento, que crece con la amplitud de la oscilación, se dispone de un mecanismo de pesas y escape, como el que se representa en la figura 8.

² LABORDE, Gustavo. No Hay Nada Nuevo Bajo el Sol. Disponible en< <http://www.oei.co>>

Figura 8. Sistema de Escape de Ancora con Pesas de un Reloj de pared



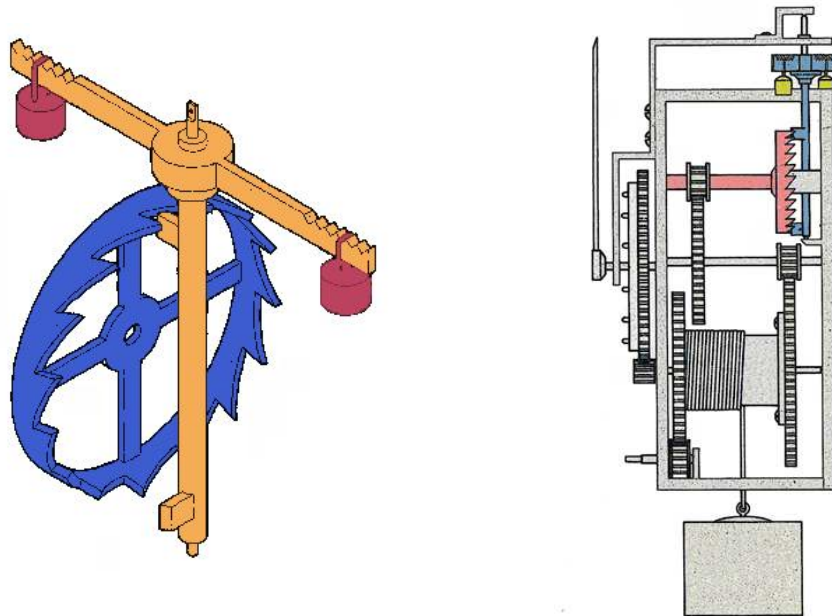
Fuente: Museo Nacional de Ciencia y Tecnología. Tiempos Precisos. Disponible en <<http://mnct.mcyt.es>>

El mecanismo de escape obtiene energía a partir del descenso de una o varias pesas y la suministra al péndulo, compensando sus pérdidas. En el escape de Graham (figuras 8), éste se inmoviliza como consecuencia de un choque inelástico audible, con el propio péndulo y permanece inmóvil hasta que la oscilación del péndulo le deja el paso libre.

2.2.2 Escape de Paletas.

Este escape está formado por una rueda dentada, con los dientes dispuestos de forma transversal al plano de la rueda, y un vástago vertical con expansiones o paletas que actúan sobre los dientes. Este escape, de retroceso se utilizó desde el siglo XIV en relojes de torre. Ver figura 9.

Figura 9. Escape de Paletas



Fuente: Museo Nacional de Ciencia y Tecnología. Tiempos Precisos. Disponible en <<http://mnct.mcyt.es>>

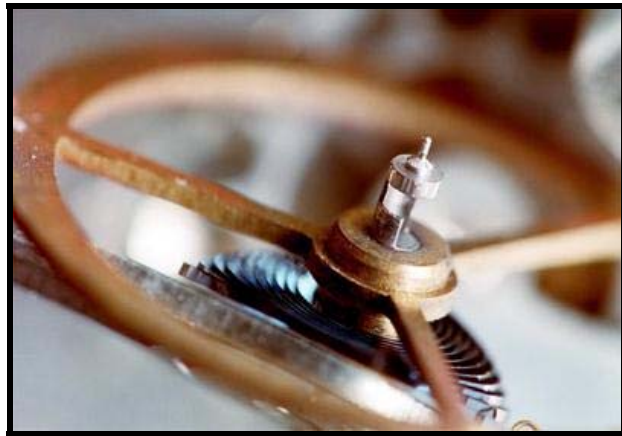
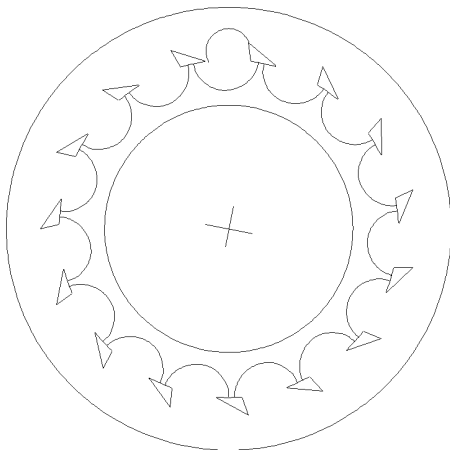
El peso hace girar el tambor con una rueda dentada que acciona la aguja y la rueda catalina que constituye el escape. El movimiento de la rueda de escape está obstaculizado por las paletas fijadas a la varilla. A esta está unida otra transversal, con pesos, que gira aceleradamente inducida por una de las paletas, hasta que la otra paleta choca con otro diente de la rueda de escape y produce un movimiento en sentido contrario.

2.2.3 Escape Cilíndrico.

El escape de cilindro es un escape de reposo compuesto de dos piezas: la rueda de escape y el cilindro propiamente dicho, que es el elemento que intercepta el movimiento. Este tipo de escape fue concebido en 1695 por Thomas Tompion, pero fue mejorado por George Graham. El cilindro es un

tubo de acero con su pared lateral parcialmente perforada, de forma que permite el acceso completo a su interior de uno de los dientes de la rueda de escape. Ver figura 10.

Figura 10. Escape de cilindro



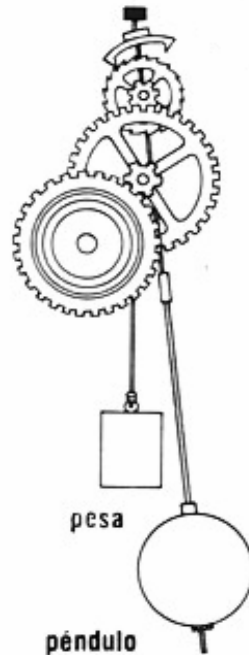
Fuente: Museo Nacional de Ciencia y Tecnología. Tiempos Precisos. Disponible en <<http://mnct.mcyt.es>>

2.3 SISTEMAS DE ACUMULACIÓN DE ENERGÍA POTENCIAL

2.3.1 Acumulación de Energía Potencial Por Gravedad.

Consiste en arrollar un cordón ó cadena, sobre el eje de la rueda motora, y colgar del extremo libre un cierto peso, el cual por acción de la resistencia ofrecida por el sistema hará que el peso descienda lentamente, entregando de esta forma la fuerza necesaria para mover cualquiera de los sistemas de temporización mencionados anteriormente. Como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Energía potencial por gravedad

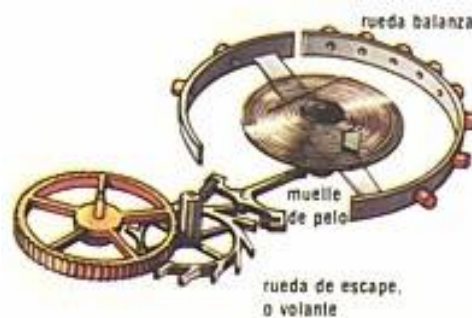


Fuente: Anónimo. Historia y desarrollo de los mecanismos del reloj. <
<http://www.relojero.itgo.com> >

2.3.2 Acumulación de Energía Potencial por Resortes.

Consiste en un sistema de cintas de acero enrolladas en espiral, dentro de una caja cilíndrica a la cual va unido el extremo exterior del muelle, estando sujeto el interior al eje de dicho cilindro, como muestra la figura 12. Al igual que el sistema anterior este se puede adaptar a cualquiera de los mecanismos de temporización mencionados anteriormente.

Figura 12. Muelle arrollado en espiral con rueda libre y ancora



Fuente: Anónimo. Historia y desarrollo de los mecanismos del reloj. <
<http://www.relojero.itgo.com> >

2.3.3 Otros Sistemas de Obtención de Movimiento.

Los motores solares son dispositivos alternativos, que han sido desarrollado desde principios del siglo pasado, pero debido a la baja capacidad de potencia su uso no ha sido popular. Este sistema consiste en un pequeño colector solar de cualquier tipo, el cual subirá la temperatura a un fluido cualquiera, hasta convertirlo en vapor, el cual será estrangulado para su posterior escape a una mayor velocidad, haciendo que gire una rueda la cual puede estar conectada a cualquiera de los mecanismos temporizadores mencionados anteriormente. Como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Motor solar



Fuente: LEGO Group. Motores Solares LEGO. Disponible en <
<http://www.ozbricks.com> >

2.4 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE TIEMPO Y SUMINISTRO DE POTENCIA

Para realizar la selección entre los mecanismos expuestos anteriormente, se esquematizo una tabla con las características más importantes y revelantes a tener en cuenta:

Tabla 4. Selección del Sistema de regulación de tiempo

Sistema de Regulación de Tiempo		
Mecanismo	Costo	Complejidad piezas y construcción
Escape de Ancora	Alto	Alto
Escape de Paletas	Bajo	Bajo
Escape de cilindro	Alto	Alto

En la tabla 4 no se tuvieron en cuenta más características por la similitud de los mecanismos, pero sin embargo, con estos dos ítems se pudo deducir que la mejor elección para el caso es un escape de paletas.

Tabla 5. Selección del Sistema de Potencia

Sistema de potencia				
Mecanismo	Costo	Complejidad piezas y construcción	Vida útil en el campo	Mantenimiento
Contrapesos	Bajo	Bajo	Alto	Bajo
Resortes	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Motor solar	Alto	Alto	Bajo	Alto

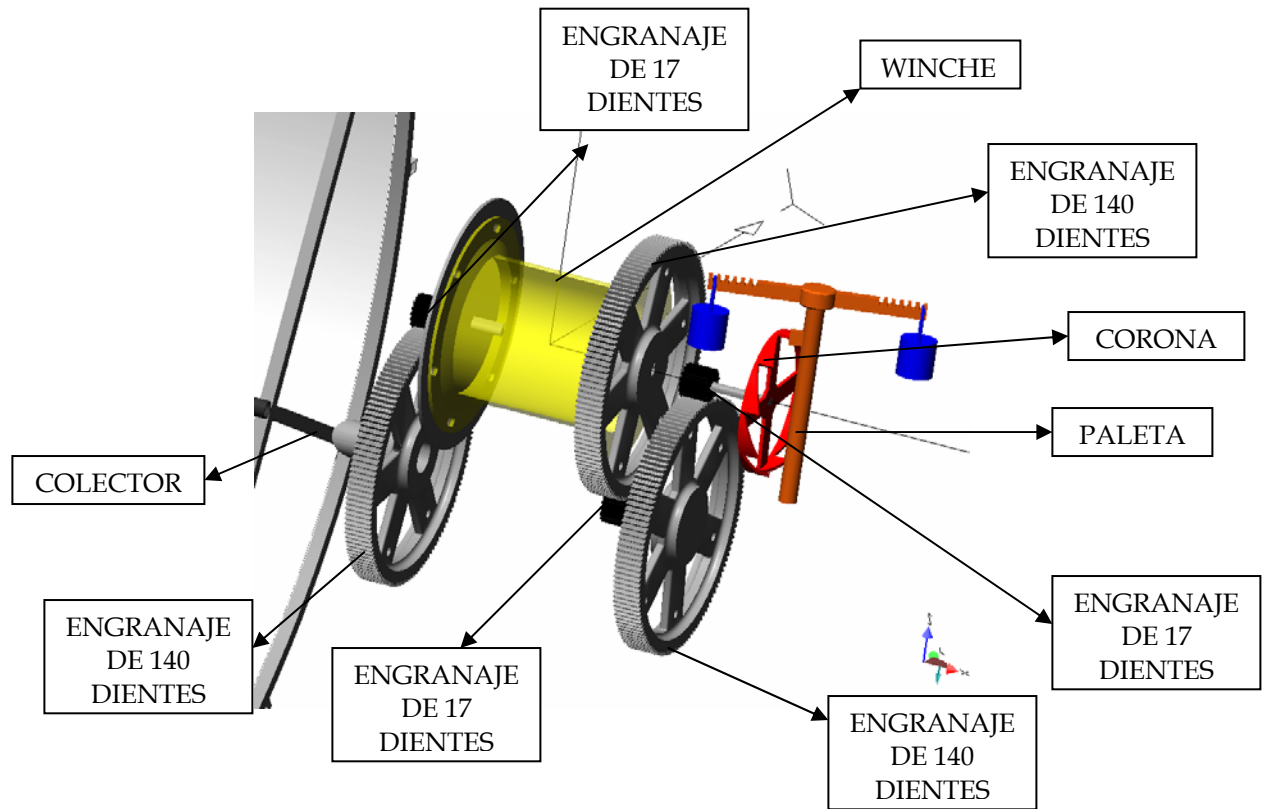
Por lo que se observa en la tabla los contrapesos son el mecanismo del sistema de potencia que cumple con todas las características expuestas para la discriminación del mecanismo a seleccionar.

2.5 DISEÑO PRELIMINAR

En vista a los resultados obtenidos en las tablas anteriores, los mecanismos de escape de paletas y contrapesos son los elegidos para el desarrollo del seguidor para el colector parabólico.

En base a esta elección y teniendo en cuenta que el seguidor debe cumplir con los requerimientos de bajo mantenimiento y alta precisión se planteo el diseño que se encuentra en la figura 14, el cual cuenta con un escape de paletas unido a un juego de ruedas dentadas que a la postre esta unido a un par de engranajes exactamente igual al anterior. Este esta asociado a un pequeño winche que soporta el peso que propicia el movimiento, el cual a su vez esta asociado al mismo par de ruedas dentadas que transmiten el movimiento al colector cilindro parabólico. Para llegar a este diseño, se tomo como base la imagen de un mecanismo de paletas, la escala usada fue 1:10 tratando de aproximarse lo máximo posible a la información que se posee del mecanismo, adaptándola a las necesidades del proyecto y guardando la proporción de lo que se va a mover. Esta decisión se tomo, debido a que no hay ningún tipo de plano o información geométrica de la disposición y tamaño de las piezas de este tipo de escape.

Figura 14. Diseño preliminar del mecanismo seguidor



El triple juego de engranajes, esta conformado por dos ruedas dentadas una de diecisiete (17) dientes y la otra de ciento cuarenta (140) dientes haciendo una reducción de 8.23 hacia el lado izquierdo del winche y 67.73 hacia el lado derecho del mismo. Estas reducciones nos garantizan un movimiento en sentido oriente occidente por espacio de 10 horas, tiempo necesario para que el colector cumpla con la función de potabilizar agua.

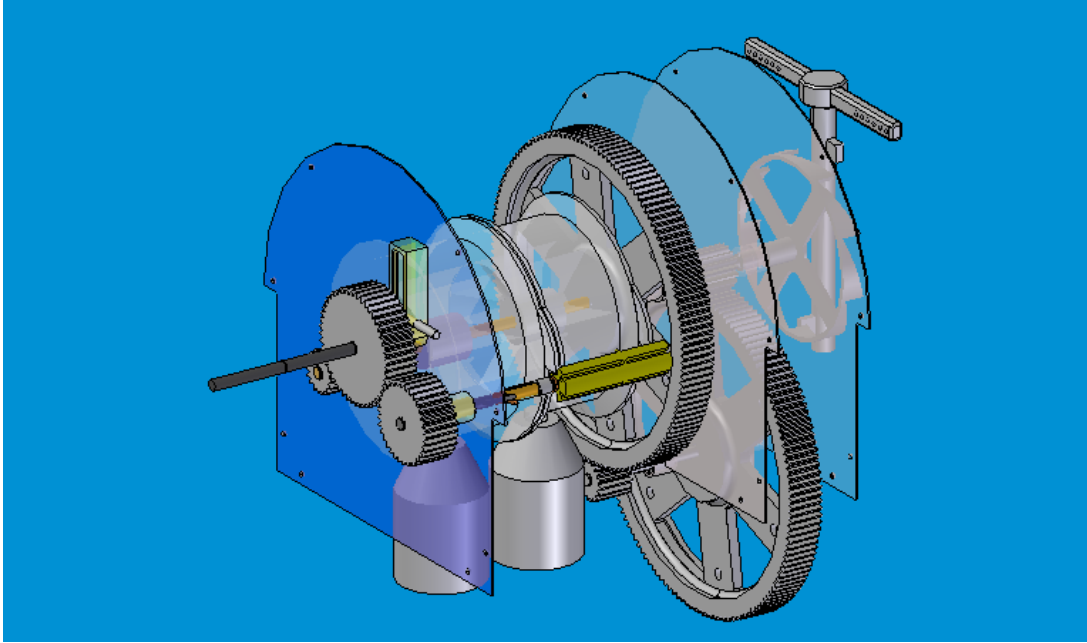
Esta idea preliminar contribuyo al diseño final notablemente ya que sentó las bases para el mismo. Teniendo en cuenta el diseño preliminar anteriormente mencionado e identificando otros problemas de diseño, como la estructura

donde se colocara, la inercia del sistema que afecta notablemente la velocidad del mecanismo, la cantidad de peso necesaria para producir el movimiento del colector el cual tiene un peso aproximado de 40 Kg. Estas especificaciones, contribuyeron a que se lograra depurar y enriquecer aun más el diseño preliminar.

De esta manera se diseño un sistema de doble winche para poder cubrir la distancia de caída de los pesos (2.16 m), cumpliendo de esta forma con la autonomía de un día sol. Para tal efecto fue necesario implantar un sistema de disparo; el cual hace que uno de los winches trabaje mientras el otro se encuentra en reposo y luego libere al segundo winche para continuar con el movimiento del seguidor. Este mecanismo de disparo esta unido al sistema en general por medio de un juego de ruedas dentadas que cumplen la función de transmitir el movimiento al sistema en cuestión. Ver figura 15.

El sistema de disparo consta de un juego de engranajes de cuarenta y ocho (48) dientes y treinta y cuatro (34) dientes el cual esta unido al último de los engranajes del sistema de control y potencia. Al igual que en los sistemas anteriormente mencionados este será tratado en detalle en el siguiente capítulo.

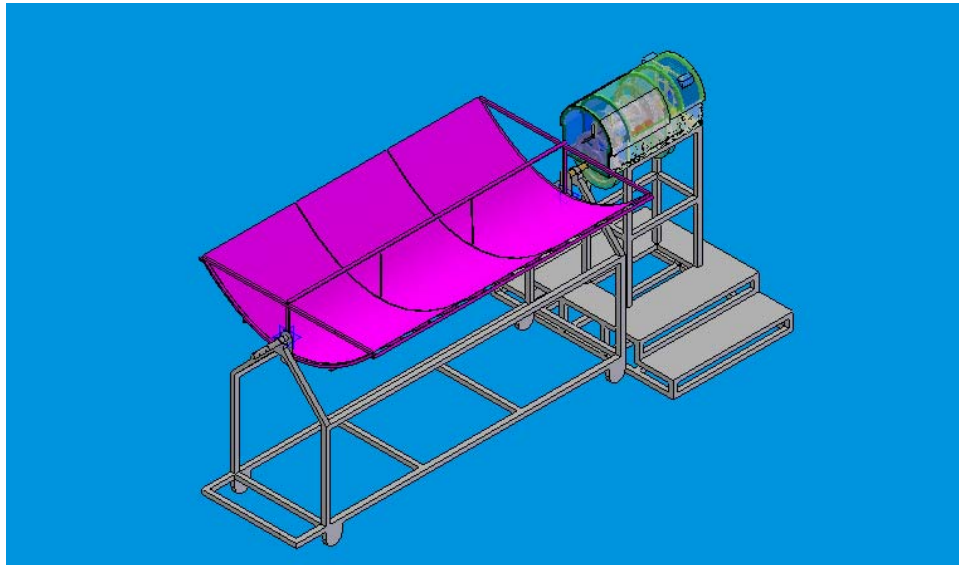
Figura 15. Diseño Final del Mecanismo del Seguidor Mecánico



2.6 DISEÑO FINAL Y FUNCIONAMIENTO DEL MECANISMO DEL SEGUIDOR

A continuación se describirá el funcionamiento del diseño final del seguidor solar. Cabe aclarar que los datos en detalle de cada pieza se encontraran en el capítulo 3.

Figura 16. Montaje general del potabilizador cilindro parabólico y su dispositivo de seguimiento solar



El funcionamiento del dispositivo de seguimiento solar es muy parecido al del diseño preliminar, para su mejor comprensión se dividirá en tres grandes grupos, según como nos muestra la tabla 6.

Tabla 6. Mecanismo del Seguidor

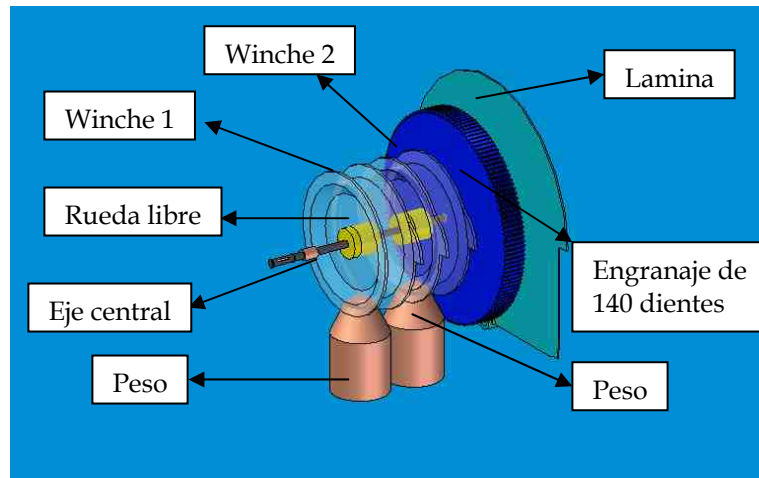
ELEMENTOS DEL MECANISMO DE SEGUIMIENTO SOLAR				
SISTEMAS				
TRANSMISIÓN	POTENCIA	DISPARO	CONTROL	ESTRUCTURAS
ELEMENTO	ELEMENTO	ELEMENTO	ELEMENTO	ELEMENTO
EJE COLECTOR	BAFLE 3	PLACA	CORONA	ESTRUCTURA
ENGRANAJE DE 140	ENGRANAJE DE 140	EJE DE DISPARO	TE	CHASIS
BUJE DEL MECANISMO	PESAS	CAMISA	EJE SUPERIOR	

PASADOR	WINCHE 2	SOPORTE CAMISA	BAFLE 4	
BAFLE 1	WINCHE 1	RESORTE	EJE INFERIOR	
PLACA COLECTOR	RUEDAS LIBRES	EJE MÓVIL	CHAVETA	
	CUÑA DE LA RUEDA LIBRE	COLA DE MILANO	ENGRANAJE DE 140	
	BUJE DEL MECANISMO	SOPORTE	BUJE DEL MECANISMO	
	EJE CENTRAL	BUJE DEL MECANISMO	ENGRANAJE DE 17 DIENTES	
		PASADOR		
		BAFLE 2		
		ENGRANAJE DE 34 DIENTES		
		ENGRANAJE DE 48 DIENTES		
		EJE DE EMBRAGUE		
		CHAVETA		
		ENGRANAJE DE 17 DIENTES		

El movimiento inicial lo originaran el peso que se encuentra colgado del primero de los winches, como se muestra en figura 17, el otro winche esta soportado por el sistema de disparo. Mientras el primer peso desciende, el movimiento del primer winche hace que el eje central se mueva en el sentido de las manecillas del reloj, de esta forma la rueda dentada de 140 dientes que se encuentra junto al segundo winche, transmite el movimiento a la rueda de 17 dientes unida a la anterior y perteneciente al sistema de control (figura 18), esta a su vez se encuentra unida al eje de transmisión inferior, el cual entrega movimiento a otra rueda de 140 dientes que hace girar a otro engranaje de 17

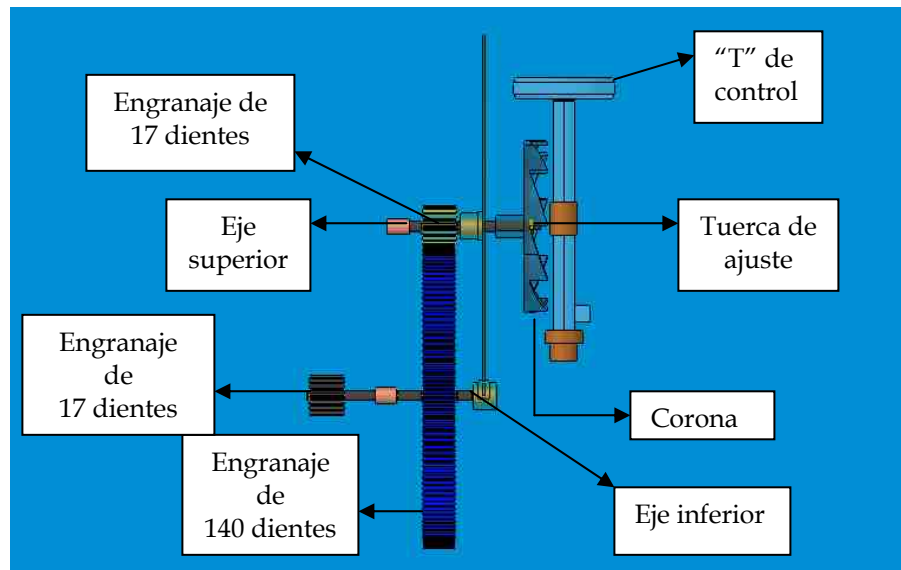
dientes, el cual hace girar el eje de transmisión del movimiento superior. Este eje permite el accionamiento del escape de paletas, girando la corona, la cual a su vez golpea los extremos de la "T" de control.

Figura 17. Sistema de Potencia



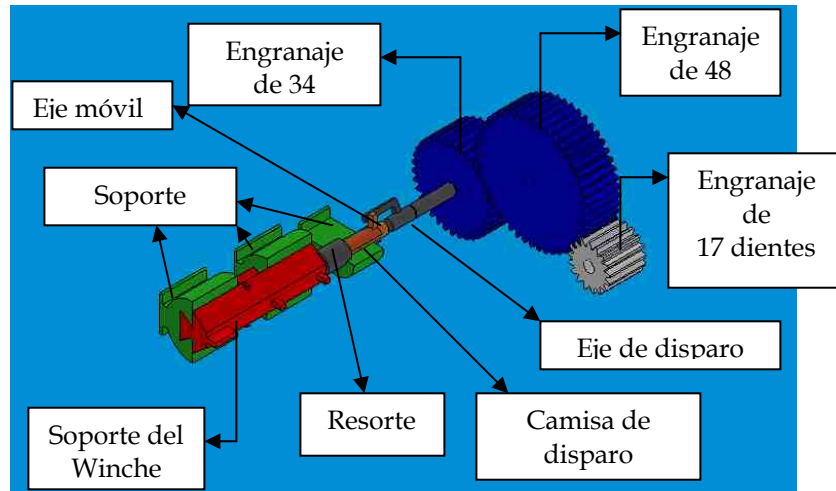
De esta forma el sistema comienza a controlarse por medio del escape de paletas utilizado. Entregando así un giro controlado al colector parabólico.

Figura 18. Sistema de Control



Mientras que la rueda dentada de 17 dientes, que se encuentra al final del eje central gira dos vueltas, hace que el juego de engranajes del sistema de disparo solidario a esta rueda (figura 19), de una sola vuelta. Este juego de engranajes entrega movimiento al eje de disparo, el cual a su vez mueve al eje móvil que está detenido por una camisa adjunta a la estructura que soporta el mecanismo, este eje también está sometido a la fuerza de un resorte comprimido entre el cuerpo de la camisa y el cuerpo del mismo; al ser liberado el eje móvil de la camisa, por acción del eje de disparo, el resorte actúa y hace que el eje móvil golpee el soporte que mantiene el segundo winche estático. De esta forma se libera el segundo winche y se detiene el primero.

Figura 19. Sistema de Disparo



De esta forma el segundo peso comienza su descenso hasta encontrar el reposo. Cuando esto suceda la radiación solar estará en un punto próximo al mínimo, y ya no será necesaria la exposición del colector al sol y este se detendrá.

En la mañana siguiente cuando la radiación solar tenga un valor aceptable para comenzar el proceso de la potabilización. El operario del sistema retirara los pesos de los winches, reposicionara el colector y el sistema de disparo. Cuando el operario coloque de nuevo los pesos el mecanismo comenzara su movimiento nuevamente.

Luego de realizar el diseño final y saber como funcionara el sistema se procedió a efectuar una simulación del seguidor solar, basada en los parámetros tenidos en cuenta para realizar el proceso de diseño del sistema seguidor solar.

Para esta simulación se analizó que software simulador es el más apropiado para este diseño. El cual debe tener las siguientes características:

- a. Visualización del movimiento: permita apreciar en detalle el movimiento del mecanismo, pudiendo observar la simulación de los choques entre piezas que son pertinentes para el objeto del proyecto.
- b. Amigable: tenga un rápido y fácil acceso a las propiedades de cada una de las piezas y restricciones de las mismas.
- c. Versátil: consienta simular engranajes, choques entre piezas, cuerdas y resortes; admita insertar fuerzas, motores y torques; acepte medidores de fuerza, velocidad, velocidad angular, torque y posición; y tenga interacción con Solid Edge 12.
- d. Análisis de esfuerzos dinámicos: poder realizar análisis de esfuerzos en cualquier pieza, a partir de la simulación dinámica previamente hecha.

Teniendo en cuenta los anteriores parámetros se realizó la siguiente matriz de selección.

Tabla 7. Selección De Software

Software	Visualización del movimiento	Amigable	Versatilidad	Análisis de Esfuerzos Dinámicos
Ansys	R	M	B	B
Motion	R	B	R	N
Visual Nastran	B	B	B	B
	Malo	M	Bueno	B
	No Posee	N	Regular	R

De acuerdo con la anterior matriz, el software que se selecciono para realizar la simulación es Visual Nastran, debido a que este software se adapta mejor a las necesidades del proyecto. Los resultados de esta simulación se encuentran en el anexo A del presente documento.

Después de haber realizado la simulación, se comprobó que el aparato seguidor debía tener más de un peso motriz, ya que la distancia recorrida por un solo peso es de 2,15 m para realizar el movimiento de 150°. Esta distancia es superior a la altura a la cual se encuentra el centro de masa del colector, por esta razón se vio la necesidad diseñar dos winches para distribuir la caída del peso. En la tabla 10 se muestra el cálculo de la velocidad de estos dos winches.

A continuación en la tabla 8 se muestran las ecuaciones que se usaron para realizar los cálculos mostrados en la tabla 10 y en la tabla 9 los datos de entrada.

Tabla 8. Ecuaciones de Calculo

Velocidad angular	Relación entre dientes	Relación de velocidades	Desplazamiento del el peso
$\omega = \frac{\theta}{t}$	$\frac{N_1}{N_2} = i$	$\omega_1 \times i = \omega_2$	$2 \times \pi \times r \times \frac{\theta}{36}$

Tabla 9. Datos de Entrada

Movimiento del colector		Engranaje 1	Engranaje 2	Diámetro del winche
Grados (θ)	Tiempo horas (t)	Dientes (N1)	Dientes (N2)	(cm)
150	10	140	17	20

Tabla 10. Determinación De La Velocidad Promedio Del Winche

Velocidad angular promedio colector	Relación entre dientes	Velocidad del engranaje de 17 dientes	Desplazamiento del peso en un día
grad/hora ($\omega 1$)	i	grad/hora ($\omega 2$)	cm/día
15	8,235294118	123,529412	215,599496

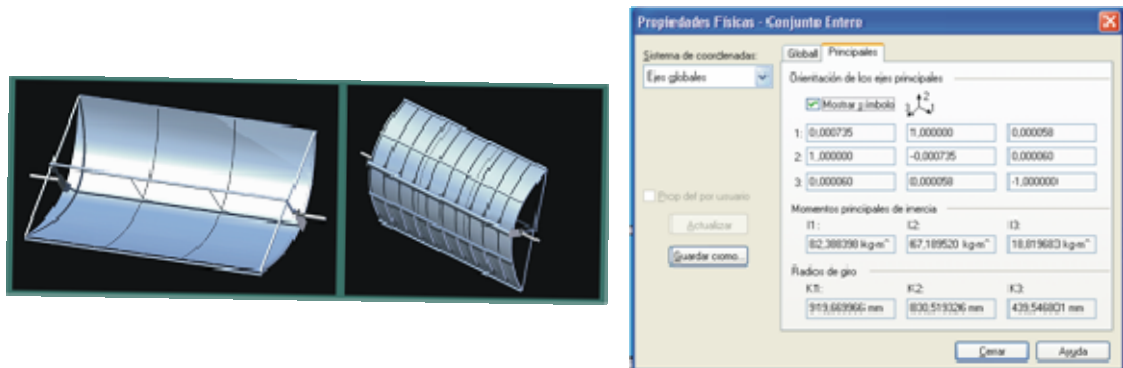
Teniendo estos datos se calcula seguidamente, cuanto es el peso requerido para mover el sistema. Para realizar esta tarea se hizo el diseño completo del mecanismo en Solid Edge 12 y se tuvo en cuenta, colocar el eje de giro por el centro de masa del colector con la intención que el torque ejercido por la inercia del colector permanezca constante durante todo el recorrido del aparato seguidor (ver figura 20); después de esto se exporto a Visual Nastran. Es pertinente aclarar que no es bueno para la simulación colocar todos los componentes del conjunto, debido a que se agrega una geometría compleja haciendo que el cálculo se vuelva pesado y difícil para el PC que lo simula.

Figura 20. Eje de giro que pasa por el centro de masa del colector



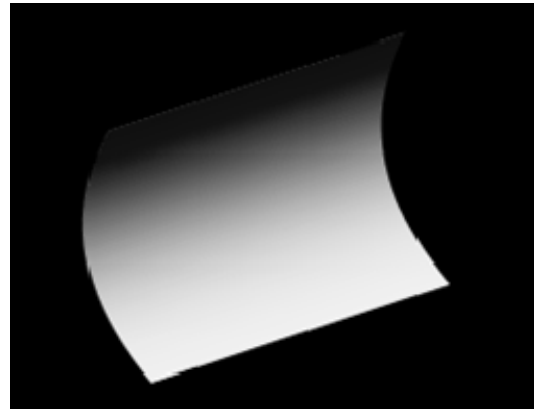
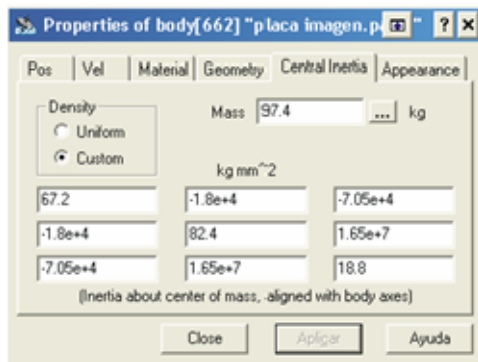
Por esta razón se diseñó una placa en Solid Edge 12 que tuviese una geometría similar a la del colector y se le agregó el mismo comportamiento inercial del colector calculado por Solid Edge 12 con un grado de exactitud bueno ya que se trabajó con la densidad del acero 1020 que es de 7850 Kg/m³ y la escala en la que se realizó el diseño del colector fue 1:1. (Ver figura 21)

Figura 21. Vistas del colector cilindro parabólico y su inercia



Estos datos fueron editados en Visual Nastran acomodando la placa (ver figura 22) de tal forma que posee el mismo comportamiento inercial que el colector diseñado en Solid Edge 12, pero con una geometría que facilita la simulación debido a que es más simple que la del colector completo.

Figura 22. Vista a la placa y su inercia. (Remplazara al colector en la simulación)



Los demás elementos del sistema fueron igualmente diseñados en Solid Edge 12, y trasladados a Visual Nastran para la simulación total del sistema. Garantizando de esta forma el calculo de cada uno de estos elementos. Los resultados de esta simulación son mostrados como se menciona anteriormente en el capítulo cuatro de este documento.

3. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL MECANISMO DE SEGUIMIENTO SOLAR

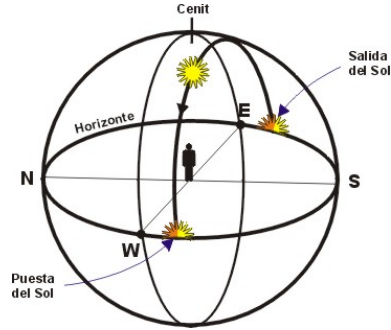
En este capítulo se encontrará un estudio sobre los movimientos que realiza el sol, en un día y su desplazamiento durante un año. Este estudio sirve de base para a continuación describir las piezas que componen el seguidor solar; para tal efecto estas se han organizado en cinco subsistemas que ayudaran a visualizar y comprender el funcionamiento, diseño y fabricación de cada una de las piezas.

3.1 ESTUDIO DEL MOVIMIENTO SOLAR

El sol básicamente tiene dos movimientos si se observa desde un plano horizontal sobre la tierra, los cuales el hombre ha estudiado y analizado desde los principios de la humanidad.

El primero de estos es el movimiento diario del sol respecto al horizonte. Este consiste en la aparición del sol del lado Este del horizonte (sol naciente), posteriormente el sol se levanta y alcanza una altura máxima, atraviesa el cielo y se oculta por el poniente, lado Oeste del horizonte. Este ciclo se repetirá sin interrupción a lo largo del tiempo, como se ve en la figura 23.

Figura 23. Movimiento Diario del Sol Respecto al Horizonte

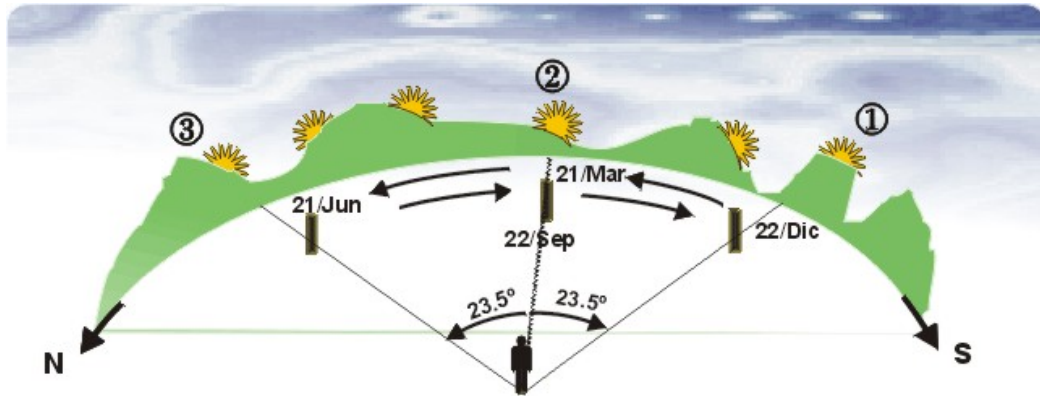


Fuente: ANONIMO. Movimientos aparentes del sol. Disponible en <www.oacs-unah.edu.hn>

El segundo de estos movimientos es el que realiza el sol anualmente respecto al horizonte (movimiento estacional). Este se puede ver, si se observa el lugar exacto por donde sale o se oculta el Sol sobre el horizonte. Al realizar esta observación se puede concluir que, de un día para otro este lugar no es el mismo.

Hay épocas en las que el sol se mueve hacia el norte, hasta que alcanza un punto máximo, a partir de ese día invierte el sentido de su movimiento para dirigirse hacia el sur, hasta alcanzar un punto máximo en el sur, de aquí nuevamente invierte su movimiento hacia el norte repitiéndose este ciclo de manera continua, como se muestra en la figura 24.

Figura 24. Movimiento Anual o Estacional del Sol Respecto al Horizonte Visto a la Hora de Salida (mirando hacia el este)



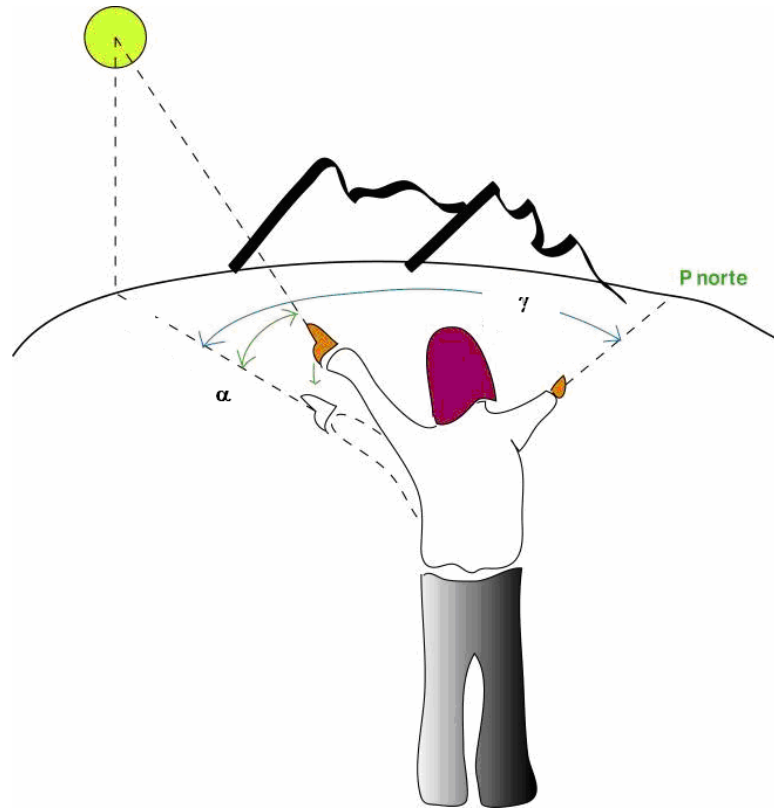
Fuente: DUARTE, Esteve. Astronomía de posición. Disponible en < www.astrogea.org >

Este ciclo de movimiento del Sol respecto al horizonte a lo largo del año le ha servido al hombre para definir el año trópico y las cuatro estaciones astronómicas.

3.1.1 Resultados del Estudio los Movimientos Solares.

Para ubicar la posición del sol sobre la bóveda celeste, se utilizan fundamentalmente dos sistemas de coordenadas. El sistema denominado ecuatorial que es un sistema independiente de la posición del observador y el sistema horizontal que es subjetivo ya que depende de la posición del observador (este es el centro del sistema). Este ultimo es el que se utilizo por ser el mas practico para resolver problemas de asoleamiento.

Figura 25. Sistema De Coordenadas Horizontal

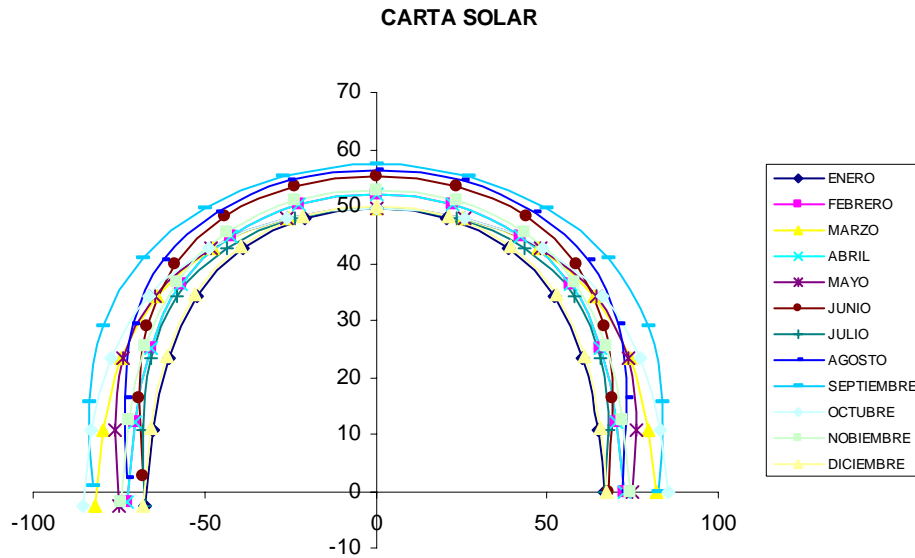


Fuente: DUARTE, Esteve. Astronomía de posición. Disponible en < www.astrogea.org >

Las variables que posee este sistema son la altura solar (α) y la acimut (γ). La primera de ellas está compuesta por el ángulo que forma el plano horizontal y la línea imaginaria que pasa por el centro del sol y el ojo del observador. La segunda variable, es el ángulo que forma un plano vertical que pasa por el observador de norte a sur (llamado meridiano del lugar) y otro plano vertical que pasa por el observador y el sol. Como se muestra en la figura 25.

De esta forma al calcular estas dos variables, y llevarlas a un plano, se encontrará la trayectoria que el sol realiza en un día y en un año (carta solar), de forma gráfica y analítica como se muestra en la figura 26.

Figura 26. Carta Solar para la Ciudad de Bucaramanga



Para llegar a esta grafica se parte del siguiente sistema de ecuaciones (tablas 11 a 13), el cual arrojo los resultados mostrada en las tablas 14 y 15.³

Tabla 11. Ecuación del Angulo de Declinación Solar

$\delta = 23.45^\circ \sin \left[360^\circ \left(\frac{284 + n}{365} \right) \right]$	δ	Declinación
	$23,45^\circ$	Declinación máx.
	360°	Grados de la circunferencia
	284	Constante de corrección
	n	Numero del día
	365	Numero total de días

Fuente: DUFFLE A., Jhon, BECKMAN A., William. Solar Energy. New York, Jhon Willey & Sons, 1974. Pg 92.

³ DUFFLE A., Jhon, BECKMAN A., William. Solar Energy. New York, Jhon Willey & Sons, 1974. Pg 92.

Tabla 12. Ecuación de la Angulo de la Altura Solar

$\sin \alpha = \sin \phi * \sin \delta + \sin \phi * \sin \omega$	α	Altura solar
	ϕ	Latitud del lugar del calculo
	δ	Declinación
	ω	Angulo horario

Fuente: DUFFLE A., Jhon, BECKMAN A., William. Solar Energy. New York, Jhon Willey & Sons, 1974. Pg 92.

Tabla 13. Ecuación del Angulo de Azimut

$\sin \gamma = \frac{\cos \delta \cdot \sin \omega}{\cos \alpha}$	γ	azimut
	δ	Declinación
	α	Altura solar

Fuente: DUFFLE A., Jhon, BECKMAN A., William. Solar Energy. New York, Jhon Willey & Sons, 1974. Pg 92.

Tabla 14. Resultados de la aplicación de las ecuaciones anteriores, para la ciudad de Bucaramanga

n	32	SENO δ	-0,3010	COS δ	0,9536			
ϕ	-7	SENO Φ	-0,1219	COS Φ	0,9925			
δ	-17,5165							
HORA	ω	COS ω	SENO ω	SENO α	α	COS α	SEN γ	γ
6	90	0	1,0000	0,0367	2,1021	0,9993	0,9543	72,6062
7	75	0,2588	0,9659	0,2817	16,3592	0,9595	0,9600	73,7402

8	60	0,5000	0,8660	0,5099	30,6599	0,8602	0,9601	73,7558
9	45	0,7071	0,7071	0,7060	44,9082	0,7082	0,9521	72,1955
10	30	0,8660	0,5000	0,8564	58,9139	0,5163	0,9235	67,4400
11	15	0,9659	0,2588	0,9510	71,9803	0,3093	0,7979	52,9278
12	0	1,0000	0,0000	0,9832	79,4835	0,1825	0,0000	0,0000
1	-15	0,9659	-0,2588	0,9510	71,9803	0,3093	-0,7979	-52,9278
2	-30	0,8660	-0,5000	0,8564	58,9139	0,5163	-0,9235	-67,4400
3	-45	0,7071	-0,7071	0,7060	44,9082	0,7082	-0,9521	-72,1955
4	-60	0,5000	-0,8660	0,5099	30,6599	0,8602	-0,9601	-73,7558
5	-75	0,2588	-0,9659	0,2817	16,3592	0,9595	-0,9600	-73,7402
6	-90	0	-1,0000	0,0367	2,1021	0,9993	-0,9543	-72,6062

Tabla 15. Resultados Del Movimiento Anual Del Sol Respecto Al Horizonte, Para La Ciudad De Bucaramanga

Punto 0	Día	δ	γ	Diferencia
Jun-21	172	23,4498	66,7063	
Mar-21	80	-0,4037	89,59935547	22,8930
Desplazamiento norte-sur				
Fecha	γ	Grados	Sentido	
Ene-01	67,1422	0,8991	sur	
Feb-01	72,6062	5,4640	norte	
Mar-01	82,1433	9,5372	norte	
Abr-01	86,0130	3,8697	norte	
May-01	75,2053	10,8077	norte	
Jun-01	68,1091	7,0962	norte	

Jul-01	67,0339	1,0752	sur
Ago-01	72,2119	5,1780	sur
Sep-01	82,3323	10,1204	sur
Oct-01	86,2105	3,8783	sur
Nov-01	75,0510	11,1595	sur
Dic-01	68,0413	7,0097	sur

En vista a los resultados obtenidos se concluyo que para la ciudad de Bucaramanga y en general para el área geográfica en que se encuentra Colombia, los desplazamientos norte sur del sol son insignificantes con respecto a otras latitudes; por esta razón, se ratifica la decisión de diseñar el dispositivo de seguimiento solar de un solo eje (movimiento diario del sol), ya que el desplazamiento norte-sur no afectara drásticamente el total de radiación necesaria para la potabilización de agua.

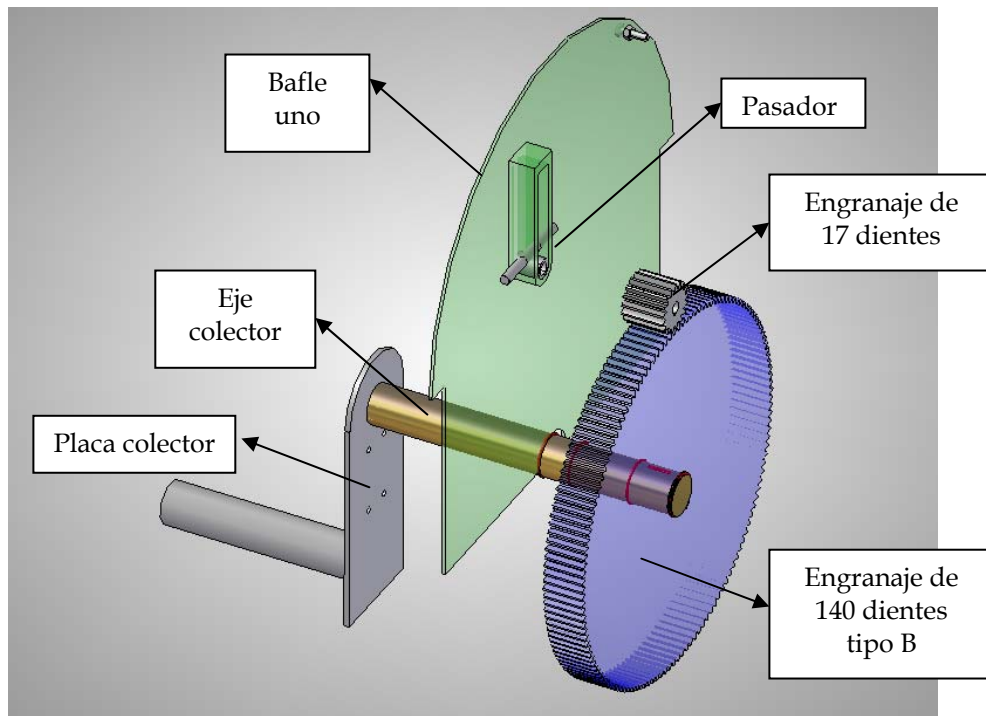
3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS PIEZAS

A continuación se encuentra una descripción detallada de cada una de las piezas que componen el mecanismo de seguimiento solar, su ubicación dentro del sistema y forma de elaboración, respetando la división mostrada en la tabla 6 del capítulo dos.

3.2.1 Sistema de Transmisión.

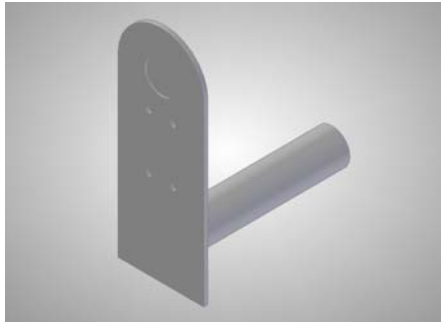
Este sistema tiene como función conectar el mecanismo de seguimiento solar con el colector, por medio de una placa y un eje solidario el cual pasa por el centro de masa del colector como se menciona el capítulo anterior. Ver figura 27 y plano 01-01-00 anexo E.

Figura 27. Sistema de transmisión



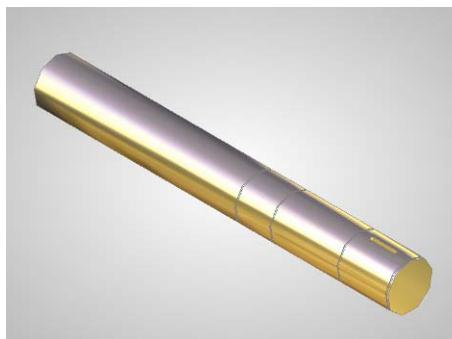
- Placa del colector: Una de estas placas cumplen con la función de conectar el colector con el mecanismo de seguimiento solar y además traslada el movimiento al centro de masa de este, la otra se encuentra en el otro extremo del colector y sirve de apoyo. Están construidas de lámina estructural HR con un espesor de 5 mm y un tramo de tubo de perforación que sirve de conector entre el colector y el mecanismo. Estas piezas fueron elaboradas en el taller de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Ver figura 28 y plano código 01-01-01 anexo E.

Figura 28. Placa colector



- Eje del colector: Este es el eje mas robusto de todo el sistema, su función es la de conectar la placa del colector con un engranaje de 140 dientes por medio de una chaveta. El material del cual esta hecho es acero 1020. Estas piezas fueron elaboradas en el taller de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Ver figura 29 y plano código 01-01-07 anexo E.

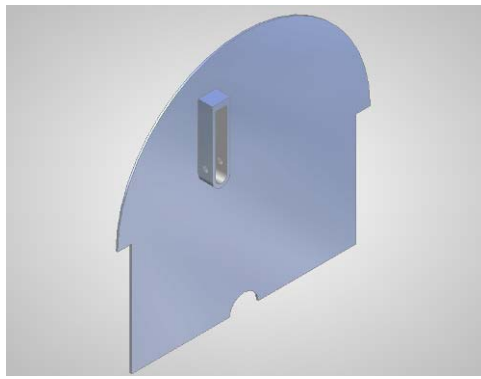
Figura 29. Eje colector



- Baffle uno: El sistema cuenta con cuatro baffles de geometría similar a esta, su base esta hecha de lámina estructural HR de 3mm de espesor. Su forma se consiguió por medio de corte oxiacetelinico. Adicionalmente cuenta con un

portabujes de acero 1020, unido solidariamente a el. Este portabujes tiene la característica de ser deslizante para ayudar al eje que lo atraviesa a deslizarse hacia arriba para poder desengranar el mecanismo cuando se reposicione. Esta ubicado cerca del colector. Ver Figura 30 y plano 01-01-02 en el anexo E).

Figura 30. Bafle uno



- Pasador: Este elemento sirve para sujetar el eje de embrague, cuando el sistema esta en funcionamiento y para aislarlo en el momento de reposicionar el colector. Esta hecho de acero 1020. Estas piezas fue elabora en el taller de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Ver Figura 31 y plano 01-01-02 en el anexo E.

Figura 31. Pasador



- Engranaje de 140 dientes tipo B: El mecanismo cuenta con tres engranajes similares a este, los cuales fueron elaborados en prolon (ver anexo B), y maquinados a la vez como lo muestra la figura. La única diferencia radica en que el orificio central de este tiene un diámetro de 38.1 mm como se puede ver en el plano código 01-01-06. La función de este engranaje consiste en recibir el movimiento del engranaje de 17 dientes del sistema de disparo y transmitirlo al colector. Este es la verdadera salida del sistema. Ver figura 32 y plano 01-01-06 anexo E.

Figura 32. Engranaje de 140 dientes tipo B

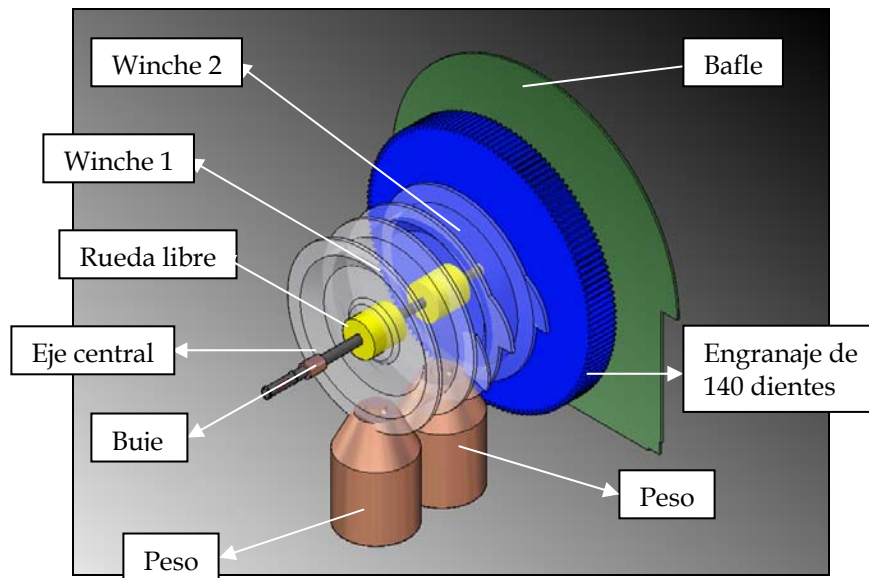


3.2.2 Sistema de Potencia.

Es el sistema que entrega la energía al mecanismo, para que pueda cumplir el objetivo de mover el dispositivo durante el tiempo de exposición solar efectiva (10 horas). Como se observa en la tabla 6 del capítulo 2 el sistema de potencia esta compuesto por gran cantidad de piezas que cumplen como función particular, el suministro de potencia. Esta función la cumplen los pesos, entregando una energía potencial en forma de torque, debido a que se encuentran enrollados al winche, el cual a su vez esta sujeto por medio de

ruedas libres al eje principal, permitiendo a uno de los tambores girar solidario al eje mientras el otro tambor permanece inmóvil y esperando para entregar su energía o simplemente ya haber culminado su función dependiendo del momento de observación. Ver figura 33 y anexo E plano código 01-02-00.

Figura 33. Sistema de Potencia



A continuación se describirá cada una de las piezas que hacen parte del sistema de potencia:

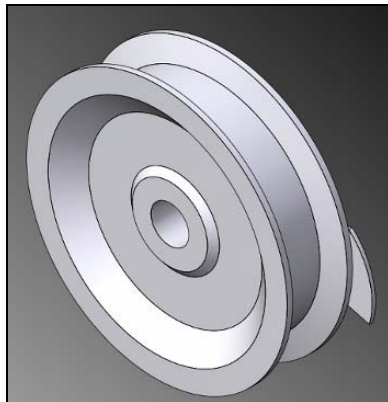
- Pesos: se encuentran colgados por medio de una guaya a los winches y su función es dar la energía potencial que posee, al mecanismo seguidor. La forma de estos pesos es cilíndrica y están hechos en fundición, con un peso de 5 Kg para cada uno. Ver figura 34 y plano código 01-02-09 anexo E.

Figura 34. Pesos



- Winche 1: Este winche se encuentra ubicado sobre el eje central y es el primero que se ve en la figura 35. Es quien inicia el movimiento del sistema ya que recibe la energía que entregan los pesos al caer y la transmite por medio de la rueda libre al eje principal. El material del cual esta construido es Aluminio. Se diferencia del otro winche por tener una sola pestaña que es la que permite que el sistema de disparo lo pueda detener cuando termina de entregar su energía y arranca el winche dos. Ver figura 35 y plano código 01-02-05 anexo E. Estas dos piezas fueron elaboradas en el taller de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander.

Figura 35. Winche 1



- Winche dos: Este winche se encuentra ubicado sobre el eje central y es el segundo que se encuentra del colector hacia afuera. Terminado el movimiento del primer winche este recibe la energía que entregan los pesos al caer y la transmite por medio de la rueda libre al eje principal. El material del que está hecho, al igual que el anterior es aluminio. La diferencia con respecto al otro winche radica en que este posee dos pestañas que son las que permiten que el sistema de disparo lo pueda detener mientras se encuentra girando el winche 1. Ver figura 36 y plano código 01-02-06 anexo E.

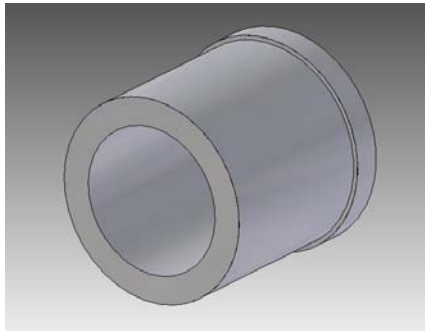
Figura 36. Winche 2



- Ruedas Libres: Se encuentran ubicadas entre el eje central y los winches. Este tipo de rueda libre se seleccionó por tres razones preponderantes; la primera de ellas es el bajo torque y rápida respuesta con la que se activa, la segunda razón fue su facilidad de consecución en el mercado local ya que pertenecen al sistema de velocidades de una bicicleta de montaña y en el medio del ciclismo se les conoce como caseteras, la última de las razones consiste en su facilidad de montaje, gracias a su diseño modular y de fácil recambio. Su función es la de transmitir el torque producto del peso colgado

en los winches al eje central, pero de una forma alternada gracias al sistema de disparo. Ver figura 37.

Figura 37. Ruedas libres



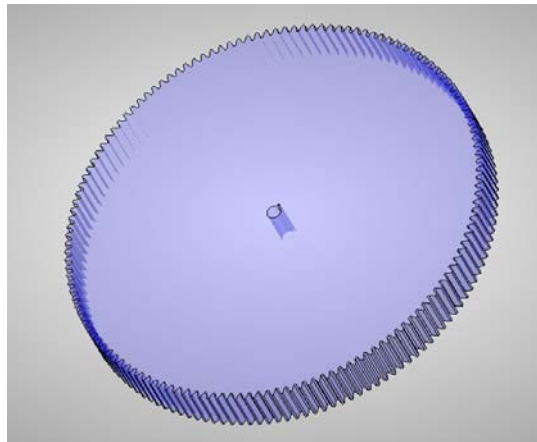
- Eje central: Se ubica en el segundo cubículo del chasis, esta hecho en acero 1020, posee una longitud de 424,92 mm y un diámetro de 12 mm. Es el corazón del mecanismo, recibe la energía suministrada por los pesos para transmitirla y distribuirla dentro del mecanismo de seguimiento solar. Al igual que las otras piezas ya reseñadas fue construido en el taller de la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Ver figura 38 y plano código 01-02-01 anexo E.

Figura 38. Eje central



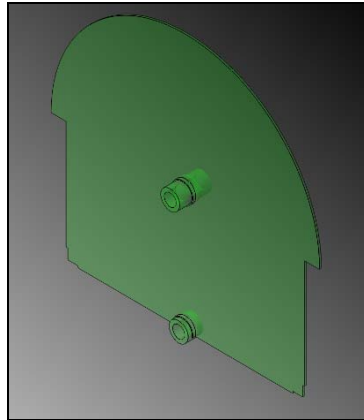
- Engranaje de 140 dientes tipo A: Esta montado sobre el eje central en el extremo más lejano al colector, y su función es transmitir la potencia a un engranaje de 17 dientes, este transmitirá la energía que va a mover el sistema de control. La relación entre los dos engranajes es de 8,3 y multiplica la velocidad del movimiento del sistema de control. El material del que esta hecho el engranaje de 140 dientes es de prolon. Las propiedades de este material se pueden ver en el anexo B de este documento. Ver figura 39 y plano 01-02-07.

Figura 39. Engranaje de 140 dientes



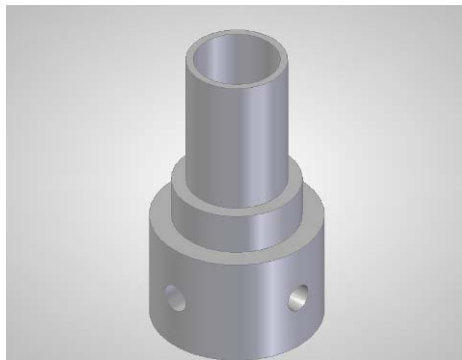
- Bafle 3: Ubicada al final del eje central en la parte mas lejana del colector, el bafle es el elemento estructural que soporta y le permite rotar a uno de los extremos del eje central y el eje superior. El material de este elemento es lamina estructural HR de 3 mm de espesor. Adicionalmente cuenta con cuatro portabujes de acero 1020 como, unidos solidariamente a ella, en los que se insertaran lo bujes del mecanismo. Ver Figura 40 y plano 01-02-08 en el anexo E.

Figura 40. Bafle 3



- **Cuña de la rueda libre:** Esta pieza esta ubicada entre el eje central y la rueda libre, su función es la de servir de unión rígida entre estos dos elementos por medio de tornillos Bristol. esta elaborada de acero 1020. Ver figura 41 y plano código 01-02-03.

Figura 41. Cuña de la rueda libre

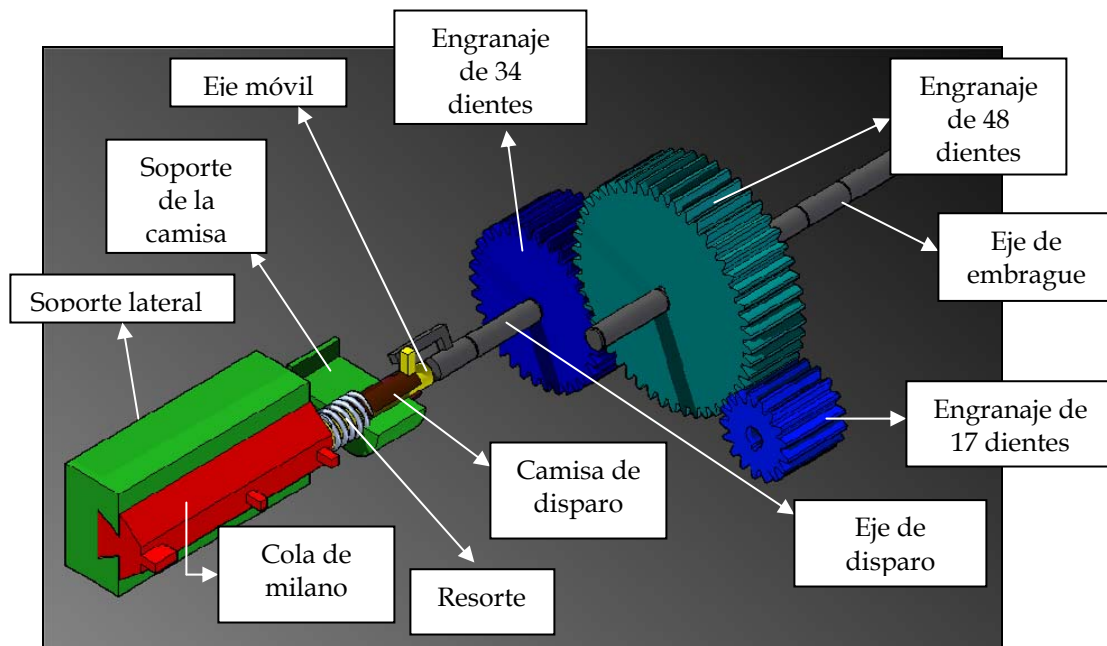


3.2.3 Sistema de Disparo.

El sistema de Disparo nace por la necesidad de dividir el espacio recorrido por un peso en dos etapas. Luego, la tarea del sistema de disparo es hacer la

conmutación de la caída del peso del winche uno y el peso del winche dos permitiendo que caigan individualmente y en serie; es decir este sistema permite que el winche uno rote dejando caer el peso mientras el sistema de disparo mantiene el winche dos estático durante aproximadamente dos vueltas del eje principal, esperando ser accionado para hacer el cambio, de esta forma, el sistema de disparo es obturado por el eje de disparo, moviendo el eje móvil y este deslizándose por entre la camisa halado por la fuerza del resorte, hasta golpear el soporte del winche. La cola de milano se mueve permitiendo que el winche dos comience a girar libremente y deteniendo el giro del winche 1, y de esta forma permitiendo que el sistema de potencia cumpla con la condición de suministrar energía durante 10 horas. Ver figura 42 y plano código 01-03-00 anexo E.

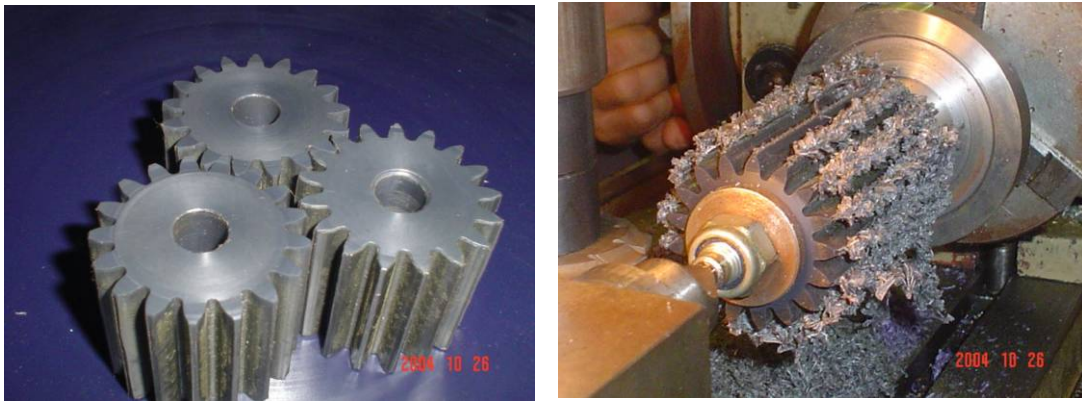
Figura 42. Sistema de Disparo



- Engranaje 17 dientes: El sistema de seguimiento solar cuenta con tres engranajes de este tipo, estos fueron elaborados en el taller de la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Por facilidad de fabricación fueron elaborados sobre el mismo eje como se muestra en la figura; estos engranajes están hechos de prolon.

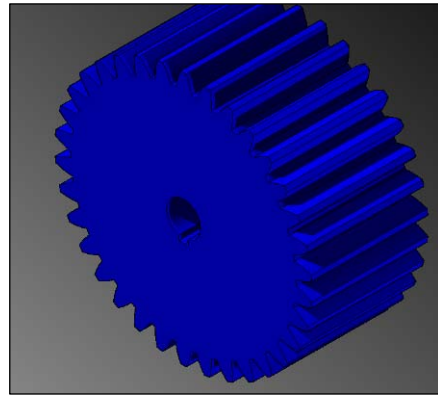
El engranaje al cual se hace referencia en este caso, se encuentra ubicado en la parte de la estructura más próxima al colector sobre el eje central, el engranaje de 17 dientes transmite la potencia recibida del eje central a un engranaje de 140 dientes que va solidario al eje que mueve el colector y a un engranaje de 48 dientes. Ver figura 43 y plano 01-03-01 anexo E.

Figura 43. Engranaje de 17 dientes



- Engranaje de 48 Dientes: Ubicado en el modulo mas cercano al colector entre los engranajes de 17 dientes y 34 dientes; hecho en prolon, la función de este engranaje es la de transmitir la potencia del engranaje de 17 dientes al engranaje de 34 dientes. Al igual que los otros engranajes fue fabricado en el taller de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Ver figura 44 y plano 01-03-04 anexo E.

Figura 44. Engranaje de 48 dientes



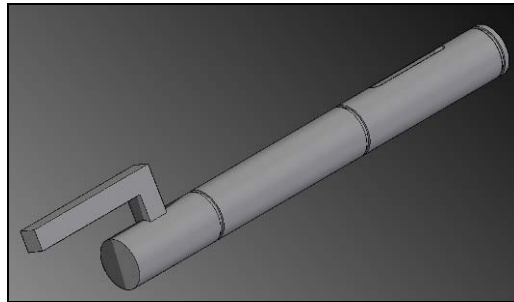
- Engranaje de 34 Dientes: Situado en el modulo contiguo al colector, sujeto al eje de disparo, hecho en prolon, este engranaje tiene una relación de velocidad de 2 con respecto al engranaje de 17 dientes, lo que implica que el eje de disparo gira una vuelta mientras el eje central realiza 2 vueltas, permitiendo de esta forma el sincronismo del sistema de disparo. Al igual que los otros engranajes, este fue fabricado en el taller de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Ver figura 45 y plano 01-03-03 anexo E.

Figura 45. Engranaje de 34 Dientes



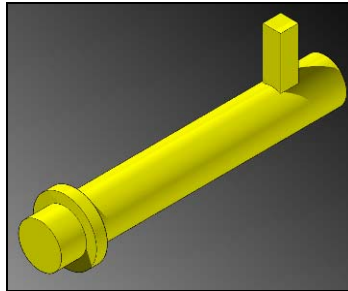
- Eje de Disparo: Soportado por el bafle 2, hecho en acero 1020. En uno de sus extremos soporta la rueda dentada de 34 dientes que pertenece al sistema de disparo. En su otro extremo posee un dispositivo metálico en forma de ele, el cual permite trasladar el movimiento al eje móvil. Esta pieza fue elaborada en el taller de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Ver figura 46 y plano 01-03-12 anexo E.

Figura 46. Eje de Disparo



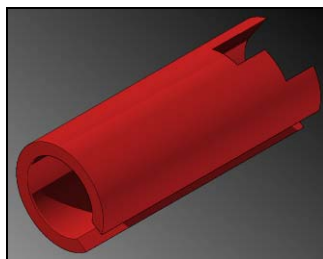
- Eje móvil: Ubicado frente al winche 1, hecho en acero 1020. El eje móvil espera ser girado por el eje de disparo, para posteriormente ser halado por la fuerza del resorte y deslizarse por la ranura guía de la camisa hasta golpear el soporte y descansar contra la ranura guía. Esta pieza fue elaborada en el taller de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Ver figura 50 y ver plano 01-03-08 anexo E.

Figura 47. Eje Móvil



- Camisa de disparo: Hecha en tubería de acero de perforación con 15 mm de diámetro, ubicada en frente del winche uno, entre el soporte lateral de la camisa y el eje móvil. Su cometido es permitir que el eje móvil se deslice y apoye sobre ella, además que facilita el montaje del eje móvil en el soporte lateral. Esta pieza fue elaborada en el taller de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Ver figura 48 y plano 01-03-11 anexo E.

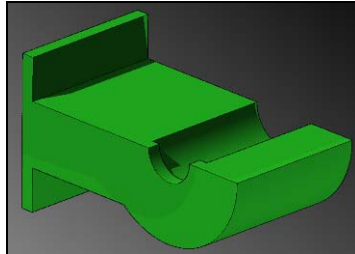
Figura 48. Camisa de disparo



- Soporte de la camisa : colocado en frente del winche 1, y aferrado a la estructura por medio de dos tornillos, hecho en acero 1020, es el habitáculo de la camisa y donde se soporta el resorte para poder aplicar fuerza sobre el eje móvil. Esta pieza fue elaborada en un taller ajeno al de la Escuela de

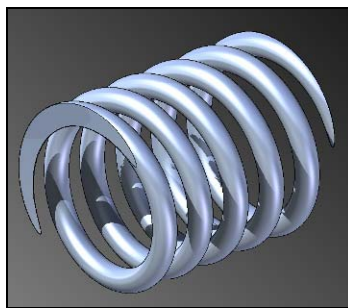
Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Ver figura 49 y plano 01-03-10 anexo E.

Figura 49. Soporte lateral de la camisa de disparo



- Resorte: Ubicado entre la camisa y el eje móvil frente al winche uno, hecho en alambre cuerda de piano de 2 mm de diámetro. El resorte le entrega la energía potencial acumulada al eje móvil en el momento del disparo. El cálculo de esta pieza se encuentra en el capítulo 4 de este documento. Esta pieza fue manufactura en talleres ajenos a los de la Universidad Industrial de Santander. Ver figura 50 y plano 01-03-09 anexo E.

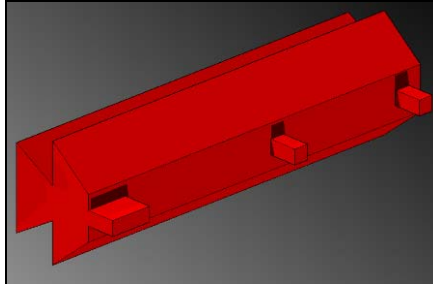
Figura 50. Resorte



- Cola de milano: ubicado entre el winche 1 y el winche 2 esta hecha en acero 1020, hace las veces de apoyo cuando los winches se encuentran en reposo, tiene la forma de la parte macho de una cola de milano con tres uñas que sirven de soporte para cada uno de los winches según la posición y el momento, el soporte del winche sostiene en primera instancia al winche uno

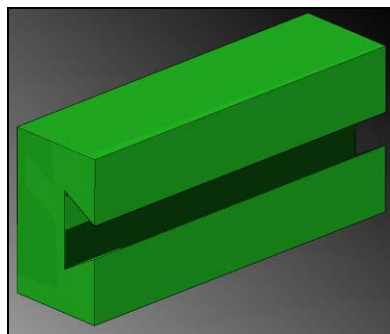
hasta que es golpeado por el eje móvil quien lo obliga a correr y liberar al winche 2 mientras el winche 1 queda sostenido por este. Esta pieza fue manufactura en talleres ajenos a la Universidad Industrial de Santander. Ver figura 51 y ver plano 01-03-07 anexo E.

Figura 51. Soporte winche



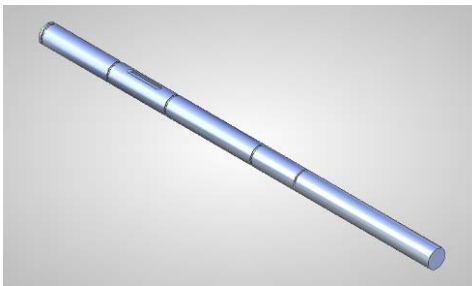
- Soporte: Este soporte es el habitáculo del soporte del winche, hecho en acero 1020, se encuentra atrás del mismo soporte y permite que este se deslice dentro de el, cumple la función de sujeción del soporte del winche mientras este sirve de apoyo para los winches cuando se encuentran en reposo. Esta pieza fue manufactura en talleres ajenos a la Universidad Industrial de Santander. Ver figura 52 y plano 01-03-06 anexo E.

Figura 52. Soporte Lateral



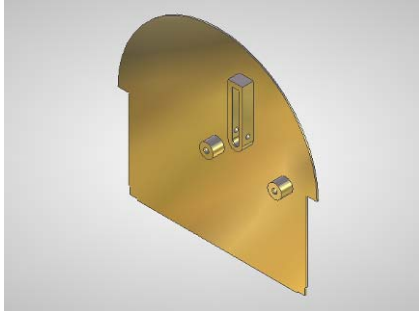
- Eje de embrague: Este eje tiene como función la de soportar el engranaje de 48 dientes y contribuir al movimiento del sistema de disparo. Este eje tiene la particularidad de deslizarse sobre los portabujes deslizantes de los bafles uno y dos, para aislar el sistema de disparo en el momento de reposicionar el sistema. Este eje sobresale del sistema para que sea manipulado por el operador del seguidor solar. Ver figura 53 y plano 01-03-02 anexo E.

Figura 53. Eje de embrague



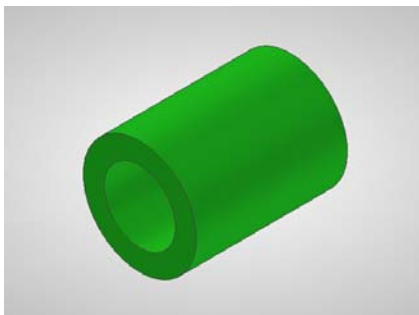
- Bafle dos: Ubicado cerca del colector. El material de este elemento es lamina estructural HR de 3 mm de espesor. Adicionalmente cuenta con un portabujes de acero 1020, unido solidariamente a el. Este portabujes tiene la característica de ser deslizante para ayudar al eje que lo atraviesa a deslizarse hacia arriba para poder desengranar el mecanismo de disparo cuando se reposicione el sistema general. Adicionalmente cuenta con dos portabujes mas como se ve en la figura, del mismo material que el anterior, los cuales se encuentran uno en el centro del bafle, el cual soportara al eje central en una de sus puntas y el otro portabuje se encuentra al lado izquierdo del bafle, ligeramente caído con respecto al central, en el cual encajara el eje de disparo del sistema de disparo. Esta pieza fue elaborada en el taller de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Ver Figura 54 y plano 01-03-05 en el anexo E.

Figura 54. Bafle dos



- Buje: Esta pieza se encuentra en todos los sistemas del mecanismo de seguimiento solar pero es en este sistema donde más se usa. La tarea que cumple este elemento es el de brindar a los ejes una superficie de rodamiento con muy poca fricción sobre los bafles. El material del cual esta construido es prolon auto-lubricado (ver características del material en el anexo B). La figura 55 y el plano 01-01-04 del anexo E muestran detalladamente esta pieza. Esta pieza fue elaborada en el taller de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander.

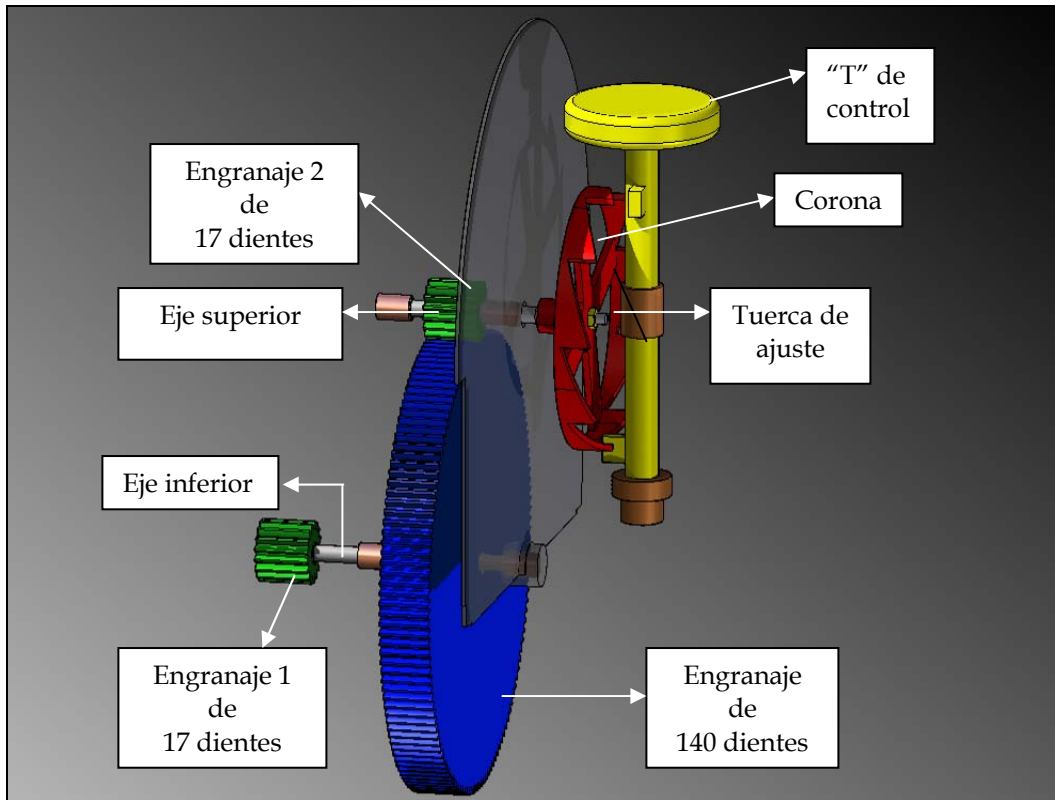
Figura 55. Bujes del mecanismo



3.2.4 Sistema de Control

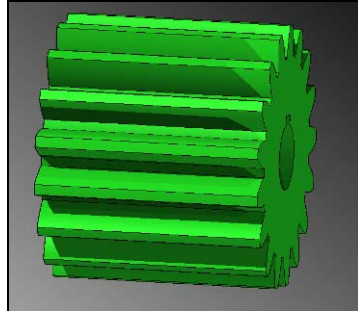
Debido a que el sistema de potencia, adquiere la energía a partir de un peso que cae libremente, se genera la necesidad de un sistema de control encargado de regular la caída del peso. El mecanismo seleccionado se llama escape de paletas, su selección se debió a la simplicidad del mismo y su funcionamiento es de la siguiente forma: Este mecanismo recibe la potencia suministrada por el engranaje de 140 dientes perteneciente al sistema de potencia y la transmite por el tren de engranajes conformado por dos engranajes de 17 dientes, un engranaje de 140 dientes y dos ejes, el eje superior y el eje inferior, hasta llegar a la corona la cual se encuentra solidaria al eje superior y de esta forma recibe una multiplicación de la velocidad de 67.82 con respecto al eje principal. La corona gira golpeando la T entregando parte de la energía en el choque y rompiendo la inercia de la T. Después de este golpe la T gira, pero solo alcanza a girar 90° cuando la corona esta golpeando nuevamente la T en sentido contrario haciéndola cambiar la dirección de giro, esta condición se repite consecutivamente hasta que los pesos entregan toda su potencia, consiguiendo que la corona se frene en cada golpe y así mismo el eje principal, de esta forma se controla que caiga libremente el peso colgado a cada uno de los winches mientras entregan su energía. (Ver figura 56)

Figura 56. Sistema de control



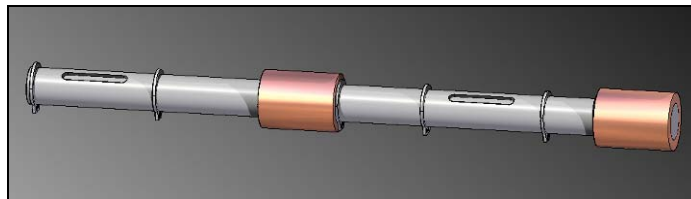
- Engranaje de 17 dientes: Se encuentra ubicado debajo del piñón de 140 dientes y es solidario al eje inferior. Recibe la potencia suministrada por el engranaje de 140 dientes del sistema de potencia y la transmite al eje inferior. El material de que esta hecho al igual que el de todos los engranajes es prolon. (Vea las características del prolon en el anexo B). Ver Figura 57 y plano 01-03-01.

Figura 57. Engranaje de 17 dientes



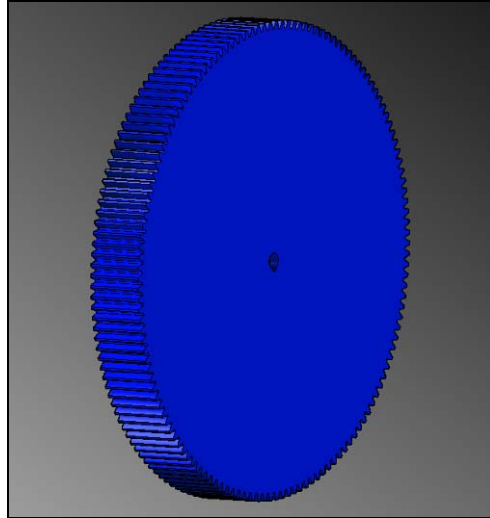
- Eje Inferior: Ubicado en la parte baja de la estructura, entre los módulos de la corona y los winches, su función es transmitir la potencia entregada por el engranaje 1 de 17 dientes al engranaje de 140 dientes del sistema de control, el material del que esta hecho es acero 1020. Su fabricación es la misma que la de los ejes ya mencionados. Ver figura 58 y ver plano código 01-04-02 anexo E).

Figura 58. Eje inferior



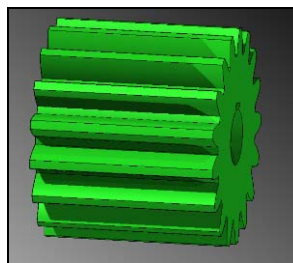
- Engranaje de 140 dientes: Emplazado rígidamente al eje inferior en la parte más cercana a la corona, esta pieza transmite la potencia del eje inferior al engranaje de 17 dientes del sistema de control. Se encuentra hecho en prolon. Ver Figura 59 y plano código 01-02-07 anexo E.

Figura 59. Engranaje de 140 Dientes tipo A



- Engranaje de 17 dientes: Situado en el eje superior, sujeto a este por medio de un chaveta y colocado al otro extremo de donde se encuentra la corona, el engranaje 2 de 17 dientes pasa la potencia que le es entregada por el engranaje de 140 dientes al eje superior. Ver Figura 60 y plano código 01-03-01 anexo E.

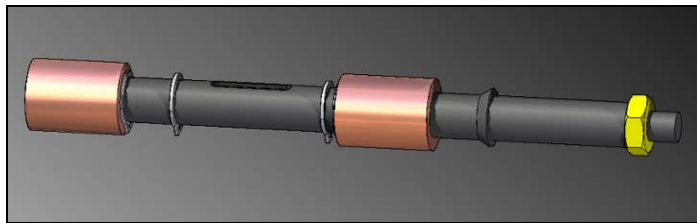
Figura 60. Engranaje 2 de 17 dientes (eje superior)



- Eje superior: Dispuesto a la derecha del eje central, el eje superior se desliza sobre dos bujes transmitiendo la energía mecánica entregada por el

engranaje 2 de 17 dientes a la corona. Posee una pequeña protuberancia para evitar que la corona se deslice hacia atrás del eje en cada choque y un extremo roscado para dar mayor seguridad también a la corona, hecho en acero 1020. Ver Figura 61.

Figura 61. Eje superior



- Corona: Emplazada en el módulo mas externo de la estructura del aparato seguidor, sujeta al eje superior, la corona junto con la te no permiten que el peso caiga libremente. La corona recibe la potencia del eje superior y se mueve libremente hasta chocar uno de sus dientes con una de las paletas de la te, entregando de esta forma parte de la energía a la te, suficiente para detener la corona y hacer girar la te lentamente 90° grados. Debido a que a la corona le esta llegando potencia constantemente puesto que el peso continua colgado, la corona inicia nuevamente su movimiento hasta chocar de nuevo otro de sus dientes con la otra paleta de la te, y así se repite la acción sucesivamente, permitiendo que el peso baje controlado hasta el suelo con una velocidad relativamente constante. La corona esta compuesta de 13 dientes de forma axial, este dato se dedujo de la simulación, ya que si es un numero par de dientes la corona se quedaría trabada entre las dos paletas de la te, debido a que haría contacto con las dos paletas al mismo tiempo. No puede ser un numero menor de 13 dientes porque el tiempo de choque

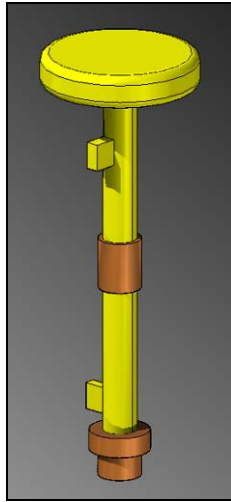
aumentaría arriesgándose a perder la inercia entregada a la te por fricción, y no puede ser un número mayor de 13 dientes puesto que habría que aumentar la profundidad del diente arriesgando de esta forma la integridad del diente en el choque al hacerse más delgado. La corona está hecha de tubo de perforación y su proceso de construcción fue en su mayoría manual, ya que no se contaba en el taller de la Escuela de Ingeniería Mecánica con las máquinas herramientas apropiadas para elaborarla.

Figura 62. Corona



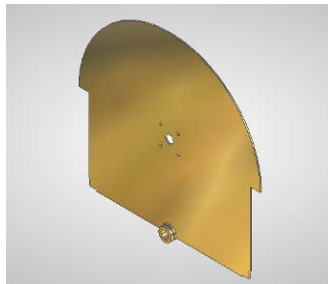
- Te: Ubicada en el módulo más externo del aparato seguidor, hecha en acero 1020, la te tiene como función absorber energía del sistema de potencia por medio de choques sucesivos con los dientes de la corona. La te choca con la corona absorbiendo parte de la energía del sistema de potencia, de esta forma gira 90° y de nuevo una de sus paletas choca con uno de los dientes de la corona invirtiendo el sentido de giro de la corona y forzándola nuevamente a chocar con un diente de la corona esto se repite sucesivamente hasta que los dos pesos del sistema de potencia se encuentran en la parte inferior. Ver figura 63.

Figura 63. Te



- Bafle cuatro: Ubicado en la parte central del mecanismo. El material de este elemento es lamina estructural HR de 3 mm de espesor. Adicionalmente cuenta con portabujes de acero 1020, unido solidariamente a el en la parte inferior, el cual sirve de apoyo el eje inferior. En el centro de la lamina tiene orificios donde se instalo una rodamiento de rotula, el cual soporta el eje superior del mecanismo. Ver Figura 64 y plano 01-04-03 en el anexo E.

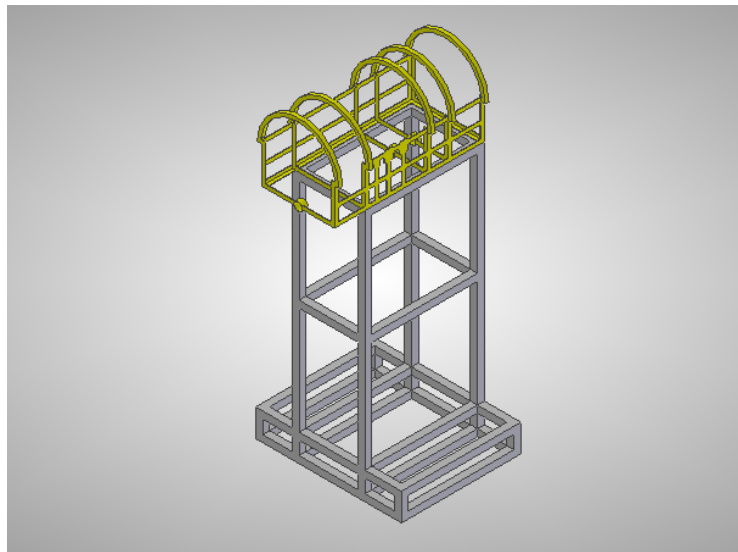
Figura 64. Bafle cuatro



3.2.5 Estructuras.

Las estructuras que conforman este sistema sirven básicamente para dar rigidez al sistema y sobre ellas se ensambla todo el mecanismo, cabe aclarar que las estructuras que se van a tratar a continuación son solo las pertenecientes al mecanismo de seguimiento solar, no la que soporta el colector, ya que esta hace parte de la primera fase del macro-proyecto del potabilizador solar como se demostró en el capítulo uno del presente documento. La posición de ensamblaje se muestra en la figura 65.

Figura 65. Estructuras



- Chasis: Esta pieza del sistema sirve básicamente para soportar los elementos que conforman el mecanismo del seguidor solar, es dentro de el donde se ensambla el mecanismo y al que se van a sujetar todas sus piezas. Esta hecho de ángulo estructural HR A 36 de 1 x 1/8 in, como se muestra en la figura 66. su diseño en forma de hongo además de brindar un aspecto

estético, sirve para contribuir con un ensamble modular. Ver plano 01-05-01, anexo E.

Figura 66. Chasis



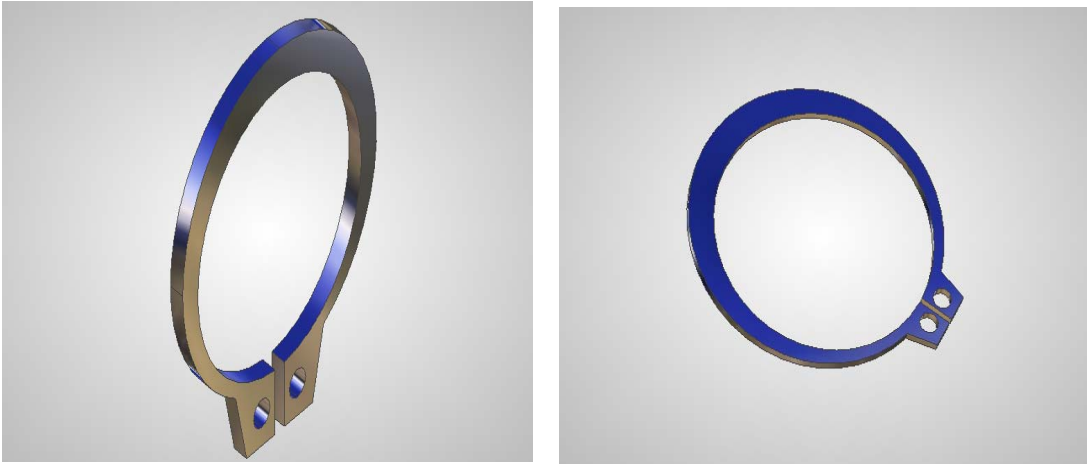
- Estructura: La estructura cumple con la labor de elevar el mecanismo a la altura del centro de masa del colector y darle soporte al chasis, también facilita el acceso del operario al dispositivo de seguimiento solar, en el momento del reposicionamiento diario. Esta pieza fue elaborada en el taller de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander. Ver figura 67 y plano 01-05-02 anexo E.

Figura 67. Estructura



Existen otras piezas seleccionadas de las cuales no se ha hecho referencia y las cuales prestan el servicio de sujeción de los distintos elementos del mecanismo a los ejes. Estas son las abrazaderas de 12 mm y 38.1 mm las cuales se muestran en la figura 68. Se escogieron por su fácil instalación y manejo como elementos de sujeción.

Figura 68. Abrazaderas de sujeción



4. PRUEBAS DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO SOLAR DEL COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO

Una vez terminada la construcción de las piezas que componen el mecanismo del seguidor solar, en el taller de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, se procedió a ensamblar el prototipo, encontrando como inconveniente la alineación del sistema de seguimiento y el balance del colector cilindro parabólico construido por los estudiantes de Ingeniería Química, Rene Cuesta e Iván Rincón.⁴

Estos problemas fueron solucionados por los autores del presente proyecto, llevando a cabo un proceso de montaje secuencial de cada uno de los sistemas que componen el prototipo de seguimiento solar (ver tabla 6 capítulo 2) y balanceado por medio de pesos adicionales tanto el colector cilindro parabólico como su estructura. Otro de los inconvenientes encontrados en el ensamble del sistema, fue la fricción presente en los bujes de prolon, escollo que se supero por medio de la forma de alineación ya mencionada. Resueltos todos los inconvenientes ya mencionados se procedió a realizar las pruebas al dispositivo de seguimiento solar.

Es bueno aclarar que estas pruebas son solo de movimiento ya que el interés que persigue esta etapa del proyecto del potabilizador solar, consiste en encontrar un dispositivo netamente mecánico que mueva el colector cilindro

⁴ CUESTA, Rene y RINCÓN, Iván. Diseño, Construcción Y Evaluación Operacional A Pequeña Escala De Un Potabilizador Solar Parabólico Para Agua. Bucaramanga, 2004, Trabajo de Grado (Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química.

parabólico, para que este aumente su eficiencia. Ya que la función de potabilización de este ya fue comprobada por los estudiantes de Ingeniería Química mencionados anteriormente.

4.1 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LAS PRUEBAS

El procedimiento que se muestra a continuación es el que se utilizó para realizar todas las pruebas que se llevaron a cabo:

- Colocar el colector en posición de arranque. Esto es, posicionar el colector cilindro parabólico totalmente vertical. Posición correspondiente a las 7 AM.
- Ubicar el sistema de disparo en la posición inicial. Ver anexo A, manual del usuario.
- Instalar la carga inercial, en el dispositivo de control.
- Cargar los pesos a los winches, para que el sistema arranque.
- Iniciar con la toma de tiempo del movimiento del prototipo.
- Verificar que el sistema de disparo se active en el momento indicado.

4.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

La primera prueba que se llevo a cabo se realizo con el dato de inercia arrojado por el programa de simulación, Visual Nastran. Esta prueba se culmino sin éxito ya que el sistema no era capaz de vencer el valor inercial calculado. Situación que se esperaba, ya que nunca se contó con otro factor de comparación de los resultados de la simulación, más que la realidad. Para resolver esta situación y como se hace en el proceso de afinamiento de cualquier mecanismo y mas de uno tan complejo y con tantas variables, como el de un reloj mecánico, se tuvo que recurrir a prueba y error. Para tal efecto

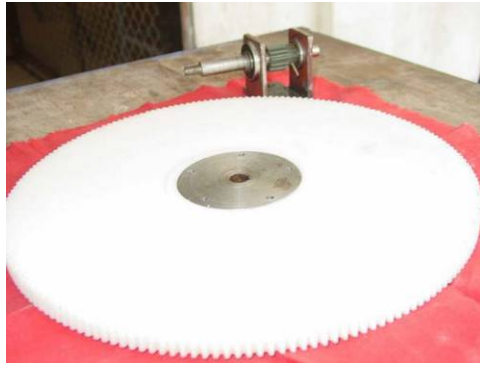
se comenzó a jugar con los valores de peso tanto de la inercia, como el de acumulación de energía potencial (pesos). La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos por este medio.

Tabla 16. Resultados De La Primera Prueba

No PRUEBA	PESO EN Kg.	PESO DE INERCIA EN g	DESPLAZAMIENTO EN GRADOS	TIEMPO EN MINUTOS	PARADAS
1	4	0	90	5,3	0
2	4,5	0	90	6,45	0
3	5	0	90	5,25	0
4	5,5	0	90	6	0
5	5,5	500	90	16	0
6	5,5	550	90	17	0
7	5,5	560	90	23	0
8	6	560	90	32,36	3
9	6	600	90	38,6	8
10	6	550	90	44,46	5
11	6,5	250	90	54,98	3
12	7	250	90	52,64	6
13	7	300	90	52,38	6
14	6,5	100	90	54,98	4
15	7	100	90	52,64	6
16	8	100	90	54,7	4
17	9	50	90	68,3	3
18	10	100	90	50,26	3
19	11	50	90	54,36	6
20	12	25	90	64,08	7

El resultado de estas pruebas no fue satisfactorio, ya que el sistema se comportaba de una forma muy irregular, presentando paros del movimiento repentinos, producto del consumo de energía del sistema de control, en el momento del choque de las paletas de la T con la corona. El resultado mas importante obtenido de estas pruebas, es el poder decir que el mecanismo de control diseñado y simulado consumía la totalidad del torque entregado a este sistema y por esta razón detenía al mecanismo. Adicional a esto, las paletas de la T que hacían la veces de trinquete, no realizaban el movimiento esperado de 90 grados como se describe en el capítulo tres de este documento. Estas razones llevaron a realizar una reducción más, por medio de un juego de engranajes de 13 y 183 dientes respectivamente, los cuales generan una reducción con una relación de 14,076. El engranaje de 183 dientes requirió un refuerzo metálico para garantizar la facilidad de montaje sobre el eje que lo soporta. El engranaje pequeño se encuentra ubicado en un eje cuyo diámetro varia en su longitud para facilitar el montaje en el mecanismo, este eje requirió ser montado sobre una apoyo en forma de U, el cual cuenta con un rodamiento de 10 mm de diámetro interno en un extremo y otro de 12 mm de diámetro interno en el otro (Ver figura 69). Adicionalmente se redujo el peso de los componentes del sistema de control. Con esto se quería disminuir la velocidad de caída de los pesos, y mejorar las condiciones de inercia del sistema de control, para que este pudiera controlar el mecanismo.

Figura 69. Nuevo Tren de Engranajes



La siguiente tabla muestra los resultados de esta nueva prueba:

Tabla 17. Resultados De la Segunda Prueba

No PRUEBA	PESO EN Kg.	PESO DE INERCIA EN g	DESPLAZAMIENTO EN GRADOS	TIEMPO EN MINUTOS	PARADAS
1	11,5	0	90	180	0
2	11	0	90	160	0
3	10	0	90	175	2
4	9	0	90	150	7
6	11,5	50	90	165	6
7	11	50	90	172	0
8	10	50	90	163	5
9	9	50	90	154	3
10	6	600	90	38,6	8

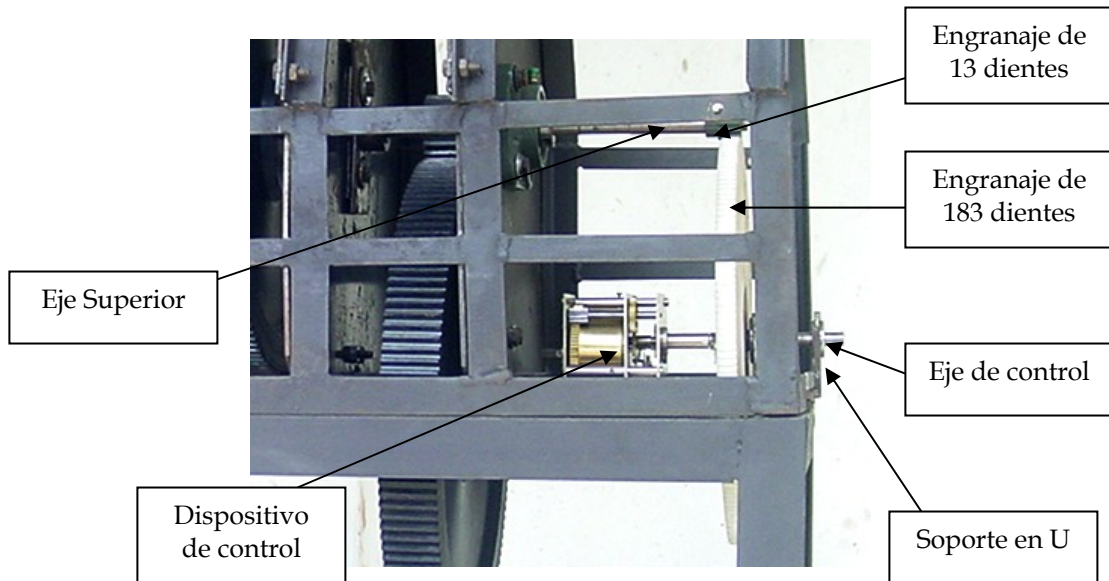
Al igual que en las primeras pruebas realizadas los resultados no son los esperados, ya que aunque se aumenta el tiempo de funcionamiento del mecanismo, los paros repentinos se repiten, producto del consumo de energía del sistema de control diseñado. Cuando las paradas repentinas aparecen el peso que se debe colocar en cada winche es excesivo y puede ocasionar una deflexión muy alta del eje central, la cual degenerara en un recostamiento de las puntas del eje central, dentro de los bujes, produciendo un aumento en la fricción del sistema, lo cual puede detener el sistema en cualquier momento.

De estas dos pruebas se puede concluir en general que el sistema de control es muy robusto y consume la mayor cantidad de energía ocasionando que el sistema se detenga. Adicional a esto, el nuevo tren de engranajes aunque resolvía el problema de la durabilidad del movimiento, hace que el torque efectivo entregado al sistema de control sea muy pequeño y tenga que cargarse con demasiado peso el sistema de potencia, para poder moverse, ocasionando a la vez que el mecanismo de seguimiento solar se acelere demasiado.

Por estas razones se resuelve buscar un dispositivo de control autónomo y liviano, el cual pueda controlar el torque y la inercia entregados al sistema de control diseñado. Para tal efecto se consiguió el dispositivo de temporización de una caja fuerte, el cual cuenta con una velocidad angular de $3,33 \cdot 10^{-2}$ rpm. El montaje de este dispositivo se realizo de la siguiente forma: el eje de salida del dispositivo se acoplo a otro eje por medio de un pasador, en este ultimo se encuentra montado el engranaje de 183 dientes, el otro extremo de este eje se encuentra apoyado, sobre la U inicialmente diseñada para soportar el eje con el engranaje de trece dientes. El engranaje de 183 dientes engrana con el de trece dientes el cual a su vez esta montado sobre el eje superior el cual tuvo

que ser alargado 100 mm, para su adaptación a este nuevo sistema de control. Ver figura 70.

Figura 70. Nuevo Dispositivo de Control



El dispositivo de control cuenta con un mecanismo de ancla de cuerda enrollada en un tambor, el cual brinda un control total del sistema. A este debe ayudársele para que mueva al colector con pesos instalados en los winches del sistema.

Para probar si el nuevo dispositivo es capaz de controlar el sistema de seguimiento solar, cargado con poco peso, se instaló como se muestra en la figura 71. Para esto se realizó una prueba de funcionamiento siguiendo el mismo procedimiento que se menciona al principio de este capítulo.

Figura 71. Montaje del nuevo Dispositivo de Control

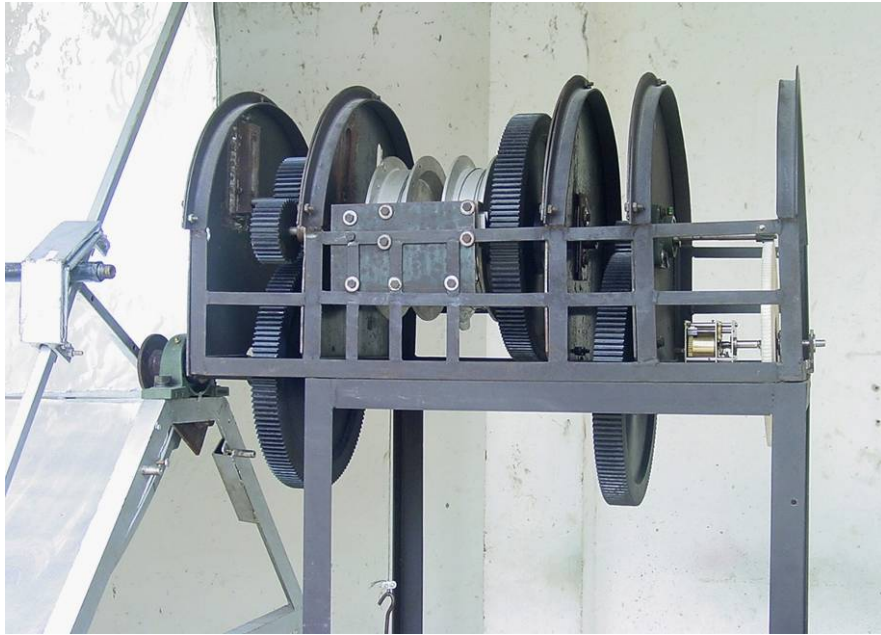


Tabla 18. Resultados de Tercera Prueba

No PRUEBA	PESO EN KG	TIEMPO	DESPLAZAMIENTO ANGULAR
1	3.5	8:50 a.m - 9:50 a.m	12.69°
2	3.5	9:50 a.m - 10:50 a.m	33.65°
3	3.5	10:50 a.m - 11:50 a.m	44°
4	3.5	11:50 a.m - 12:50 m	61.4°
5	3.5	12:50 m - 1:50 p.m	77.7°
6	3.5	1:50 p.m -2:50 p.m	88°
7	3.5	2:50 m - 3:50 p.m	104°
8	3.5	3:50 m - 4:50 p.m	117°
9	3.5	4:50 m - 5:50 p.m	134°
10	3.5	5:50 m - 6:50 p.m	148°

Tabla 19. Resultados Cuarta prueba

No PRUEBA	PESO EN KG	TIEMPO	DESPLAZAMIENTO ANGULAR
1	5	7:45 a.m - 8:45 a.m	16°
2	5	8:45 a.m - 9:45 a.m	37°
3	5	9:45 a.m - 10:45 a.m	49°
4	5	10:45 a.m - 11:45 a.m	64.3°
5	5	11:45 m - 12:45 m	82°
6	5	12:45 m -1:45 p.m	100°
7	5	1:45 p.m - 2:45 p.m	111°
8	5	2:45 p.m - 3:45 p.m	132°
9	5	3:45 p.m - 4:45 p.m	154°
10	5	5:45 p.m - 6:45 p.m	159°

Los resultados de esta prueba son satisfactorios ya que el nuevo dispositivo logra controlar la cantidad y la velocidad del peso instalado en los winches. Produciendo de esta forma que el mecanismo haga un seguimiento total del sol en su trayectoria diaria de 10 horas. Tiempo suficiente para llevar acabo la tarea de potabilización de agua.

5. ANÁLISIS DE COSTOS DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO SOLAR

Este capítulo está encaminado a mostrar los costos que se asumieron para el diseño y la construcción de un seguidor solar mecánico, el cual se acoplara a un pasteurizador solar de agua que se ha desarrollado en la Escuela de Ingeniería Química. El diseño y la simulación de este Prototipo estuvieron a cargo de los estudiantes Oscar Eduardo Higuera M y Efraín Ruiz. La construcción del equipo estuvo a cargo de los estudiantes mencionados y de la Escuela de Ingeniería Mecánica, la cual facilitó el maquinado y la mano de obra del 80 por ciento de las piezas que hacen parte del mecanismo de seguimiento solar (ver anexo D), el restante 20 por ciento, fue elaborado en un taller metalmecánico de la ciudad de Bucaramanga (ver anexo C). Con respecto al costo del material para la elaboración de las piezas, este lo asumió el Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM de la Universidad Industrial de Santander.

5.1 COSTO DEL MATERIAL

En la elaboración de las piezas del mecanismo de seguimiento solar, se involucraron materias que se consiguen en el mercado de la ciudad de Bucaramanga, con la excepción del prolón (material con el que construyeron los engranajes y los bujes del dispositivo, ver anexos B, C), este material

aunque se consigue en la ciudad en mención, por su costo, se adquirió en la ciudad de Medellín, directamente con el productor nacional Carboplas LTDA; empresa que brindo un descuento del 50 por ciento, en esta compra, por ser este proyecto de carácter académico. Esta gestión fue liderada por los autores del presente documento. Las tablas que se muestran a continuación muestran el costo de los materiales, el valor de las piezas seleccionadas y el costo de la mano de obra externa, que se utilizaron en la elaboración del prototipo de seguimiento solar.

Tabla 20. Costos Involucrados En La Construcción De Las Piezas Del Mecanismo De Seguimiento Solar

ANGULO Y PLATINAS						
PIEZA	CÓDIGO	MATERIAL	No PIEZAS	CANTIDAD DE MATERIAL		VALOR
Chasis	01-05-01	Ang. HR A 36 de 1 x 1/8 in	1	6 m	2 angulos de 6 metros	\$ 22.414
Estructura	01-05-02	Ang. HR A 36 de 1 1/2 x 1/8 in	1	9 m	3 angulos de 6 metros	\$ 62.070
Chasis* y Corona		Plat. HR A 36 de 1/8 x 3/4	6	3 m	1 platina de 6 metros	\$ 5.603
					valor bruto	\$ 90.087
					iva 16%	\$ 14.414
					valor neto	\$ 104.500

EJES Y PORTABUJES DE LOS BAFLES						
PIEZA	CÓDIGO	MATERIAL	No PIEZAS	CANTIDAD DE MATERIAL		VALOR
Eje conector	01-01-07	Acero 1020	2	d= 38,1 mm	L= 300mm	
				Total	L= 600mm	\$ 21.600
Eje de embrague	01-03-02	Acero 1020	1	d= 19,05mm	L= 100mm	
Eje superior	01-04-01	Acero 1020	1	d= 19,05mm	L= 200mm	
				Total	L= 300mm	\$ 2.584
Te		Acero 1020	1	d= 25,4mm	L= 300mm	
				Total	L= 300mm	\$ 4.598
Eje móvil	01-03-08	Acero 1020	1	d= 12 mm	L= 300mm	
Eje de disparo	01-03-12	Acero 1020	1	d= 12 mm	L= 150mm	
Eje Central	01-02-01	Acero 1020	1	d= 12 mm	L= 475mm	
Eje Inferior	01-04-02	Acero 1020	1	d= 12 mm	L= 275mm	
				Total	L= 1200mm	\$ 4.800
Porta bujes		Acero 1020	8	d= 38,1 mm	L= 210mm	
				Total	L=210mm	\$ 7.640
					valor bruto	\$ 41.222
					iva 16%	\$ 6.596
					valor neto	\$ 47.818

LAMINA						
PIEZA	CÓDIGO	MATERIAL	No PIEZAS	CANTIDAD DE MATERIAL		VALOR
LAMINAS ESTRUCTURALES EXTERNAS E INTERNAS						
Bafle uno	01-01-02	Lam HR A 36	1	425x45 mm	e= 3mm	\$ 12.931
Bafle dos	01-03-05	Lam HR A 36	1	425x45 mm	e= 3mm	\$ 12.931
Bafle tres	01-02-08	Lam HR A 36	1	425x45 mm	e= 3mm	\$ 12.931
Bafle cuatro	01-04-03	Lam HR A 36	1	425x45 mm	e= 3mm	\$ 12.931
Bafle cinco	01-04-05	Lam HR A 36	1	425x45 mm	e= 3mm	\$ 12.931
Tapa inferior		Lam HR A 36	1	192 x 394 mm	e= 3mm	\$ 5.172
					Cortes	\$ 10.000
					valor bruto	\$ 79.827
					iva 16%	\$ 12.773
					valor neto	\$ 92.600
PIEZA	CÓDIGO	MATERIAL	No PIEZAS	CANTIDAD DE MATERIAL		VALOR
LAMINAS QUE HACEN PARTE DEL MECANISMO						
Placa Colector	01-01-01	Lam HR A 36	2	205 X 105 mm	e= 6,35mm	\$ 10.000
Soportes		Lam HR A 36	2	400 x 450 mm	e= 6,35mm	\$ 13.418
Disco divisor		Lam HR A 37	1	200 x 200 mm	e= 12,7mm	\$ 25.862
					valor bruto	\$ 49.280
					iva 16%	\$ 7.885
					valor neto	\$ 57.165

ENGRANAJES Y BUJES						
PIEZA	CÓDIGO	MATERIAL	No PIEZAS	CANTIDAD DE MATERIAL		VALOR
Engranaje	01-03-01	Prolon	3	d= 50 mm	L= 152,4mm	\$ 18.046
Engranaje	01-03-01	Prolon	1	d= 130 mm	L= 45,72 mm	\$ 38.121
Engranaje	01-03-03	Prolon	1	d= 100 mm	L= 45,72 mm	\$ 23.461
Engranaje	01-02-07	Prolon	2	400x400 mm	Lam e=45mm	\$ 564.960
Engranaje	01-01-06	Prolon	1		Lam e=45mm	\$ 282.480
Bujes	01-01-04	Prolon	8	Auto lubricado		
Bujes		Prolon	1	Auto lubricado		
Bujes		Prolon	1	Auto lubricado		
Bujes		Prolon	1	Auto lubricado		
			Total	d= 50 mm	L= 365,76 mm	\$ 49.214
					valor bruto	\$ 976.282
					Descuento del 50 %	\$ 488.141
					iva 16 %	\$ 78.103
					valor neto	\$ 566.244

TUBERÍA, BARRAS Y REDONDOS						
PIEZA	CÓDIGO	MATERIAL	No PIEZAS	CANTIDAD DE MATERIAL		VALOR
Corona		Acero 1020	1	d= 203,2 mm	L= 40 mm	\$ 15.000
Corona y Porta bujes de la T		Acero 1020	1	d= 25,4 mm	L= 30 mm	
		Acero 1020	1	d= 25,4 mm	L=80 mm	
		Acero 1020	1	d= 25,4 mm	L= 40 mm	
				Total long	150 mm	\$ 12.000
Chavetas	01-01-08	Acero 1020	11	L= 500 mm	e= 6,35 mm	\$ 1.500
Te		Acero 1020	1	d= 115 mm	e=27 mm	\$ 13.450
					valor bruto	\$ 41.950
					iva 16%	\$ 6.712
					valor neto	\$ 48.662

TOCHOS DE FUNDICIÓN DE ALUMINIO						
PIEZA	CÓDIGO	MATERIAL	No PIEZAS	CANTIDAD DE MATERIAL		VALOR
Winche 1	01-02-05	Aluminio Fundición.	1	d= 250 mm	e= 65 mm	\$ 56.000
Winche 2	01-02-06	Aluminio Fundición.	1	d= 250 mm	e= 65 mm	\$ 56.000
					valor bruto	\$ 11200
					iva 16%	\$ 17.920
					valor neto	\$ 129.920

Tabla 21. Costos Involucrados En La Selección de Piezas Del Mecanismo De Seguimiento Solar

PIEZAS SELECCIONADAS						
PIEZA	CÓDIGO	MATERIAL	No PIEZAS	CANTIDAD DE MATERIAL		VALOR
Rueda Libre	01-02-04		2			\$ 50.160
					valor bruto	\$ 50.160
					iva 16%	\$ 8.025
					valor neto	\$ 58.185
PIEZA	CÓDIGO	MATERIAL	No PIEZAS	CANTIDAD DE MATERIAL		VALOR
Chumaceras			2			\$ 51.724
					valor bruto	\$ 51.724
					iva 16%	\$ 8.275
					valor neto	\$ 60.000

ELEMENTOS DE SUJECIÓN					
PIEZA	CÓDIGO	MATERIAL	No PIEZAS	CANTIDAD DE MATERIAL	VALOR
Tornillo	01-01-09		45	Tor. 1/4x3/4	\$ 2.664
Tuerca	01-01-09		45	Tuerca de 1/4	\$ 1.008
Tuec. de secesión			1	Tuerca de 1/2	\$ 80
Tornillo Bristol			4	Bcc 5 x 25	\$ 690
Tornillo Bristol			4	Bcc 4 x 25	\$ 586
Abrazaderas	01-02-02		26	Tipo A 12	\$ 10.000
Abrazaderas	01-01-05		10	Tipo A 28	\$ 15.000
				valor bruto	\$ 30.028
				iva 16%	\$ 4.805
				valor neto	\$ 34.833

HERRAMIENTAS DE CORTE Y SOLDADURA			
PIEZA	HERRAMIENTA	CANTIDAD	VALOR
Disco divisor	Broca 3 mm	2	\$ 10.000
Disco divisor	Broca de centro N. 2	1	\$ 2.800
Chaveteros para los ejes	Escariador de 1/8 in	4	\$ 8.621
Distintas piezas	Segueta	2	\$ 10.000
Chasis y estructura	Soldadura 60-13 x 1/8	2 k	\$ 10.000
		valor bruto	\$ 41.421
		iva 16%	\$ 6.628
		valor neto	\$ 48.049

Tabla 22. Costos Involucrados En La Manufactura Exterior De Algunas Piezas Del Mecanismo De Seguimiento Solar

MANUFACTURAS EXTERIORES					
PIEZA	CÓDIGO	MATERIAL	No PIEZAS	MANO DE OBRA	VALOR
Chasis	01-05-01	Ang. HR A 36 de 1 x 1/8 in	5	Dobles y corte de ángulos	\$ 30.000
Soporte	01-03-06	Acero 1020	1	Manufactura	\$ 90.000
Cola de milano	01-03-07	Acero 1020	1	Manufactura	\$ 200.000
Soporte camisa	01-03-10	Acero 1020	1	Manufactura	\$ 30.000
Camisa	01-03-11	Acero 1020	1	Manufactura	\$ 30.000
Resorte	01-03-09	Acero 1020	1	Manufactura	\$ 5.000
				valor bruto	\$ 385.000
				iva 16%	\$ 61.660
				valor neto	\$ 446.660

El costo total del material utilizado y el valor de las piezas elaboradas en un taller ajeno a la Universidad Industrial de Santander, asciende a un valor de un millón seiscientos noventa y cuatro mil quinientos setenta y siete pesos MC (\$1.694.577.). Cabe aclarar que los gastos anexos al desarrollo del proyecto fueron cubiertos por los estudiantes anteriormente mencionados y estos no son tenidos en cuenta, ni contabilizados en el presente capítulo.

5.2 COSTO DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

Como se menciona anteriormente la mano de obra, fue brindada por la Escuela de Ingeniería Mecánica. Esta estuvo a cargo del señor Gonzalo Caballero, persona encargada del taller metal- mecánico de la misma y de los estudiantes autores de este documento.

Gracias a cotizaciones hechas, en talleres de la ciudad, el coste de la mano de obra de la totalidad de dicho prototipo asciende a cinco millones de pesos (\$5.000.000). Cabe aclarar que este valor incluye la utilización de maquinas herramientas y horas hombre. Ver anexo C.

5.3 COSTOS DE INGENIERÍA

Los costos de diseño y simulación del equipo son cubiertos por los estudiantes Oscar Eduardo Higuera y Efraín Ruiz, aspirantes al título de Ingeniero Mecánico. Estos están evaluados en un millón quinientos mil pesos (\$1.500.000), más el costo de las asesorías prestadas por el director y codirector de este proyecto. Las cuales tienen un costo de un millón quinientos mil pesos (\$1.500.000).

5.4 COSTOS TOTALES

Tabla 23. Costos Totales Del Mecanismo De Seguimiento Solar

COSTO TOTAL DE MATERIAL	\$ 1.694.577
COSTO DE MANO DE OBRA	\$ 5.000.000
COSTOS DE INGENIERÍA	\$ 3.000.000
TOTAL	\$ 9.694.577

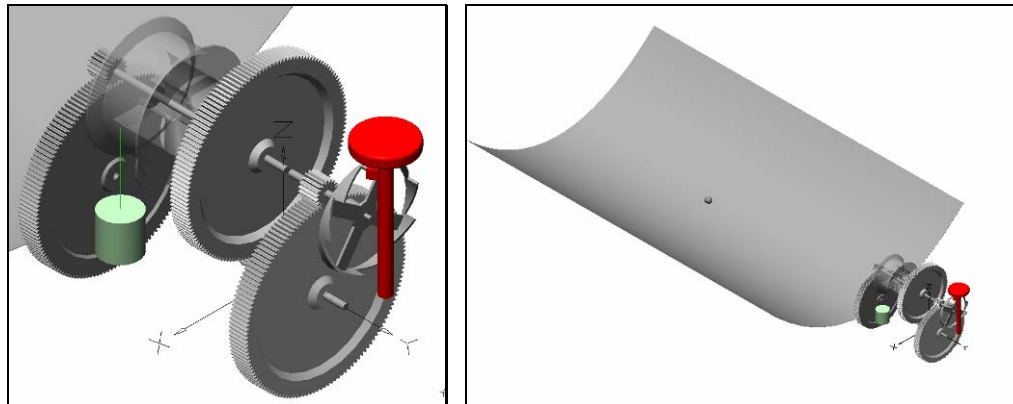
6. CALCULO ESTRUCTURALES Y DEL SISTEMA

Las piezas fueron calculadas de acuerdo con los resultados de la simulación dinámica del mecanismo. Esta simulación surge de la necesidad de comprobar que el dispositivo goza de una velocidad relativamente constante, de no ser así, no serviría para la finalidad del proyecto, debido a que conviene seguir el sol con una velocidad aproximadamente invariable de tal forma que se aproveche la máxima radiación emitida por el sol.

6.1 SIMULACION DE LA DINAMICA DEL MECANISMO

Para la simulación se simplifico el mecanismo original (ver figura 72), reduciendo piezas y la complejidad geométrica de estas, pero conservando las propiedades físicas y dinámicas de las mismas, de tal forma que tuvieran el mismo comportamiento inercial y por correspondiente las mismas fuerzas que interactuarían en el mecanismo original. Acercándose de esta forma a una simulación simplificada pero segura y ajustada a la realidad.

Figura 72. Mecanismo simplificado para la simulación



En el programa, para saber cual es el peso requerido a colocar en el winche, para mover el colector a la velocidad estimada de $15^\circ/\text{h}$, se calculo la velocidad del eje central según el sistema de ecuaciones (tabla 24), el cual arrojó los siguientes resultados (tabla 25). Con la velocidad angular del eje central igual a $0,034313725^\circ/\text{sg}$ se introdujo una restricción llamada motor en el programa visual nastran, esta restricción permite decidir a que velocidad y en que sentido se desea gire el elemento al cual se le coloque, en este caso el eje central y se desea gire a una velocidad de $-0,034313725^\circ/\text{sg}$. (Ver figura 73).

Tabla 24. Ecuaciones para el calculo velocidad angular del eje central

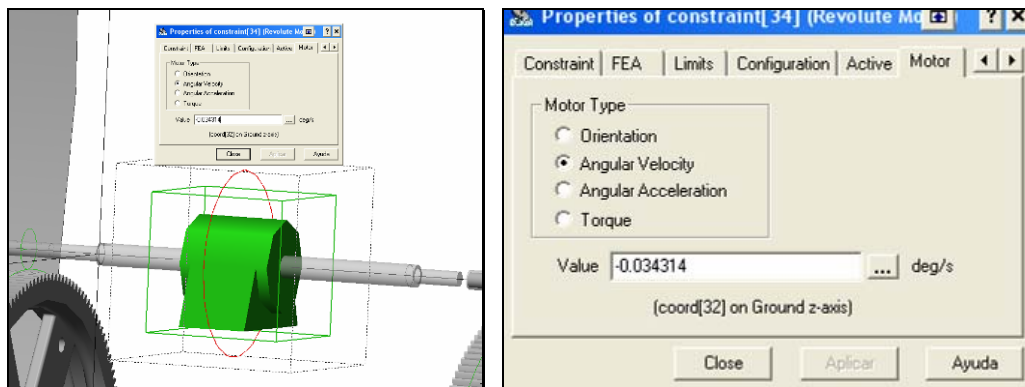
$w_2 = i \times w_1$	w_1	Velocidad angular del colector
	w_2	Velocidad angular del eje central
	i	Relación entre dientes

$i = \frac{N_1}{N_2}$	i	Relación entre dientes
	N_1	Numero de dientes rueda
	N_2	Numero de dientes piñón

Tabla 25. Resultados ecuación calculo velocidad angular eje central

w_1	0,004166667°/sg
i	8,235294118
w_2	0,034313725°/sg
N_1	140
N_2	17

Figura 73. Velocidad del motor



Después se inserta un medidor de torque a la restricción motor, que permite realizar un muestreo (ver figura 74) del torque aplicado por el motor para

mantener la velocidad en el eje central durante una hora, calculando cincuenta cuadros por segundo, de este muestreo se saca una copia de los datos a Microsoft Excel (ver tabla 26) y se promedia. Con esto se obtiene el torque promedio igual a 3212.3 N-mm aplicado por el motor para mover el colector a la velocidad requerida (ver tabla 25) y todo el mecanismo seguidor.

Figura 74. Muestreo torque aplicado por el motor

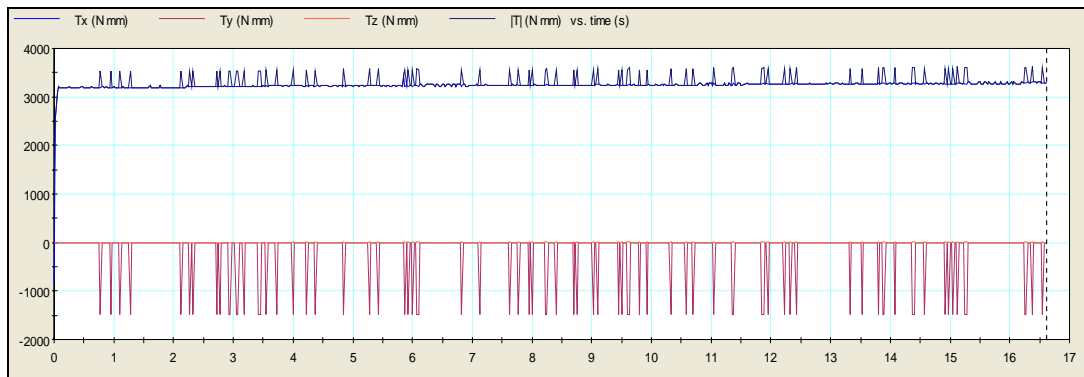


Tabla 26. Modelo de la tabla generada para el muestreo

Tiempo en sg	Ty
0.025	198,604341
0.05	3133,65727
0.075	3259,54832
0.1	3208,87718
0.125	3165,36814
0.15	3137,70905
0.175	31,2244894

0.2	311,467108
0.225	3111,04673

Con el resultado del torque promedio, se hace el cálculo según la ecuación (ver tabla 27) con esto se obtiene una fuerza estimada (ver tabla 28) que se coloca en el winche para que el sistema se mueva y produzca una velocidad angular promedio de 15°/h.

Tabla 27. Ecuación para el cálculo del peso requerido en el winche

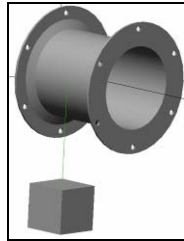
$T = R \times F$	T	Torque aplicado por el motor
	F	Peso a colocar en el winche
	R	Distancia desde el centro del winche a donde cuelga el peso

Tabla 28. Resultados de la tabla 27

T	3212.3 Nmm
F	32.12 N
R	100 mm

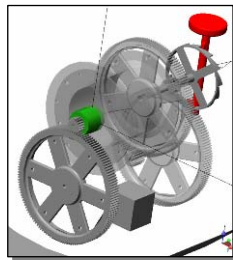
Con los datos obtenidos se empieza a aplicar carga en el winche, variándola de manera que el resultado de la misma sea similar a la carga aplicada en la realidad de un peso arrollado a un tambor (ver figura 75).

Figura 75. Peso colgado a un punto externo, tangente y al centro del winche comparado con la realidad



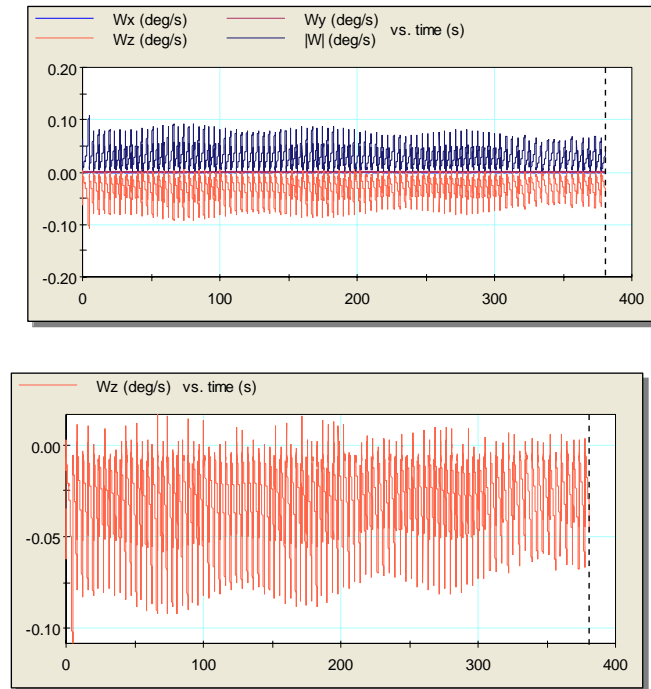
Se colocan medidores de ángulo y velocidad angular en la restricción que une al eje central con el buje que se encuentra cerca al piñón de 17 dientes (ver figura 76). Así se puede determinar cual es la velocidad angular y la posición del eje con respecto a su posición inicial en cualquier momento de la simulación a partir de las graficas generadas por los medidores.

Figura 76. Restricción donde se encuentran los medidores de ángulo y velocidad angular



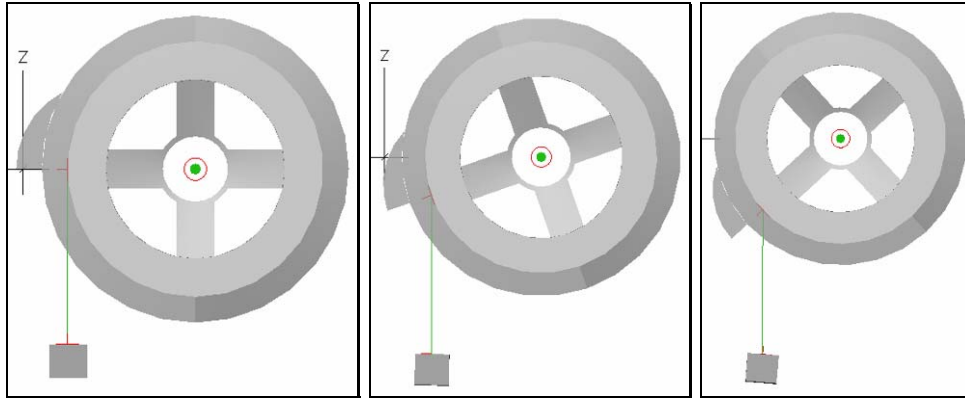
Observando la grafica de velocidad angular con respecto al tiempo (ver figura 77), para un tiempo 0sg a 381sg de simulación, se puede ver un conjunto de picos, que en su parte inferior generan una forma senoidal reduciéndose en amplitud a medida que va avanzando el tiempo.

Figura 77. Grafica velocidad angular con respecto al tiempo



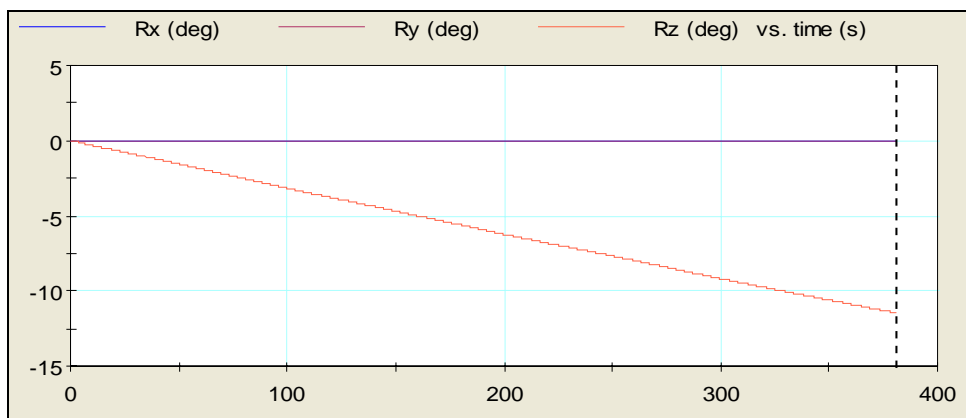
La amplitud se va reduciendo a medida que transcurre el tiempo en la simulación, debido a la forma como esta sujeto el peso en la misma, ya que en la simulación el peso no va enrollado al winche como en la realidad, sino se encuentra colgando, sujeto a un punto en la parte superficial del winche donde es la máxima distancia para aplicar la fuerza con respecto al eje de giro del winche (ver figura 78 posición 1), y a medida que va transcurriendo el tiempo, el peso baja y se desplaza hacia el centro del winche, reduciendo la distancia perpendicular desde el punto donde esta sujeto el peso hasta el eje de giro del winche (ver figura 78 posición 2 y 3), y este cambio de distancia incide en la reducción progresiva de la amplitud de la grafica de velocidad angular contra tiempo.

Figura 78. Cambio de posición del peso con respecto al centro del winche (de izquierda a derecha posición 1, posición 2 y posición 3)



Siendo senosoidal la parte inferior de la grafica, permite calcular un promedio que generaría una línea recta, lo cual quiere decir que tenemos una velocidad constante, pero esto se puede evidenciar mejor en la grafica de posición angular con respecto al tiempo (ver figura 79).

Figura 79. Grafica de posición angular con respecto al tiempo



Observando la grafica de la posición angular con respecto al tiempo (ver figura 79), para un tiempo de 0 a 381 sg de simulación se puede ver la tendencia de la grafica a generar una línea recta que se va curvando lentamente hacia el eje de las x. Como es sabido, si se posee una línea recta en la grafica de posición angular con respecto al tiempo, se va a tener una velocidad angular constante, hay que aclarar que la tendencia de la línea a curvarse es debido a la misma razón de la reducción en la amplitud de la grafica 77.

6.2 CALCULO DEL RESORTE DEL SISTEMA DE DISPARO

El resorte fue calculado basándose en la idea que la cola de milano que sostiene el winche, debía moverse a una velocidad de 1 cm/sg. Se coloco a simular solo esta parte del sistema de disparo aplicando a la cola de milano una restricción llamada actuador y a esta se le aplica una velocidad lineal de 1 cm/sg, a la ves a la restricción se inserta un medidor de fuerza. De esta forma se sabrá cual es la fuerza necesaria para mover la cola de milano que sostiene al winche.

Se realiza la simulación del sistema de disparo arrojando una fuerza a aplicar sobre la cola de milano de 71,9 N. Posteriormente se coloca el eje de disparo junto con el resorte, con la disposición de espacio esperada para el resorte de tal forma que la simulación concuerde con la máxima posible deformación del resorte. Frente al eje de disparo se coloca otra pieza donde iría la cola de milano con una restricción rígida que permite insertar un medidor de fuerza con la intención de determinar cuanta es la fuerza entregada en el choque por el eje de disparo al ser impulsado por el resorte y chocar con la cola de milano.

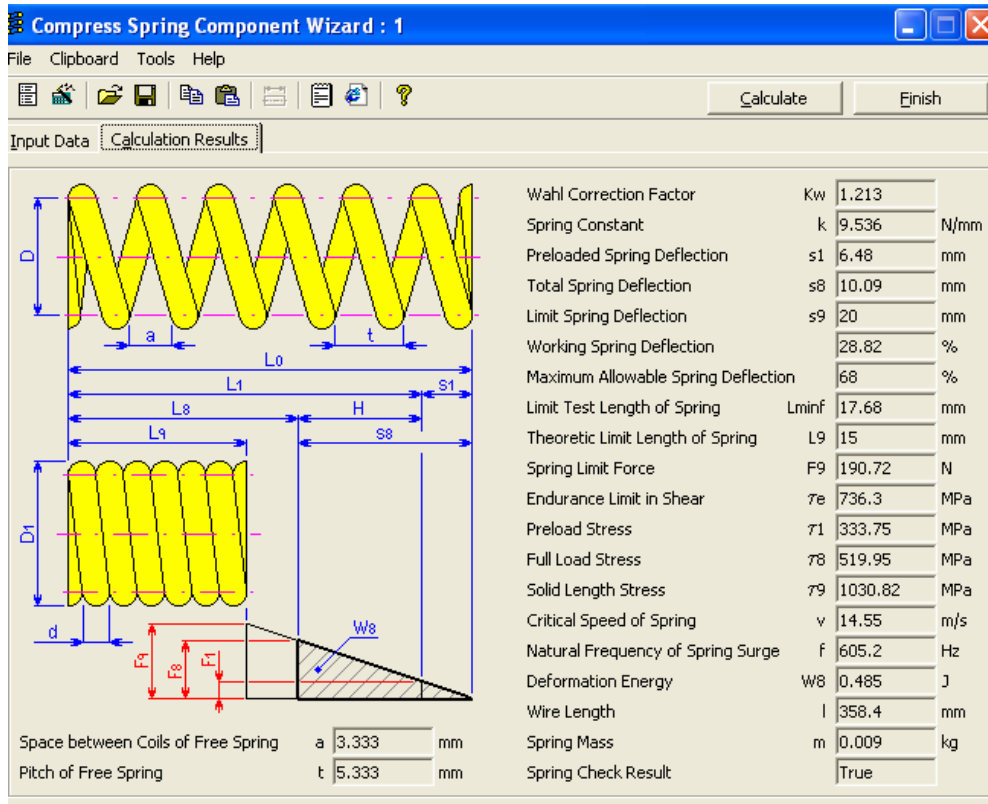
Al tener todo el sistema montado se inicia modificando gradualmente la constante del resorte hasta que sobrepasa los 71,9 N calculados anteriormente. Para una constante de resorte $k = 6,5 \text{ N/mm}$ la fuerza del choque es de 83 N como muestra la figura 80.

Después de haber obtenido los datos de la constante del resorte se va al Solid Edge Handbook para relajar el diseño del resorte idóneo para la aplicación. (Ver figura 81)

Figura 80. Grafica de Fuerza aplicada por el Resorte

	Value	Min	Max
F_x	0.0637 N	-1.19e-15	0.0646
F_y	-80.5 N	-83	1.73e-17
F_z	0.192 N	0.191	0.24
$ F $	80.5 N	0.24	83

Figura 81. Calculo del Resorte hecho en Solid Edge Handbook



6.3 SIMULACION DINAMICA DE ESFUERZOS

Después de haber comprobado el funcionamiento de la maquina seguidora se prosiguió a hacer los cálculos de esfuerzos aplicando la teoría de esfuerzos máximos par cada uno de los componentes del aparato seguidor, teniendo en cuenta cuales de los elementos eran los mas críticos. El programa simulador hace simulación dinámica de esfuerzos, esto quiere decir que mientras va calculando cuadro a cuadro la dinámica del mecanismo aprovecha estos datos y calcula cuadro a cuadro los esfuerzos de la pieza seleccionada. Valiéndose de esta virtud del programa simulador, se hizo una simulación de esfuerzos para los tres primeros segundos de funcionamiento que son los más críticos debido a que se rompe la inercia del mecanismo.

6.3.1 Eje central.

Este eje central esta hecho de acero 1020, este dato se ingresa a la base de datos del programa para alimentar la simulación respetando las propiedades del material (ver figura 81). Después de esto se realizo el análisis de esfuerzos y se encuentra dentro del lo permitido como muestra la figura 82.

Figura 82. Selección del material de la base de datos de V.N

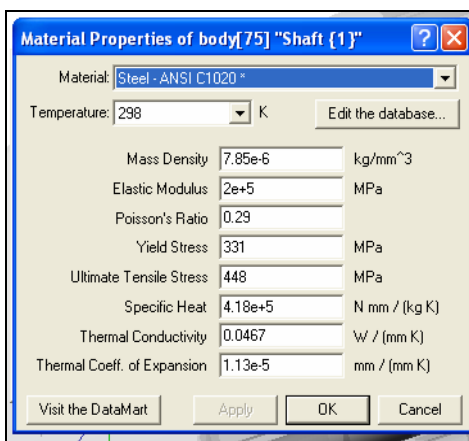
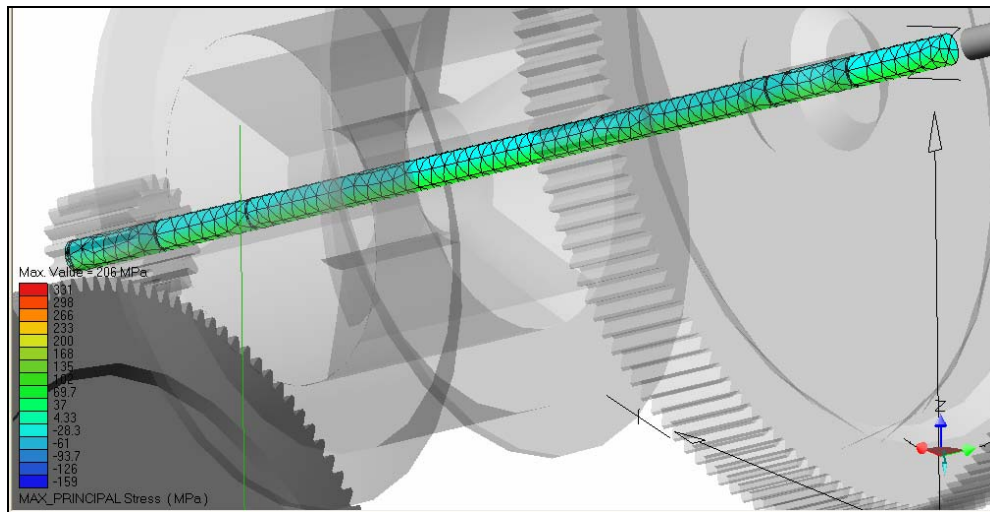


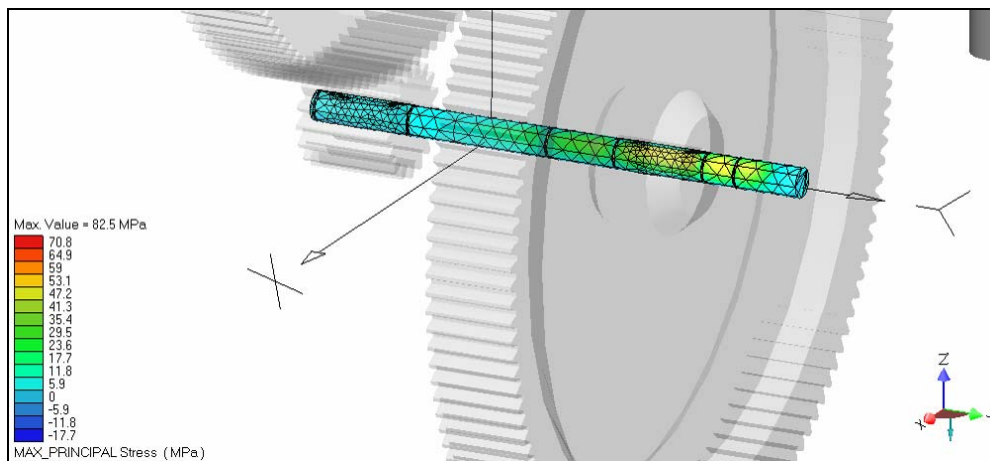
Figura 83. Análisis de esfuerzos para el eje central



6.3.2 Eje inferior.

Este eje esta hecho de acero 1020, el dato se ingresa a la base de datos del programa simulador para alimentar la simulación respetando las propiedades del material (ver figura 83). Después de esto se realizo el análisis de esfuerzos y se verifica se encuentra dentro del lo permitido como muestra la figura 83.

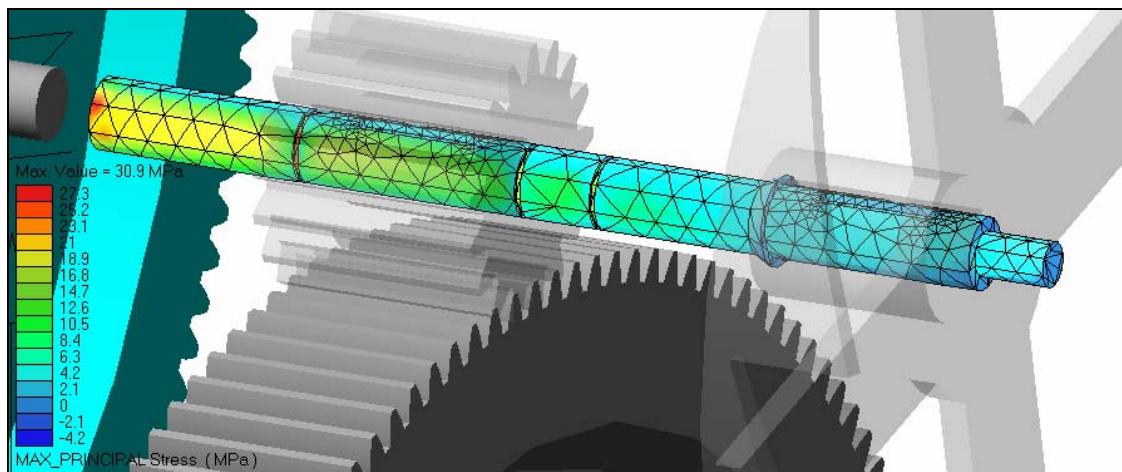
Figura 84. Análisis de esfuerzos eje inferior



6.3.3 Eje superior.

Este eje esta hecho de acero 1020, el dato se ingresa a la base de datos del programa simulador para alimentar la simulación respetando las propiedades del material (ver figura 82). Después de esto se realizo el análisis de esfuerzos y se verifica se encuentra dentro del lo permitido como muestra la figura 85.

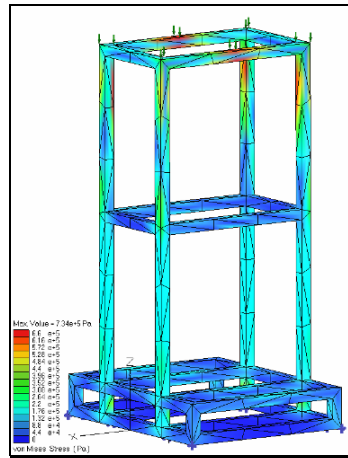
Figura 85. Análisis de esfuerzos eje superior



6.3.4 Estructura.

Esta hecha de ángulo estructural HR de 1 ½ pulg, este dato se ingresa a la base de datos del programa simulador para alimentar la simulación respetando las propiedades del material (ver figura 82). Después de esto se realizo el análisis de esfuerzos y se verifica se encuentra dentro del lo permitido como muestra la figura 86.

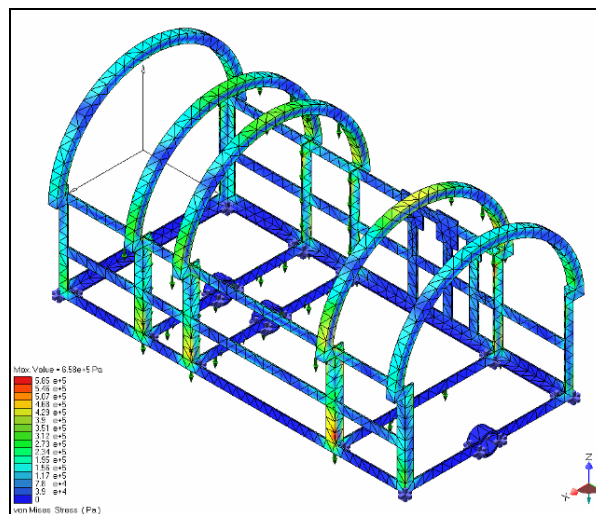
Figura 86. Análisis de esfuerzos para la estructura



6.3.5 Chasis.

Esta elaborado en ángulo estructural HR de 1 pulg, este dato se ingresa a la base de datos del programa simulador para alimentar la simulación respetando las propiedades del material (ver figura 82). Después de esto se realizo el análisis de esfuerzos y se verifica se encuentra dentro del lo permitido como muestra la figura 87.

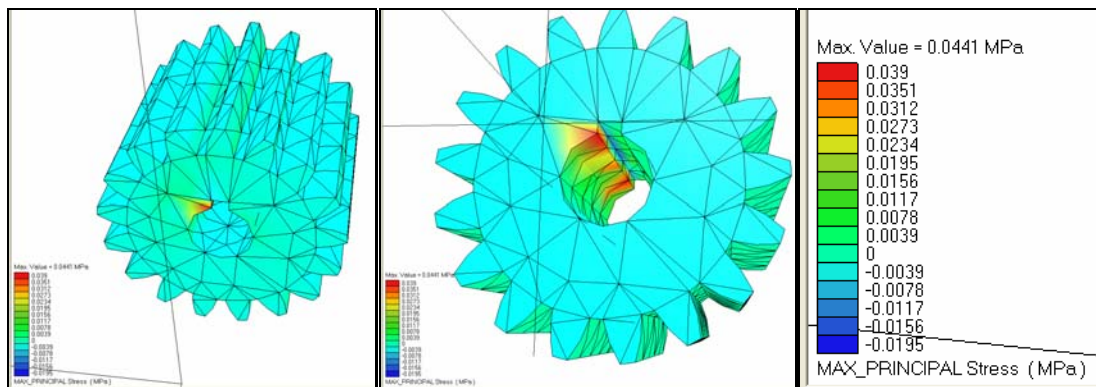
Figura 87. Análisis de esfuerzos para el chasis



6.3.6 Piñón de 17 dientes crítico.

Este piñón está hecho en prolon y las propiedades mecánicas de este material fueron brindadas por el proveedor nacional (Carboplas LTDA) y se ingresaron a la base de datos de materiales de visual nastran antes de realizar el análisis de esfuerzos pertinente a la pieza (ver figura 88).

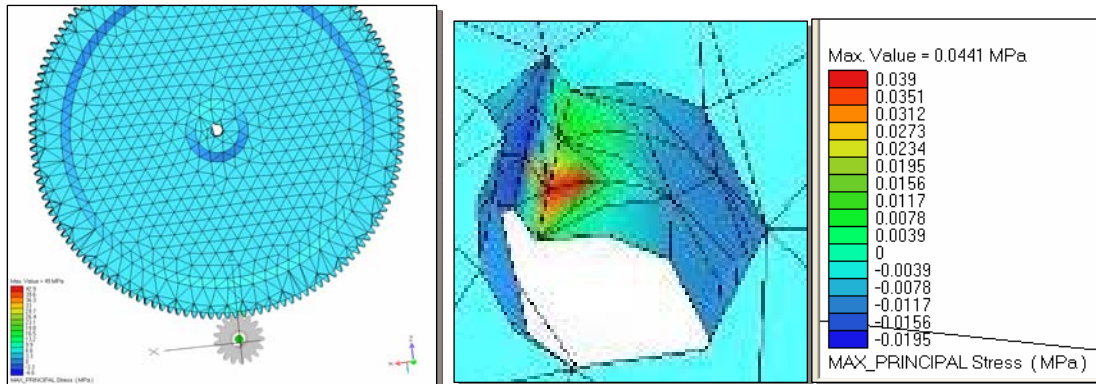
Figura 88. Análisis de esfuerzos para piñón de 17 dientes



6.3.7 Piñón de 140 dientes crítico.

Este piñón está hecho en prolon y las propiedades mecánicas de este material fueron brindadas por el proveedor nacional (Carboplas LTDA) y se ingresaron a la base de datos de materiales de visual nastran antes de realizar el análisis de esfuerzos pertinente a la pieza (ver figura 89).

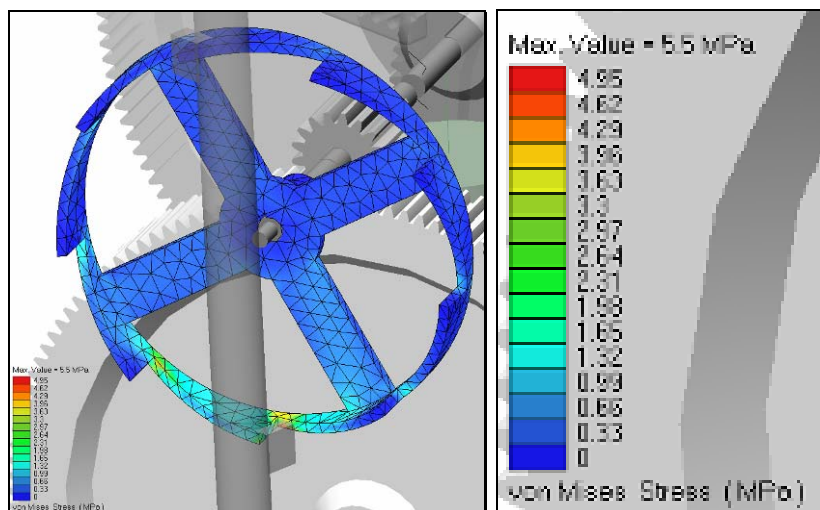
Figura 89. Análisis piñón de 140 dientes



6.3.8 Corona.

Esta hecha de acero 1020, este dato se ingresa a la base de datos del programa simulador para alimentar la simulación respetando las propiedades del material (ver figura 82). Después de esto se realizo el análisis de esfuerzos y se verifica se encuentra dentro del lo permitido como muestra la figura 90.

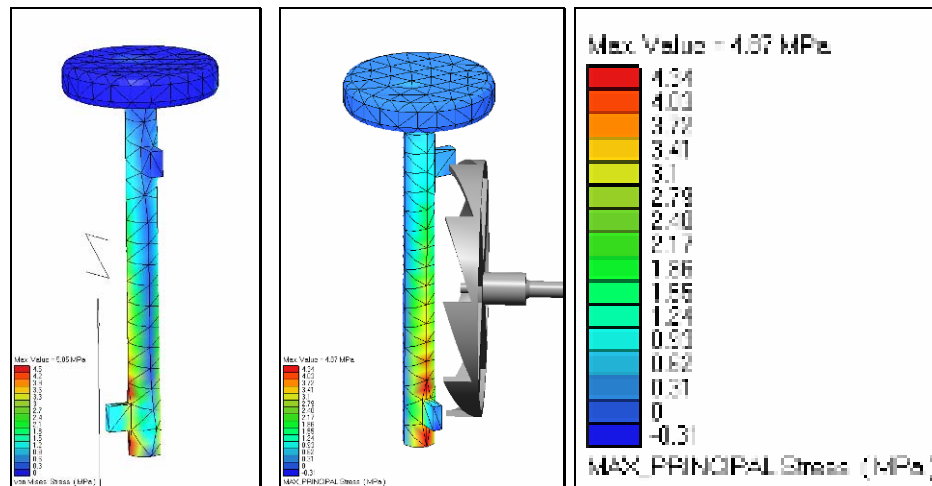
Figura 90. Análisis de esfuerzos corona



6.3.9 Te.

Esta hecha de acero 1020, este dato se ingresa a la base de datos del programa simulador para alimentar la simulación respetando las propiedades del material (ver figura 82). Después de esto se realizo el análisis de esfuerzos y se verifica se encuentra dentro del lo permitido como muestra la figura 91.

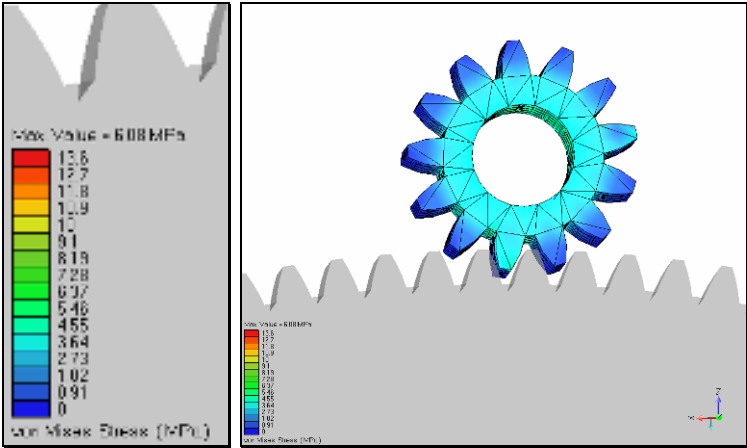
Figura 91. Análisis de esfuerzos Te



6.3.10 Piñón de 13 dientes.

Este piñón esta hecho en prolon y las propiedades mecánicas de este material fueron brindadas por el proveedor nacional (Carboplas LTDA) y se ingresaron a la base de datos de materiales de visual nastran antes de realizar el análisis de esfuerzos pertinente a la pieza (ver figura 92).

Figura 92. Análisis piñón de 13 dientes



7. CONCLUSIONES

Del Diseño Y Construcción De Un Seguidor Mecánico, Para Un Potabilizador Solar Parabólico, podemos concluir:

- Se diseño y construyo un Dispositivo de Seguimiento Solar, totalmente independiente de cualquier tipo de energía convencional (energía eléctrica, motor a gasolina, panel fotovoltaico, etc.), cumpliendo así con uno de los requisitos mas importantes del proyecto.
- El Potabilizador Cilindro Parabólico se hace más eficiente al instalarle el dispositivo de Seguimiento solar, debido a que, en primer lugar el movimiento del colector es continuo, describiendo así una trayectoria muy cercana a la del sol, lo que garantiza un mejor aprovechamiento de la radiación solar. En segundo lugar, no se requerirá de un operario de manera continua para su manipulación.
- Los resultados arrojados por la simulación del mecanismo llevado a cabo en el Software Visual Nastran no fueron satisfactorios, lo que se comprobó al realizar la comparación con las pruebas hechas al mecanismo real, cabe resaltar que no existió ninguna otra fuente de comparación diferente a la realidad. Sin embargo, los resultados del análisis estático son aceptados ya que al compararlos con otros cálculos los resultados son muy similares. Convirtiéndose de esta forma en el primer apoyo del proceso de diseño.
- Para este tipo de mecanismos cualquier tipo de simulación virtual se hace muy compleja, debido al gran numero de variables con el que se cuenta.
- El sistema de control diseñado es muy robusto y no cumplió la función de regular el movimiento del sistema en el tiempo y periodo establecido, a pesar de los cambios realizados.

- La mejor solución para realizar un control del sistema en general es la instalación de un dispositivo mecánico ya fabricado el cual cuenta con su propio sistema de potencia, para de esta forma hacer un trabajo mucho más eficiente.
- Los bujes de prolon autolubricados, a pesar de ser recomendados por los fabricantes como utilizados para movimiento axial y radial, son mucho más eficiente cuando trabajan axialmente.
- La construcción y adecuación del dispositivo de seguimiento solar no incrementa drásticamente los costos totales del potabilizador solar, por lo que se puede concluir, que es viable la implementación de este tipo de mecanismos en el proceso de potabilización de agua.

8. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones se pueden dividir en dos grupos, de diseño y de operación y mantenimiento del sistema, aun cuando estas ya están reseñadas en el manual del usuario. De las primeras podemos decir:

- Cambiar totalmente de la estructura del colector, ya que se encuentra desbalanceada, ocasionando torques contrarios al mecanismo de seguimiento solar.
- Rediseñar de forma modular el colector cilindro parabólico, mejorando de esta forma la calidad de su manipulación y transporte.
- Instalar en el lugar donde sea emplazado el colector cilindro parabólico junto con el seguidor solar un sistema de corta vientos. Se sugieren cortavientos de tela en forma de laberinto.
- Llevar a cabo en lugar donde sea instalado el potabilizador junto con su seguidor, una obra civil que garantice la horizontalidad del terreno.
- Hacer hincapié a los estudiantes de las materias de diseño en pre-grado, que existe una gran diferencia entre el Dibujo Asistido por Computador y los Procesos de Manufactura.

Las recomendaciones de operación y mantenimiento son las siguientes:

- No cargar el colector con elementos adicionales a los propios del sistema.
- No introducir elementos extraños al dentado de los engranajes.
- No intentar mover o reposicionar el sistema, desde el colector.

- No manipular o desarmar el dispositivo de control.
- Limpiar mensualmente con agua el dentado de los engranajes del sistema. No hay necesidad de utilizar ningún tipo de lubricante ya que el material del cual están hechos podría alterar sus propiedades si se usan productos de este tipo.
- Lubricar mensualmente los bujes del mecanismo.

BIBLIOGRAFÍA

BARRIOS, Marlon. Desarrollo de un Sistema de Prototipo para Potabilización de Agua Mediante Energía Solar en Comunidades Rurales del Magdalena Medio. Bucaramanga, 2002. Trabajo de Grado (Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química.

CASILLAS, A. L. Maquinas Cálculos de Taller. Madrid: Maquinas. 1997. 148 p.

CUESTA, Rene y RINCÓN, Iván. Diseño, Construcción y Evaluación Operacional a Pequeña Escala de un Potabilizador Solar Parabólico para Agua. Bucaramanga, 2004. Trabajo de Grado (Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química.

DUFFLE, A. John. Y BECKMAN, A. William. Solar Energy. New York: John Willey & Sons, 1974.

SHIGLEY, Joseph. Y CHARLES, R. Mischke. Diseño en Ingeniería Mecánica. México: McGraw-Hill, 1990. 595 p.

Anónimo. Historia y desarrollo de los mecanismos del reloj. Disponible en < <http://www.relojero.itgo.com>>

FARADJE, Rafael. Energía Solar Parte Uno. Disponible en < <http://www.cai.org.ar>>

LEGO Group. Motores Solares LEGO. Disponible en < <http://www.ozbricks.com>>

Museo Nacional de Ciencia y Tecnología. Tiempos Precisos. Disponible en <<http://mnct.es>>

ANEXO A.

MANUAL DEL USUARIO

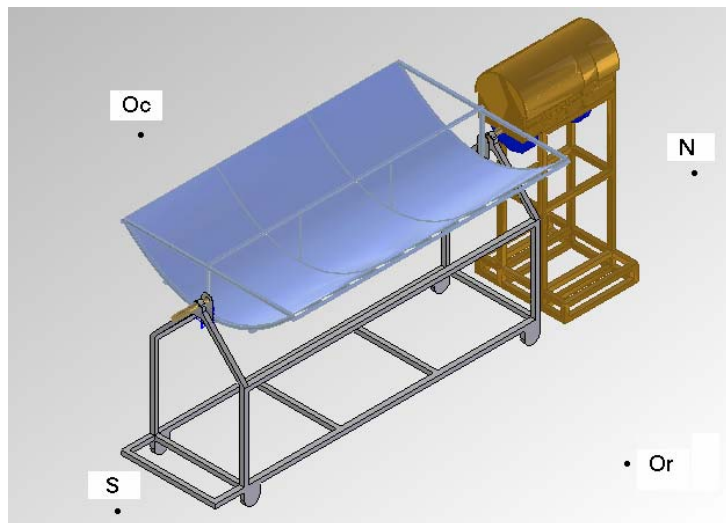
El presente anexo es una ayuda para los usuarios finales del prototipo de seguimiento solar, acoplado a un colector cilindro parabólico utilizado para la potabilización de agua. Para tal efecto primero se hace referencia al lugar donde debe ubicarse el mecanismo de potabilización, posteriormente la forma en que debe ensamblarse, mantenerse y colocar en marcha.

FORMA DE UBICACIÓN DEL SISTEMA

La ubicación del sistema es un aspecto vital para el buen funcionamiento, tanto del potabilizador como del mecanismo de seguimiento solar. Para tal efecto es indispensable llevar acabo una obra civil que garantice la estabilidad del sistema, al igual que el nivel (horizontalidad del terreno), ya que este factor contribuye con el mejor funcionamiento del mecanismo.

Como segunda, medida es importante contar con una brújula para poder garantizar una ubicación geográfica optima, ya que el sistema debe orientarse siempre sobre la recta imaginaria que producen la unión del norte con el sur; de esta manera se garantiza que el movimiento oriente occidente sea satisfactorio ya que el eje de giro del colector tiene este sentido (ver capitulo 3).

Figura 93. Ubicación del Potabilizador



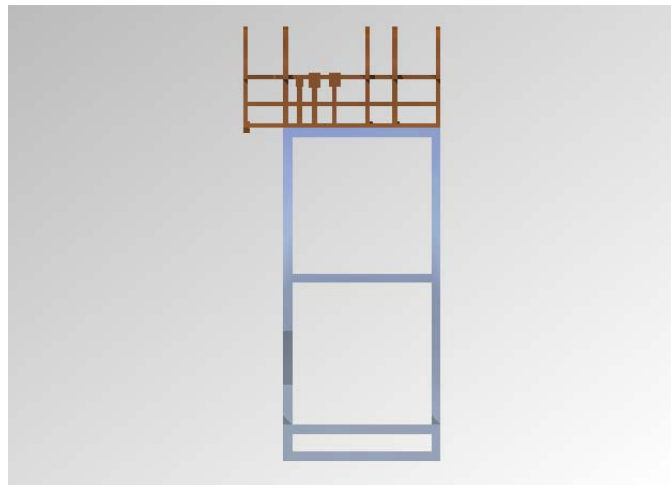
ENSAMBLE DEL MECANISMO

Para el ensamble del mecanismo se debe contar con las siguientes herramientas:

- Dos llaves 7/8.
- Una llave Bristol numero 4 mm.
- Una llave Bristol numero 3 mm.
- Pinza para abrazadera de ojo.
- Alicates.
- Un destornillador de pala.
- Un nivel de burbuja.
- Planos del sistema

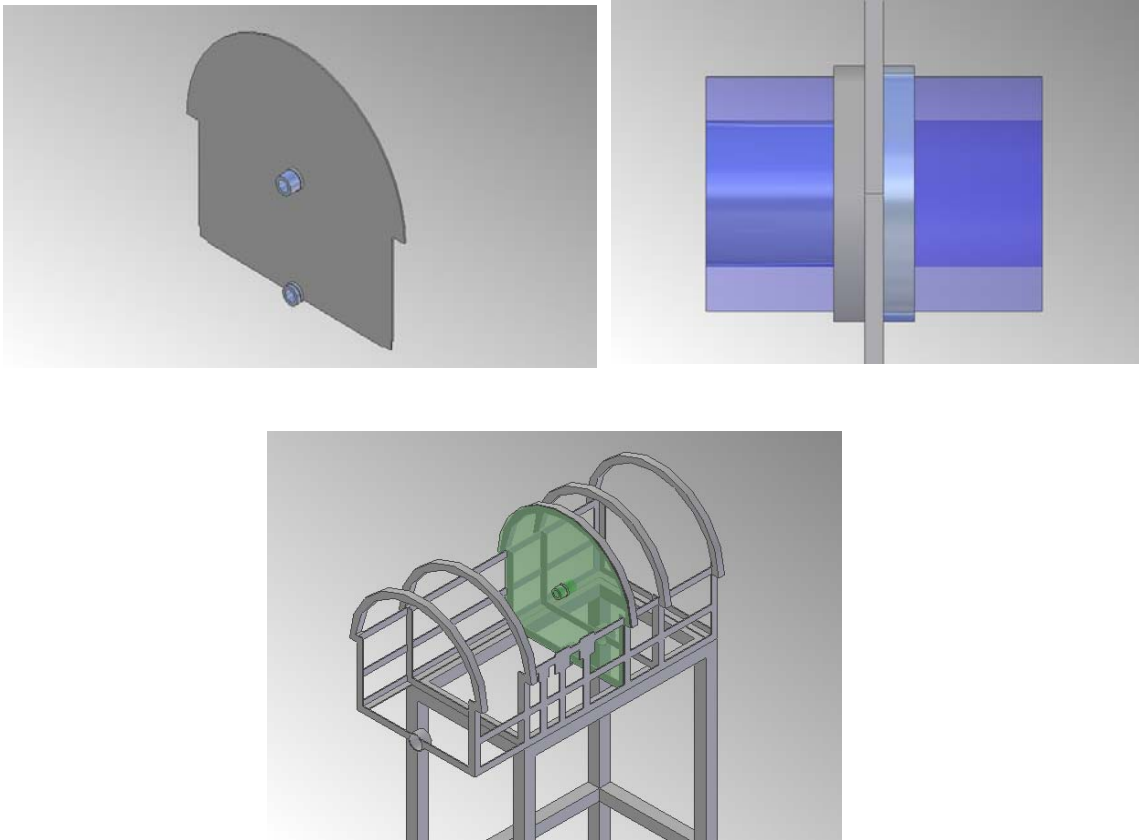
Para comenzar se debe colocar la estructura del seguidor (ver plano código 01-05-02) y con el nivel garantizar la horizontalidad de esta. A continuación se debe colocar el chasis del mecanismo (ver plano código 01-05-01) sobre la estructura, teniendo cuidado de dejar la primera sección del chasis en voladizo con respecto a la estructura, como se muestra en la figura 94. Esta se atornilla para garantizar su unión rígida.

Figura 94. Montaje de estructuras



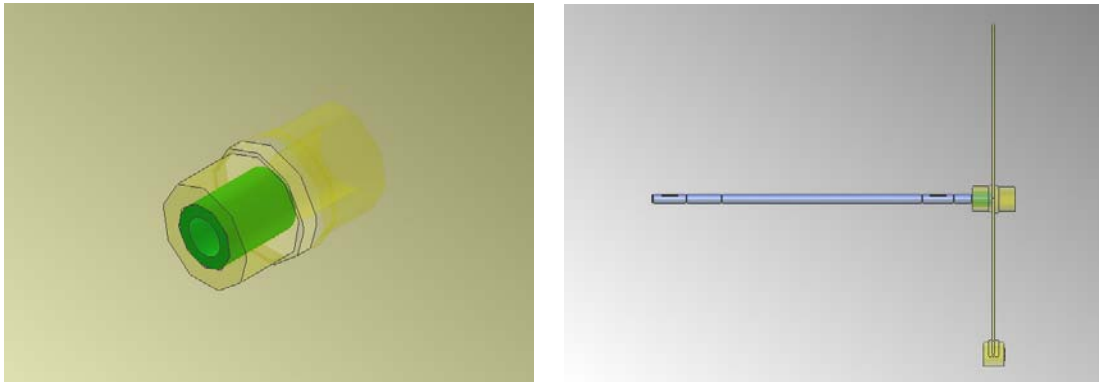
Luego de realizar la unión entre chasis y estructura se debe colocar el bafle numero tres (ver plano código 01-02-08), teniendo muy en cuenta que este tiene dos portabujes, uno a cada lado de la lamina, se debe colocar el portabuje de boca abierta hacia el interior del chasis. A partir de este se comienza con el montaje del mecanismo. Este bafle debe ser atornillado al tercer arco del chasis, como se muestra en la figura 95.

Figura 95. Montaje de bafle tres



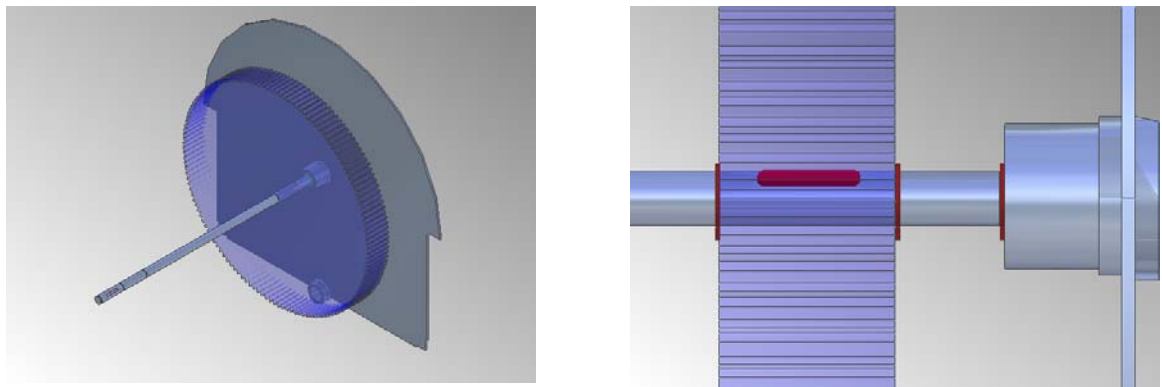
Cuando el bafle tres este bien sujeto al chasis, se toma un buje de prolon (ver plano código 01-01-04), y se introduce en el porta buje de boca abierta. A continuación se toma el eje central y se introduce dentro del buje del bafle tres, de la punta que no posee chavetero, como se muestra en la figura 96.

Figura 96. Montaje del Eje Central



Paso seguido se toma un engranaje de 140 dientes tipo A (ver plano código 01-02-07). Este se debe llevar hasta la parte final del eje central como se muestra en la figura 97, antes de colocarlo en posición, deben colocarse las abrazaderas de sujeción de la salida del buje del baffle y la que retendrá al engranaje del lado derecho de este. A continuación se coloca la chaveta correspondiente y se lleva el engranaje hasta la posición adecuada; al llegar a esta posición se verifica que el engranaje mueva el eje, se coloca la abrazadera al lado izquierdo de este.

Figura 97. Montaje de engranaje de 140 diente del sistema de potencia



Luego se introduce el winche 2, que posee dos uñas (Ver plano código 01-02-06). Cabe aclarar que los dos winches ya traen montado por ajuste forzado la rueda libre y la cuña de sujeción, para su mejor manipulación. El winche se lleva hasta la parte lisa del eje central, y se asegura con el tornillo Bristol que posee la cuña. Luego se hace la misma operación con el winche 1, de una sola uña, (ver plano código 01-02-05) como se muestra en las figuras 98 y 99.

Figura 98. Montaje del winche 2

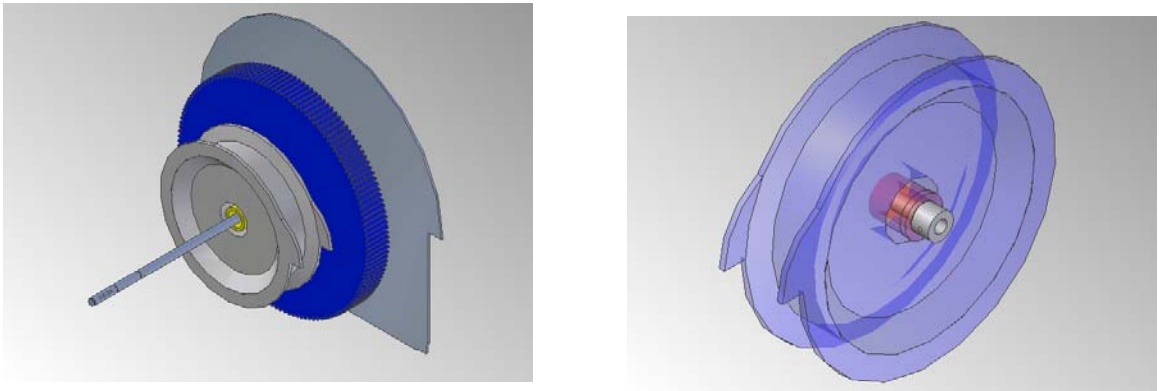
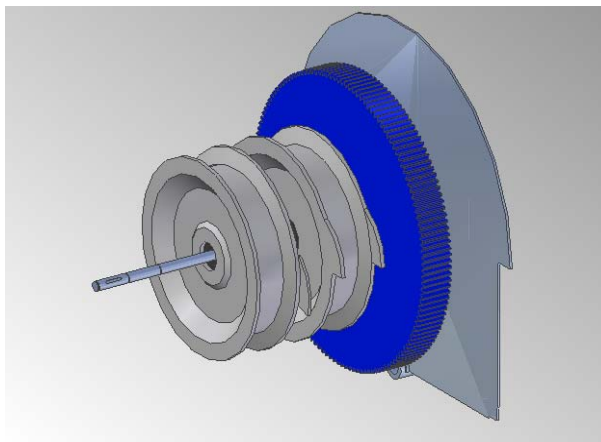
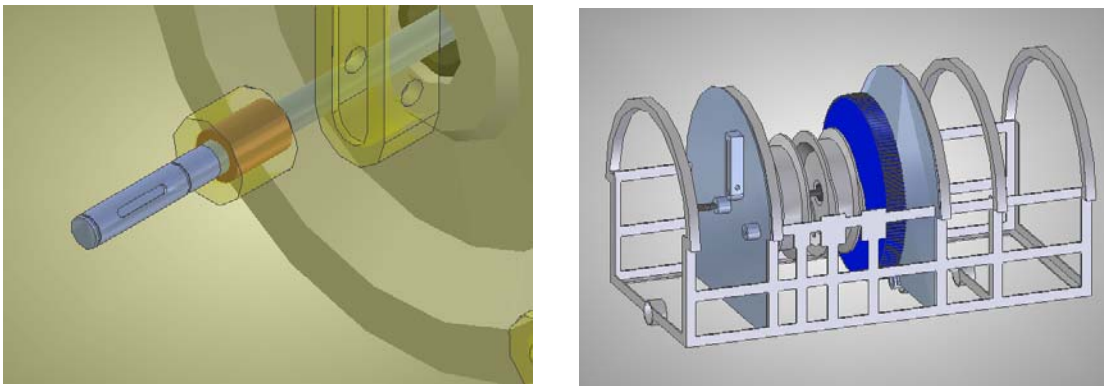


Figura 99. Montaje del winche 1



Terminado el montaje de los winches, se introduce la abrazadera que retendrá el buje del bafle dos. Inmediatamente se toma el bafle dos (ver plano código 01-03-05), y se coloca un buje de prolon en el portabuje central de este, teniendo cuidado que los portabujes de este bafle queden hacia fuera del chasis, como se muestra en la figura 100. A continuación se atornilla el bafle en cuestión, al segundo arco estructural del chasis, teniendo cuidado de hacer casar la punta izquierda del eje central en el porta buje central de este bafle.

Figura 100. Montaje del bafle dos



De esta forma se termina de instalar el sistema de potencia del seguidor solar (ver capítulos 2 y 3), a continuación se arma parte del sistema de disparo fuera del dispositivo general. Para realizar esta operación se toma el soporte del winche (ver plano código 01-03-06), la cola de milano (ver plano código 01-03-07), la placa del sistema de disparo (ver plano código 01-03-13), el soporte de la camisa (ver plano código 01-03-10), la camisa (ver plano código 01-03-11), el eje móvil (ver plano código 01-03-08), el resorte (ver plano código 01-03-09) y se arma como se muestra en la figura 101 y 102, teniendo

en cuenta que la alineación del eje móvil y de la cola de milano debe ser totalmente horizontal.

Figura 101. Despiece del sistema de disparo

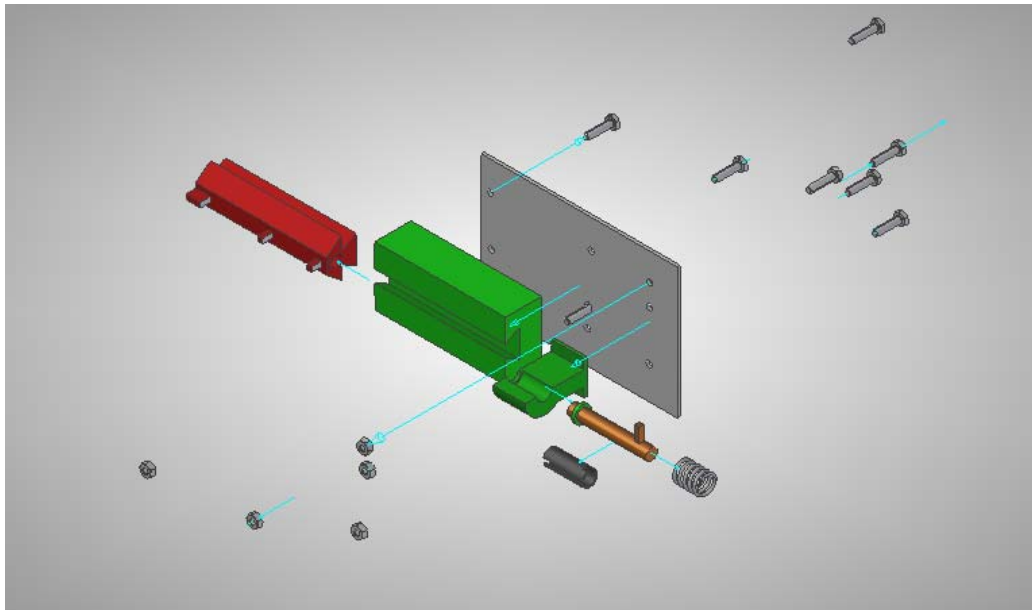
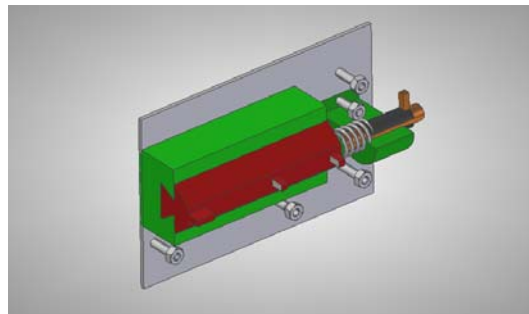


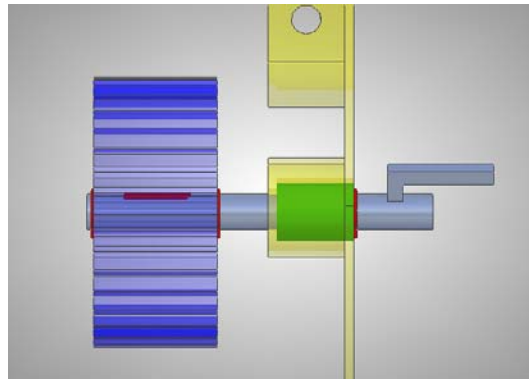
Figura 102. Montaje del sistema de disparo



Luego de haber ensamblado parte del sistema de disparo, se toma un buje de prolon y se introduce en el portabuje lateral del baffle dos. Paso seguido se

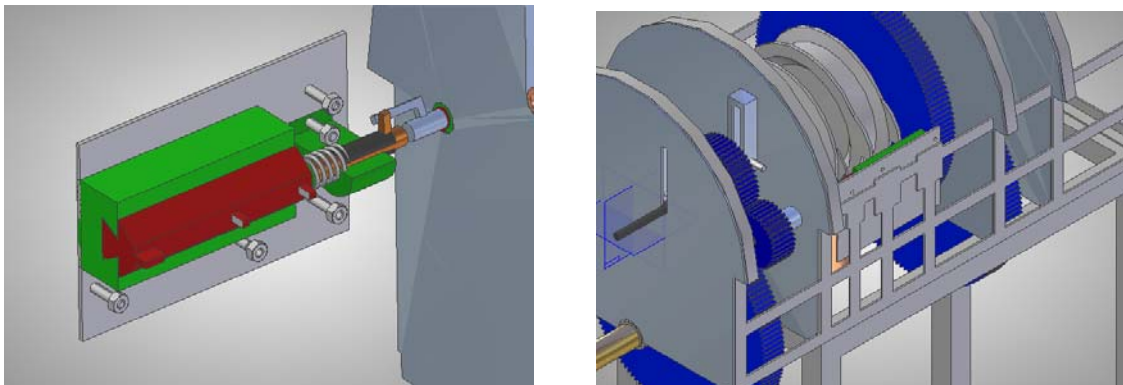
introduce el eje de disparo (ver plano código 01-03-12), en este porta buje, se colocan las abrazaderas correspondientes y se instala el engranaje de 34 dientes (ver plano código 01-03-03). Como se muestra en la figura 103.

Figura 103. Montaje del eje de disparo



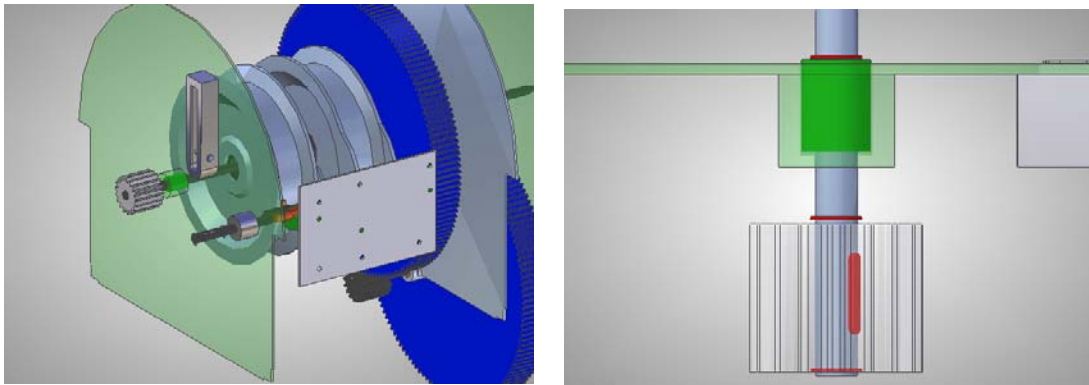
A continuación se toma la parte del sistema de disparo ya ensamblada y se perna al chasis del sistema como se muestra en la figura 104. Se debe tener mucho cuidado con la alineación de este sistema.

Figura 104. Montaje total del sistema de disparo



Luego de terminar con este paso, se debe tomar un engranaje de 17 dientes (ver plano código 01-03-01), e introducirlo en la punta saliente del eje central con respecto al bafle dos, teniendo cuidado de haber colocado las abrazaderas correspondientes y la chaveta propia a esta engranaje, como se muestra en la figura 105.

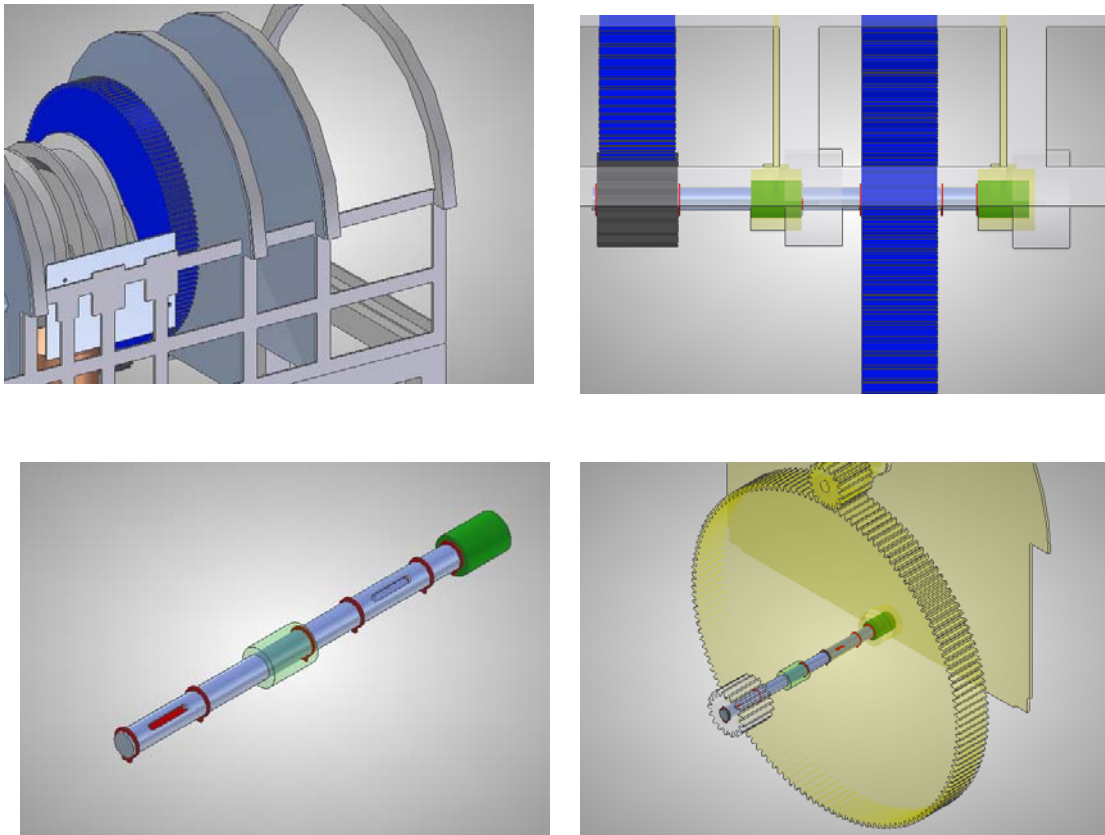
Figura 105. Montaje del engranaje de 17 dientes correspondiente al sistema de disparo



Para continuar con el montaje del mecanismo, debe trasladarse a la parte intermedia del chasis, tomar el bafle cuatro (ver plano código 01-04-03), y atornillar al chasis como se muestra en la figura 106, luego se introducen los porta bujes correspondientes en este bafle. Se toma el eje inferior (ver plano código 01-04-02), se introduce entre los portabujes inferiores de los bafles tres y cuatro, no sin antes haber colocado en medio de el un engranaje de 140 dientes, y sus abrazaderas correspondientes como se muestra en la figura 106. Luego en el extremo izquierdo de este eje se introduce un engranaje de 17 dientes teniendo mucho cuidado de colocar la chaveta correspondiente y las

abrazaderas de sujeción. Hay que tener en cuenta que en este momento el engranaje de 17 dientes debe engranar con el engranaje de 140 dientes del sistema de potencia.

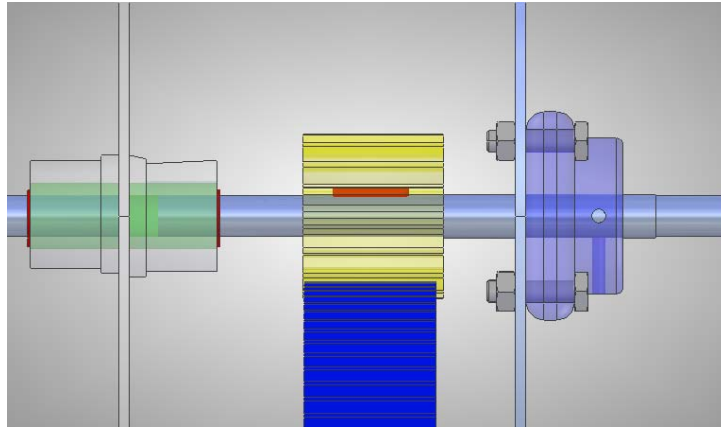
Figura 106. Montaje del eje inferior



A continuación se toma el eje superior (ver plano código 01-04-01), se hace pasar por la rotula sujeta al bafle cuatro, cuando se encuentre al otro lado de este bafle se le introduce a este eje un engranaje de 17 dientes (ver plano código 01-03-01), no sin antes colocar la chaveta y las abrazaderas correspondientes. Luego se hace llegar el eje superior hasta el porta buje del

bafle cuatro y se atornillan los pines de sujeción de la rotula sujeta a este bafle. Ver figura 107.

Figura 107. Montaje del eje superior



Luego de montar el eje superior, se debe verificar la alineación del mecanismo; para tal efecto, se hace girar el engranaje de 140 dientes (ver plano código 01-02-07), perteneciente al sistema de control. Este giro debe ser suave y producido por la fuerza de la mano del operario. En caso contrario, se debe revisar el montaje y la alineación de las piezas que acaba de montar.

Ya revisada la alineación del sistema, se instala el engranaje de 13 dientes (ver plano 01-04-06) en el extremo en voladizo del eje superior, como se muestra en la figura 108. Paso seguido se toma el soporte en U (ver plano 01-04-08) y el eje de control (ver plano 01-04-09), y se montan como se muestra en la figura 109.

Figura 108. Montaje del Engranaje de 13 dientes

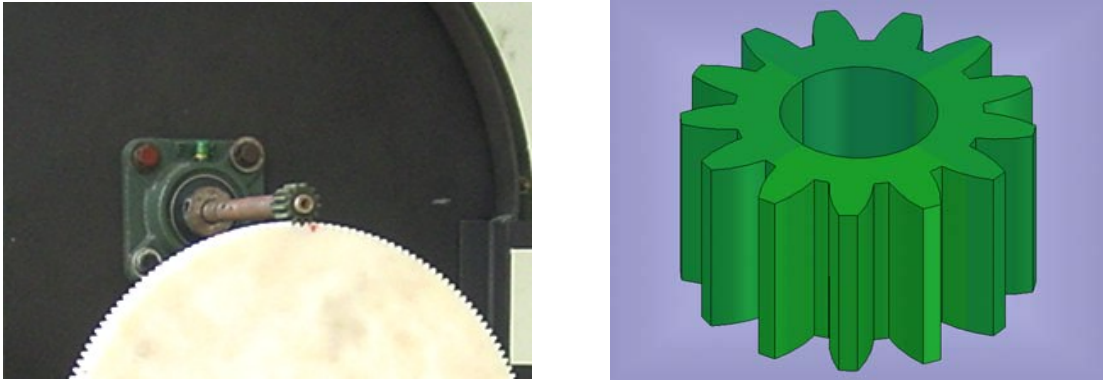
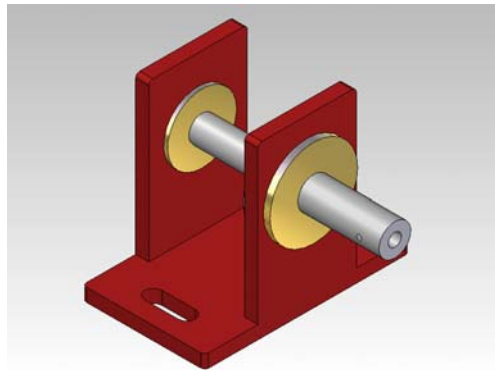
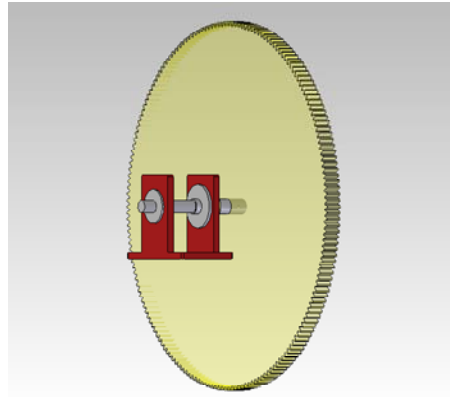


Figura 109. Montaje del soporte en U



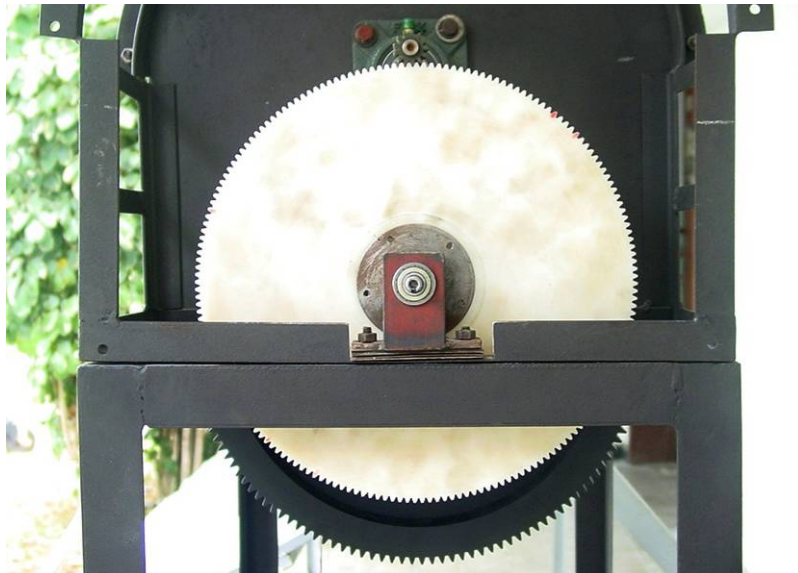
Luego de montado el eje de control en el soporte en U, se toma el engranaje de 183 dientes (ver plano 01-04-07 en el anexo E) y se coloca en el extremo mas grueso del eje de control, como se muestra en la figura 110.

Figura 110. Montaje engranaje de 183 dientes



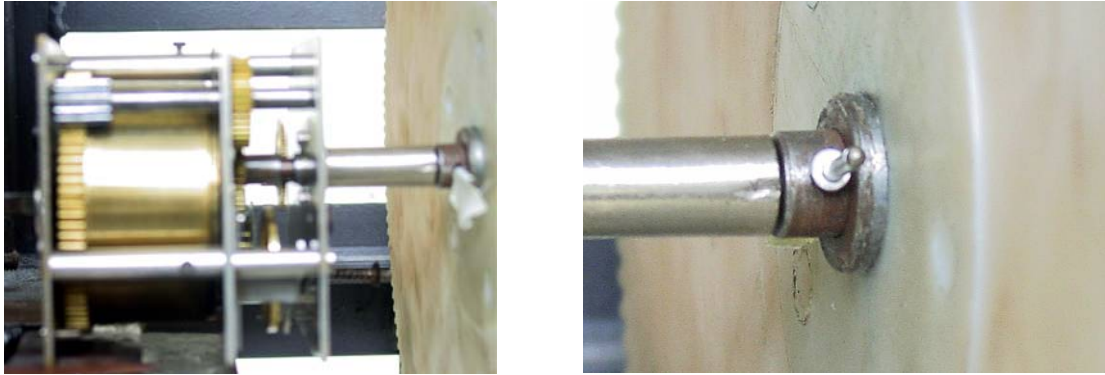
Terminado de hacer este montaje, se sujeta al chasis del mecanismo por medio de tornillos de $\frac{1}{4}$ pulg, teniendo cuidado de hacer un buen engrane con el engranaje de 13 dientes ubicado en el eje superior (ver figura 111).

Figura 111. Acople engranajes de 13 y 183 dientes



Finalmente el dispositivo de control se acopla al eje de control, introduciendo la salida del dispositivo en el eje de control y se sujeta por medio de un pin. Como se muestra en la figura 112.

Figura 112. Acople del dispositivo de control



Terminada de hacer esta tarea, se debe instalar la guaya que sujeta los pesos a los winches, para esto se extraen los tornillos que poseen estos en su lomo y se atornilla el extremo de la guaya, como se muestra en la figura 113. Terminado de hacer esta operación el mecanismo esta completamente ensamblado.

Figura 113. Sujeción de las guayas a los winches

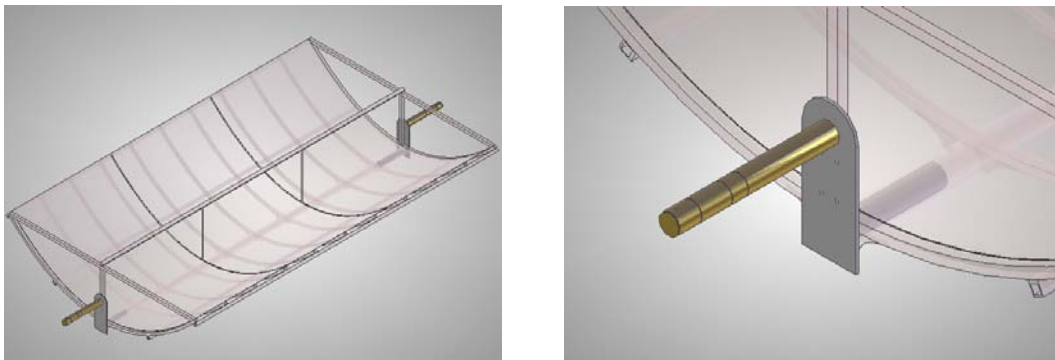


ACOPLE DEL MECANISMO AL COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO

Luego de tener completamente ensamblado el dispositivo de seguimiento solar, se debe acoplar este mecanismo al colector solar cilindro parabólico⁵. Los pasos a seguir para el acople de los dos sistemas son los siguientes:

- Primer paso; insertar la placa del colector (ver plano código 01-01-01), al tubo estructural inferior del colector, como se muestra en la figura 114. Hay que aclarar que por conveniencia del montaje, la placa del colector esta unida de forma rígida al eje del colector (ver plano código 01-01-07), esta pieza debe colocarse en los dos extremos del mismo.

Figura 114. Montaje placa del colector

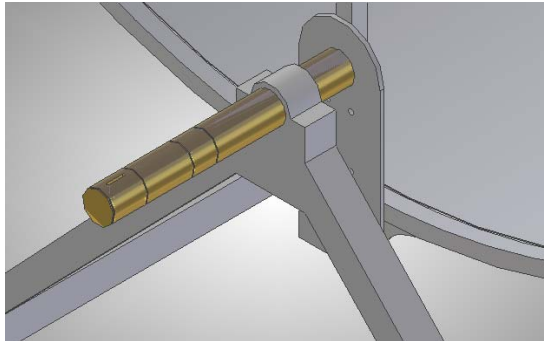


- Segundo paso; consiste en montar las chumaceras a la estructura del colector, e insertar los ejes del colector en estas, como se muestra en la figura

⁵ CUESTA, Rene y RINCÓN, Iván. Diseño, Construcción Y Evaluación Operacional A Pequeña Escala De Un Potabilizador Solar Parabólico Para Agua. Bucaramanga, 2004. Trabajo de Grado (Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química.

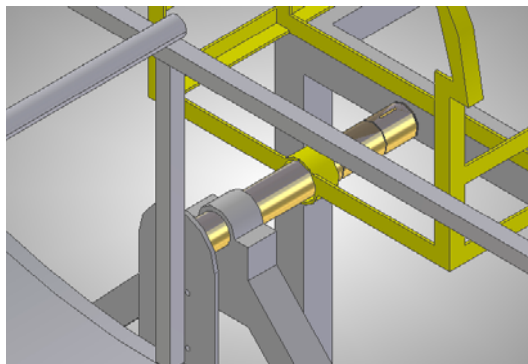
115. Ya montado el colector sobre su estructura, se debe alinear y balancear, para que este no entregue mayor resistencia al mecanismo de seguimiento solar.

Figura 115. Montaje de las chumaceras



- Tercer paso; consiste en insertar la punta del eje del colector ya montado, al orificio guía que posee el chasis del mecanismo (ver plano código 01-05-01), como se muestra en la figura 116.

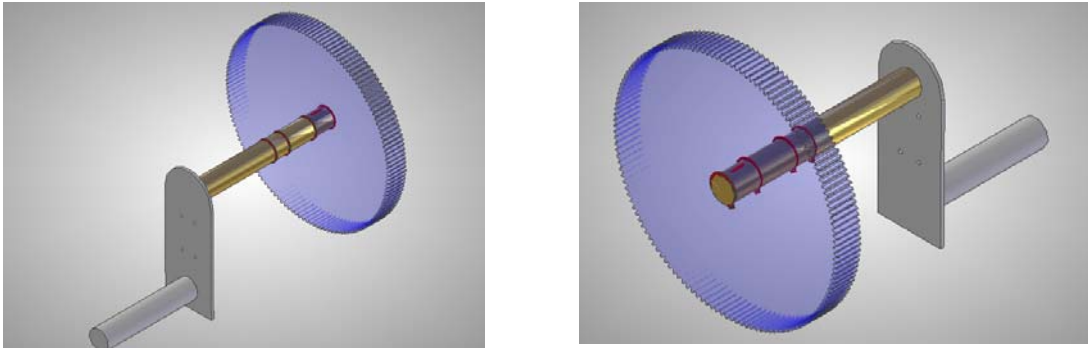
Figura 116. Acople del Sistema de Seguimiento y el Colector Solar



Luego de insertar el eje del colector al chasis, se coloca en la punta de este eje el engranaje de 140 dientes tipo B (ver plano código 01-01-06), teniendo en cuenta que hay que instalar la chaveta y las abrazaderas de 38.1 mm correspondientes, como se muestra en la figura 117. Luego de acoplar este

engranaje en el eje correspondiente, se debe tener cuidado al engranar este con la rueda de 17 dientes que se encuentra ya montada sobre el eje central del sistema de potencia.

Figura 117. Montaje del engranaje de 140 dientes tipo B



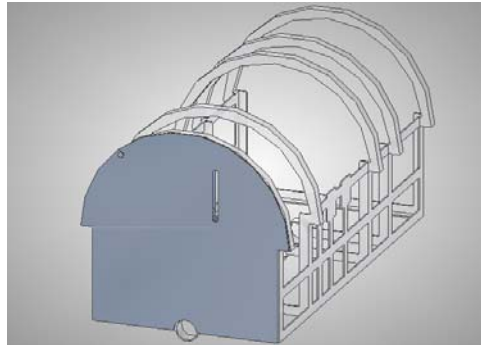
Luego de realizar el acople mencionado, hay que tener cuidado de revisar que tanto la estructura del colector y la estructura del seguidor se toquen, pareciendo que son una sola, como se muestra en la figura 118.

Figura 118. Acople de las estructuras del colector y el seguidor



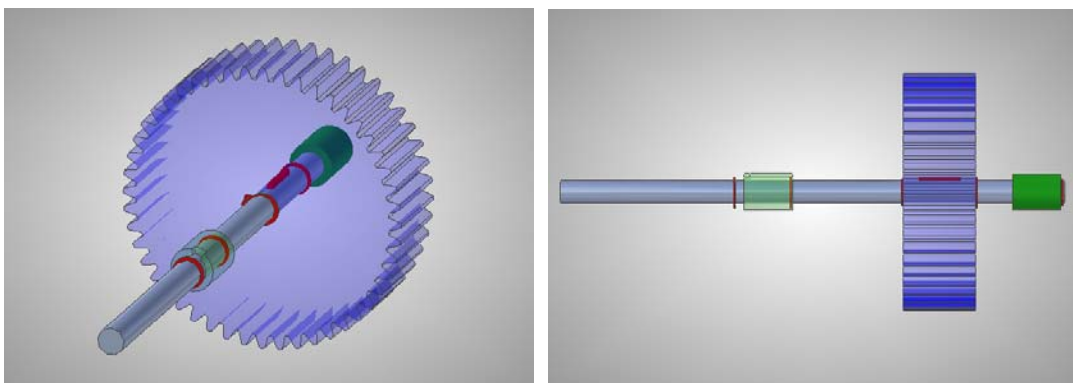
Cuando esto suceda se toma el bafle 1 (ver plano código 01-01-02), y se instala como se muestra en la figura 119, teniendo cuidado que el porta buje quede hacia el interior del mecanismo.

Figura 119. Montaje del bafle 1



Instalado el bafle 1, se toman dos bujes del mecanismo (ver plano código 01-01-04) y se colocan en los porta bujes deslizantes de los bafles 1 y 2, luego se hace pasar por el primero de estos el eje de embrague (ver plano código 01-03-02), al cual se le debe instalar el engranaje de 48 dientes (ver plano código 01-03-04), con sus correspondiente chaveta y abrazaderas, como se ve en la figura 120.

Figura 120. Montaje del eje de embrague y el engranaje de 48 dientes



Ya instalado el engranaje de 48 dientes, se conecta el extremo libre del eje de embrague al buje que se encuentra en el porta buje deslizante del bafle 2, como se muestra en la figura 121. Terminado este montaje, se acoplan los engranajes de 17, 48 y 34 dientes, como lo muestra la figura 123. Para sujetar el eje de embrague a los bafle 1 y 2 se utilizan los pasadores (ver plano código 01-01-03).

Figura 121. Montaje del eje de embrague

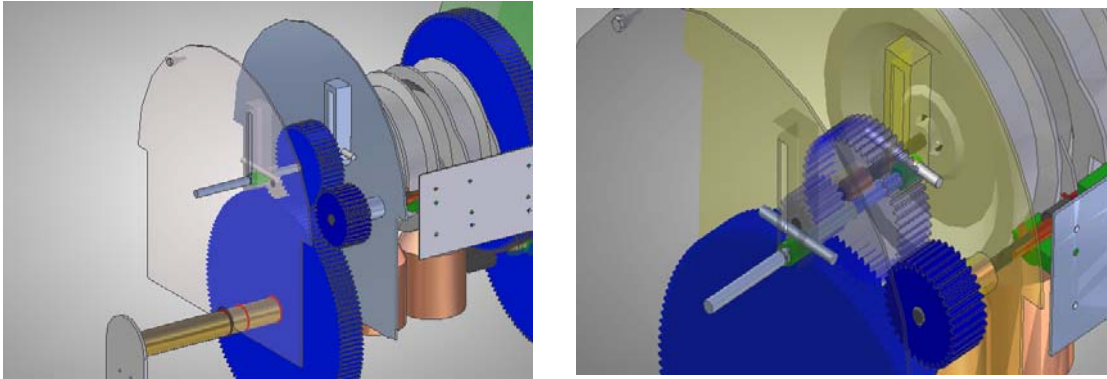


Figura 122. Detalle de los Pasadores

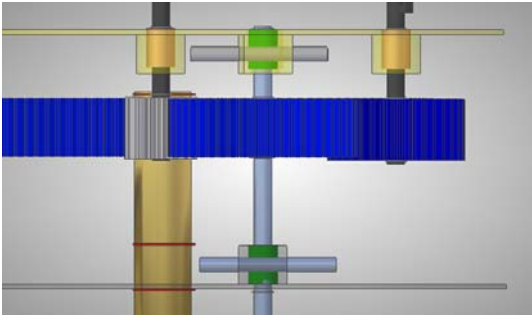
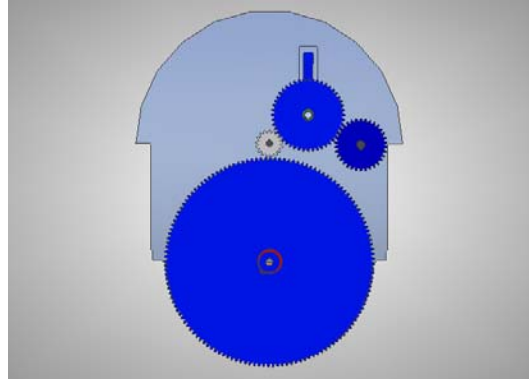


Figura 123. Acople de los engranajes de 48, 34 y 17 dientes



PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

A continuación se describirá paso a paso como se coloca en funcionamiento el mecanismo de seguimiento solar.

Arranque del mecanismo

Una vez ensamblado el colector al mecanismo de seguimiento solar, para colocarlo en funcionamiento se deben seguir los siguientes ítems, los cuales se ilustran en la figura 124:

- Desacoplar el dispositivo de control, del eje de control (este dispositivo debe ser desacoplado cada vez que el colector termine su movimiento).

Figura 124 a.

- Verificar que el sistema haga mover el colector.
- Colocar el colector en posición totalmente vertical. Figura 124 b.

- Ubicar el sistema de disparo en la posición de arranque, lo cual consiste en mover el eje deslizante, hasta comprimir totalmente el resorte. Figura 124 c.
- Colocar el vástago del eje deslizante en la posición extrema de la camisa del sistema de disparo. Figura 124 d.
- Verificar que el extremo del eje deslizante este alineado con la entrada del orificio del sistema de disparo.
- Hacer coincidir las uñas de los winches de la siguiente manera: el winche 1 debe quedar libre y el winche dos debe quedar sujeto por la uña a la cola de milano. Figura 124 e.
- Acoplar el dispositivo de control con el eje de control por medio de su pin. Figura 124 f.
- Dar cuerda al dispositivo de control.
- Colocar las pesas en los ganchos. Figura 124 g.

En este momento el dispositivo arrancara automáticamente y se detendrá cuando el colector se encuentre en la posición inversa a la de arranque.

Figura 124. Pasos para el Arranque del mecanismo

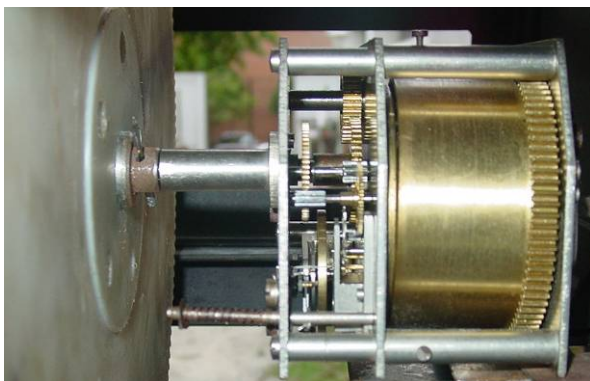


Fig. 124 a.



Fig. 124 b.



Fig. 124 c.

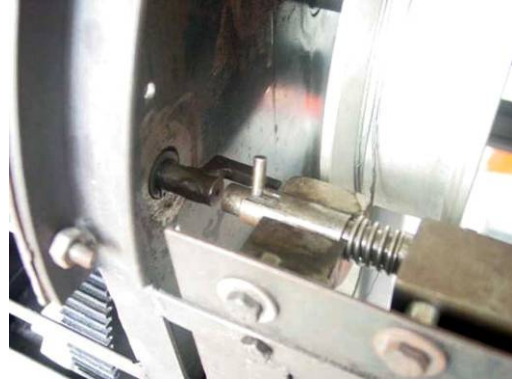


Fig. 124 d.

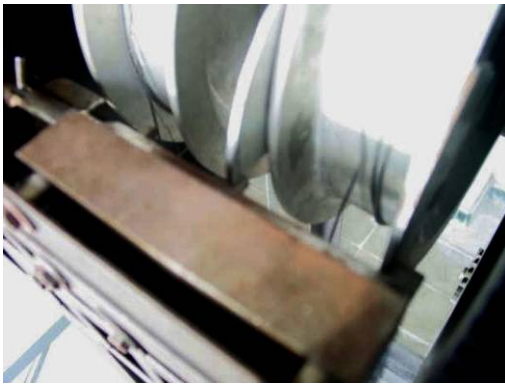


Fig. 124 e.

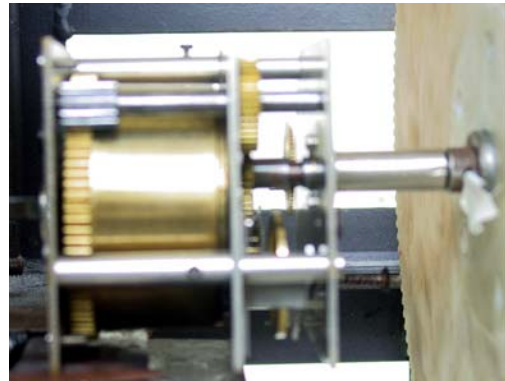


Fig. 124 f.



Fig. 124 g.

Reposicionamiento Diario

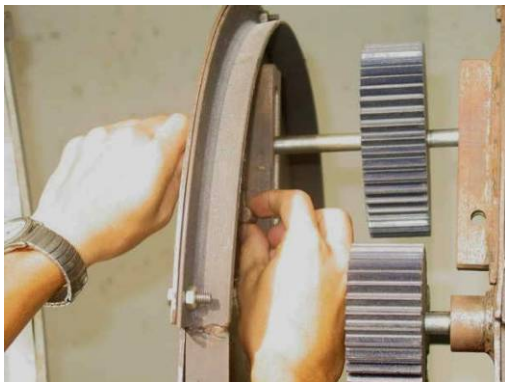
Para reposicionar el sistema diariamente se debe seguir los siguientes pasos:

- Desconectar el dispositivo de control del eje de control.
- Desenganchar los pesos.
- Verificar que el sistema de disparo este libre y que las uñas de la cola de milano no choquen con los winches.
- Retirar los pasadores de los porta bujes deslizantes. Figura 125.
- Llevar hacia arriba el eje de embrague.
- Colocar los pasadores nuevamente para que soporten el eje de embrague.

De esta forma desconectamos el sistema de disparo. Figura 125.

- Mover el colector a la posición de arranque diario. Para hacer esta operación solo debe hacerse girar el colector por medio del mecanismo de seguimiento, moviendo en sentido contrario a las manecillas del reloj el engranaje de 140 dientes del sistema de control.
- Colocar nuevamente el eje de embrague en la posición inicial.

Figura 125. Aislamiento Sistema de Disparo para la reposición



MANTENIMIENTO

A pesar de que el mecanismo de seguimiento solar esta diseñado para tener un bajo nivel de mantenimiento, es bueno para su mejor funcionamiento y larga durabilidad tener en cuenta ciertos procedimientos de mantenimiento:

- Lubricar mensualmente con aceite, las piezas del sistema de disparo, ya que diariamente realiza un movimiento de deslizamiento.
- Limpiar con agua el dentado de los engranajes del sistema.
- Lubricar mensualmente los bujes del mecanismo.

Como recomendaciones adicionales, se aconseja:

- No cargar el colector con elementos adicionales a los propios del sistema.
- No introducir elementos extraños al dentado de los engranajes.
- No intentar mover o reposicionar el sistema, desde el colector.
- No manipular o desarmar el dispositivo de control.

ANEXO B.

PROPIEDADES DEL PROLON



Cast Nylon PA6G & 6/12

TABLA DE PROPIEDADES

IDENTIFICACION DEL PRODUCTO			NA-MS
PROPIEDADES	ASTM Métodos Ensayo	UNIDADES	PA6G-PAG6+MoS ₂
COLORES TÍPICOS			Natural, Negro
MECANICAS			
Módulo de elasticidad, 23°C	D-638 M	kgf/cm ² PSI N/mm ²	24.600 - 31.600 350.000 - 450.000 2.411 - 3.100
Resistencia a la tracción, 23°C	D-638 M	kgf/cm ² PSI	840 - 980 11.940 - 13.935
Elongación en ruptura, 23°C		%	30 - 40
Resistencia a la compresión, 23°C	D-695	kgf/cm ²	1.100
Resistencia a la flexión, 23°C	D-790	kgf/cm ²	1.050 - 1.100
Creep, Stress/1%, 1000 Hrs Condición: seco	D-2290	kgf/cm ²	220
Equilibrado a 50% RH			100
Deformación bajo carga 140 kgf/cm ² (2000 PSI) a 50°C	D-621	%	0.5 - 1.0 % después de 24 hrs.
Resistencia al impacto, IZOD, 23°C (Notch) Condición: Seco	D-256		3
Equilibrado a 50% RH	D-256	kJ/m ²	6
TERMICAS			
Punto de fusión	D-789	°C	220 - 225
Flamabilidad	D-635		Autoextinguible
Temperatura de deflexión 4,6 kgf/cm ² 1.8 N/mm ²	D-648	°C	155 - 165 95
Temperatura de servicio max en aire: Para retención 50% prop. mecánicas Períodos Cortos	5.000/20.000h	°C °C	105/90 170
Expansión térmica (23 - 100°C)	D-696	cm/cm/°C	8 x 10 ⁻⁵
OTROS			
Absorción de agua, 24 hrs.- 23°C			0.8 - 1.14
Absorción de agua, saturación	D-570	% peso	6 - 6.5
Saturación a 23°C, 50% RH			2.0 - 2.2
Densidad	D-792	gr/cm ³	1.15 - 1.16
Durezas: Durómetro, 23°C	D-1706	Shore	D80 - 85
Rockwell (Seco)	D-785		R112 - 120
Coefficiente de Fricción En seco 23°C En seco 40°C Inicialmente lubricado, 23°C	P=0.05N/mm ² ; V=0.6 m/s (Contra acero)		0.17 - 0.28 0.35 - 0.40 0.15 - 0.22

Nota: Los datos presentados son valores típicos que caen dentro del rango normal de las propiedades del material. Ellos pretenden guiar al usuario en la selección del mejor material y no representan especificaciones o cálculos de ingeniería en particular.

ANEXO C.

FACTURAS DE COMPRA Y COTIZACIONES.

INDUSTRIAS RANGO
HOLGUER RANGEL GOMEZ Nit. 13717056-8

Bucaramanga, 15 de Septiembre de 2004

Señores:
OSCAR HIGUERA

Cordial Saludo

A continuación me permito presentar la propuesta para la fabricación de las piezas y elementos que conforman la maquina **SEGUIDOR PARA COLECTOR SOLAR**.

PIEZA	CANTIDAD	TORNO Horas	FRESA Horas	ENSAMBLE DE LA PIEZA Horas	COSTO MATERIAL	COSTO MANO DE OBRA
Corona	1	2	4		\$40.000	\$120.000
Baffles	5	6		4	\$200.000	\$400.000
Ejes	6	12	2		\$50.000	\$180.000
Engranajes	8	16	30		-----	\$560.000
Contrapesos	2	3		2	\$20.000	\$50.000
Tambor	2	8		2	\$80.000	\$300.000
01-01-11	1	2	1	1	\$2.000	\$60.000
01-01-10	1			4	\$8.000	\$80.000
Resorte	1				\$5.000	\$5.000
01-01-08	1	3		2	\$4.000	\$35.000
Pasador	2	1			\$2.000	\$15.000
Estructura	1			24	\$324.000	\$400.000
Jaula				26	\$222.000	\$400.000
Cuchara	1	2		3	\$15.000	\$40.000
01-02-12	1			5	\$8.000	\$80.000
Guardas	3			12	\$150.000	\$200.000
Buje	5	5			-----	\$100.000
Transmisión				2	\$8.000	\$20.000
T	1	2		2	\$30.000	\$50.000
TOTALES					\$1'168.000	\$3'095.000
TOTAL						\$4'263.000

El material para los engranajes y los bujes debe proporcionarlo el cliente.
El costo no incluye el montaje solo, el maquinado de las piezas.
El costo no incluye retenciones generadas por el cliente.

Carrera 13 # 19a-61

Telefax: 6522477-6341789
Bucaramanga - Colombia

INDUSTRIAS RANGO
HOLGUER RANGEL GÓMEZ Nit. 13717056-8

- **GARANTIA**

Las piezas son fabricadas siguiendo las especificaciones entregadas por el cliente, entiendase, materiales, dimensiones, tolerancias. Mas no basadas en un criterio de la empresa, por lo tanto la garantía no cubre defectos del montaje o fallas en las piezas, excepto cuando estos se presenten por defectos de manufactura.

- **TIEMPO DE ENTREGA**

60 días a partir del momento en que se haga efectivo el anticipo.

- **FORMA DE PAGO**

50% por anticipado y el 50% restante contraentrega

Atentamente.


JUAN CARLOS GOMEZ
Jefe de Manufactura

Bucaramanga, 27 de julio de 2004

Señores.
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
NIT 980-201-213-4
Centro de estudios e Investigaciones Ambientales.
Ciudad.

Solicitante del Servicio Ing. **OSCAR EDUARDO HIGUERA**
CC 79720554 de Bogotá

COTIZACION: 040727_1

PRODUCTO	REFERENCIA	VALOR	UNIDAD / CANTIDAD
Fabricación piezas a todo costo, según 49 planos suministrados	Purificador Solar	\$6.790.000,00 (Seis millones setecientos noventa mil pesos)	Conjunto

EVENTO	TIEMPO	VALOR
Tiempo de entrega	20 días hábiles.	
Validez de la oferta	10 días.	
Forma de Pago	A convenir	80% a la firma del contrato 20% contra entrega.

CONDICIONES GENERALES

La validez de la oferta es la indicada en la misma y dentro de su vigencia el negocio debe quedar perfeccionado. Pasado este término el prestador del servicio se reserva el derecho de sostener o modificar los precios, plazos y demás condiciones sin previo aviso.

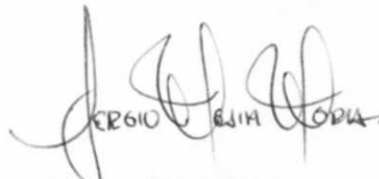
Los plazos y fechas de entrega son aproximados y se contarán en días hábiles. Empezarán a correr a partir del pago efectivo del primer contado que se convenga.

El prestador del servicio no será responsable por ningún atraso en la elaboración de las piezas motivados por incendio, huelga, perturbaciones del orden público, accidentes, deficiencias o atrasos en entrega de otros proveedores sean nacionales o extranjeros, racionamiento energético, fuerza mayor o caso fortuito.

La información contenida en los planos es suministrada por el solicitante del servicio y por lo tanto es total responsabilidad su correcto funcionamiento. El servicio no incluye el ensamble ni el montaje de los conjuntos. Una vez aceptadas las piezas por el solicitante del servicio, cualquier modificación será cotizada como nuevo servicio.

El prestador del servicio se reserva el derecho de enmendar la presente cotización para corregir errores y omisiones.

Atentamente,



SERGIO MEJIA MORA
NIT. 91476414-1

ACEPTACIÓN _____ NIT _____

Su firma a la presente constituye manifestación de su aceptación a la misma y por lo tanto se convierte en un contrato de Prestación de Servicios.

ANEXO D.

DOCUMENTOS Y COMPROMISOS.



CENTRO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES AMBIENTALES

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER



Bucaramanga, 3 de diciembre de 2003

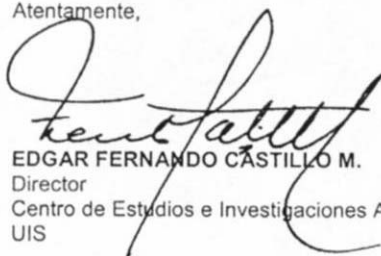
SEÑORES
COMITÉ DE PROYECTOS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Presente

Apreciados señores:

El Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM de la Universidad Industrial de Santander desea manifestar que está interesado en el desarrollo del proyecto de grado titulado "Diseño de un seguidor mecánico para un colector solar parabólico" propuesto por los estudiantes de la Escuela de Ing. Mecánica Oscar Higuera y Efraín Ruiz. Para el efecto, el CEIAM se compromete con el suministro de los materiales necesarios para la construcción del prototipo, el cual se acoplará al pasterizador solar de agua que se ha desarrollado en la Escuela de Ing. Química y que se encuentra actualmente en pruebas experimentales. De igual manera, solicitamos muy respetuosamente el apoyo de la Escuela de Ing. Mecánica para las etapas de mecanizado de piezas.

De antemano agradecemos toda su amable colaboración.

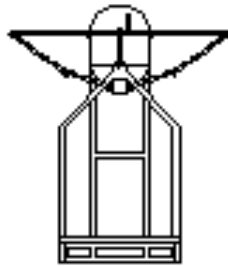
Atentamente,



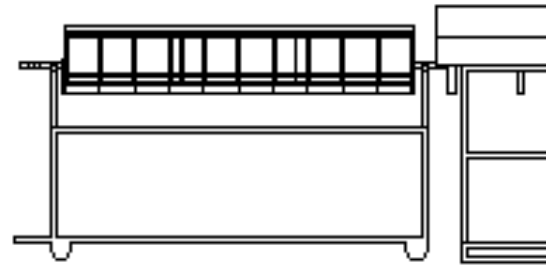
EDGAR FERNANDO CASTILLO M.
Director
Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales
UIS

ANEXO E.

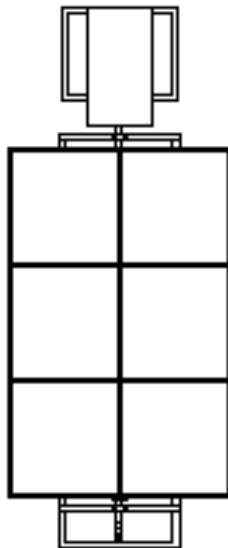
LISTA DE PLANO



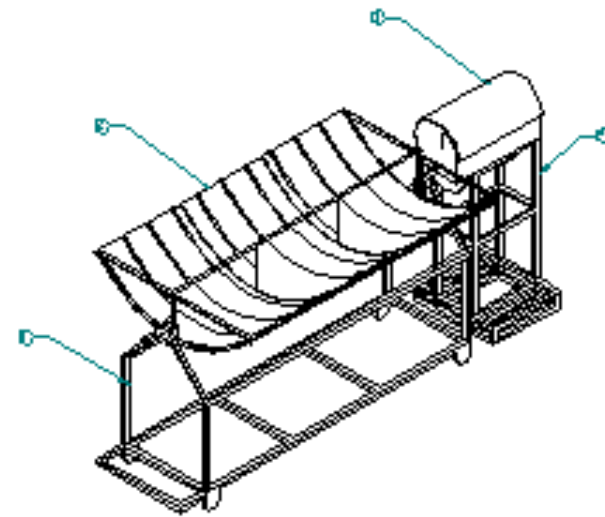
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



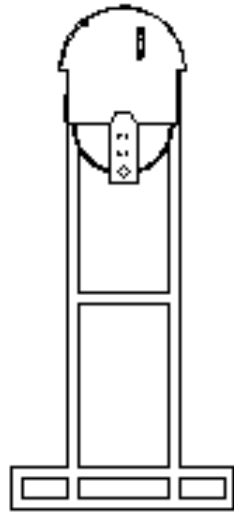
VISTA SUPERIOR



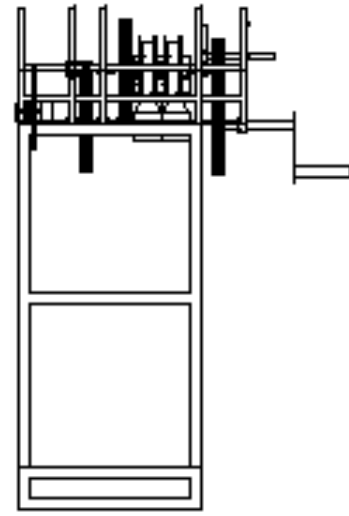
VISTA ISOMETRICA

Item	Quantity	Unit	Total	Material
1	1	unit	1	Steel
2	1	unit	1	Steel
3	1	unit	1	Steel
4	1	unit	1	Steel
5	1	unit	1	Steel

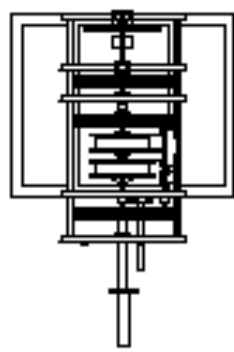
	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TECNOLÓGICO NACIONAL DE COLOMBIA	INSTITUCIÓN EDUCATIVA TECNOLÓGICO NACIONAL DE COLOMBIA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA TECNOLÓGICO NACIONAL DE COLOMBIA		INSTITUCIÓN EDUCATIVA TECNOLÓGICO NACIONAL DE COLOMBIA



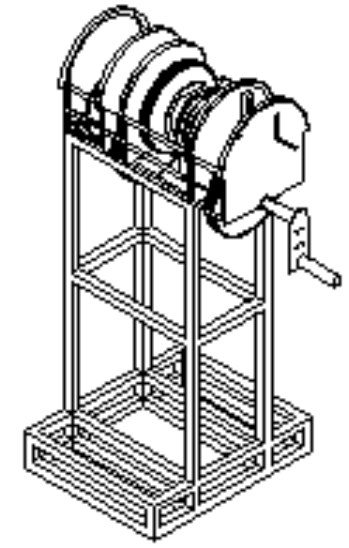
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR



VISTA ISOMETRICA

	Nome: _____ Turma: _____ Data: _____	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE INSTITUTO DE CIENCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS DISCIPLINA DE ENGENHARIA DE MATERIAIS TRABALHO DE PROJETO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
		Nome do Aluno: _____ Matrícula: _____ Assinatura: _____ Data: _____

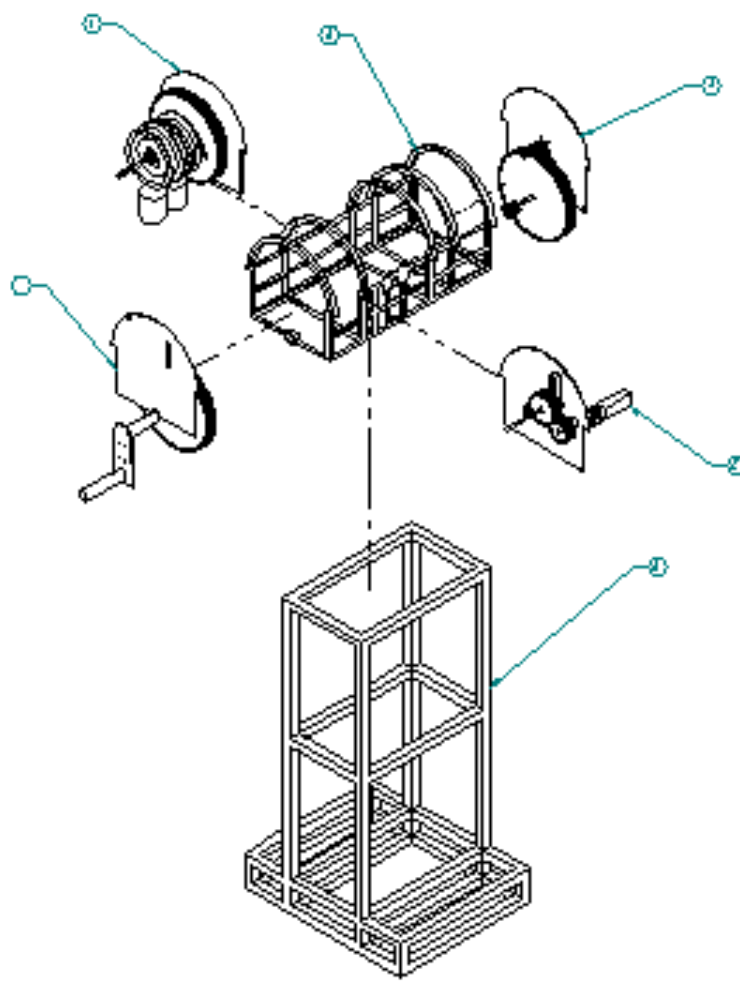


Table 1. Components

Qty	Code	Description
1	10-00-00	TOP CAP
2	10-00-01	SIDE PANEL
3	10-00-02	FRONT PANEL
4	10-00-03	BOTTOM PANEL
5	10-00-04	FRAME

	Model: _____ Serial: _____ Date: _____ Name: _____	APPROVED BY: _____ AUTHORIZED SIGNATURE: _____ TITLE: _____ DATE: _____
---	---	--

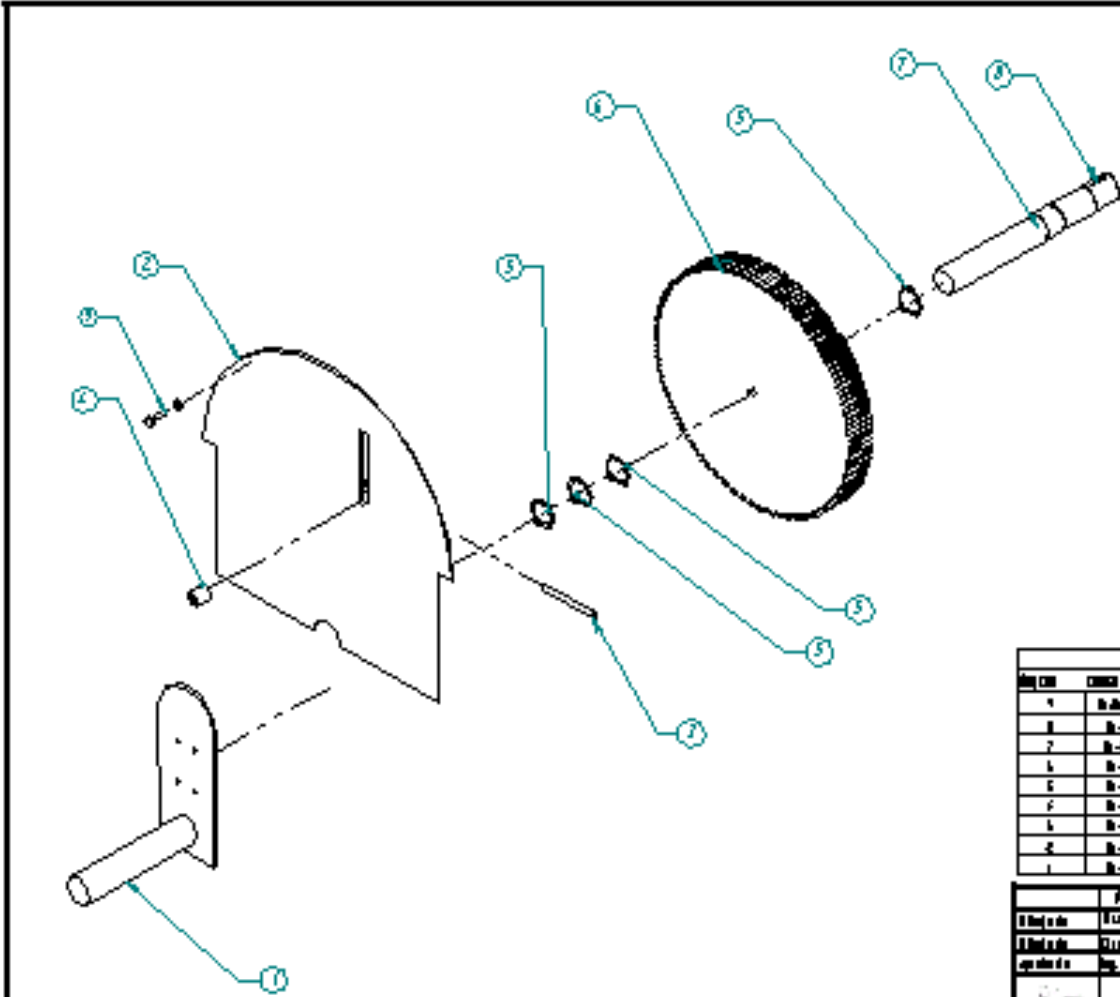
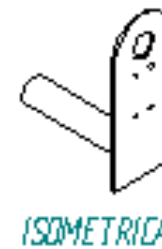
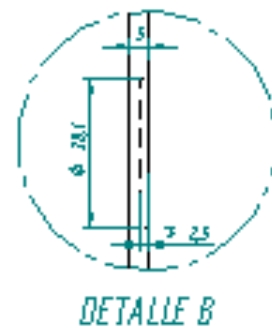
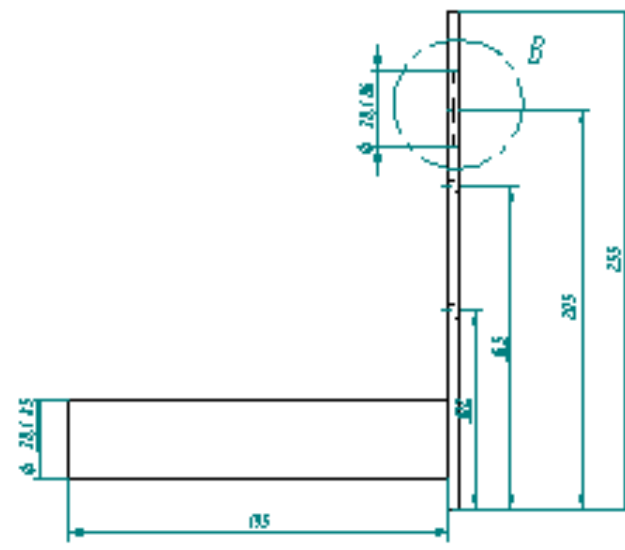
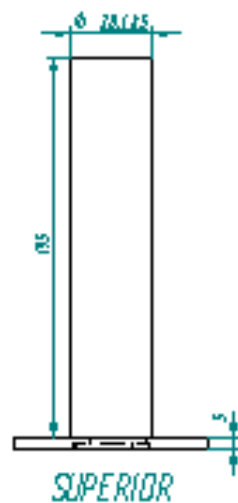
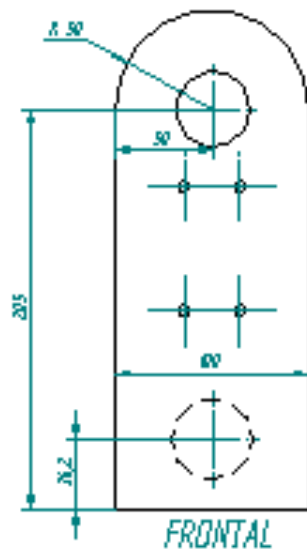


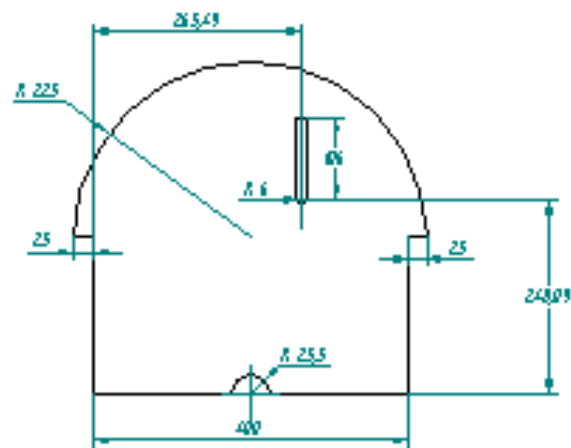
Tabela de Peças e Materiais

Seq. Des.	QTD	Descrição da Peça	Material	Q. Total
1	1	Carcaça	Alumínio	1
2	1	Disco	Aço	1
3	1	Eixo	Aço	1
4	1	Manivela	Aço	1
5	1	Porca	Aço	1
6	1	Arruela	Aço	1
7	1	Parafuso	Aço	1
8	1	Alinhavo	Aço	1

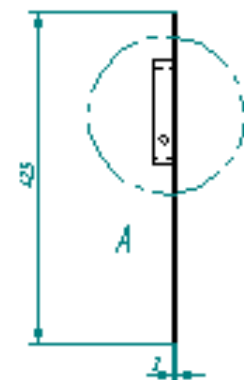
Projeto	Eng. João S.	NOTAS: 1. Todas as peças devem ser fabricadas de acordo com as especificações técnicas. 2. O material a ser utilizado deve ser de qualidade superior.
Revisão	Eng. João S.	
Assinatura	Eng. João S.	REVISÃO: 01 - 01 - 01 - 01
Continuação	Proj. João S.	Observações: 1. Todas as peças devem ser fabricadas de acordo com as especificações técnicas.



	Fecha	Fecha	REVISIÓN TÉCNICA DE CALIDAD
Elaborado	Fecha: 08/09/2024		REVISIÓN DE CALIDAD DE CALIDAD
Elaborado	Fecha: 08/09/2024		REVISIÓN DE CALIDAD DE CALIDAD
aprobado	ap. 08/09/2024		REVISIÓN DE CALIDAD DE CALIDAD
 <p>Instituto Tecnológico de Celaya Celaya, Gto. 36000</p>	PLANO DE CALIDAD		4
	Código: 01-01-01		
	Cuadro 02	Plan No. de uso	Página 01



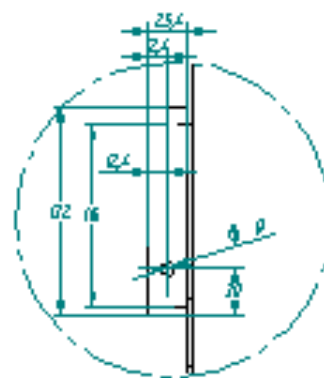
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR



DETALLE A

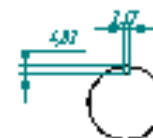


VISTA ISOMETRICA

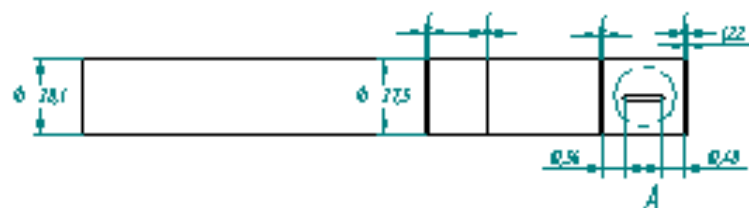
Fecha	Fecha	Modificado	Modificado
15/05/2024	15/05/2024	15/05/2024	15/05/2024
15/05/2024	15/05/2024	15/05/2024	15/05/2024
15/05/2024	15/05/2024	15/05/2024	15/05/2024
		INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALABAZAS FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PROCESOS CURSO 2023-2024 CÁLCULO DE MÁQUINAS Hoja 1 de 1	



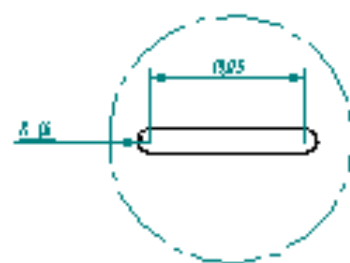
VISTA LATERAL



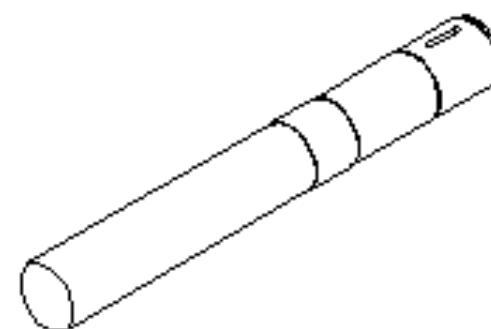
VISTA FRONTAL



VISTA SUPERIOR

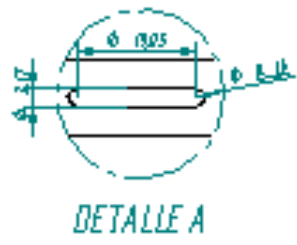
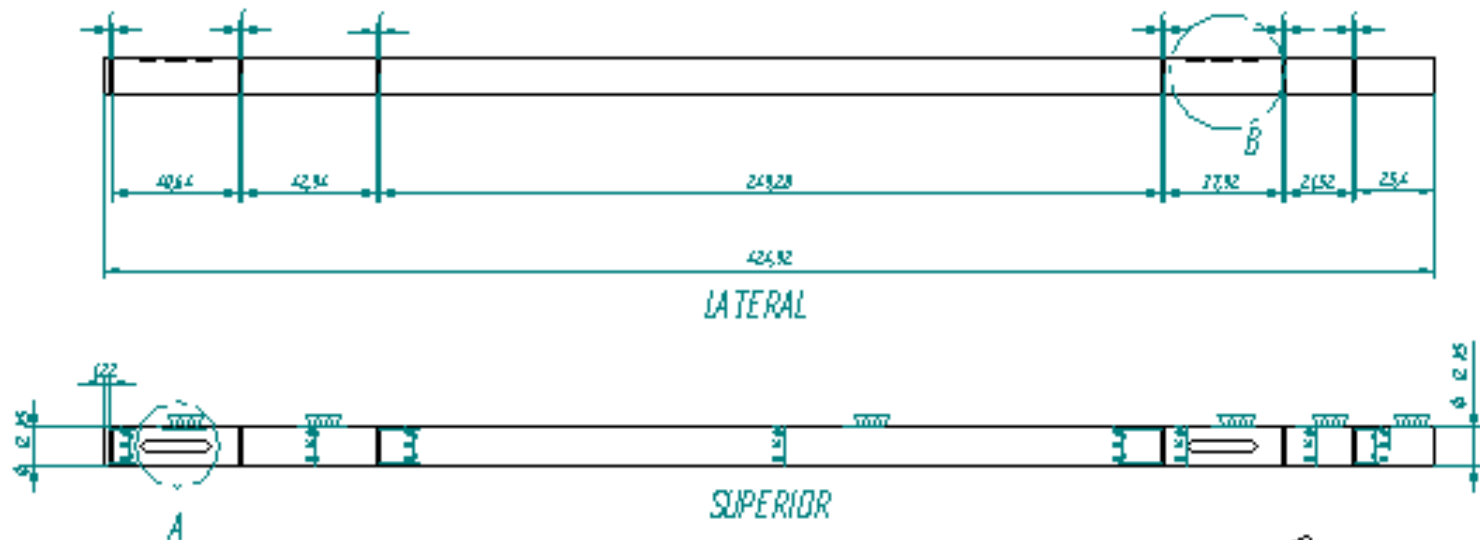


DETALLE A

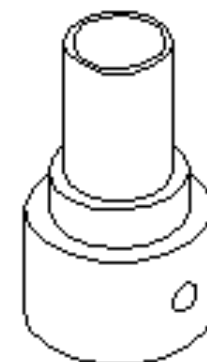
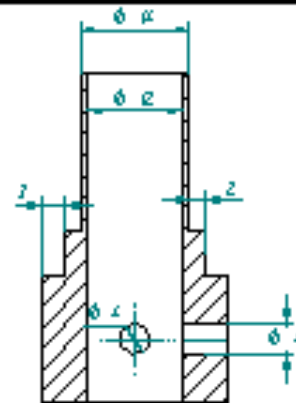
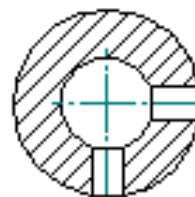
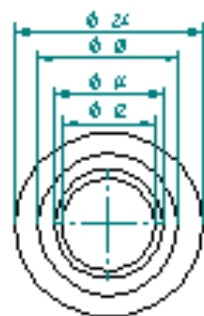
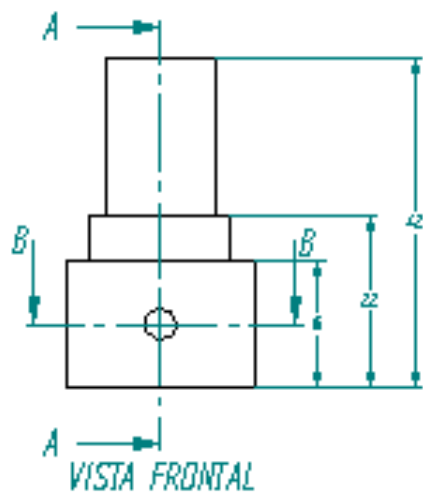


VISTA ISOMETRICA

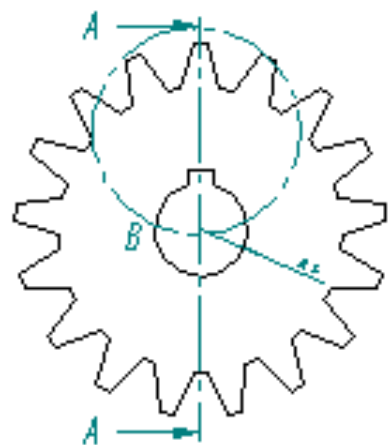
Problema	Fecha	UNIVERSIDAD DE CANTÓN FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MATEMÁTICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Elaborado	Revisado	UNIVERSIDAD DE CANTÓN FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MATEMÁTICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Elaborado	Revisado	
aprobado	aprobado	
 Universidad de Cantón Facultad de Ingeniería Física Matemática Carrera de Ingeniería Mecánica		LIC. BOL. COLLECTOR.
		No. de Proyecto: 01-01-02-01 Control: 2 Fecha: 10/08/2020



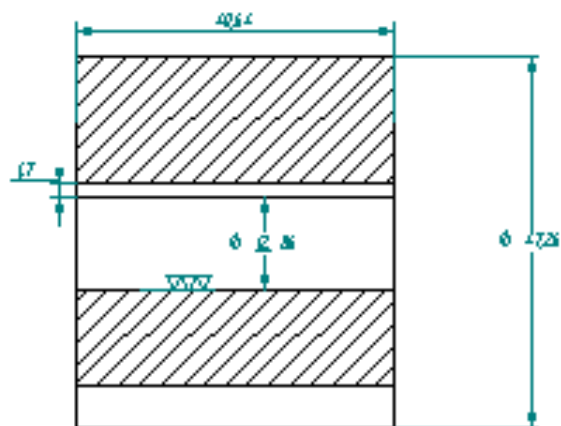
Fecha:	Fecha:	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHILE
Elaborado:	Auto: Elongu	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHILE
Revisado:	Diego Pato	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHILE
Aprobado:	Ing. Ricardo B.	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHILE
 <p>Instituto Tecnológico de Chile Instituto de Ingeniería y Tecnología</p>	<p>Dr. Carlos</p>	
	<p>Carolina</p>	
	<p>Paulina</p>	



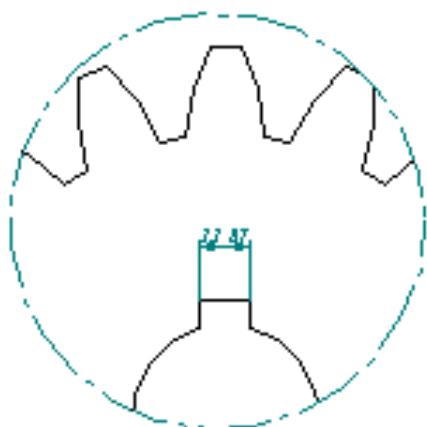
	Fecha	Firma	INFORMACIÓN GENERAL DEL DISEÑO
Diseño	12/01/2024		PROYECTO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO
Diseño	12/01/2024		PROYECTO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO
aprobado	12/01/2024		PROYECTO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO
 <p>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS VENEZUELA</p>	<p>PROYECTO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO</p>		<p>PROYECTO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO</p>
	<p>PROYECTO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO</p>		<p>PROYECTO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO</p>
	<p>PROYECTO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO</p>		<p>PROYECTO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO DE UN EJEMPLO DE DISEÑO</p>



VISTA FRONTAL



CORTE A-A



DETALLE B

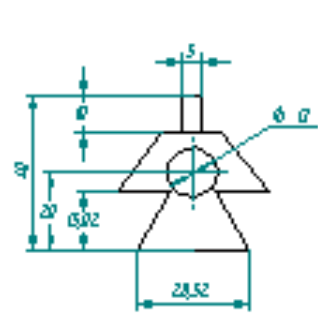


VISTA ISOMETRICA

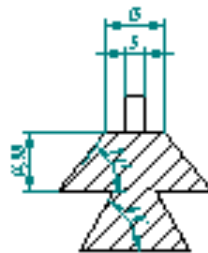
DATOS MECÁNICOS	
Número de dientes	17
Perfil	45
Perfil	20°
Diámetro exterior	40.64
Diámetro interior	12.7
Longitud	4.725
Material	Acero
Acabado	Brillante
Color	Plateado
Temperatura de trabajo	100°C
Velocidad de rotación	1500 RPM
Presión de trabajo	10 MPa
Material de trabajo	Acero
Material de trabajo	Acero
Material de trabajo	Acero

PROYECTO DE MECÁNICA

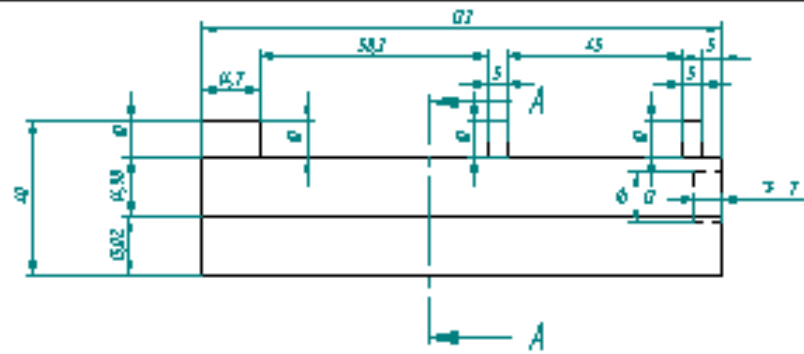
Fecha	Proyecto	Problema
15/03/2023	1	1
16/03/2023	2	2
17/03/2023	3	3
18/03/2023	4	4
19/03/2023	5	5
20/03/2023	6	6
21/03/2023	7	7
22/03/2023	8	8
23/03/2023	9	9
24/03/2023	10	10
25/03/2023	11	11
26/03/2023	12	12
27/03/2023	13	13
28/03/2023	14	14
29/03/2023	15	15
30/03/2023	16	16
31/03/2023	17	17
01/04/2023	18	18
02/04/2023	19	19
03/04/2023	20	20
04/04/2023	21	21
05/04/2023	22	22
06/04/2023	23	23
07/04/2023	24	24
08/04/2023	25	25
09/04/2023	26	26
10/04/2023	27	27
11/04/2023	28	28
12/04/2023	29	29
13/04/2023	30	30
14/04/2023	31	31
15/04/2023	32	32
16/04/2023	33	33
17/04/2023	34	34
18/04/2023	35	35
19/04/2023	36	36
20/04/2023	37	37
21/04/2023	38	38
22/04/2023	39	39
23/04/2023	40	40
24/04/2023	41	41
25/04/2023	42	42
26/04/2023	43	43
27/04/2023	44	44
28/04/2023	45	45
29/04/2023	46	46
30/04/2023	47	47
01/05/2023	48	48
02/05/2023	49	49
03/05/2023	50	50
04/05/2023	51	51
05/05/2023	52	52
06/05/2023	53	53
07/05/2023	54	54
08/05/2023	55	55
09/05/2023	56	56
10/05/2023	57	57
11/05/2023	58	58
12/05/2023	59	59
13/05/2023	60	60
14/05/2023	61	61
15/05/2023	62	62
16/05/2023	63	63
17/05/2023	64	64
18/05/2023	65	65
19/05/2023	66	66
20/05/2023	67	67
21/05/2023	68	68
22/05/2023	69	69
23/05/2023	70	70
24/05/2023	71	71
25/05/2023	72	72
26/05/2023	73	73
27/05/2023	74	74
28/05/2023	75	75
29/05/2023	76	76
30/05/2023	77	77
31/05/2023	78	78
01/06/2023	79	79
02/06/2023	80	80
03/06/2023	81	81
04/06/2023	82	82
05/06/2023	83	83
06/06/2023	84	84
07/06/2023	85	85
08/06/2023	86	86
09/06/2023	87	87
10/06/2023	88	88
11/06/2023	89	89
12/06/2023	90	90
13/06/2023	91	91
14/06/2023	92	92
15/06/2023	93	93
16/06/2023	94	94
17/06/2023	95	95
18/06/2023	96	96
19/06/2023	97	97
20/06/2023	98	98
21/06/2023	99	99
22/06/2023	100	100



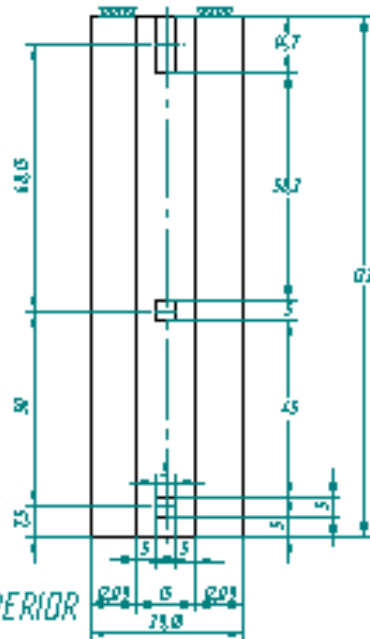
VISTA FRONTAL



CORTE A-A

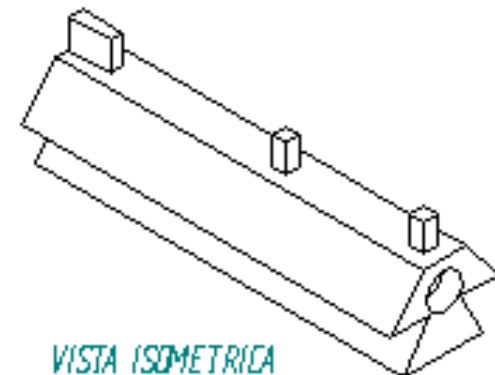


VISTA LATERAL



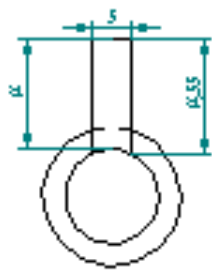
VISTA SUPERIOR

NUMERO DE PIEZAS 1

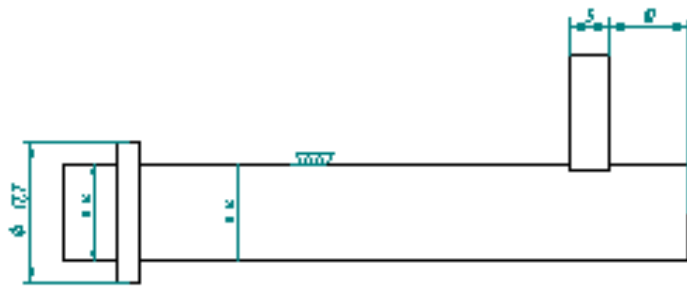


VISTA ISOMETRICA

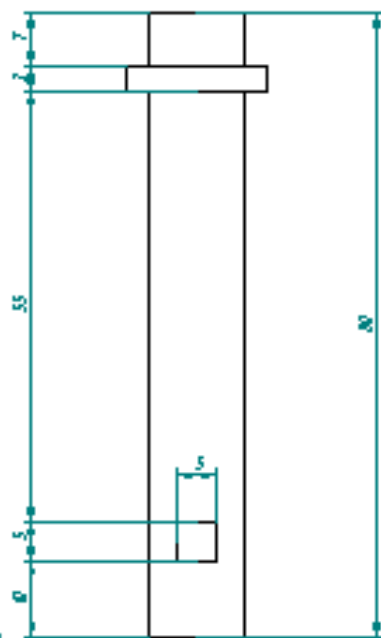
Fecha	Parte	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
Elaborado	Diego Ramirez	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Revisado	Diego Ramirez	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Aprobado	Ing. Leonardo B.	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
		COLEGIO PABLO
		BOGOTA 2015-07-01
		Curso: II Fase Mecanica I



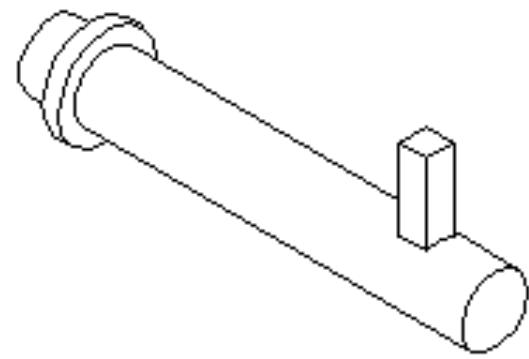
LATERAL



FRONTAL

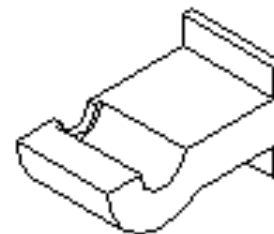
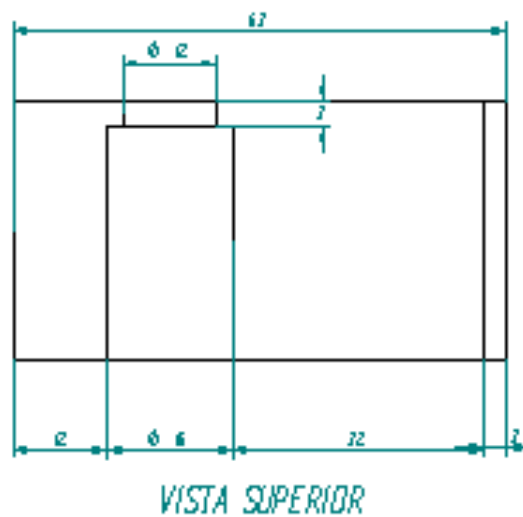
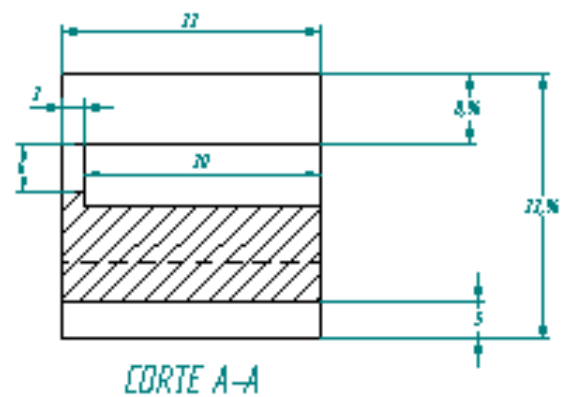
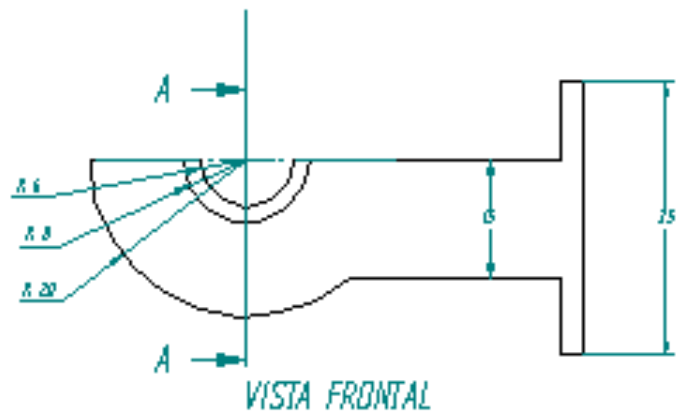


SUPERIOR



ISOMETRICA

	Fecha	Fecha	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
Alumno	Diego Flores		
Alumno	Diego Flores		
aprobado	Ing. Leonardo S.		
 INSTITUCION EDUCATIVA UNALTA AV. BOLIVAR 4311	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA C.E. 1916		41
	CURSO: 01-05-0011		
	Cursante: C.J. Fecha: 01/01/2011	Profesor: Ing. Leonardo S.	



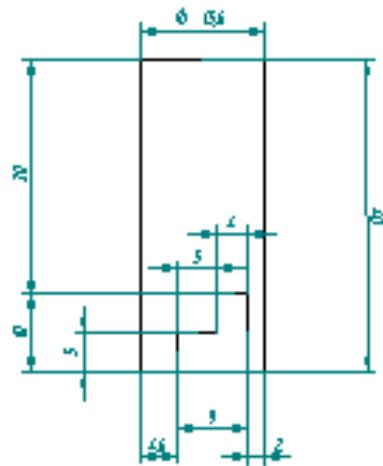
Fecha:	Fecha:	INFORMACIÓN GENERAL DEL DISEÑO
Dibujado:	AutoCAD	PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO
Dibujado:	AutoCAD	CONSTRUCCIÓN DE DISEÑO MECÁNICO
Operación:	AutoCAD	PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO
		PROYECTO DE DISEÑO MECÁNICO
		AutoCAD 2010-2011
		AutoCAD 2010-2011



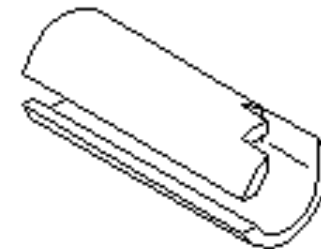
VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL

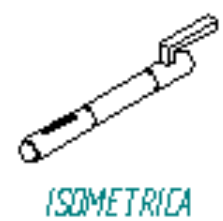
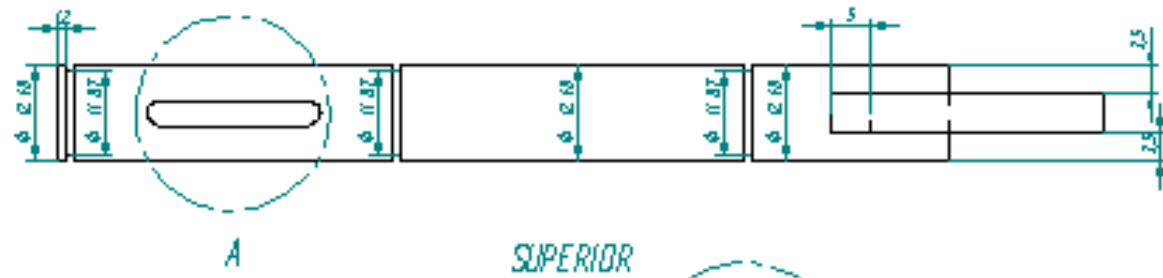
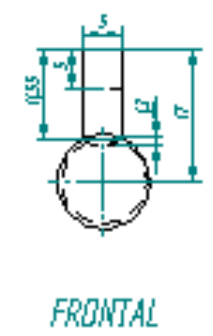
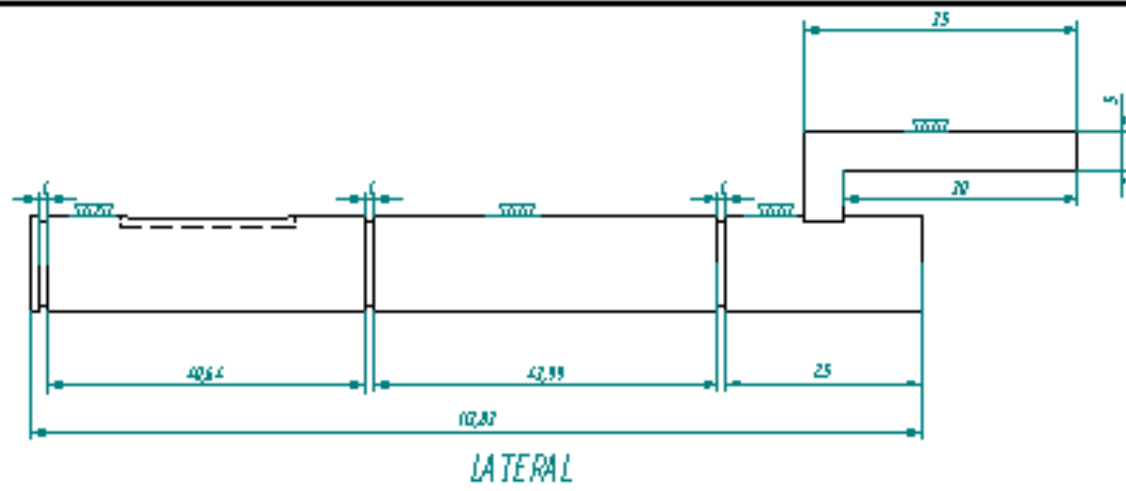


VISTA SUPERIOR

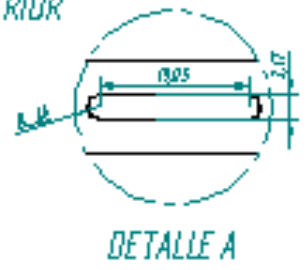


VISTA ISOMETRICA

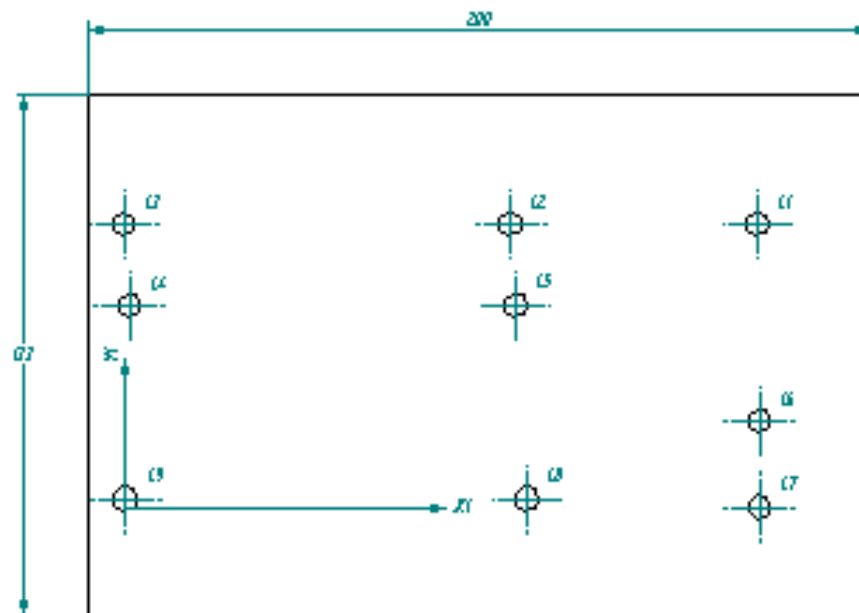
	Fecha	Fecha	DEPARTAMENTO DE METALURGIA MECÁNICA
Dibujante	Diego E. Rojas		FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
Dibujante	Diego E. Rojas		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Operador	Diego E. Rojas		UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
			CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
			40
			UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
			CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
			UNIVERSIDAD DE LOS ANDES



A



Fecha	Fecha	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
Elaborado	Jose R. Rojas	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRONICA
Elaborado	Diego Roldan	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
aprobado	Ing. Leonardo B.	REVISOR DE PROYECTOS DE GRADUACION
		FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO
		Q de Ejercicios
		40
		codigo: 01-05-0007
		Curso: 2do Periodo de 2011




VISTA FRONTAL

ESPEJOR DE LA PLACA 300

Tabla de especificaciones		
Orden	X	Y
1.1	161,50	78,50
1.2	98,50	78,50
1.3	35,50	78,50
1.4	88,50	55,50
1.5	25,50	55,50
1.6	161,50	15,50
1.7	100,50	15,50
1.8	100,50	0
1.9	0	0



VISTA ISOMETRICA

Fecha	Fecha	DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
Elaborado	Ing. E. Gómez	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
Revisado	Ing. E. Gómez	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
Aprobado	Ing. E. Gómez	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
		LUGAR: <input type="text"/>
INSTITUCIÓN DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO AV. BOLÍVAR 100 BOGOTÁ, COLOMBIA		Cód. Pro. 01-05-1587
Creado: E. Gómez		Fecha: 01/01/2023

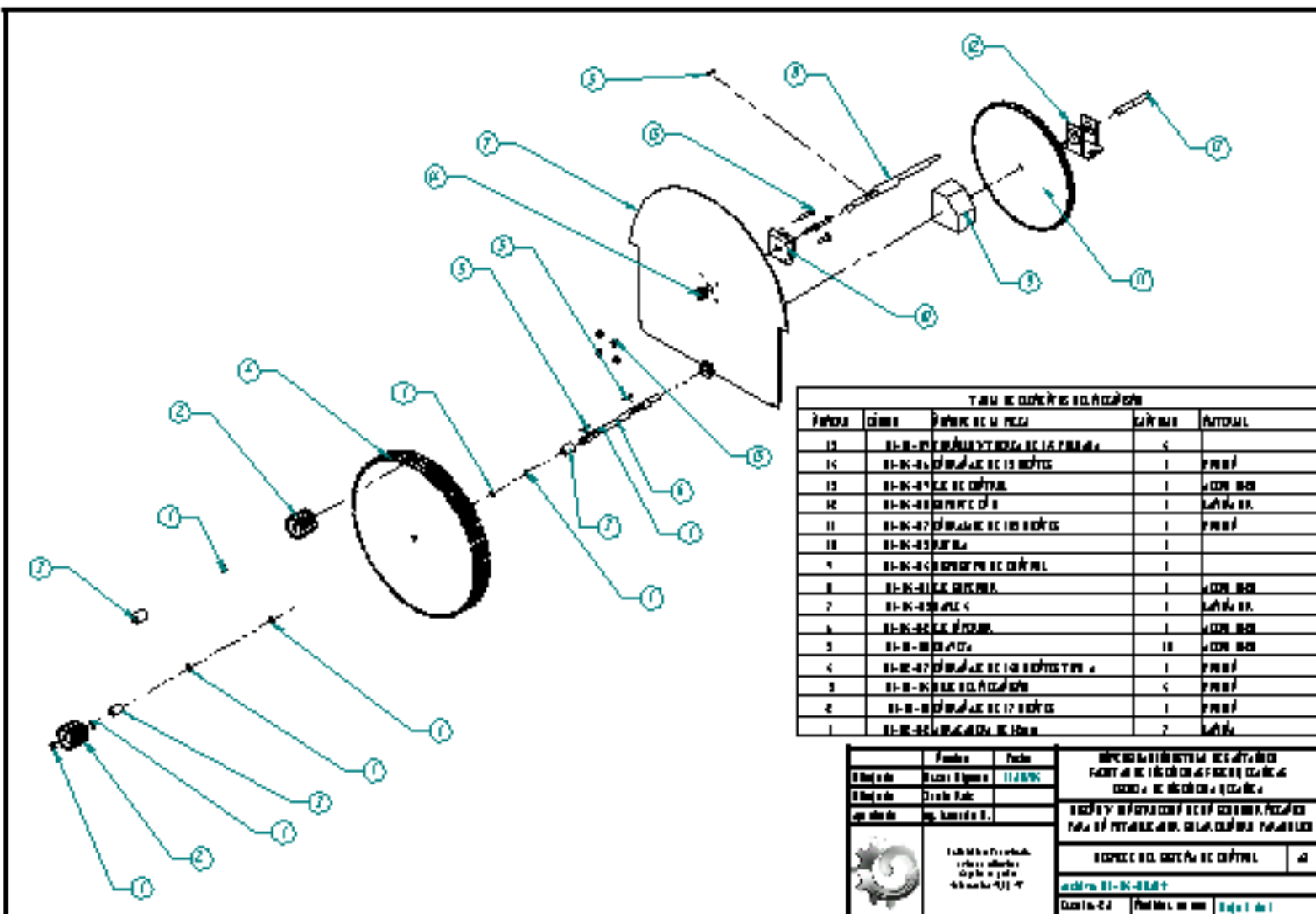


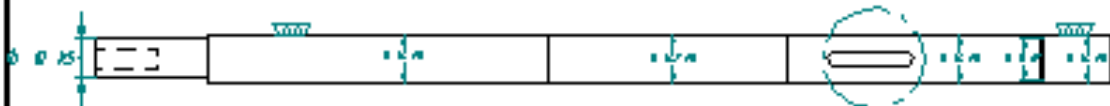
TABELA DE COTEJĂRI ȘI DE IDENTIFICARE

POZIȚIA	CANTITATE	DESIGNAȚIA ȘI MĂSURA	UNITĂȚI	REMARKS
18	1	ȘURUBUL ȘI CAPȘONUL DE 15 mm	1	
16	1	ȘURUBUL ȘI CAPȘONUL DE 10 mm	1	PROIECT
15	1	ȘURUBUL ȘI CAPȘONUL DE 10 mm	1	ACORD. ÎN
14	1	ȘURUBUL ȘI CAPȘONUL DE 8 mm	1	ACORD. ÎN
11	1	ȘURUBUL ȘI CAPȘONUL DE 10 mm	1	PROIECT
10	1	ȘURUBUL ȘI CAPȘONUL DE 8 mm	1	
9	1	ȘURUBUL ȘI CAPȘONUL DE 10 mm	1	
8	1	ȘURUBUL ȘI CAPȘONUL DE 10 mm	1	ACORD. ÎN
7	1	ȘURUBUL ȘI CAPȘONUL DE 8 mm	1	ACORD. ÎN
6	1	ȘURUBUL ȘI CAPȘONUL DE 10 mm	1	ACORD. ÎN
5	18	ȘURUBUL ȘI CAPȘONUL DE 8 mm	18	ACORD. ÎN
4	1	ȘURUBUL ȘI CAPȘONUL DE 10 mm	1	PROIECT
3	5	ȘURUBUL ȘI CAPȘONUL DE 8 mm	5	PROIECT
2	1	ȘURUBUL ȘI CAPȘONUL DE 10 mm	1	PROIECT
1	2	ȘURUBUL ȘI CAPȘONUL DE 10 mm	2	ACORD. ÎN

<p>  Sărbuștii de Jos Str. Școlii nr. 1 410000 Cluj-Napoca </p>	<p> Proiectant Desenează Verifică Ing. Ștefan B. </p>	<p> 11.10.2011 11.10.2011 11.10.2011 </p>	<p> ÎNREGISTRAREA ÎN BAZELE DE DATE ÎNREGISTRAREA ÎN BAZELE DE DATE ÎNREGISTRAREA ÎN BAZELE DE DATE </p>
<p> ÎNREGISTRAREA ÎN BAZELE DE DATE ÎNREGISTRAREA ÎN BAZELE DE DATE </p>			<p> ÎNREGISTRAREA ÎN BAZELE DE DATE ÎNREGISTRAREA ÎN BAZELE DE DATE </p>
<p> ÎNREGISTRAREA ÎN BAZELE DE DATE ÎNREGISTRAREA ÎN BAZELE DE DATE </p>			<p> ÎNREGISTRAREA ÎN BAZELE DE DATE ÎNREGISTRAREA ÎN BAZELE DE DATE </p>
<p> ÎNREGISTRAREA ÎN BAZELE DE DATE ÎNREGISTRAREA ÎN BAZELE DE DATE </p>			<p> ÎNREGISTRAREA ÎN BAZELE DE DATE ÎNREGISTRAREA ÎN BAZELE DE DATE </p>



VISTA FRONTAL



VISTA SUPERIOR

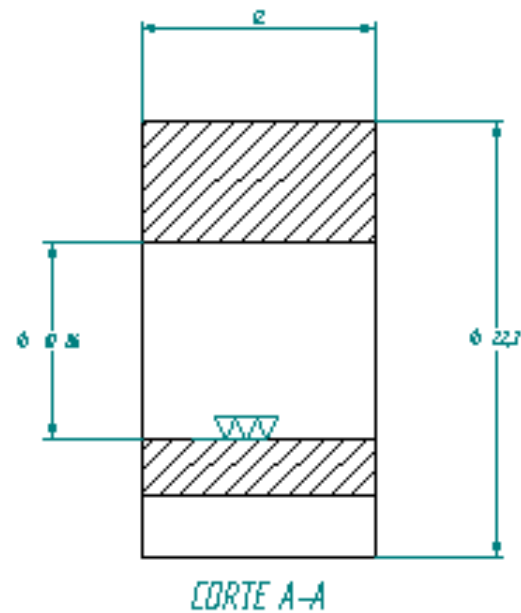
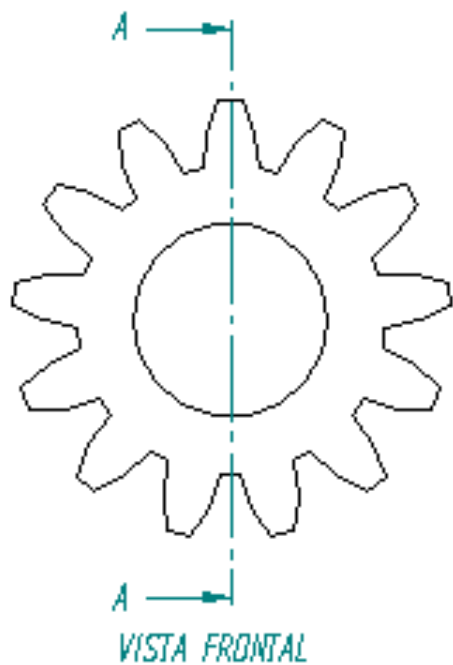


DETALLE A



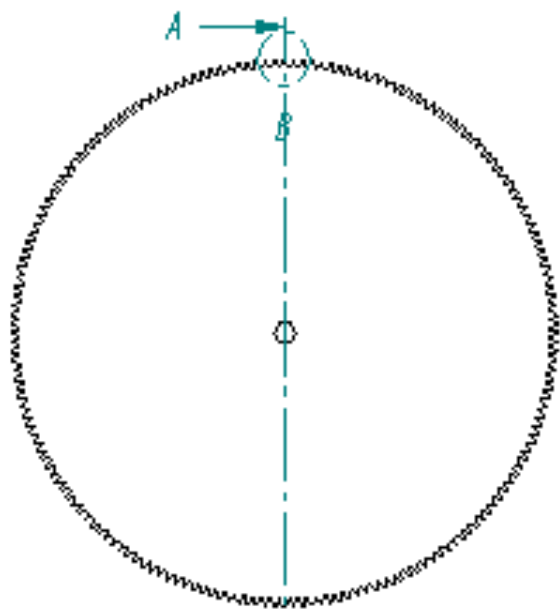
VISTA ISOMETRICA

	Fecha	Folio	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Elaborado	Alfonso Sánchez		
Revisado	Diego Ruiz		
Aprobado	Ing. Ricardo B.		
 Instituto Tecnológico de México Facultad de Ingeniería Mecánica	C.E. DE PUNTA		41
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Curso	Prácticas de mecánica	Hoja 1 de 1	



DATOS DEL DISEÑO		
Número de dientes	13	
Módulo	1.5	
Paso	57.18	
	mm	
	in	
Di. M. Exterior	17.5	0.689
Di. M. Interior	6.5	0.256
Di. M. Base	15.75	0.62
Coeficiente de avance	0.25	0.0098
Coeficiente de retroceso	0.25	0.0098
Coeficiente de avance y retroceso	0.5	0.0196
Coeficiente de avance y retroceso (sin el coeficiente de avance y retroceso)	1.75	0.069
Coeficiente de avance y retroceso (sin el coeficiente de avance y retroceso)	0.5	0.0196

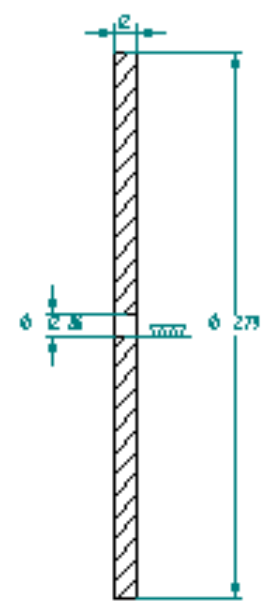
Descripción	Unidad	Valor
Diámetro Exterior	mm	17.5
Diámetro Interior	mm	6.5
Diámetro Base	mm	15.75
Coeficiente de avance		0.25
Coeficiente de retroceso		0.25
Coeficiente de avance y retroceso		0.5
Coeficiente de avance y retroceso (sin el coeficiente de avance y retroceso)		1.75
Coeficiente de avance y retroceso (sin el coeficiente de avance y retroceso)		0.5
DISEÑO DE ISOMETRÍA		
Hoja 1 de 1		
Dibujo de Ingeniería		
Escuela de Ingeniería		
Universidad de los Andes		
Bogotá, Colombia		
2023		



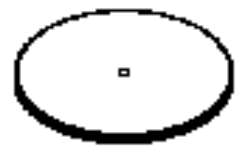
VISTA FRONTAL



DETALLE B
2:1



CORTE A-A

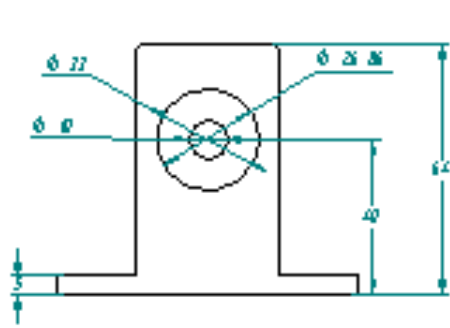


VISTA ISOMETRICA

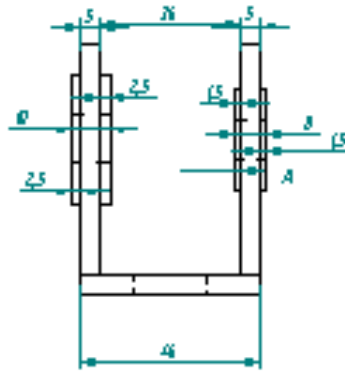
PARTE DE PIEZAS SPA

DATOS DEL DISEÑO		
Numero de hojas	10	
Hoja	13	
País	EST	
	mm	in
Di. Mx. Exterior	276	10.87
Di. Mx. Interior	270	10.63
Di. Mx. Arbol	270.5	10.65
Ch. Espesor entre dientes	2.25	0.089
Ch. Espesor del diente	2.25	0.089
Ch. Altura total del diente	3.0	0.118
Ch. Altura de la corona del diente	1.5	0.059
Ch. Altura del pie del diente	1.5	0.059
Ch. Altura del diente	0.5	0.0197

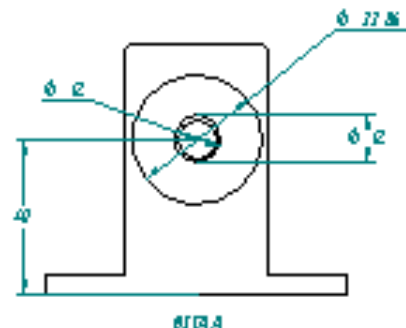
Problema	Fecha	OPORTUNIDAD DE MEJORA
Hoja de	Hoja de	FEEDBACK DE LOS CLIENTES
Hoja de	Hoja de	COMENTARIOS DE LOS CLIENTES
Hoja de	Hoja de	OPINIONES DE LOS CLIENTES
Hoja de	Hoja de	OPINIONES DE LOS CLIENTES
		DISEÑO DE LAS HOJAS
Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción o el uso no autorizado de esta obra.		Hoja 13 de 10
© 2013		Hoja 13 de 10



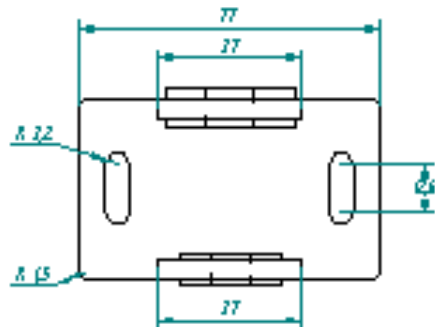
VISTA FRONTAL



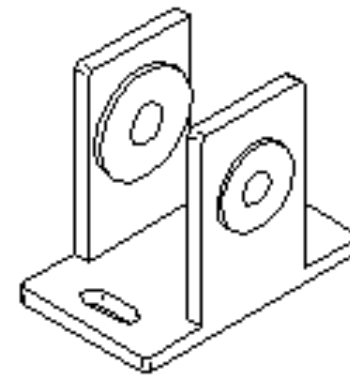
VISTA LATERAL



VISTA



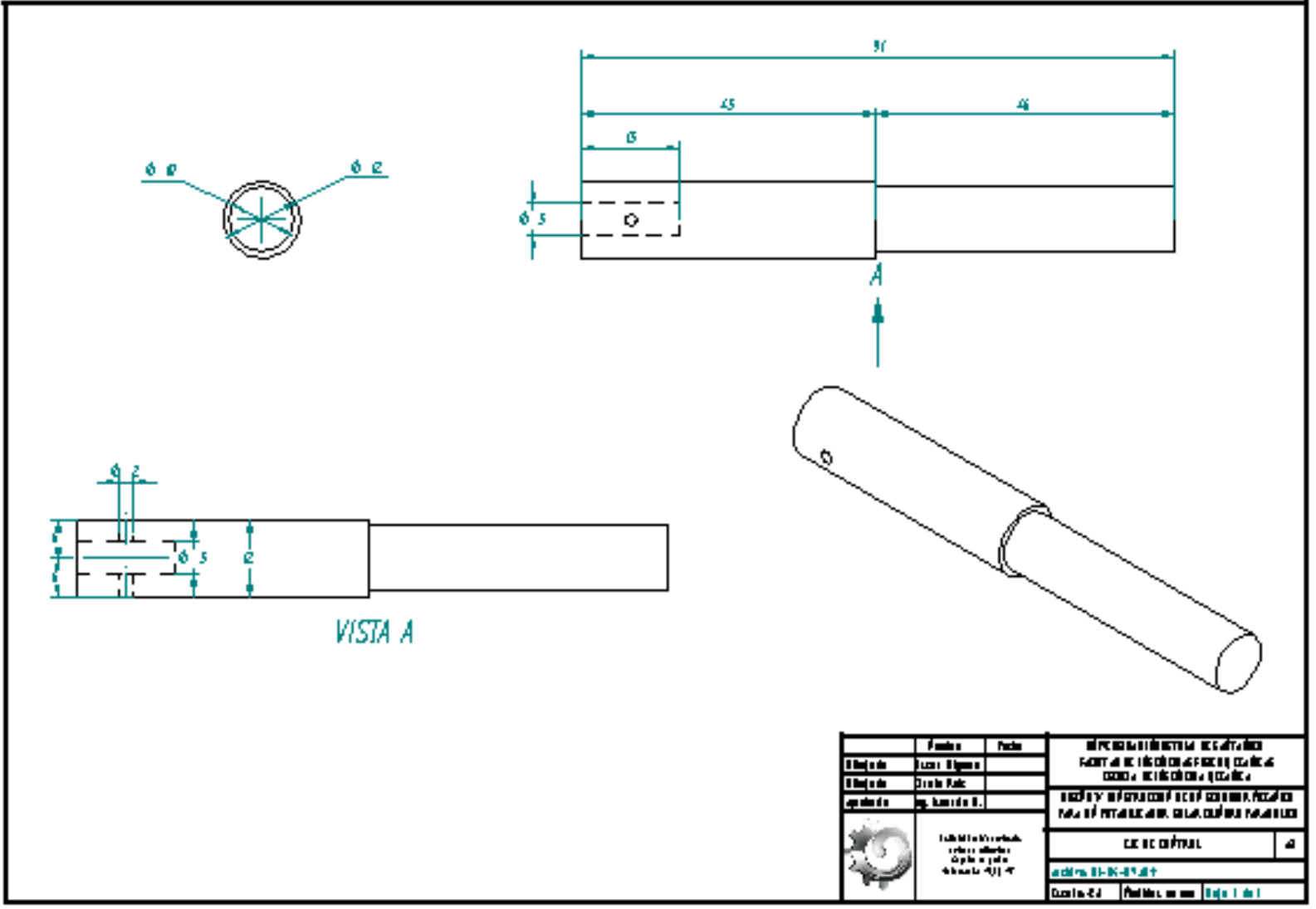
VISTA SUPERIOR



VISTA ISOMETRICA

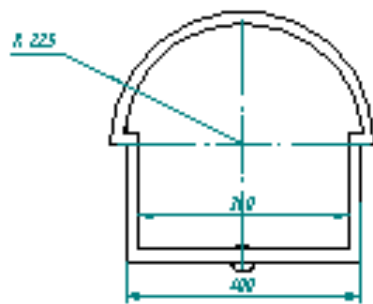
Numero	Fecha	Descripción
1	15/05/2024	Diseño inicial
2	20/05/2024	Revisión de detalles
3	25/05/2024	Finalización de planos

	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANTILLANA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MECÁNICA	TÍTULO DE GRADUADO EN INGENIERÍA DE MECÁNICA PLAN DE ESTUDIOS 2018-2020
	GRUPO 01-02-03-04	SEMESTRE 01
Nombre del alumno	Fecha de entrega	Calificación

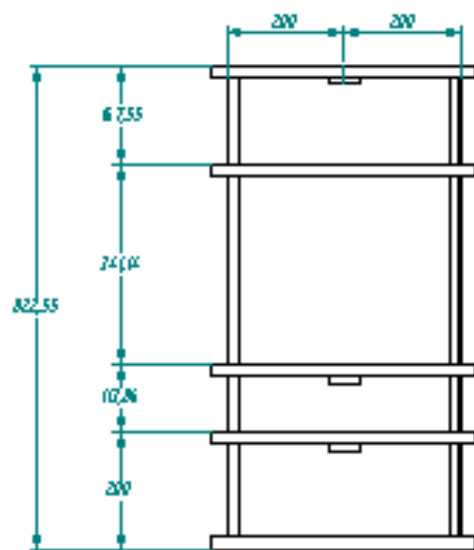
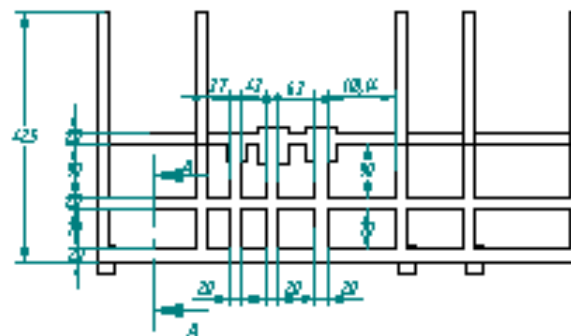


VISTA A

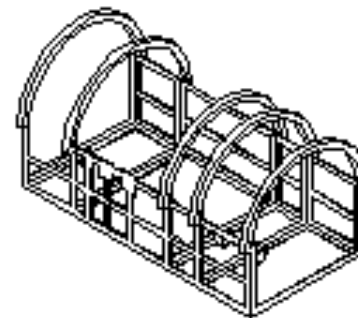
	Nome	Paese	DEPTO. DE INGENIERIA MECANICA
	Curso	Eligido	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
	Disciplina	Diseno Mec.	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA
	Profesor	Ing. Ricardo B.	SECCION DE DISEÑO MECANICO
	Institución		UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHILE
	Código		01-01-01
	Cursada	Primer semestre	Página 1 de 1




VISTA FRONTAL



VISTA SUPERIOR



VISTA ISOMETRICA

Problema	Fecha	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHILE FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Alumno	Curso	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHILE FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Asignatura	Prof. Asistente	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHILE FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
 Universidad Nacional Autónoma de Chile Instituto de Ingeniería	Código		41
	Código 81-85-8.017		
	Código 2.1	Fecha de emisión	01/01/17

