

**UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROYECTO DE GRADUACION**



**“DISEÑO DE LA ETAPA DE CONTROL
PARA UN CONCENTRADOR DE LUZ
SOLAR AUTONOMO.”**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE:
INGENIERO EN ELECTRONICA**

PRESENTADO POR:

JOSE JAVIER VELASQUEZ DURON

MARZO 2003, CIUDADELA DON BOSCO
UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA



PROYECTO DE GRADUACIÓN

"DISEÑO DE LA ETAPA DE CONTROL
PARA UN CONCENTRADOR DE LUZ
SOLAR AUTONOMO."

COMITE EVALUADOR

F. _____
Ing. Oscar Durán Vizcarra
(Asesor)

F. _____
Ing. Sergio Adrián Martín
(Jurado)

F. _____
Ing. Edgardo Cruz Zeledón
(Jurado)

MARZO 2003, CIUDADELA DON BOSCO

DEDICATORIA

Al Señor Jesús por guiarme en los caminos correctos tanto en lo personal como en mi vida académica.

A mis padres Lic. José Rolando Velásquez Joya y Dra. Mabel Alicia Durón de Velásquez por haberme brindado todo el apoyo, paciencia y comprensión durante mi carrera académica.

A mis hermanas Lic. Allyson Verónica Velásquez de Trew y Dra. Michelle Velásquez Durón por apoyarme y darme ánimo.

A mi Tío Ingeniero José Lino Bran quien me guió durante toda la realización de este proyecto de graduación.

A mi Asesor Ingeniero Oscar Duran Vizcarra quien siempre ha sido accesible y receptivo todo el tiempo que he necesitado para consultas.

A la Institución Salesiana por haberme brindado no solo los conocimientos académicos sino que todos aquellos necesarios para ser una persona de mucha calidad en lo profesional/personal.

PREFACIO

El Capítulo I contiene el objetivo general, objetivos específicos que se desean abarcar así como también los alcances y limitaciones que conlleva dicho proyecto de graduación.

El Capítulo II menciona brevemente la historia de cómo surgieron dichas tecnologías y las causas que impulsaron su desarrollo; a la vez contiene una breve referencia de los tres tipos más comunes de plantas de concentración de luz solar.

El Capítulo III es una leve referencia a la astronomía, la cual es la base de algunas de las ideas usadas para el control de seguimiento en este prototipo.

El Capítulo IV contiene la parte mecánica del proyecto de graduación donde se abarcan las diferentes opciones de diseño del marco parabólico, lista de materiales, costos, análisis, consultas a través de Internet y material didáctico necesarias para la fabricación del prototipo de concentrador; también se incluyen las descripciones y análisis de los diferentes módulos que conforman el prototipo con sus respectivos dibujos.

El Capítulo V contiene la parte electrónica del proyecto de graduación en la cual se engloba tanto el hardware como software necesarios para crear la etapa de control de seguimiento del prototipo de concentrador parabólico, también incluye las pruebas tanto de campo como de laboratorio, lista de materiales y costos de construcción.

INDICE

	Pág.
<u>CAPITULO I</u>	
1.1 OBJETIVOS	1
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	
1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	
1.2 ALCANCES Y LIMITACIONES	
1.2.1 ALCANCES	
1.2.2 LIMITACIONES	2
<u>CAPITULO II</u>	
2.1 HISTORIA DE LOS CONCENTRADORES DE LUZ SOLAR	3
2.2 INTRODUCCION A LOS DIFERENTES TIPOS DE TECNOLOGÍAS PARA LA CONCENTRACIÓN DE LUZ SOLAR	4
2.3 TIPOS DE CONCENTRADORES SOLARES	
2.3.1 TORRES SOLARES DE ENERGIA	
2.3.2 PLANTAS SOLARES DE COMBINACIÓN PLATO/GENERADOR	
2.3.3 PLANTAS PARABOLICAS	
<u>CAPITULO III</u>	
3.1 LA TIERRA	5
3.2 MOVIMIENTO DEL SOL	6
3.3 COORDENADAS PARA ESPECIFICAR LA POSICIÓN DEL SOL	
<u>CAPITULO IV</u>	
4.1 PARTE MECANICA. PROTOTIPO DE CONCENTRADOR SOLAR PARABOLICO.	8
4.1.1 DESCRIPCION GENERAL	
4.2 MODULOS QUE CONFORMAN EL PROTOTIPO DE	

CONCENTRADOR SOLAR PARABOLICO	9
4.3 DIBUJOS ESQUEMATICOS DEL PROTOTIPO DE CONCENTRADOR SOLAR PARABOLICO	12
4.3.1 CURVA PARABOLICA	
4.3.2 ARCO DE SOPORTE	
4.3.3 RIGIDEZ	
4.3.4 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO DE ELEVACIÓN	
4.3.5 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO AZIMUTAL	13
4.3.6 RECIBIDOR LINEAL (PUNTO FOCAL)	
4.3.7 ENSAMBLAJE	
4.3.8 SISTEMA DE CONTRAPESOS	
4.3.8.1 CALCULO DE SOPORTE DE CONTRAPESOS (Z)	15
4.3.9 SISTEMA REFLEXIVO DE LUZ SOLAR	16
4.4 LISTA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	
4.5 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN	17
4.5.1 GRAFICA DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN	18

CAPITULO V

5.1 PARTE ELECTRÓNICA	19
5.1.1 DESCRIPCION GENERAL	
5.1.1.1 HARDWARE	
5.1.1.2 SOFTWARE	24
5.2 MODULOS ESPECIFICOS DE HARDWARE	27
5.2.1 MICROCONTROLADOR 68HC12A4	
5.2.1.1 CONVERTIDOR ANÁLOGO DIGITAL	
5.2.1.2 SISTEMA DE TEMPORIZACIÓN	28
5.2.1.3 SISTEMA DE COMUNICACIONES SPI	29
5.2.2 DS1305 RELOJ SERIAL (RTC)	30
5.2.3 ECS-3X8 OSCILADOR DE CRISTAL CON FRECUENCIA DE 32,768KHz	32
5.2.4 CIRCUITOS DIVISORES DE VOLTAJE	
5.2.5 A3952SB CONTROLADORES DE MOTORES TIPO H	33
5.2.6 DMC-20434 VISUALIZADOR LCD	35
5.2.7 INTERRUPCION MANUAL	
5.3 MODULOS ESPECIFICOS DE SOFTWARE	36
5.3.1 SUBROUTINA INIT	

5.3.2 SUBROUTINA DATE_INIT	37
5.3.3 SUBROUTINA TME_INIT	
5.3.4 SUBROUTINA DES_METHOD	
5.3.5 SUBROUTINA MET_ACT	38
5.3.6 SUBROUTINA MET_PROG	39
5.3.7 SUBROUTINA RETURN	
5.3.8 SUBROUTINA INIT_ST	
5.3.9 SUBROUTINA TIMING	
5.4 PROGRAMACION Y PRUEBAS	
5.5 LISTA DE MATERIALES Y EQUIPOS	42
5.6 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN	43
5.6.1 GRAFICA DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN	
<u>RECOMENDACIONES</u>	45
<u>CONCLUSIONES</u>	46
<u>ANEXOS</u>	47
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	110

INTRODUCCION

El proyecto consiste en diseñar, construir y poner en funcionamiento un sistema de control de seguimiento para un prototipo de concentrador solar parabólico el cual conlleva una parte mecánica y otra electrónica.

La parte mecánica consiste en la construcción de un prototipo de concentrador solar a base de Hierro (Fe), ya que su principal función en este proyecto es de seguir la trayectoria descrita por el Sol durante el día y no el de generar energía eléctrica a base del calor recolectado; en esta sección se abarcan tanto el mecanismo de posicionamiento de elevación como el de azimut, contrapesos, plataforma, el punto focal del prototipo y el arreglo de espejos que no fue un requisito para este proyecto.

La parte electrónica, para efectos de una mejor visualización del sistema de control, se considera como un computador por lo tanto consta de dos partes: hardware y software.

Refiriéndose a la parte de hardware se utiliza un reloj serial (RTC), una tarjeta de evaluación CMD12-A4 diseñada específicamente para soportar el microcontrolador (MCU) 68HC12A4 de Motorola, cinco divisores de voltaje, dos controladores de motor tipo H, dos motores de engranaje DC, interrupción manual, compuertas lógicas y un visualizador LCD.

En cuanto al software se utiliza el programa WIN-IDE que incluye un editor de textos, compilador y simulador para el desarrollo y prueba de las distintas etapas que abarca el programa de aplicaciones, además se emplea el sistema operativo D-BUG12 el cual está incluido en la memoria EEPROM del CMD12-A4 y por último se incluye el programa de aplicaciones que se deriva del lenguaje ensamblador utilizado por el 68HC12A4 el cual contiene dos métodos de control para el seguimiento del Sol.

CAPITULO I

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

- Describir las diferentes etapas que conforman el prototipo de concentrador solar seleccionado.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y construir el prototipo de concentrador solar parabólico seleccionado.
- Construir e implementar la etapa de control de seguimiento utilizando la tarjeta de evaluación CMD12-A4 para el prototipo de concentrador solar parabólico seleccionado.
- Implementar un programa de aplicación utilizando lenguaje ensamblador para el control lógico involucrado en el seguimiento de luz solar.
- Elaborar una programación del tiempo a emplear en este proyecto de graduación por medio de cronogramas.¹

1.2 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.2.1 ALCANCES

- Diseño y construcción de un prototipo de concentrador solar parabólico.
- Descripción de los diferentes módulos abarcados por la parte mecánica.
- Implementación y descripción de cada una de las etapas de hardware y software involucradas en la parte electrónica del sistema de seguimiento Solar.

¹ Referirse a Anexos - Cronogramas.

1.2.2 LIMITACIONES

- El seguimiento del Sol estará exclusivamente diseñado para San Salvador cuyas coordenadas son: 13.78° N; 89.18° O.
- El tamaño del prototipo de concentrador solar parabólico es pequeño debido a que el objetivo principal de este proyecto es el control electrónico para el seguimiento del Sol, si funciona en el prototipo entonces funcionará en el concentrador que se fabrique usando los métodos aquí detallados.
- No debe de existir juego en las piezas que conforman la estructura de rotación, así también en los mecanismos de elevación y azimut para que haya precisión en el seguimiento; debido a los cortos tiempos de activación de los motores de engranajes DC.
- Los factores económicos que afectan al proyecto se deben al propósito de que es estrictamente académico debido a que el objetivo es el seguimiento del Sol y no el de generar energía eléctrica a base del calor recolectado.
- Se necesita nivelar la tarima que sirve de base de todo el prototipo cada vez que el concentrador se mueva de un lugar a otro.
- El sistema de seguimiento del prototipo seleccionado solo funciona durante la mañana y la tarde, toda vez que los divisores de voltaje así se lo indiquen, desde las 8:00 hasta las 16:00 dando así un arco de barrido del eje de elevación de 120° durante el día y del eje azimutal de 53.0° durante el año.²
- El Método Activo es el responsable de posicionar el concentrador solar durante el transcurso del día y año (elevación / azimut) ya que es el único que indica la intensidad de luz solar que este recibe.
- El Método Programado es el responsable de mantener el seguimiento solar, en el eje de elevación solamente, en caso de que el Método Activo falle.
- La imprecisión que existe en el seguimiento del Sol es debido a que la velocidad de los motores es alta y también por parte de imprecisiones en la obtención de datos.

² Referirse a Anexos – Arcos de Barrido.

CAPITULO II

2.1 HISTORIA DE LOS CONCENTRADORES DE LUZ SOLAR

El concepto de concentrar los rayos provenientes del Sol a un objetivo específico ha sido investigado por grandes personalidades de la ciencia desde hace varios siglos. Durante el siglo XVIII se implementaron hornos y calderas solares, y en el siglo XIX se construyeron motores de vapor que utilizaban la luz solar como fuente principal de energía. A principios del siglo XX se llevaron a cabo investigaciones y proyectos en el área de los turbinas y calderas pero su impulso decayó a causa de la extensa disponibilidad que tuvieron los combustibles fósiles, más que todo el gas natural.

La crisis de petróleo que hubo en el Medio-Oriente, el año de 1974, impulsó a que el gobierno de los Estados Unidos de América (EUA) mediante su Departamento de Energía (DOE), y administrado conjuntamente con los Laboratorios Nacionales Sandia, financiara y apoyara una red de proyectos para la concentración de energía solar, con un presupuesto inicial de \$1.25 millones de dólares en el año de 1976, el cual para el año de 1978 llegó a ser de unos \$6.2 millones de dólares.

El primer convenio para el proyecto pionero de Laboratorios Sandia tuvo lugar en 1978 y para ese entonces ya había programas de acercamiento para diferentes tipos de concentradores reflectivos y refractivos. Otras compañías privadas como por ejemplo: Motorola, RCA, General Electric, Martín Marieta, EnTech, Boeing, Acurex y Spectrolab también mostraron interés en el desarrollo de este tipo de sistemas y otras investigaciones fueron llevadas a cabo por las Universidades Stanford, Arizona y Purdue.

En toda Europa y Japón este tipo de tecnología no tuvo buena aceptación debido a la baja intensidad de luz solar que se tiene en todo el año, no obstante hubo programas importantes llevados a cabo por la Universidad Católica de Leuven, Universidad Politécnica de Madrid y el Instituto Técnico Ioffe en San Petersburgo.

En 1990 DOE creó un programa de apoyo para este tipo de tecnología solar, la cual se compuso de cuatro fabricantes de celdas (ASEC, SpectroLab, SunPower y Solarex) y cuatro fabricantes de módulos solares (EnTech, Solar Kinetics, Alpha Solarco, y SEA Corp). No obstante se canceló en el año de 1992.

A pesar de ello varias compañías, con sus propios recursos y con la ayuda incondicional del Departamento de Energía, están implementando sus propios prototipos y plantas de concentradores solares, ya que tienen la convicción de

que esta forma de captar la energía del Sol aminorará una crisis energética futura.

2.2 INTRODUCCION A LOS DIFERENTES TIPOS DE TECNOLOGÍAS PARA LA CONCENTRACIÓN DE LUZ SOLAR

Las tres principales plantas que concentran la luz solar son: Torres Solares de Energía, Plantas Solares de Combinación Plato/Generador y finalmente Plantas Parabólicas.

2.3 TIPOS DE CONCENTRADORES SOLARES

2.3.1 TORRES SOLARES DE ENERGÍA

Las torres solares de energía generan electricidad al enfocar la luz solar incidente, por medio de arreglos de cientos de espejos planos llamados helióstatos a un receptor central.³

2.3.2 PLANTAS SOLARES DE COMBINACIÓN PLATO / GENERADOR

Las plantas de combinación plato/generador convierten, primeramente, la radiación solar en energía mecánica y luego en energía eléctrica. Para ello utilizan un arreglo de espejos especiales ya sea de aluminio o plata, encargados de reflejar y concentrar la luz solar hacia un receptor o punto focal, con el fin de conseguir las temperaturas requeridas para transformar la energía calorífica en energía eléctrica.⁴

2.3.3 PLANTAS PARABÓLICAS

Las plantas parabólicas consisten en áreas extensas donde se ubican estos colectores, los cuales utilizan un seguimiento de dos ejes para rastrear la posición del Sol durante el transcurso del día y en las diferentes estaciones del año. Los grupos de colectores son modulares y están compuestos de muchas filas de concentradores en paralelo.⁵

Cada colector solar posee un reflector en forma de parábola, cuya función es la de reflejar la luz incidente del Sol a un receptor lineal, ubicado en el punto focal de la parábola en donde se calienta aceite el cual se utiliza como intercambiador de calor para procesos termodinámicos posteriores.

³ Referirse a Anexos – Esquema General y Foto de una Torre Solar de Energía y Archivo solar_tower.pdf.

⁴ Referirse a Anexos – Esquema General y Foto de una Planta de Combinación Plato/Generador y Archivo solar_dish.pdf.

⁵ Referirse a Anexos – Esquema General y Foto de una Planta Parabólica y Archivo solar_trough.pdf.

CAPITULO III

3.1 LA TIERRA

La Tierra tiene un movimiento de rotación y de traslación. El movimiento de rotación ocurre cuando la Tierra da una vuelta completa alrededor de su eje que la atraviesa en sus polos, el cual toma un tiempo de aproximadamente 23h 56min, en dirección Oeste-Este. El movimiento de traslación se da cuando nuestro globo terráqueo se mueve alrededor del Sol impulsado por la gravedad de este en un tiempo de 365 días, 5h y 57min, equivalente a 365.2422 días que es la duración de un año. Este movimiento describe una trayectoria elíptica alrededor del Sol de 930 millones de kilómetros produciéndose así su máxima proximidad (perihelio 142,700,000 kms) a principios de enero y su máxima lejanía (afelio 151,800,000 kms) a principios de Julio.

La posición geográfica sobre la Tierra está definida por las coordenadas de latitud y longitud .⁶

La latitud es un arco comprendido entre un punto cualquiera de la superficie terrestre y el Ecuador (latitud 0°). La longitud es un arco en dirección norte/sur tomando como referencia el meridiano de Greenwich Inglaterra (longitud 0°). En un mapa o globo, las líneas de latitud son paralelas al Ecuador y las líneas de longitud son paralelas al Meridiano de Greenwich el cual es el punto de referencia global para efectos de cálculo de la hora local.

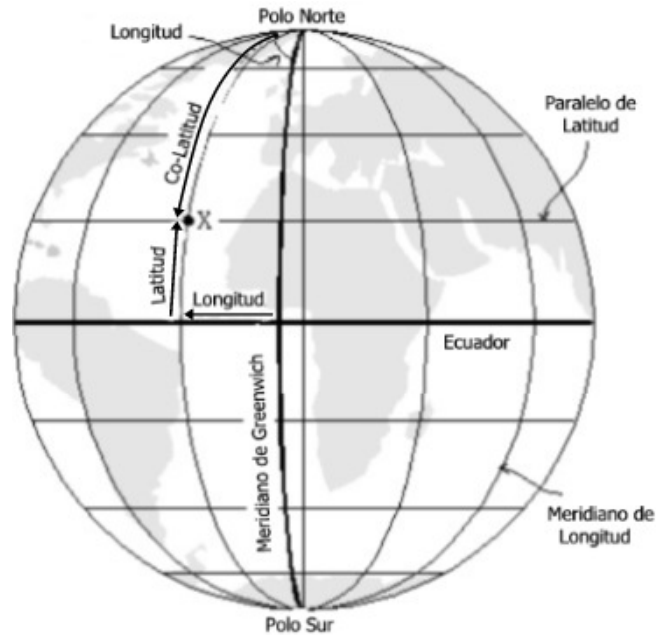
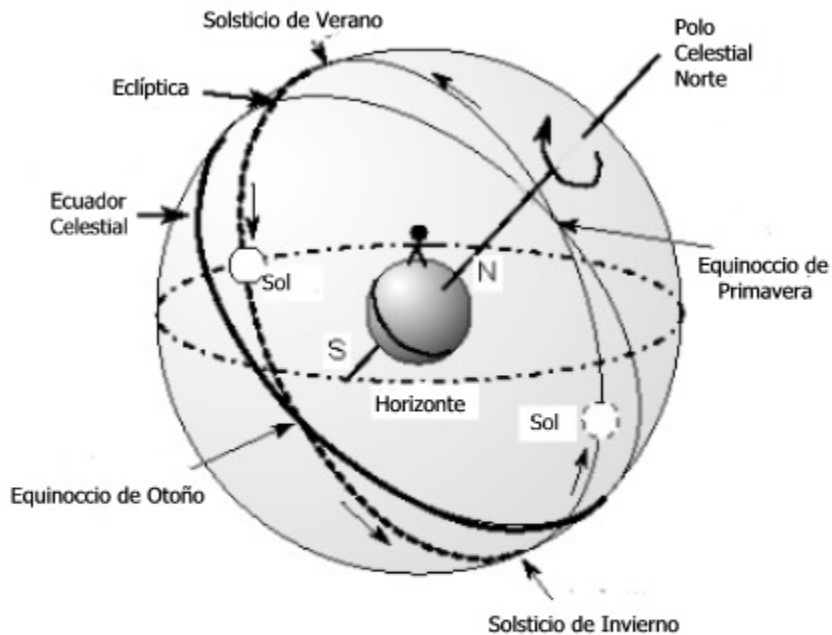


Figura 1. Coordenadas de Latitud y Longitud de la Tierra.

⁶ Referirse a Figura 1. "The Terrestrial Sphere," *Positional Astronomy*, sitio web creado y diseñado por Fiona Vincent, 1998.

3.2 MOVIMIENTO DEL SOL

El Sol aparece por la dirección Este, alcanza su altura máxima cuando cruza el meridiano local y se oculta en la dirección Oeste, para luego aparecer nuevamente por el Este. El proceso dura aproximadamente 23h 56min. Durante el transcurso del año varía la posición de aparición y ocaso del Sol debido a que el eje de rotación de la Tierra tiene una inclinación máxima de 23.5° al plano de su órbita y se desplaza hasta esa máxima inclinación creando los solsticios de verano e invierno y entre solsticios cuando el ángulo es menor se crean los equinoccios de otoño y primavera.⁷



El sol se mueve a través de la eclíptica, completando así una trayectoria de 360 grados en un año. La eclíptica tiene una inclinación de 23.5° grados con respecto al Ecuador Celestial.

Figura 2. Trayectoria Eclíptica que aparentemente sigue el Sol en un año.

3.3 COORDENADAS PARA ESPECIFICAR LA POSICIÓN DE EL SOL

Uno de los sistemas de coordenadas que se utiliza para describir la posición del Sol en el espacio es: Elevación y Azimut.⁸ La elevación describe cuantos grados de Este a Oeste, arriba del horizonte está localizado el Sol (0° a

⁷ Referirse a Figura 2. "Motion of Our Star the Sun," *Astronomy Notes*, sitio web creado y diseñado por Nick Strobel, 2001.

⁸ Referirse a Anexos – Coordenadas de Elevación y Azimut para San Salvador, El Salvador C.A. y Tablas de Coordenadas de Elevación y Azimut para San Salvador, El Salvador, C.A.

180°) y el azimut es el ángulo del Sol medido en una dirección en sentido de las agujas del reloj partiendo desde el norte hacia el este a lo largo de un plano horizontal hasta el punto en el horizonte directamente debajo del Sol.⁹

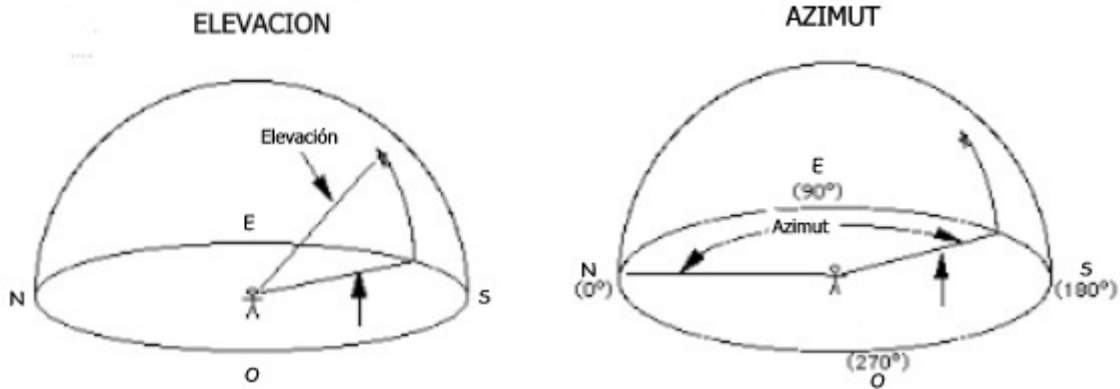


Figura 3. Diagramas de Sistema de Coordenadas Polares.

⁹ Referirse a Figura 3. "Horizon Coordinate System," Peter Alway's Intro to Astronomy Lecture Notes, sitio web creado y diseñado por Peter Alway, 2001.

CAPITULO IV

4.1 PARTE MECANICA. PROTOTIPO DE CONCENTRADOR SOLAR PARABOLICO

4.1.1 DESCRIPCION GENERAL

Previo al análisis completo se hace un prototipo básico, hecho de Meccano®,¹⁰ del prototipo de concentrador solar parabólico que se pretende construir con el objeto de observar las fuerzas que afectan a este tipo de estructura mecánica y etapas que la conforman.

Para la estructura mecánica se llevan a cabo análisis, consultas, indagaciones de precios y factibilidad de soldaduras sobre los diferentes tipos de materiales con los que se puede fabricar el prototipo de concentrador, entre ellos:

- 1) Aluminio. (SOLAIRE S.A. de C.V.)
- 2) Dexion. (ACAVISA S.A. de C.V.)
- 3) Hierro. (VIDRI S.A. de C.V.)

Y se determina que:

- 1) El Aluminio (Al) era el material más liviano de los tres, es rígido, pero su costo y el tipo de soldadura que conlleva este material es especial y demasiado caro.
- 2) El Dexion es menos pesado que el hierro pero no se puede soldar y tiene un costo bastante alto. Además es muy difícil formar estructuras cónicas con dicho material pero si posee una rigidez alta.
- 3) El Hierro (Fe) es un material con un costo no muy caro, es rígido y hay diversidad de lugares en donde lo pueden trabajar y soldar a un costo sumamente accesible aunque posee la desventaja de su peso.

Tomando en cuenta los costos se desarrollaron presupuestos para cada uno de los materiales antes mencionados llegando a la conclusión de utilizar en este proyecto de graduación el Hierro, debido a que el tamaño del prototipo permite una flexibilidad con el peso y el costo ya que el objetivo principal de este proyecto es el control electrónico para el seguimiento del Sol y no el de generar energía eléctrica por medio de la cantidad de calor recolectado.¹¹

¹⁰ Referirse a Anexo – Fotos de Proceso de Fabricación Parte Mecánica.

¹¹ Referirse a Capítulo 1 – Limitaciones - Sección 1.2.2 - Segundo párrafo - Pág. 6.

Con respecto al procedimiento a seguir de las diferentes etapas involucradas en la construcción del prototipo de concentrador solar parabólico se realiza un esquema general¹² desglosando dichas etapas para una mejor visualización.

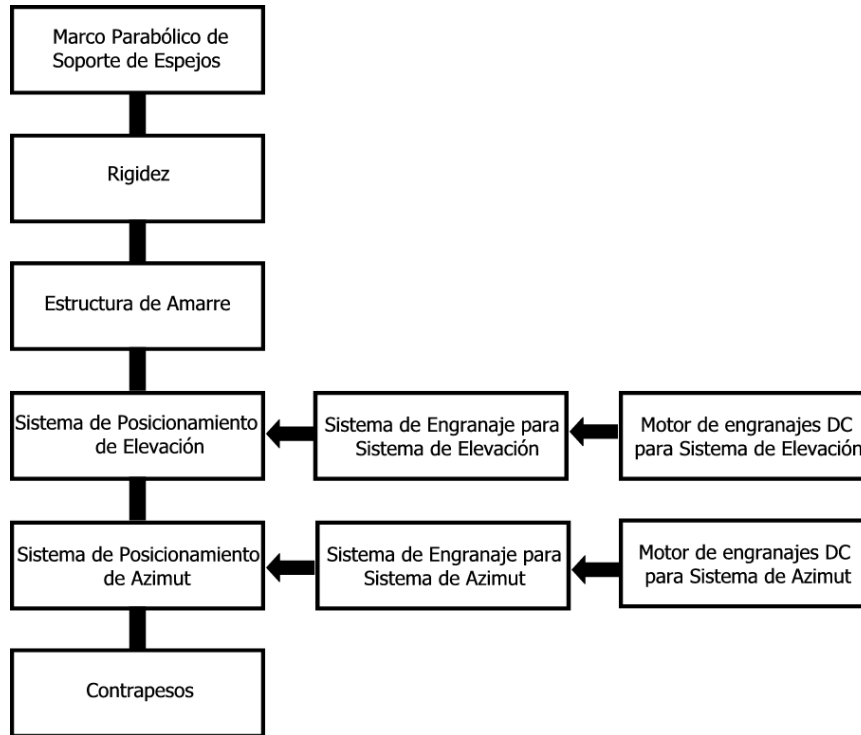


Figura 4. Esquema General Mecánico del Prototipo de Concentrador Solar.

4.2 MODULOS QUE CONFORMAN EL PROTOTIPO DE CONCENTRADOR SOLAR PARABOLICO

Los seis arcos de soporte se diseñan siguiendo los cálculos de la parábola¹³ más un sistema de sostén tipo polines con el propósito de afianzar el cincho que forma dicha parábola aunque anteriormente se consideró hacerlo tipo paraboloides elíptico por el hecho de enfocar la luz solar en un punto y no sobre una línea pero su diseño y construcción es demasiado complicado.

El marco de soporte de espejos está constituido por los seis arcos mencionados en el párrafo anterior.

¹² Referirse a Figura 4 – Esquema General Mecánico del Prototipo de Concentrador Solar.

¹³ Referirse a Anexos – Teoría de una Parábola.

Con respecto a la rigidez del marco de soporte y después de discusiones con el contratista se decide no soldar sobre los cinchos donde van colocados los espejos sino que dentro de la estructura de soporte.¹⁴

En referencia a la estructura de amarre se considera poner un diseño tipo numeral o H para que el marco de soporte se aferre al eje de elevación. Se toma en cuenta el utilizar tubos industriales cuadrados de 2.54 cms (1.0") ó 1.27 cms (0.5"), pero al examinar el prototipo de concentrador solar se acuerda simplificarlo a su máximo.

Para el sistema de posicionamiento de elevación se consideran varios diseños de amarre del prototipo sobre este eje concluyendo con un diseño sencillo pero efectivo que el prototipo lo permite tomando en cuenta el peso y tamaño del sistema para que no perjudique al eje de rotación de azimut que sirve de soporte vertical de todo este sistema. Lo anterior hace colocar el engranaje de RPM del sistema de posicionamiento de elevación en el costado derecho fuera de la distancia entre chumaceras del eje de elevación.

Con respecto al sistema de posicionamiento de azimut se examinan varios diseños de rotación, culminando en el hecho de que el sistema consistiría en un tubo de menor diámetro introducido en otro tubo de mayor diámetro que serviría como la chumacera del sistema. Surgen observaciones y dudas sobre la estabilidad vertical del sistema al solo poner un balero en la parte inferior, pero se soluciona colocando otro balero en la parte superior del tubo exterior, no existiendo complicaciones sobre la colocación del engranaje de RPM de azimut.

En vista de que los motores no se pueden conectar directamente a los ejes de elevación y azimut, lo que causaría velocidades aun demasiado altas, se diseña un sistema adicional de engranajes para reducir aun más esta velocidad de rotación. Se considera utilizar un engranaje de 12 dientes ensamblado al eje del motor y un engranaje de 48 dientes ensamblado a cada uno de los ejes con el fin de darle una razón de 4:1. El engranaje de 12 dientes se calza al eje de la caja de engranajes de los motores el cual conlleva un tornillo a presión con el fin de que no exista ningún juego en cada uno de los mecanismos de posicionamiento.

Tanto el engranaje del sistema de elevación como el de azimut deberán conectarse por medio de cadenas de bicicleta y la tensión deberá ser máxima con el propósito de que el tiempo de activación de los motores sea mínimo y así poder obtener una precisión alta en el seguimiento del Sol.

En cuanto a la ubicación de los motores para sistema de elevación y azimut se considera colocarlos en una plataforma situada en la parte trasera del

¹⁴ Referirse a Anexos - Dibujo J-102.

prototipo de concentrador solar pero al analizarlo se realiza que no iba a funcionar ya que al girar el concentrador en su eje de azimut el sistema de posicionamiento de elevación se convertiría en una barrera para la rotación horizontal, por lo que se decide colocarlos dentro del espacio del prototipo de concentrador.

La función de los motores de engranajes DC consta en hacer girar el eje de elevación y azimut con el propósito de seguir al Sol durante el transcurso de un día y en un año, por lo que las velocidades son exageradamente lentas, lo que conlleva a una combinación de motor con su caja de engranajes para reducir la velocidad del eje del motor. Al consultar con el fabricante de este tipo de equipos se observa que para una mayor reducción de velocidad el costo de los motores es demasiado alto lo que obliga a un diseño de un sistema de engranajes adicional, mencionados anteriormente en el párrafo 7 de la sección 4.2, que ayuda a reducir aun más la velocidad de rotación de los ejes de elevación y azimut.

Otros factores que influyen en la selección de los motores de engranajes para sistemas de elevación y azimut son: Peso del marco parabólico de soporte (P_{1aprox}), torque producido por el marco parabólico de soporte con respecto al eje de elevación (τ_1), contrapesos (P_{2aprox}) y torque generado por dichos contrapesos con respecto al eje de elevación (τ_2). Una vez se realiza el análisis de pesos y torques¹⁵ se escoge por medio de catálogos, provistos por el fabricante (Maxon Motors Inc.),¹⁶ el equipo que tenga el costo, potencia y revoluciones por minuto (RPM) que más se aproxime a los requisitos.

En referencia a los contrapesos surgen dos posibilidades: a) aferrarlos al eje de rotación de elevación dentro de la distancia de las chumaceras y b) a una distancia equidistante en la parte exterior de ellas, pero al analizar las dos situaciones se dedujo que no era la forma más adecuada de hacerlo, por lo cual se colocan los contrapesos al final de dos pares de varillas soldadas en un extremo a los puntos (2 y 12)¹⁷ a ambos lados del marco de soporte utilizando dos lecheritas con un peso cada una de 2.7 kgs.

La tarima de madera le proporciona al prototipo una mayor estabilidad, no añadiendo peso adicional para su transporte y simula la base de concreto donde van empotrados dichos concentradores solares ya que estos en la realidad son fijos, pero debido a que se tiene que trasladar a la Universidad para su presentación se elige este tipo de soporte.

¹⁵ Referirse a Sección 4.3.8 Sistema de Contrapesos.

¹⁶ Referirse a Anexos – Cálculo de Motor y Caja de Engranajes.

¹⁷ Referirse a Anexos - Dibujo J-105.

4.3 DIBUJOS ESQUEMATICOS DEL PROTOTIPO DE CONCENTRADOR SOLAR PARABOLICO

4.3.1 CURVA PARABOLICA¹⁸

Contiene los cálculos realizados para la curva parabólica.

4.3.2 ARCO DE SOPORTE¹⁹

Es uno de seis arcos de soporte donde va montada la platina cuyo objetivo es el de aumentar el área de amarre de los espejos.

4.3.3 RIGIDEZ²⁰

Es una vista de la parte trasera del concentrador solar donde muestra que los seis arcos de soporte están unidos en la parte frontal en los puntos 1 y 13, y atrás en los puntos 2, 6, 8, 12, esto con el fin de darle una mejor rigidez a la estructura. Todos estos puntos de unión van dentro de la estructura de soporte con el propósito de no obstruir la curvatura del concentrador y su estética.

4.3.4 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO DE ELEVACIÓN²¹

El eje de rotación de elevación está modificado en sus puntos extremos con el fin de adaptarse a los diámetros internos y anchura de los baleros siendo este el mismo en ambos extremos. La parte de la derecha se diferencia de la izquierda de la siguiente manera: se hicieron dos cortes de diámetro, el primero a acoplarse con el diámetro interno del balero con un largo de corte que posiciona al balero en su lugar establecido (distancia entre baleros) inmediatamente después del ancho del balero se desgastó 1 mm hacia la derecha con el fin de no forzarlo y así evitar dañarlo. El diámetro interno del engranaje de 48 dientes se tiene que adaptar a este diámetro inferior. El eje del motor de posicionamiento de elevación debe de estar al mismo nivel horizontal del eje de elevación y ambos en línea recta asegurándose que la cadena no se desvíe de un plano vertical común a los dos obteniendo de esta forma una tensión igual en todo el contorno de la cadena.

¹⁸ Referirse a Anexos - Dibujo J-101.

¹⁹ Referirse a Anexos - Dibujo J-101.

²⁰ Referirse a Anexos - Dibujo J-102.

²¹ Referirse a Anexos - Dibujo J-103.

4.3.5 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO AZIMUTAL²²

El sistema de azimut que también hace la función de soporte consiste de dos tubos teniendo que adaptar el eje de rotación azimutal de igual forma que se adapta el eje de rotación de elevación con el fin de facilitar la inserción del balero superior y se tuvieron que usar dos baleros para que no existiera un movimiento oscilatorio vertical tipo péndulo. El diámetro interno del engranaje de 48 dientes se tiene que modificar en igual forma al engranaje de elevación para que encaje con el diámetro que facilita la inserción del balero de la parte superior. El eje del motor de posicionamiento azimutal debe de estar al mismo nivel vertical del eje de azimut y ambos en línea recta asegurándose que la cadena no se desvíe de un plano horizontal común a los dos obteniendo de esta forma una tensión igual en todo el contorno de la cadena.

4.3.6 RECIBIDOR LINEAL (PUNTO FOCAL)²³

Consiste en dos ELES que se originan en los puntos 5 detrás de los cinchos sosteniendo un tubo de 1.27 cms x 74 cms x 1.27 cms cuyo centro pasa por el punto focal simulando el receptor lineal del prototipo.

4.3.7 ENSAMBLAJE²⁴

Muestra el prototipo de concentrador solar con sus diferentes módulos después de ensamblado.

4.3.8 SISTEMA DE CONTRAPESOS²⁵

La función principal de este sistema es balancear por medio de un torque opuesto el torque producido por el marco parabólico de soporte en el eje de elevación con el fin de no forzar el motor de posicionamiento de elevación al rotar el marco parabólico de soporte de espejos los 120° requeridos.

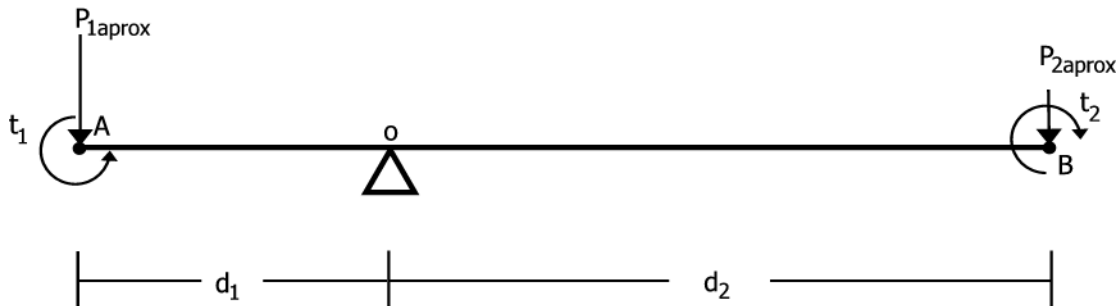


Figura 4. Gráfica para cálculo de contrapesos. No a escala.

²² Referirse a Anexos - Dibujo J-104.

²³ Referirse a Anexo - Dibujo J-104A.

²⁴ Referirse a Anexo - Dibujo J-105.

²⁵ Referirse a Figura 4 - Gráfica para cálculo de contrapesos.

El cálculo realizado para los contrapesos viene dado por la siguiente ecuación:

$$\tau_1 = \tau_2$$

$$P_{1\text{aprox}}d_1 = P_{2\text{aprox}}d_2$$

Donde:

τ_1 = Torque producido por el marco parabólico de soporte.

τ_2 = Torque producido por contrapesos.

$P_{1\text{aprox}}$ = Peso del marco parabólico de soporte.

$P_{2\text{aprox}}$ = Contrapesos.

d_1 = Distancia entre la parte trasera del marco parabólico de soporte (A) y el centro del eje de elevación (o).

d_2 = Distancia entre el centro del eje de elevación (o) y ubicación de contrapesos (B). Nota: Esta distancia no debe sobrepasar la altura disponible entre el eje de elevación y la plataforma que es de 80 cms.

Al estar construido el marco parabólico de soporte se pesa y se le proporciona un margen mayor, por motivo de los espejos y punto focal con el fin de que el motor de elevación esté holgado, dando como resultado un $P_{1\text{aprox}} = 22.68$ kgs.

Conociendo que $P_{1\text{aprox}} = 22.68$ kgs y $d_1 = 14$ cms y asumiendo que $d_2 = 60$ cms se obtiene $P_{2\text{aprox}} = 5.3$ kgs ≈ 5.4 kgs el cual se divide en dos para colocar 2.7 kgs a ambos lados del sistema de contrapesos.

4.3.8.1 CALCULO DE SOPORTE DE CONTRAPESOS (Z)²⁶

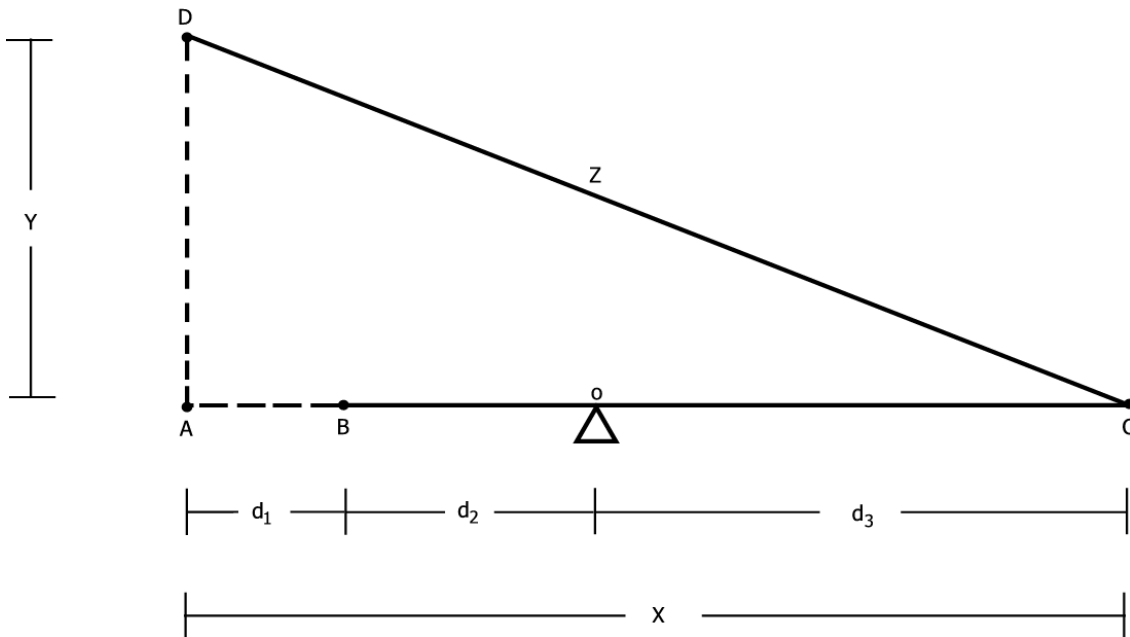


Figura 5. Gráfica para cálculo de Soporte de Contrapesos (Z). No a escala.

d_1 = Distancia entre la vertical imaginaria que pasa entre los puntos 2 y 12 (A) y la parte trasera del marco parabólico de soporte (B).

d_2 = Distancia entre la parte trasera del marco parabólico de soporte (B) y el centro del eje de elevación (o).

d_3 = Distancia entre el centro del eje de elevación (o) y ubicación de los contrapesos (C).

$$X = d_1 + d_2 + d_3$$

Y = Distancia entre eje de elevación (o) y punto 2 ó 12 de arco de soporte (D).

Z = Hipotenusa, en este caso el soporte de los contrapesos.

La distancia a la cual están ubicados los contrapesos de los puntos 2 y 12 de los dos arcos extremos del marco parabólico de soporte se obtiene aplicando el teorema de Pitágoras:

²⁶ Referirse a Figura 5 – Gráfica para cálculo de Soporte de Contrapesos (Z).

$$d_1 = 10\text{cms}$$

$$d_2 = 14\text{cms}$$

$$d_3 = 60\text{cms}$$

$$X = d_1 + d_2 + d_3 = 84\text{cms}$$

$$Y = 30\text{cms}$$

$$Z = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{(84\text{cms})^2 + (30\text{cms})^2} = 89.19\text{cms} \approx 90\text{cms}$$

4.3.9 SISTEMA REFLEXIVO DE LUZ SOLAR

Se coloca la malla y se simulan los espejos que no son requisito para este proyecto de graduación.

4.4 LISTA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

La lista de materiales que se utilizan para la construcción del concentrador solar es la siguiente:

Marco Parabólico de Soporte para Espejos.

- 72 varillas lisas de \varnothing 0.95 cms x 10 cms.
- 12 varillas lisas de \varnothing 0.95 cms x 14 cms.
- 18 varillas lisas de \varnothing 0.95 cms x 13 cms.
- 6 varillas cuadradas de 1.27 cms x 70 cms x 1.27 cms.
- 6 Platinas de 0.32 cms x 1.91 cms x 70 cms.

Brazos Conectores.

- 2 Platinas de 17.2 cms x 0.5 cms x 2.5 cms.

Sistema de Posicionamiento de Elevación.

- 1 tubo de hierro negro de \varnothing 3.81 cms x XX cms.
- 2 baleros marca NTN. Modelo: 6009-ZZC3.
- 2 platinas de 20 cms x 1.0 cm x 12 cms.
- 2 platinas de 20 cms x 33 cms x 1.0 cm.
- 1 engranaje de 48 dientes para bicicleta.

- 1 engranaje de 13 dientes para bicicleta.
- 1 cadena de bicicleta de 70 cms de largo.
- 1 motor de engranaje DC marca Maxon de 20W y 4RPM.

Sistema de Posicionamiento de Azimut

- 1 tubo de hierro negro de \varnothing 3.81 cms x 80 cms.
- 1 tubo de hierro negro de \varnothing 7.62 cms x 60 cms.
- 2 baleros marca NTN. Modelo: 6009-ZZC3.
- 2 platinas de 13 cms x 20 cms x 1.0 cms.
- 1 engranaje de 48 dientes para bicicleta.
- 1 engranaje de 13 dientes para bicicleta.
- 1 cadena de bicicleta de 70 cms de largo.
- 1 motor de engranaje DC marca Maxon de 20W y 4RPM.

Contra-Pesos

- 4 varillas cuadradas de 1.27 cms x 90 cms x 1.27 cms.
- 2 Pesos de aproximadamente 2.7 kgs cada uno.

Punto Focal

- 1 tubo de 1.27 cms x 74 cms x 1.27 cms.
- 2 varillas cuadradas de 1.27 cms x 14 cms x 1.27 cms.
- 2 varillas cuadradas de 1.27 cms x 3.0 cms x 1.27 cms.

Sistema Reflexivo de Luz Solar

- Zaranda galvanizada 0.5 cms x 0.5 cms.
- Silicona.
- Diferenciales de Espejos los cuales no fueron un requisito para este proyecto de graduación.

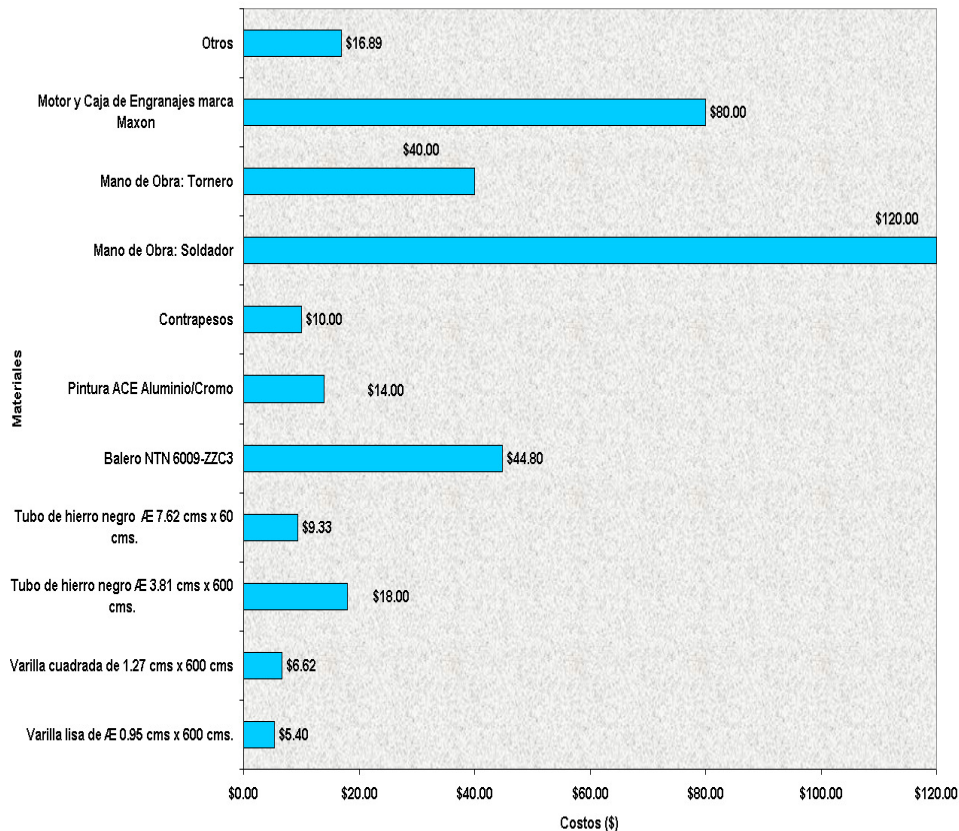
4.5 COSTOS DE CONSTRUCCION

No.	Descripción	Cant.	Costo (\$)	Costo Total (\$)
1	Varilla lisa de \varnothing 0.95 cms x 600 cms.	3	1.80	5.40
2	Varilla cuadrada de 1.27 cms x 600 cms	2	3.31	6.62
3	Platina de 0.32 cms x 1.91 cms x 600 cms	1	1.75	1.75
4	Platina de 17.2 cms x 0.5 cms x 2.5 cms.	2	N/A	N/A
5	Tubo de hierro negro \varnothing 3.81 cms x 600 cms.	1	18.00	18.00
6	Tubo de hierro negro \varnothing 7.62 cms x 60 cms.	1	9.33	9.33
7	Platina de 20 cms x 1.0 cm x 12 cms.	2	1.71	3.42
8	Platina de 13 cms x 20 cms x 1.0 cms	2	1.71	3.42

9	Platina de 20 cms x 33 cms x 1.0 cm	2	1.14	2.28
10	Balero NTN 6009-ZZC3	4	11.20	44.80
11	Engranaje de 48 dientes para bicicleta	2	N/A	N/A
12	Engranaje de 13 dientes para bicicleta	2	N/A	N/A
13	Cadena de bicicleta de 70 cms de largo	2	N/A	N/A
14	Zaranda Galvanizada 0.5 x 0.5 cms	1	2.48	2.48
15	Perno de 0.64 cms x 6.35 cms	3	0.10	0.30
16	Perno de estufa 0.32 cms x 2.54 cms	2	0.03	0.06
17	Tuerca R/O Inoxidable 0.48 cms	2	0.04	0.08
18	Pintura ACE Aluminio/Cromo	0.5 gal	14.00	14.00
19	Lija para Hierro Hermes Grand	3	0.50	1.50
20	Grasa Exxon Ronex Tubo de 14 oz.	1	1.60	1.60
21	Contrapesos	2	5.00	10.00
22	Mano de Obra: Soldador	--	120.00	120.00
23	Mano de Obra: Tornero	--	40.00	40.00
24	Motor y Caja de Engranajes marca Maxon	2	40.00	80.00
TOTAL				365.04

4.5.1 GRAFICA DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

Visualización gráfica de los costos involucrados en la construcción del prototipo de concentrador solar.²⁷



Gráfica 1. Costos Involucrados en la Construcción.

²⁷ Referirse a Gráfica 1 – Comparación de Costos Involucrados en la Construcción.

CAPITULO V

5.1 PARTE ELECTRÓNICA

5.1.1 DESCRIPCION GENERAL

La electrónica involucrada para el seguimiento del Sol se comprende de dos partes:

- 1) Hardware y
- 2) Software.

5.1.1.1 HARDWARE

El hardware utilizado en este proyecto de graduación abarca los siguientes dispositivos electrónicos:

- 1) Reloj Serial (Real-Time Clock) (CMOS).
- 2) Microcontrolador que consta de:**
 - a) CPU.
 - b) Memoria RAM/EEPROM.
 - c) Sistema de Puertos Extenso.
 - d) Sistema de Conversión Análogo/Digital.
 - e) Sistema de Temporización.
 - f) Sistema de Comunicaciones.
- 3) Tarjeta de evaluación CMD12-A4 que incluye el MCU 68HC12A4.
- 4) Fotorresistencias.
- 5) Controladores de motores tipo H (CMOS).
- 6) Interrupción manual.
- 7) Motores de engranaje DC.
- 8) Compuertas lógicas (CMOS).
- 9) Visualizador LCD (CMOS).

El reloj serial (RTC) es el encargado de enviarle los datos de hora y fecha utilizando el puerto SPI del microcontrolador.

El microcontrolador²⁸ a utilizar debe de incluir los siguientes subsistemas y funciones para controlar las variables que rigen el estado del prototipo de concentrador parabólico:

- Unidad central de procesamiento de datos (CPU) para ejecutar el programa que controla toda acción del prototipo.
- Sistema de memoria para almacenar el programa de control y variables.
- Sistema de puertos extenso para emitir y recibir señales digitales a los diferentes módulos de hardware.
- Sistema de conversión Análogo a Digital utilizado para transformar la variable física a un formato compatible con el lenguaje del CPU.
- Sistema de temporización utilizado para asignar señales de control precisas a los controladores de motores.
- Sistema de comunicaciones para programar el RTC.

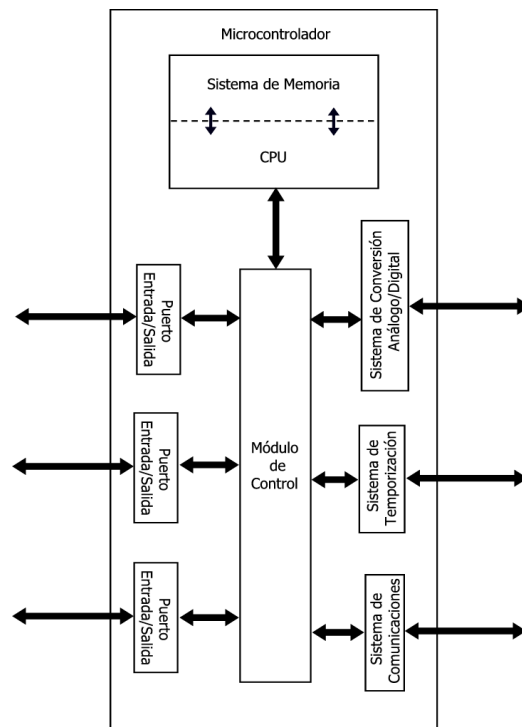


Figura 6. Esquema General del Microcontrolador necesario para controlar el Prototipo de Concentrador Parabólico.

²⁸ Referirse a Figura 6 - Esquema General del Microcontrolador necesario para controlar el Prototipo de Concentrador Parabólico. (Página siguiente).

Basándose en lo descrito anteriormente se opta por elegir la tarjeta de evaluación CMD12-A4²⁹, de la compañía Axiom Manufacturing, la cual contiene las siguientes características:

- 1 Puerto RS-232 SCI con conexión DB9 (COM-1).
- 1 Puerto RS232/485 SCI con conexión DB9 (COM-2).
- Soporte para conmutación automática de Bus 8 ó 16 Bits.
- Puerto de Interfase LCD (80 caracteres máx.).
- Puerto de Interfase para Keypad de 16 teclas.
- 1 Puerto SPI.
- Configuración E/S Flexible para maximizar su uso.
- 4 ranuras de 32 pines destinadas para memoria desde 32K hasta 2Mbytes ROM y 32K hasta 512Kbytes RAM. En este caso:
 - i. 2 memorias EEPROM 28256 de 32K cada una y
 - ii. 2 memorias RAM 62256 de 32K cada una.
- Puertos de expansión de Bus y señales de control.
- Oscilador de cristal de 16MHz y Bus de 8MHz.



Figura 7. Foto de Tarjeta CMD12-A4

El sistema descrito anteriormente está propiamente fabricado y configurado para soportar el MCU 68HC12A4 de Motorola.

Se opta por utilizar fotoresistencias (conocidas como fotoceldas) debido a que la variable física a medir es la intensidad de luz solar. Estas fotoresistencias se fabrican a base de Cadmium-Sulfide (CdS) ya que este material permite que su resistencia varíe dependiendo de la intensidad de luz que percibe. Para el prototipo de concentrador solar se emplean cinco fotoresistencias las cuales forman parte de circuitos divisores de voltaje encargados de proporcionar los voltajes adecuados al convertidor Análogo/Digital.

²⁹ Referirse a Figura 7. Foto de Tarjeta CMD12-A4. Archivo CMD12A4M.pdf, Archivo TOP.pdf y Archivo CMD12A4SCH.pdf.

Con respecto a los controladores de motor tipo H se usan para suministrar el nivel de voltaje y polaridad necesarios para el funcionamiento de los motores.

La interrupción manual es la encargada de posicionar el concentrador parabólico en su estado inicial y a la vez, anular toda operación lógica y secuencial ocasionada por cualquier tipo de falla, protegiendo de esa manera el hardware y software del prototipo.

Los motores de engranaje activan el eje de elevación y azimut del prototipo de concentrador parabólico. Debido a que las señales emitidas por el MCU 68HC12A4 son DC los motores se escogen tipo DC reversibles.³⁰

Las compuertas lógicas localizadas en las salidas del puerto T del MCU permiten la interpretación adecuada de las señales programadas.

El visualizador LCD despliega el estado real del sistema de control electrónico para su debida lectura y acción correctiva.

Basándose en los elementos mencionados en los párrafos anteriores se realiza un esquema general del hardware³⁰, de su programación³¹ y de su puesta en marcha.³²

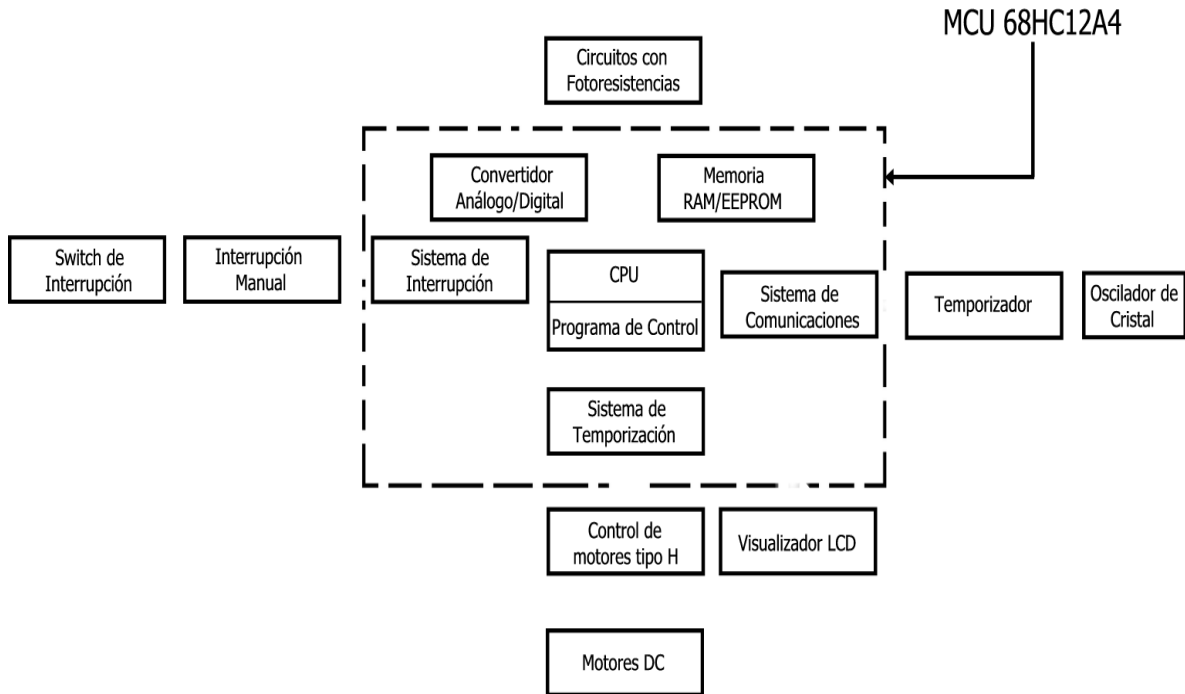


Figura 8. Esquema General Electrónico del Hardware.

³⁰ Referirse a Capítulo 4 - Parte Mecánica - Sección 4.2 - Párrafo 10.

³⁰ Referirse a Figura 8 – Esquema General Electrónico de Hardware.

³¹ Referirse a Figura 9 – Esquema General de Programación. (Página siguiente).

³² Referirse a Figura 10 – Esquema General de Puesta en Marcha. (Página siguiente).

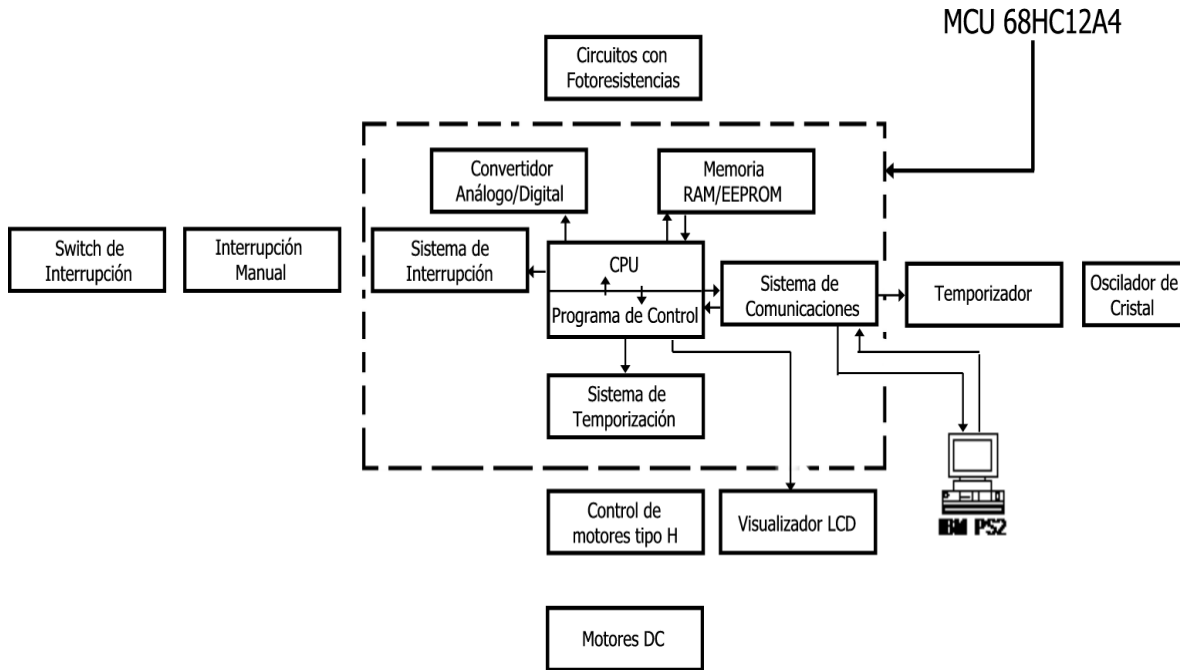


Figura 9. Esquema General de Programación.

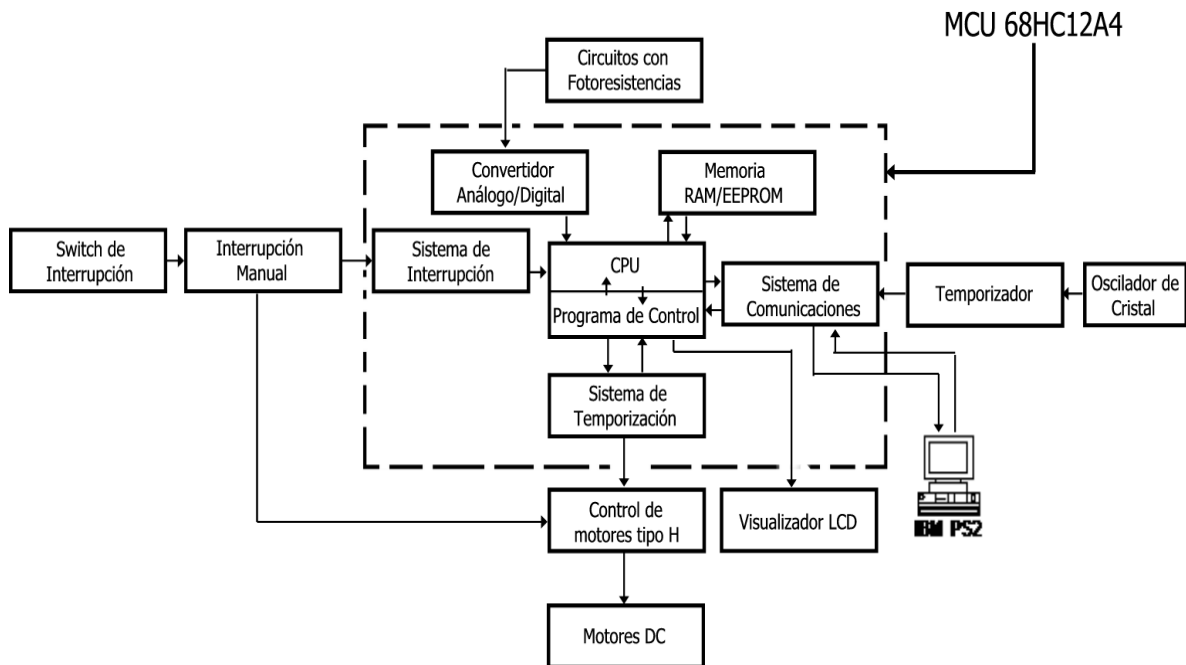


Figura 10. Esquema General de Puesta en Marcha.

5.1.1.2 SOFTWARE

El software utilizado en este proyecto de graduación consta de tres programas principales:

- WIN-IDE Development Environment.
- D-BUG12.
- Programa de aplicación.

WIN-IDE® es un programa hecho entorno a Windows 98®, se utiliza para desarrollar, compilar, explicar y simular los diferentes módulos que conforman el programa de aplicaciones final.

El segundo programa D-BUG12® es el sistema operativo, incluido en la tarjeta de evaluación CMD12-A4, que se usa para cargar, comprobar y correr los distintos módulos incluidos dentro del programa de aplicaciones por medio de comandos especiales.

Finalmente el programa de aplicaciones se basa en un esquema de control automático³³ el cual muestra al MCU 68HC12A4 recibiendo variaciones de voltaje resultado de la intensidad de luz solar. Estas variaciones se comparan con un valor umbral para elegir el método de seguimiento a utilizar (primario o secundario) para enviar pulsos a los motores DC pudiendo el sistema de esta manera reconocer donde se encuentra posicionado el concentrador solar por medio de la cantidad de pulsos que se han enviado a los motores de 8:00 a 16:00.

Refiriéndose a los dos métodos utilizados por el MCU 68HC12A4 para el seguimiento del Sol estos son los siguientes:

- Método Activo para el Seguimiento Solar (primario).
- Método Programado para el Seguimiento Solar (secundario),

activándose el primario cuando el valor hexadecimal de intensidad de luz es mayor que el umbral establecido y el secundario cuando este valor es menor lo que lo convierte en un sistema de respaldo. El umbral (TH) establecido es de $3.02 V_{DC}$ (\$9A) en el divisor 5 (SIS).

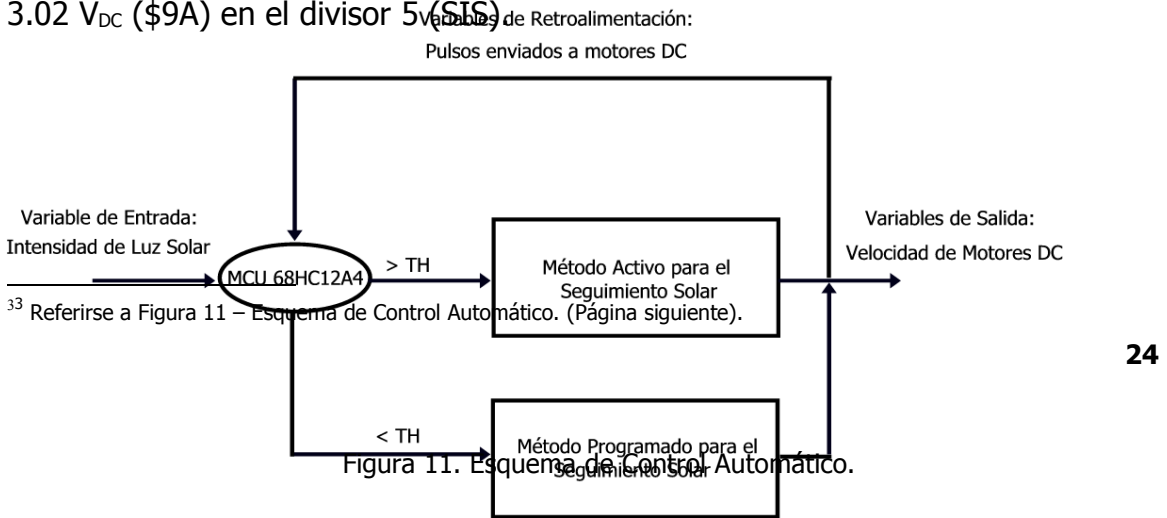


Figura 11. Esquema de Control Automático.

El Método Activo para el Seguimiento Solar se basa en los niveles de voltaje que proveen los divisores SE1 y SE2 para elevación y SA1 y SA2 para azimut. Cuando la diferencia de voltajes es mayor que DT_E en los divisores de elevación ó DT_A en los divisores de azimut, el programa le indica al prototipo que tiene que desplazarse, con el fin de captar la máxima intensidad de luz solar durante el transcurso del día y año. Como este método es el que verdaderamente busca la intensidad solar, es el encargado de crear el desplazamiento necesario en el eje de azimut del concentrador solar dependiendo del mes actual.

El Método Programado para el Seguimiento Solar se programa para un desplazamiento angular (ϕ_1) de 15.0° en el eje de elevación no afectando el eje de azimut. Si el valor provisto por SIS se vuelve mayor a TH, el programa activa nuevamente el Método Activo después del tiempo establecido.

No importando el método que se ocupe, se hace una actualización del estado del sistema enviando esta información tanto al visualizador LCD como a pantalla, que en el caso de una o varias plantas se monitorearía en un centro de control. Toda esta actividad se ejecuta desde las 8:00 hasta las 16:00. Al llegar el RTC a las 16:00 se le indica al MCU que después de 1 Hora debe de regresar el prototipo y sus variables que lo controlan a su estado inicial. Después de efectuar esta operación, el RTC continua funcionando hasta que sean las 24 horas con el propósito de cambiar la fecha y esperar las 08:00 para realizar nuevamente el mismo proceso.

El programa de aplicación incluye un control manual, cuya función es de desactivar el sistema para llevar a cabo programas de mantenimiento o efectuar reparaciones cuando surgen problemas técnicos.

Se elabora el diagrama de flujo³⁴ con el cual se explica el proceso que conlleva el control por parte del programa de aplicación.

³⁴ Referirse a Figura 12 – Diagrama de Flujo de Programa de Aplicación.

5.2 MODULOS ESPECIFICOS DE HARDWARE

5.2.1 MICROCONTROLADOR 68HC12A4

El MCU 68HC12A4³⁵ es el “cerebro” del sistema de control de seguimiento solar ya que además de tener una gama de funciones adicionales que lo hacen atractivo para aplicaciones remotas posee las siguientes características y subsistemas:

- CPU de 16-bits con una velocidad de procesamiento alta para manipular información, instrucciones y operaciones lógicas.
- Memoria RAM que es utilizada durante el desarrollo y ejecución del programa de aplicación. Al tener lista la versión final del programa se puede trasladar a EEPROM para que se almacene permanentemente o hasta que se haga una actualización del programa de aplicación.
- Operación de bajo consumo de potencia, ya que el MCU 68HC12A4 utiliza tecnología CMOS la cual se caracteriza por esta singularidad.
- Biblioteca extensa de funciones matemáticas.
- Sistema de interrupciones.
- Sistema de temporización utilizado para emitir señales de control precisas hacia los motores de engranajes DC.
- Convertidor Análogo/Digital (ADC) encargado de transformar la variable física, en este caso los niveles de voltaje enviados por los circuitos divisores, a una representación binaria compatible con el MCU para su debida interpretación por parte del programa de aplicación.
- Sistema de comunicaciones SPI donde va conectado el RTC.
- Doce puertos Bidireccionales de Entrada/Salida (I/O) que le permiten al MCU recibir y enviar un gran número de señales digitales.

5.2.1.1 CONVERTIDOR ANÁLOGO A DIGITAL

La función del subsistema A/D es la de convertir las intensidades de luz solar a datos binarios. Este conlleva la utilización de dos pines de referencia llamados V_{RH} y V_{RL} para su voltaje máximo ($5V_{DC}$) y voltaje mínimo ($0 V_{DC}$) respectivamente. Si el voltaje medido en uno de los cinco canales utilizados se aproxima a V_{RH} , en otras palabras “Intensidad de Luz Alta”, el valor que tendrá el canal estará cercano a \$FF y si es cercano a V_{RL} , significando “Intensidad de Luz

³⁵ Referirse a Archivo 68HC812A4.pdf, Archivo CPU12_RM.pdf y Archivo CPU12_RG.pdf.

Baja”, entonces su valor será aproximadamente \$00. Cada canal tiene una resolución de 19.53 mV lo que lo hace ideal para los rangos de voltaje con los que se trabaja.

Para que funcione, se deben de programar o hacer una lectura de los registros asignados, de los cuales cabe mencionar:

- Registro de Control ATD 2 (ATDCTL2).
- Registro de Control ATD 5 (ATDCTL5).
- Registro de Estado ATD (ATDSTAT1).
- Registro de Estado ATD (ATDSTAT2).
- Registros de Resultados:
 - a) Canal 0 (ADR0H) asignado a SE1.
 - b) Canal 1 (ADR1H) asignado a SE2.
 - c) Canal 2 (ADR2H) asignado a SA1.
 - d) Canal 3 (ADR3H) asignado a SA2.
 - e) Canal 4 (ADR4H) asignado a SIS.

5.2.1.2 SISTEMA DE TEMPORIZACIÓN

La información para la temporización utilizada por los canales de Output Compare se deriva de un contador continuo de 16-bits el cual inicia su conteo desde \$0000 hasta \$FFFF y comienza nuevamente desde \$0000 activándose de esa manera la bandera TOF. El subsistema de temporización está equipado con ocho canales individuales de 16-bit con una doble función cada uno, en este caso pertenecientes al sistema Output Compare, empleados para crear las señales digitales enviadas a los controladores de motores tipo H utilizando OC5, OC3 junto con OC1 que van a las entradas PHASE, BRAKE y ENABLE respectivamente del controlador de motor de elevación y OC4, OC2 junto con OC0 dirigidas hacia las mismas entradas pero del controlador de motor de azimut.

Se emplea el sistema que viene diseñado para OC7 con el fin de crear las señales digitales y al mismo tiempo se hace un conteo de la cantidad de pulsos que se han enviado al motor de elevación.

Se debe tener en mente que el tiempo de activación de los motores para los dos métodos es mayor que el tiempo de conteo, siendo en este caso de 8.192ms, por lo que es necesario tener un registro de las veces en que la bandera TOF ha sido activada.

El Duty Cycle de la señal que va dirigida a la entrada ENABLE de los controladores de motores es del 2.0%, pero estos la invierten ya que se activan cuando ENABLE se encuentra en un estado bajo produciéndose de esta manera

una señal dirigida hacia las terminales de cada motor del 98%. En cuanto al tiempo de activación del motor de elevación este no varía durante el transcurso del año, variando únicamente el tiempo de activación del motor de azimut el cual depende del mes actual.³¹

Cabe mencionar los registros de control y lectura utilizados para el funcionamiento correcto del sistema de temporización los cuales son los siguientes:

- Registro de Control para Sistema de Temporización (TSCR).
- Registro de Contador Continuo (TCNT).
- Registro IC/OC (TIOS).
- Registro para Interrupciones de Temporizador (TMSK1).
- Registro para Interrupciones de Temporizador (TMSK2).
- Registro de Control (TCTL1).
- Registro de Control (TCTL2).
- Registro para Máscaras de Canal OC7 (OC7M).
- Registro para Datos de Canal OC7 (OC7D).
- Registro para Banderas de Interrupción 1 (TFLG1).
- Registro para Banderas de Interrupción 2 (TFLG2).
- Registro de Canal IC/OC 0 (TC0).
- Registro de Canal IC/OC 1 (TC1).
- Registro de Canal IC/OC 2 (TC2).
- Registro de Canal IC/OC 3 (TC3).
- Registro de Canal IC/OC 2 (TC4).
- Registro de Canal IC/OC 3 (TC5).
- Registro de Canal IC/OC 7 (TC7).

5.2.1.3 SISTEMA DE COMUNICACIONES SPI

El sistema SPI es la comunicación serial síncrona utilizada por el MCU para enviar y recibir datos de hora y fecha al reloj serial DS1305. Este conlleva la utilización de 4 pines, que forman parte del puerto S del MCU, los cuales se describen a continuación:

- MISO "Master In Slave Out" (PS4): es la línea de datos que va desde el componente esclavo hacia el componente maestro.
- MOSI "Master Out Slave In" (PS5): es la línea de datos que va desde el componente maestro hacia el componente esclavo.

³¹ Referirse a Anexos – Cálculo de Duty Cycle y Tiempo de Activación de Motores de Engranajes DC.

- SCK "Serial Shift Clock" (PS6): es el reloj que establece la sincronización entre el maestro y esclavo. Por cada ciclo de reloj, se transfiere un bit desde el maestro al esclavo o viceversa.
- SS "Slave Select" (PS7): la configuración de este pin determina si el MCU es utilizado como maestro o esclavo.

Los registros de control y lectura utilizados para establecer una comunicación entre el MCU y el reloj se mencionan a continuación:

- Registro de Control SPI 1 (SP0CR1).
- Registro de Control SPI 2 (SP0CR2).
- Registro de Tasa de Baudios (SP0BR).
- Registro de Estado SPI (SP0SR).
- Registro de Datos SPI (SP0DR).
- Registro de Datos de Puerto S (PORTS).
- Registro de Dirección de Datos de Puerto S (DDRS).

5.2.2 DS1305 RELOJ SERIAL (RTC)

El reloj serial DS1305³⁷, fabricado por MAXIM SEMICONDUCTORS, tiene la función de proveerle datos de hora y fecha al MCU; posee las siguientes características principales:

- Cuenta segundos, minutos, horas, día de mes, mes, año normal y bisiesto hasta el 2100.
- 96 bytes de NV-RAM para almacenar datos.
- Dos alarmas diarias.
- Compatible con puerto SPI™ de Motorola.
- Pines para fuentes de voltaje primario, secundario y batería.
- Operación desde 2.0V hasta 5.5V.

Hay que tener cuidado en que se debe de activar el bit CPHA del registro SP0CR1 y también en que las direcciones y bits son transferidos al ISR (Input Shift Register) del RTC en grupos de ocho; comenzando desde el bit más significativo. Por lo tanto cuando se realiza una escritura, se debe de poner CE en alto y transmitir primero el byte de dirección seguido por el byte de configuración. Al realizar una lectura, se sigue el mismo procedimiento reemplazando el byte de configuración por un byte de desplazamiento (\$FF) con el fin de obtener los datos en el ISR del MCU.

³⁷ Referirse a Figura 13. Diagrama de Configuración de RTC DS1305 (Página siguiente) y Archivo DS1305.pdf.

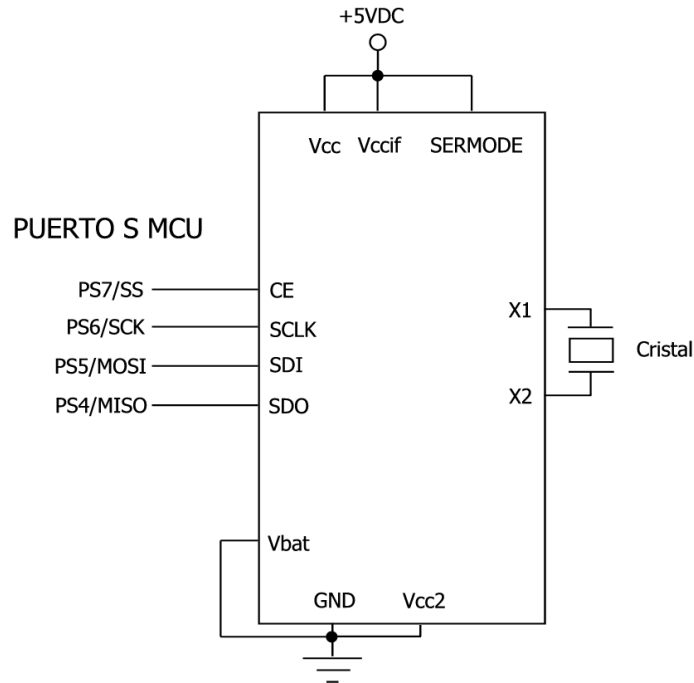


Figura 13. Diagrama de Configuración de RTC DS1305.

Descripción de pines utilizados:

- V_{cc1} = Fuente de voltaje primaria.
- V_{cc2} = Fuente de voltaje secundaria.
- V_{ccif} = Nivel de voltaje para lógica.
- GND = Tierra.
- X_1, X_2 = Conexión para cristal a 32,768 KHz de 6pF típico.
- SDI = Entrada de datos serial SPI.
- SDO = Salida de datos serial SPI.
- CE = Habilitador de integrado el cual se debe de mantener en alto durante una lectura o escritura.
- SERMODE = Modo de interfase serial. Cuando este se conecta a Vcc el modo SPI es seleccionado.
- SCLK = Reloj de sincronización para inicializar y terminar una comunicación SPI.

5.2.3 ECS-3X8 OSCILADOR DE CRISTAL CON FRECUENCIA DE 32,768KHz

El oscilador de cristal³⁸, fabricado por la compañía ECS, se conecta entre los pines X1, X2 del RTC y conlleva las características siguientes:

- Capacitancia de 12.5 pF.
- Tolerancia de Frecuencia a ± 20 ppm.
- ESR de 35 K Ω .

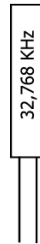
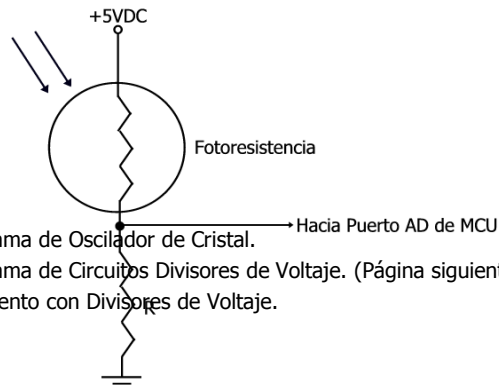


Figura 14. Diagrama de Oscilador de Cristal ECS-3X8.

5.2.4 CIRCUITOS DIVISORES DE VOLTAJE

Los circuitos divisores³⁹ se componen de cinco fotoresistencias con valores de 1.0 M Ω y cinco resistencias con valores de 2.2 K Ω conectadas a una fuente de voltaje de 5V_{DC}. Al efectuar pruebas de campo³² los valores de voltaje fueron de 5.35 V_{DC} cuando están en pleno Sol y 4.95 V_{DC} en sombra colocando estos valores fuera del rango del ADC del MCU por lo tanto se emplean 4 filtros de 20% de oscuridad c/u con el propósito de bajar este rango a valores aceptables.



³⁸ Referirse a Figura 14 – Diagrama de Oscilador de Cristal.

³⁹ Referirse a Figura 15 – Diagrama de Circuitos Divisores de Voltaje. (Página siguiente)

³² Referirse a Anexos – Experimento con Divisores de Voltaje.

Figura 15. Diagrama de Circuitos Divisores de Voltaje.

5.2.5 A3952SB CONTROLADORES DE MOTORES TIPO H

Los controladores que utilizan la configuración tipo H³³, fabricados por Allegro MicroSystems, son los más adecuados para manejar los motores de engranajes DC utilizados en este proyecto ya que poseen las siguientes características:

- Operan con valores de voltaje de hasta 50V_{DC}.
- Suministra valores de corriente de hasta 2.0A en operación continua.
- Entradas de control compatibles con tecnología CMOS.
- Diodos de protección internos.
- Protección de corto circuito.
- Apagado térmico a 170°C de temperatura.

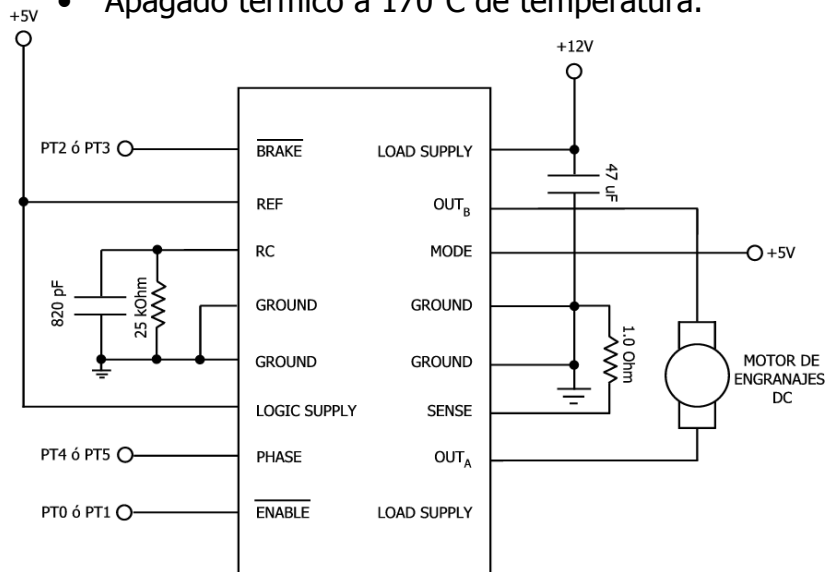


Figura 16. Diagrama de Configuración de A3952SB.

Descripción de pines utilizados:

- **ENABLE:** Entrada para señal PWM proveniente de PT0 ó PT1.

³³ Referirse a Figura 17. Diagrama de Configuración de A3952SB y Archivo 3952.pdf

- PHASE: Entrada para señal de control de dirección proveniente de PT4 ó PT5.
- BRAKE: Entrada para señal de frenado proveniente de PT2 ó PT3.
- LOGIC SUPPLY: Valor de nivel lógico de las señales enviadas a las entradas de los controladores de motores.
- RC: Pin de conexión para el capacitor y resistencia externa, la cual determina el tiempo en bajo en que se deshabilita los controladores de motores.
- LOAD SUPPLY: Valor de nivel de voltaje con los que se operan los motores de engranaje DC.
- OUT_A: Salida de señal PWM hacia terminales de motores de engranaje DC.
- OUT_B: Salida de señal PWM hacia terminales de motores de engranaje DC.
- SENSE: Pin para conectar resistencia sensora de corriente.
- REF: Voltaje de referencia.
- MODE: Modo para Fast o Slow Current Decay.

La Tabla 2 muestra el estado de los pines de salida en referencia a los pines de control.³⁴

BRAKE	ENABLE	PHASE	MODE	OUT _A	OUT _B	Descripción
H	H	X	H	Z	Z	Sleep Mode
H	H	X	L	Z	Z	Standby
H	L	H	H	H	L	Forward, Fast Decay Mode
H	L	H	L	H	L	Forward, Slow Decay Mode
H	L	L	H	L	H	Reverse, Fast Decay Mode
H	L	L	L	L	H	Reverse, Slow Decay Mode
L	X	X	H	L	L	Brake, Fast Decay Mode
L	X	X	L	L	L	Brake, No Current Control

Tabla 2. Tabla de Verdad de Controlador Tipo H.

Donde:

- H = Alto.
- L = Bajo.
- X = Irrelevante.
- Z = Alta Impedancia.

³⁴ Referirse a Tabla 2. Tabla de Verdad de Controlador Tipo H.

5.2.6 DMC – 20434 VISUALIZADOR LCD

El visualizador LCD, fabricado por OPTREX y conectado al puerto D³⁵ del MCU, despliega la información sobre el estado del sistema. Debido a los requerimientos en velocidad del bus para el LCD las direcciones de escritura de comandos y datos son \$03F0 y \$03F1 respectivamente y para lectura son \$03F2 para comandos y \$03F3 para datos.

+5VDC	2	1	GND
MA0	4	3	Vee
LCDCS	6	5	MA1
D9	8	7	D8
D11	10	9	D10
D13	12	11	D12
D14	14	13	D14

Figura 17. Conector de LCD DMC - 20434.

5.2.7 INTERRUPCION MANUAL

El control manual³⁶ consiste de varias resistencias, un interruptor DIP de 8 switches y compuertas lógicas OR que se utilizan para emitir las señales adecuadas que van a las entradas de control ENABLE y PHASE de los controladores de motores tipo H.

³⁵ Referirse a Figura 17 – Conector de LCD DMC – 20434.

³⁶ Referirse a Figura 18 – Switches para el Control Manual (Página siguiente).

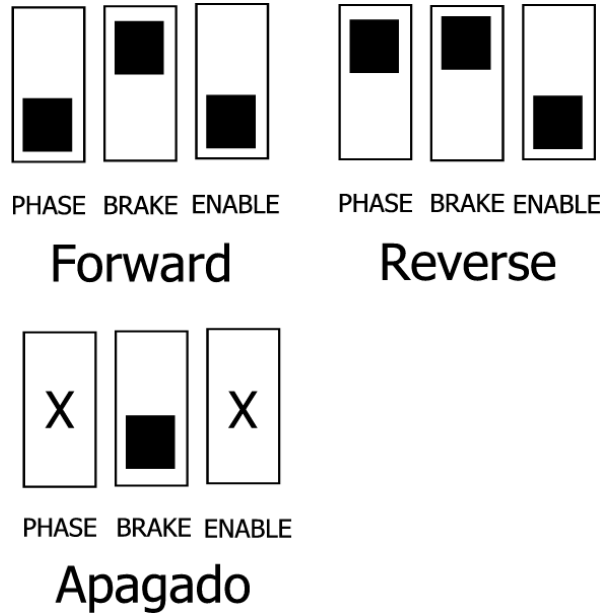


Figura 18. Switches para el Control Manual.

5.3 MODULOS ESPECIFICOS DE SOFTWARE

Los módulos específicos de software son los siguientes:

5.3.1 SUBROUTINA INIT⁴⁶

Subrutina empleada para inicializar LCD, subsistemas de MCU, Oscilador de RTC, desplegar mensajes de inicio e ingreso de hora y fecha.

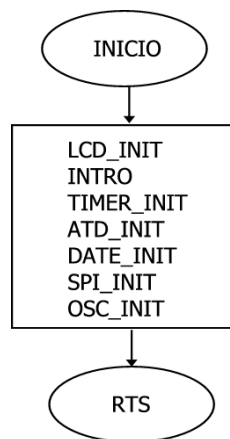


Figura 19. Subrutina INIT.

⁴⁶ Referirse a Figura 19. Subrutina INIT.

5.3.2 SUBROUTINA DATE_INIT⁴⁷

Subrutina empleada para ingresar datos de Hora y Fecha, luego adaptarlos a un formato compatible con RTC y preguntar si están correctos.

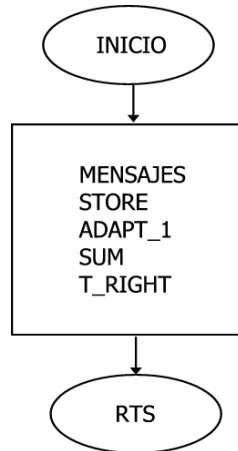


Figura 20. Subrutina DATE_INIT.

5.3.3 SUBROUTINA TME_INIT

Subrutina empleada para asignar el tiempo de activación del motor de engranajes DC de azimut según el mes.

5.3.4 SUBROUTINA DES_METHOD⁴⁸

Subrutina empleada para leer valores de intensidad solar provista por divisor de voltaje SIS, comparar con TH y a partir de este valor desplegar mensaje respectivo en pantalla y LCD y a la vez elegir el Método de Seguimiento a utilizar.

⁴⁷ Referirse a Figura 20. Subrutina DATE_INIT.

⁴⁸ Referirse a Figura 21. Subrutina DES_METHOD.

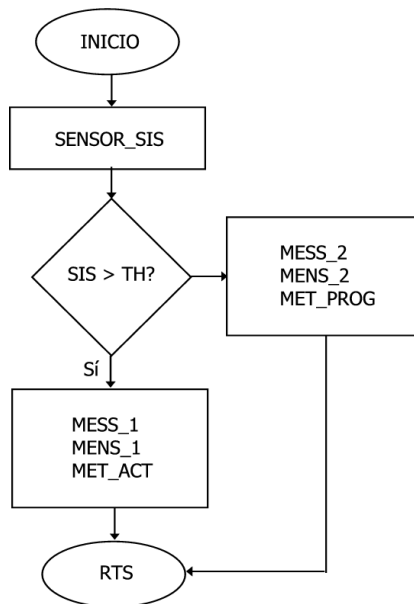


Figura 21. Subrutina DES_METHOD.

5.3.5 MET_ACT⁴⁹

Subrutina para leer valores de divisores SE1, SE2, SA1, y SA2, luego realiza comparación si son pasadas las 13:00. Si la respuesta es no llamar subrutina SENSORS_ELE de lo contrario llamar subrutina SENSORS_ELE_2. Luego leer dato de MES y comparar si es mayor o igual que Junio. Si respuesta es no llamar subrutina SENSORS_AZI de lo contrario llamar SENSORS_AZI_2.

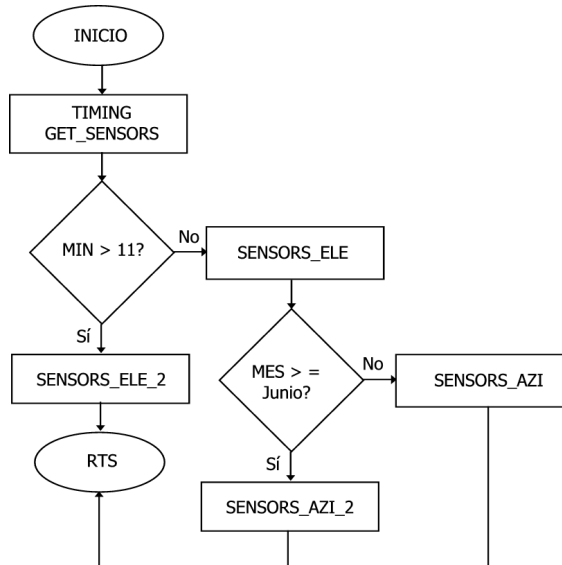


Figura 22. Subrutina MET_ACT.

⁴⁹ Referirse a Figura 22. Subrutina MET_ACT.

5.3.6 SUBROUTINA MET_PROG

Subrutina empleada para esperar dos minutos siempre que valor de SIS < TH.

5.3.7 SUBROUTINA RETURN

Subrutina empleada para regresar el concentrador para seguir al Sol en la tarde según sea el mes del año.

5.3.8 SUBROUTINA INIT_ST

Subrutina empleada para regresar el concentrador a estado inicial después de las 17:00.

5.3.9 SUBROUTINA TIMING⁵⁰

Subrutina empleada en casi todo el Programa de Aplicaciones con el objetivo de leer datos de RTC, adaptarlos a formato ASCII y luego enviarlos a visualizador LCD.

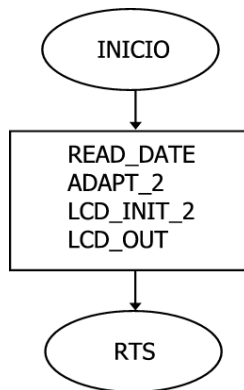


Figura 23. Subrutina TIMING.

5.4 PROGRAMACIÓN Y PRUEBAS

Con el fin de tener un conocimiento mejor del comportamiento de los circuitos divisores con respecto a la posición del Sol entre las 08:00 y 16:00 se realizan tres experimentos³⁷ con los divisores de voltaje en cada una de las direcciones de posicionamiento del prototipo (Este, Cenit y Oeste), el cual

⁵⁰ Referirse a Figura 23. Subrutina TIMING.

³⁷ Referirse a Anexos – Experimento con Divisores de Voltaje.

involucra el uso de un osciloscopio, fuente regulada de voltaje DC, breadboards, soportes, filtros y tubos de PVC. Al completarse los experimentos, se llega a la conclusión de que el movimiento del prototipo de concentrador solar no es continuo sino que solo será de aproximadamente tres veces al día ya que su tamaño no es grande por lo que las variaciones entre los divisores son mínimas.

Refiriéndose a la velocidad y tiempo de activación que tendrá cada motor de engranajes DC se hacen pruebas utilizando un generador de frecuencias que emite una señal DC de 5 Vp-p a una frecuencia de oscilación de 122 Hz, dirigida a la entrada ENABLE de los controladores de motores tipo H, variándole su Duty Cycle para llegar a una velocidad y tiempo de activación ideal de seguimiento tanto para el motor de engranajes DC de elevación como el de azimut.

En cuanto a la programación, esta se realiza por partes y de la siguiente forma:

- Se hace un programa que involucra los circuitos divisores de voltaje y el subsistema ATD del MCU.
- Se elabora un programa que abarca el reloj serial, el subsistema SPI del MCU y el visualizador LCD.
- Se crea un programa que involucra el subsistema de temporización del MCU y controladores de motores tipo H.
- Se hacen programas de ayuda para el despliegue de mensajes en pantalla, subrutinas, declaración y manipulación de variables.

Los programas realizados se prueban minuciosamente ocupando equipo de laboratorio como osciloscopio y multímetro digital, dando resultados positivos y satisfactorios para llegar a elaborar el programa de aplicación.

El programa de aplicaciones se diseña haciéndolo un simulador para reducir el tiempo de 9 horas de captación solar en 18 minutos, reduciendo de esta manera el tiempo real de trabajo del prototipo de concentrador parabólico, mas 2 minutos para actualizar fecha. Las horas y acciones se simulan de la siguiente manera:

Hora Real	Minuto	Método Activo	Método Programado
08:00	00	Hacer cambio en intensidad solar manualmente y moverse Automáticamente	Moverse Automáticamente
09:00	02	Hacer cambio en intensidad solar manualmente y moverse Automáticamente	Moverse Automáticamente
10:00	04	Hacer cambio en intensidad solar manualmente y moverse Automáticamente	Moverse Automáticamente

11:00	06	Hacer cambio en intensidad solar manualmente y moverse Automáticamente	Moverse Automáticamente
12:00	08	Hacer cambio en intensidad solar manualmente y moverse Automáticamente	Moverse Automáticamente
13:00	10	Hacer cambio en intensidad solar manualmente y moverse Automáticamente	Moverse Automáticamente
14:00	12	Hacer cambio en intensidad solar manualmente y moverse Automáticamente	Moverse Automáticamente
15:00	14	Hacer cambio en intensidad solar manualmente y moverse Automáticamente	Moverse Automáticamente
16:00	16	Hacer cambio en intensidad solar manualmente y moverse Automáticamente	Moverse Automáticamente
17:00	18	Regresar a Estado Inicial Automáticamente	Regresar a Estado Inicial Automáticamente
24:00	20	Actualizar Fecha y Esperar 08:00	Actualizar Fecha y Esperar 08:00

Al estar lista la primera versión del programa de aplicaciones, se realizan pruebas junto con el prototipo para observar errores en la programación y se obtienen los siguientes resultados:

- Surgen problemas en el despliegue de mensajes en visualizador LCD, pero estos se resuelven agregándole comandos de clra o clrb según sea necesario.
- Al probar el motor de elevación y azimut con un Duty Cycle de 90% se activan pero cuesta que muevan al prototipo de concentrador solar en sus respectivos ejes en ciertas posiciones, por lo que se elige aumentarle el DC a 98% a la señal que va a la entrada ENABLE de cada controlador de motor.
- El tiempo de activación de cada motor debe de aumentarse debido a que no es suficiente el tiempo calculado teóricamente.
- El nivel de voltaje que emite el regulador de voltaje DC es de 10.5 V en la salida de 12 V_{DC} por lo que se cambia por uno que emita realmente los 12 V_{DC} deseados que van en la entrada LOAD SUPPLY de los controladores de motores.
- Los resultados reflejan una alta sensibilidad por parte de los divisores por lo que se tuvieron que calibrar para que el concentrador se comporte dentro de los tiempos simulados.

5.5 LISTA DE MATERIALES Y EQUIPO

La lista de materiales utilizados en esta parte del proyecto son los siguientes:

HARDWARE

- 1 Tarjeta CMD12-A4 fabricada por Axiom Manufacturing.
- 1 Transformador de voltaje de 120 V_{AC} a 9 V_{DC}.
- 1 Visualizador LCD DMC – 20434, fabricado por OPTREX.
- 1 Reloj Serial DS1305 fabricado por Maxim Semiconductors.
- 2 Controladores de Motores A3952SB tipo H fabricados por Allegro MicroSystems.
- 1 Oscilador de cristal ECS-3X8 fabricado por la compañía ECS.
- 1 Fuente regulada de voltaje DC fabricada por Extech.
- 5 Fococeldas de 1 M Ω .
- 5 Resistencias de 2.2 k Ω .
- 6 Bases para integrados de 16 pines.
- Alambre Telefónico.
- 7 Resistencias de 10 k Ω .
- 1 DIP Switch de 8.
- 2 Circuitos Integrados de 4 compuertas OR modelos NTE 74HC32.
- 2 Capacitores de 47 μ F.
- 2 Capacitores de 820 pF.
- 2 Resistencias de 1.0 Ω .
- 2 Resistencias de 22.0 k Ω .
- 3 Cables conectores.
- 25 Filminas de 20% de Oscuridad.
- 1 BreadBoard.
- 1 Computadora IBM/PS2 Compatible.

SOFTWARE

- WIN-IDE Development Environment para Windows 98® fabricado por P&E Microcomputer Systems.
- D-BUG12 fabricado por Motorola Corporation.

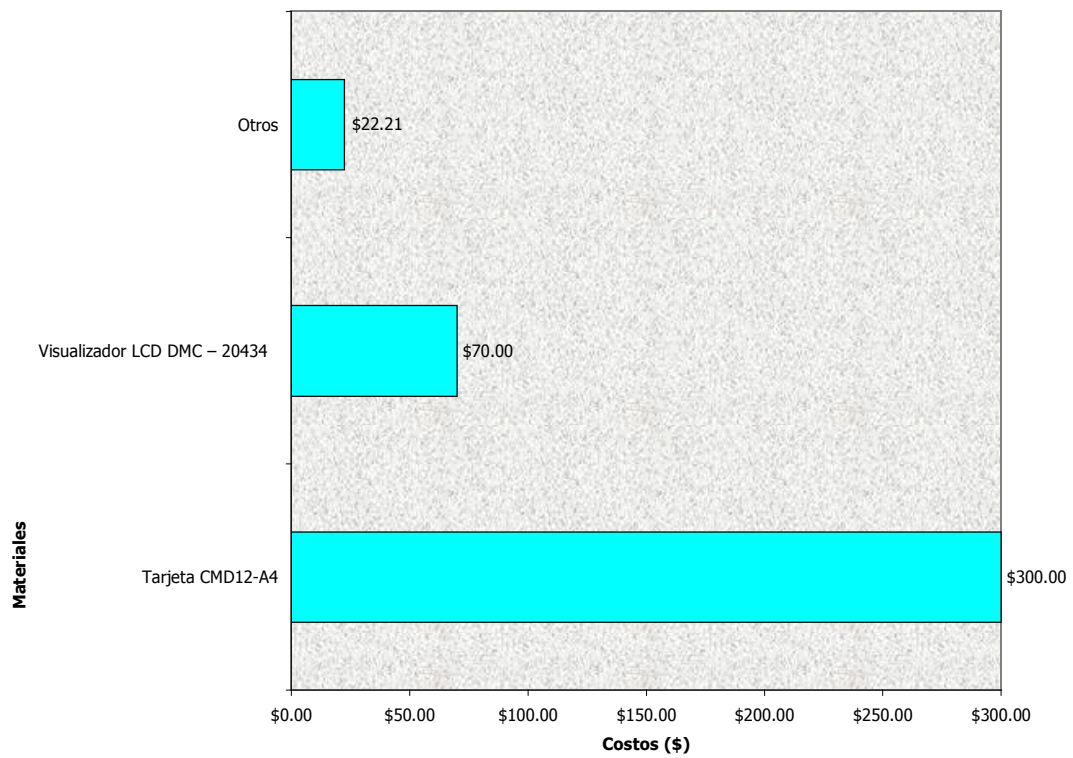
5.6 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

No.	Descripción	Cant.	Costo (\$)	Costo Total (\$)
1	Tarjeta CMD12-A4	1	300.00	300.00
2	Visualizador LCD DMC – 20434	1	70.00	70.00
3	Controladores de Motores A3952SB	2	N/A	N/A
4	Reloj RTC DS1305	1	N/A	N/A
5	Cables de Conexión	3	N/A	N/A
6	DIP Switch de 8	1	2.00	2.00
7	Compuertas OR NTE 74HC32	2	0.90	1.80
8	Fotoresistencias de 1 M Ω	5	0.56	2.80
9	Resistencias de 1/2 W de 2.2 k Ω	5	0.30	1.50
10	Oscilador de Cristal ECS-3X8	1	0.55	0.55
11	Resistencias de 1/2 W de 22.0 k Ω	2	0.11	0.22
12	Resistencias de 1/2 W 10.0 k Ω	7	0.11	0.77
12	Capacitores de 820 pF	2	0.20	0.40
13	Capacitores de 47 μ F	2	0.35	0.70
14	Resistencias de 1/2 W de 1.0 Ω	2	0.11	0.22
15	Tubos de PVC Blancos	5	0.69	3.45
16	Filmina de 20% de Oscuridad	25	0.10	2.50
17	Clips para Batería de 3.175 cms	4	1.30	1.30
18	Cable de cobre UTP CAT-5 de 457.2 cms	1	0.50	2.50
19	Bases para Integrados de 16 pines	5	0.30	1.50
20	WIN-IDE Development Environment	1	N/A	N/A

5.6.1 GRAFICA DE COSTOS DE CONTRUCCION

Visualización gráfica de los costos involucrados en la construcción de la etapa de control del prototipo de concentrador parabólico.³⁸

³⁸ Referirse a Grafica 2. Comparación de Costos Involucrados en la Construcción. (Página Siguiente)



Gráfica 2. Comparación de Costos Involucrados en la Construcción.

RECOMENDACIONES

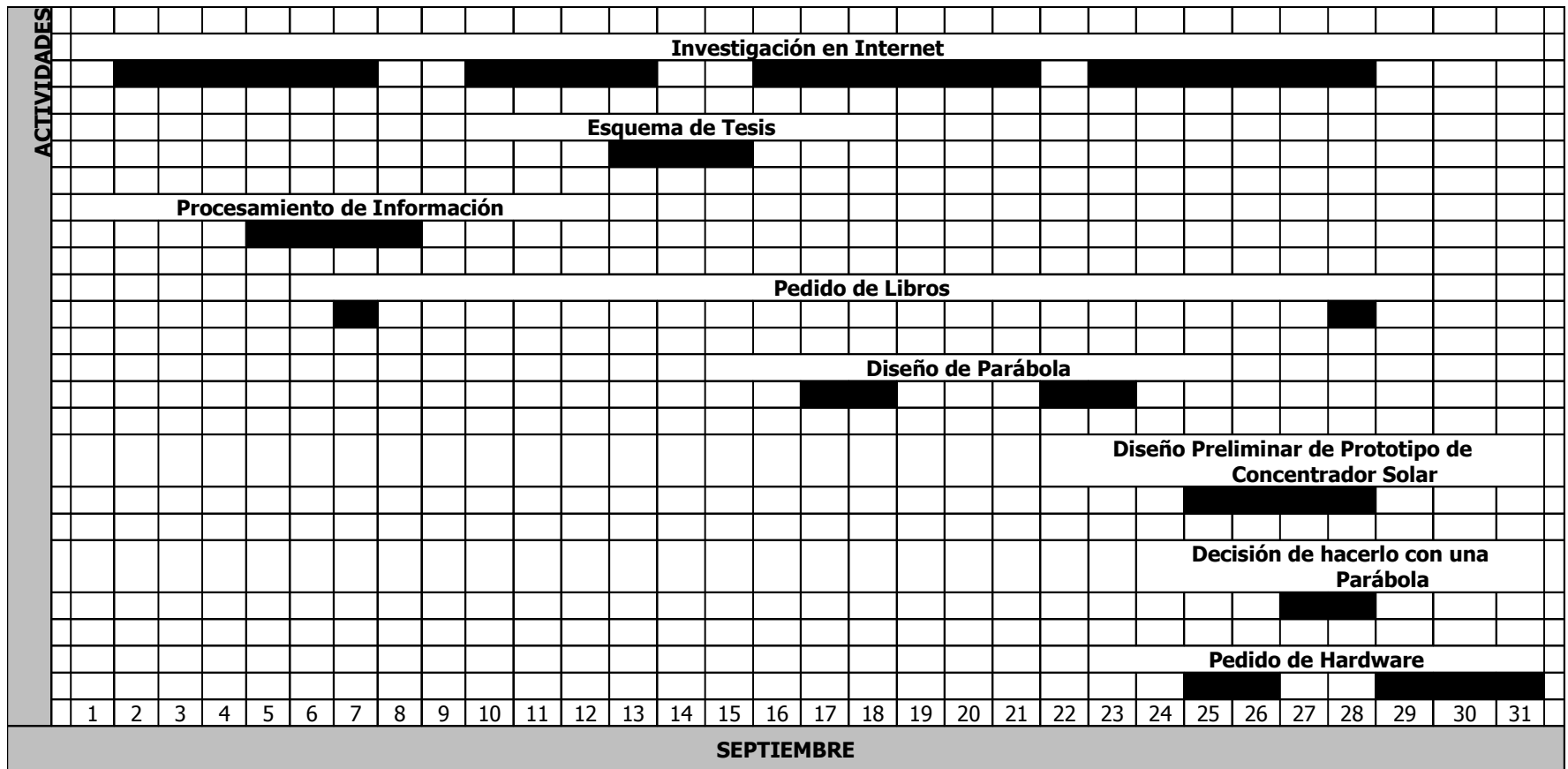
Las recomendaciones para adaptar el control de seguimiento para un concentrador real son las siguientes:

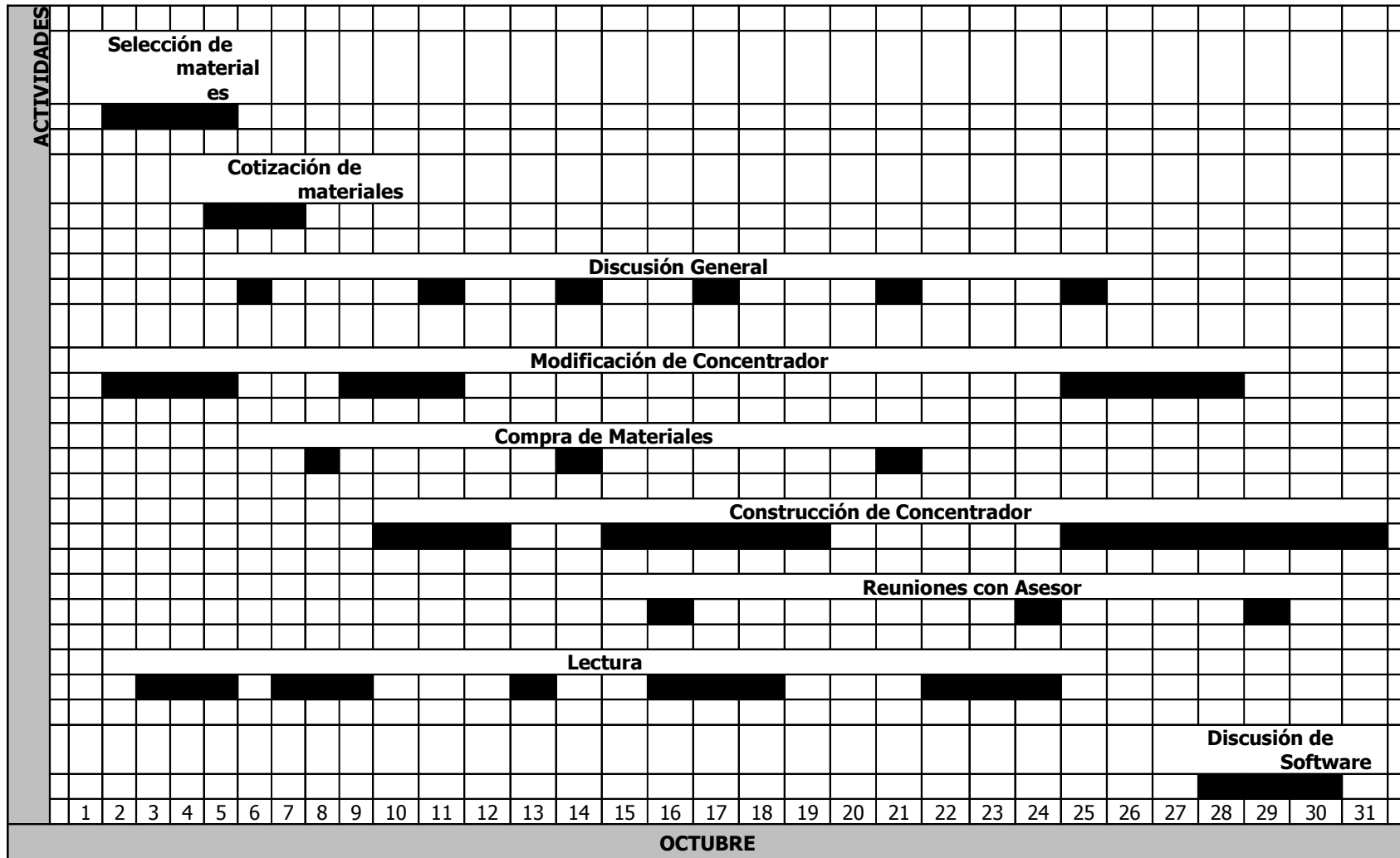
- Expandir la capacidad de memoria tanto de RAM como de EEPROM para desarrollar programas de mucha mayor complejidad y más completos.
- Emplear un Duty Cycle y un tiempo de activación de los motores bajo para obtener un seguimiento lo más preciso posible.
- Utilizar convertidores ADC con una mejor resolución de bits.
- Emplear un visualizador LCD capaz de desplegar más información en su pantalla.
- Utilizar bancos de divisores ópticos con el fin de dar un promedio en las obtenciones de intensidad de luz solar.
- Utilizar sistemas de detección de vientos huracanados, con el propósito de que el concentrador se autoproteja de daños.
- Utilizar un sistema de odometría para tener un cálculo exacto de las revoluciones que da cada motor de engranajes DC.
- Emplear un sistema de interrupciones mejorado.
- Utilizar indicadores como LEDS y Bocinas para alarmas.

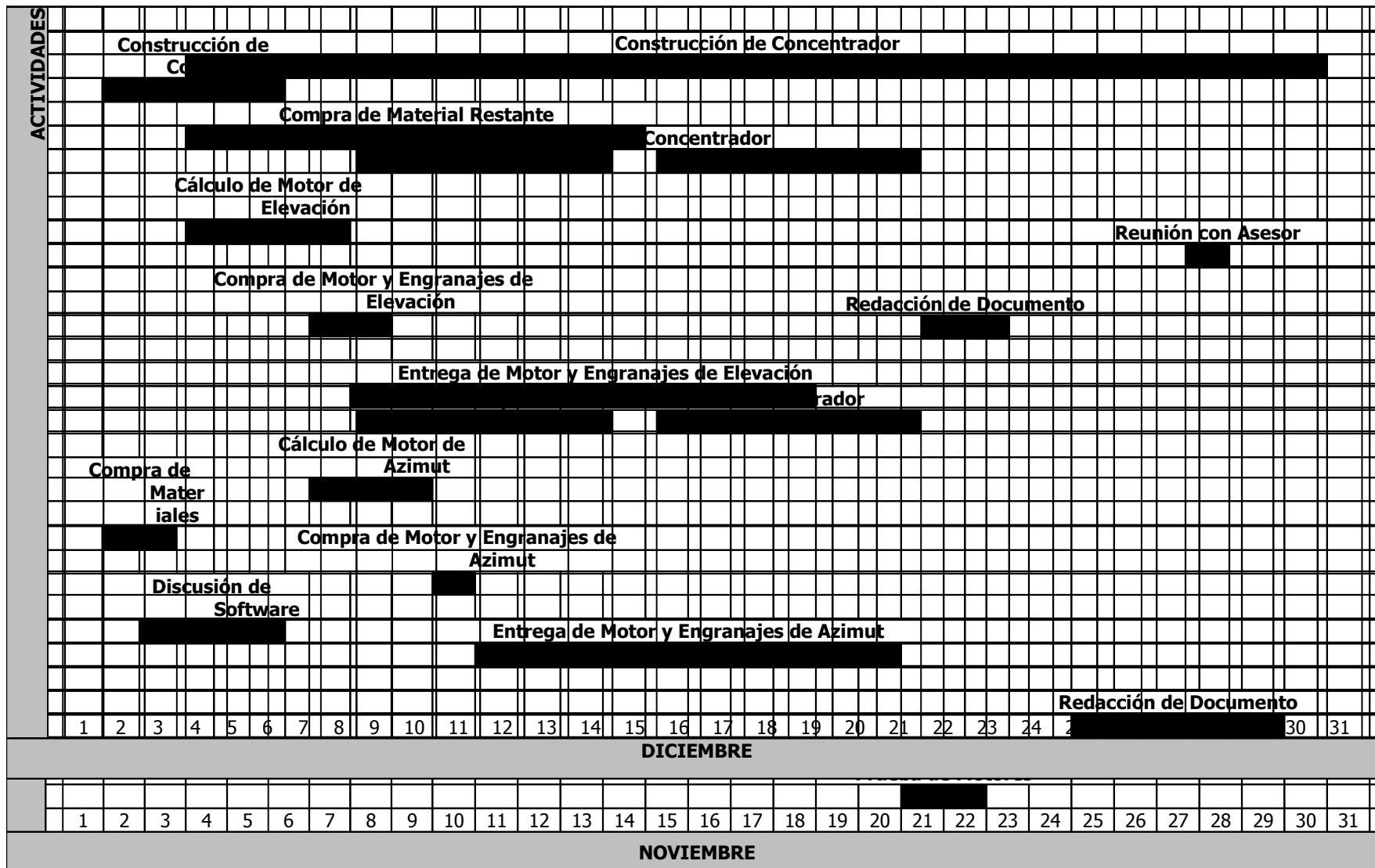
CONCLUSIONES

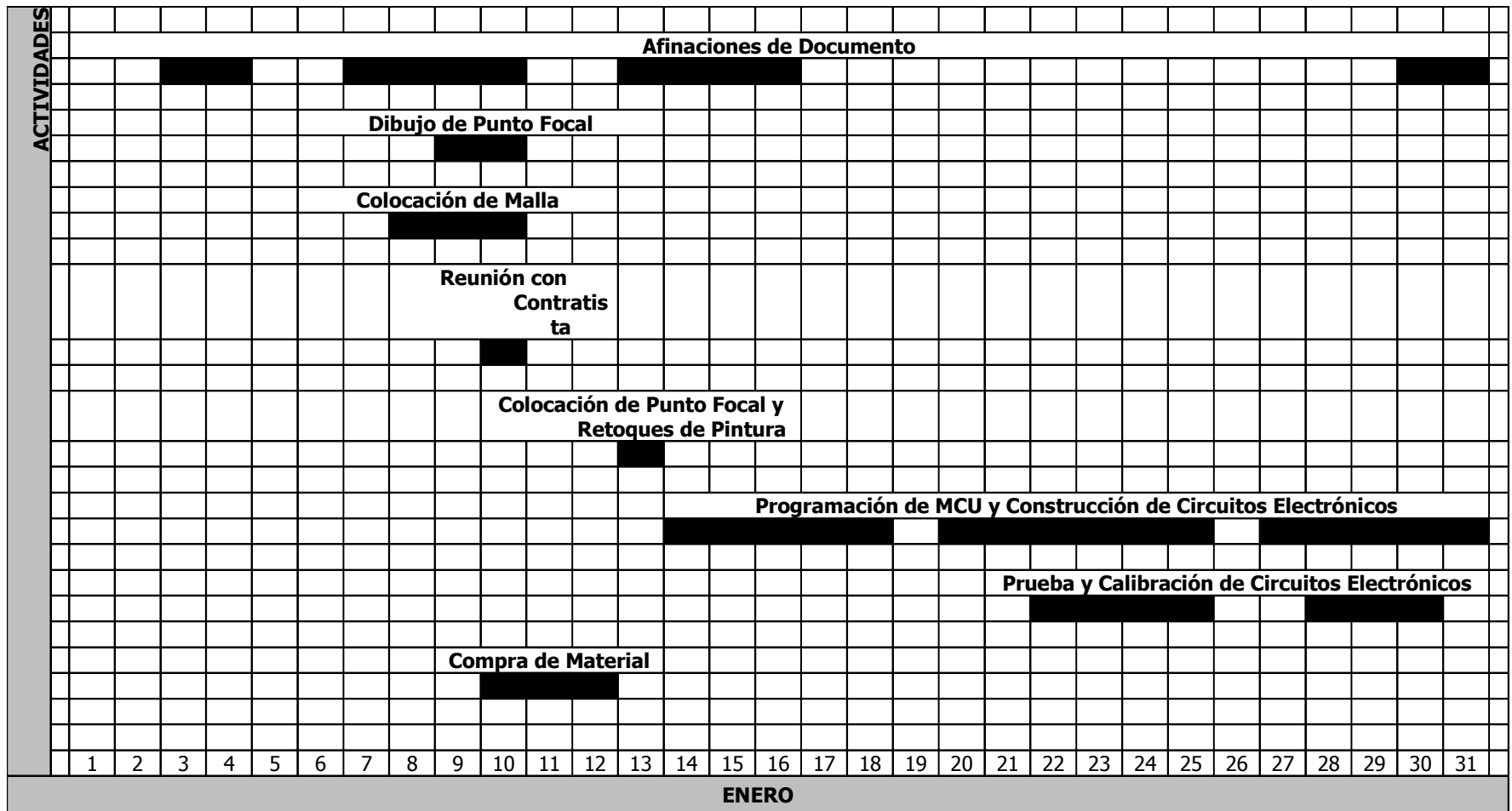
- El Método Activo simulado va a ser diferente en su comportamiento que en una planta solar ya que los tiempos de activación del concentrador dependerán de la intensidad del Sol y no de la simulación a la que ha sido sometido.
- Se concluye que el programa aquí descrito además de el hardware como el software se adaptan a un concentrador debidamente diseñado para los propósitos de convertir energía solar a energía eléctrica.

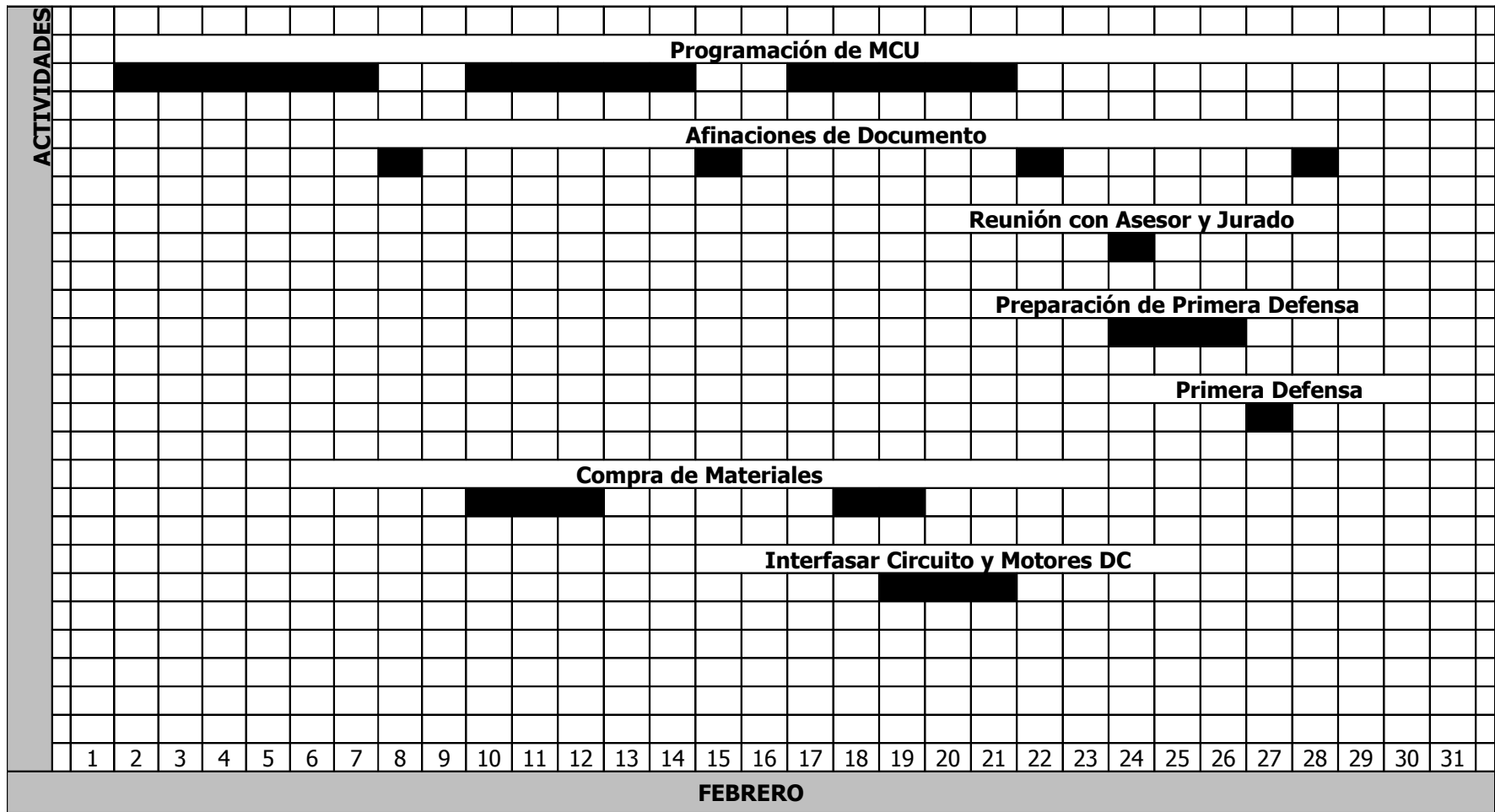
ANEXO – CRONOGRAMAS

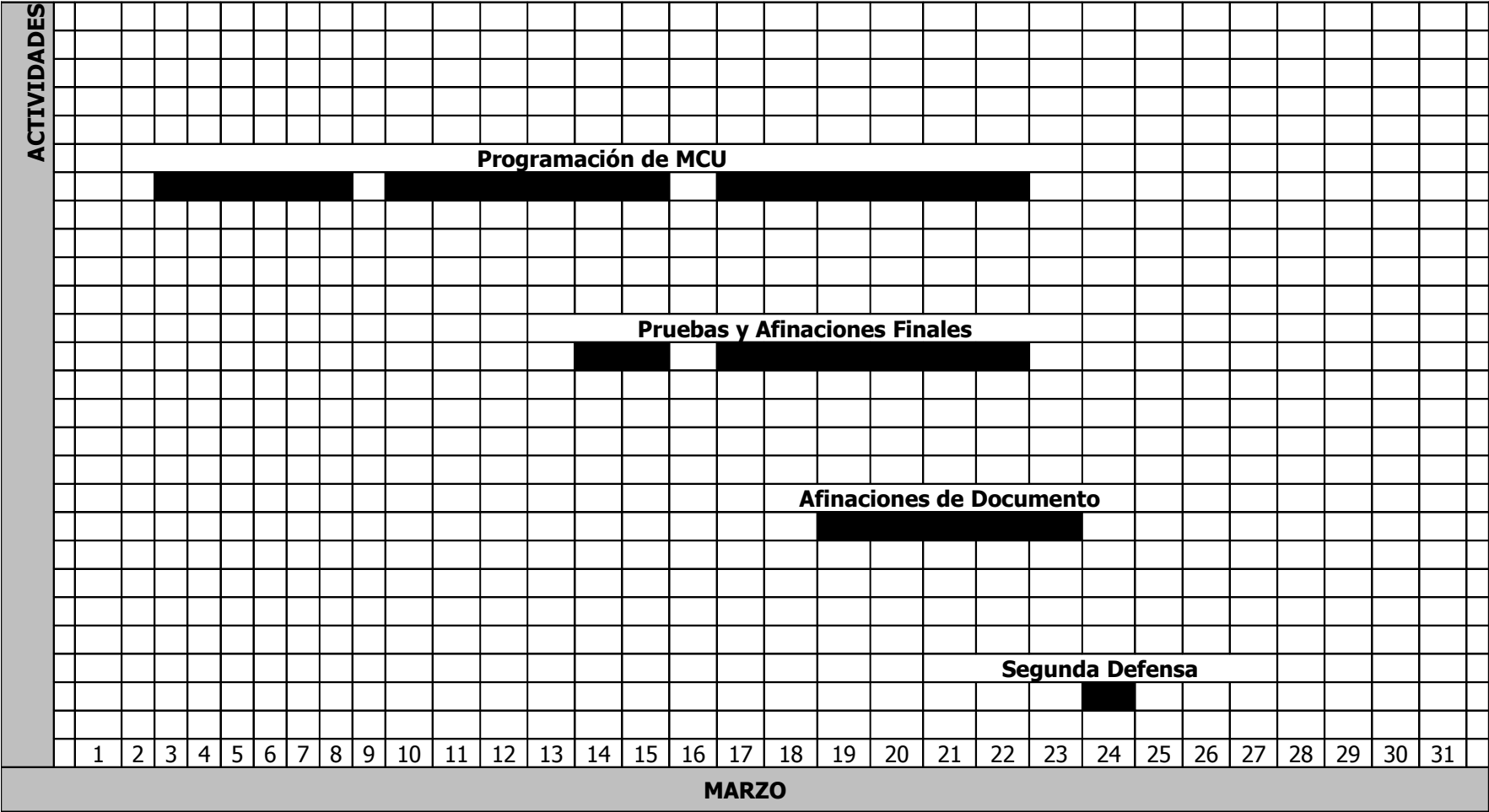












ANEXO – ARCOS DE BARRIDO

ELEVACIÓN

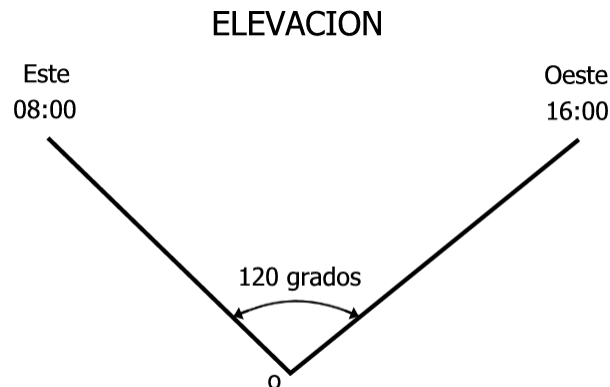
Para calcular el Arco de Barrido del eje de elevación se hace lo siguiente:

$$\text{Giro de la Tierra} = 360^\circ/\text{Día.}$$

$$1 \text{ Día} = 24\text{Hrs.}$$

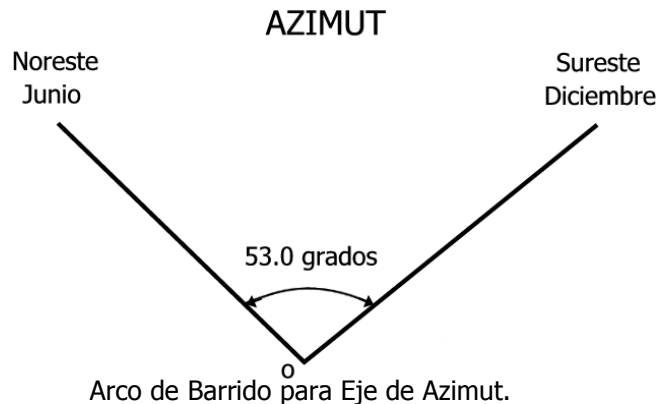
$$\text{Angulo – Hora} = \frac{1\text{Día}}{24\text{Hrs}} \cdot \frac{360^\circ}{\text{Día}} = 15^\circ/\text{Hora}$$

El prototipo de concentrador parabólico sigue al Sol desde las 8:00 hasta las 16:00, produciendo así un arco de barrido de 120° en un día.

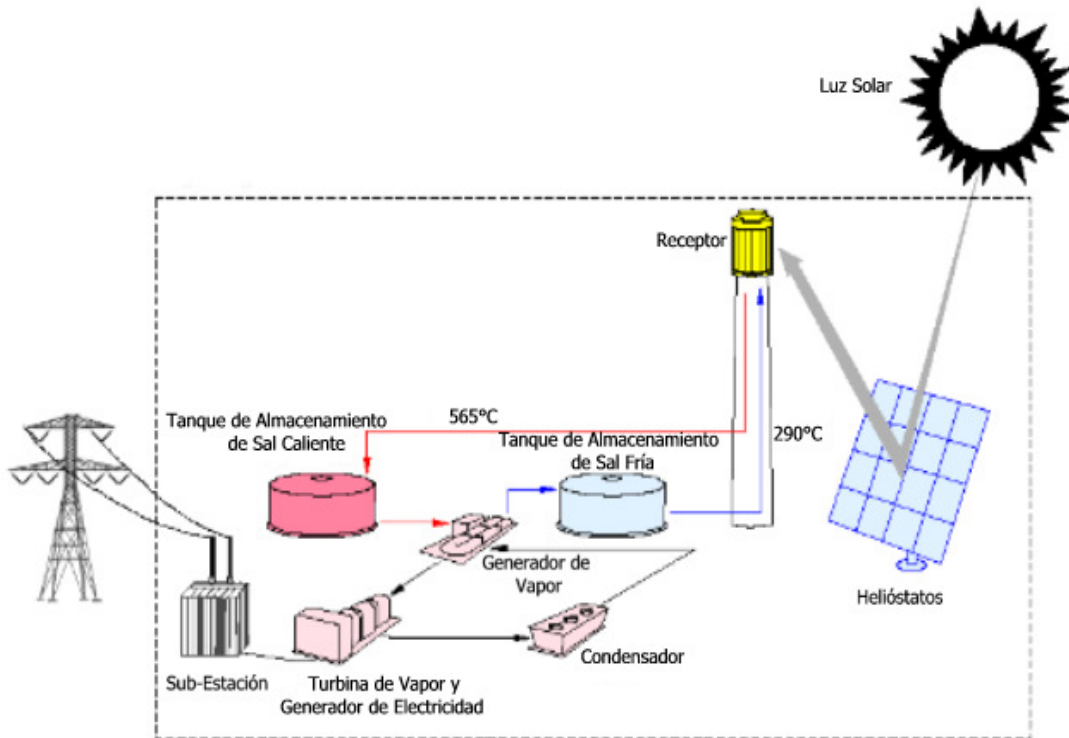


AZIMUT

Para calcular el Angulo de Barrido del eje de Azimut se toman los datos de azimut obtenidos para San Salvador del Observatorio Naval de los Estados Unidos de América para Junio (Solsticio de Verano) y Diciembre (Solsticio de Invierno) llegando a la conclusión de un arco de barrido de 53.0° .



ANEXO - ESQUEMA GENERAL DE UNA TORRE SOLAR DE ENERGIA DE ENERGIA



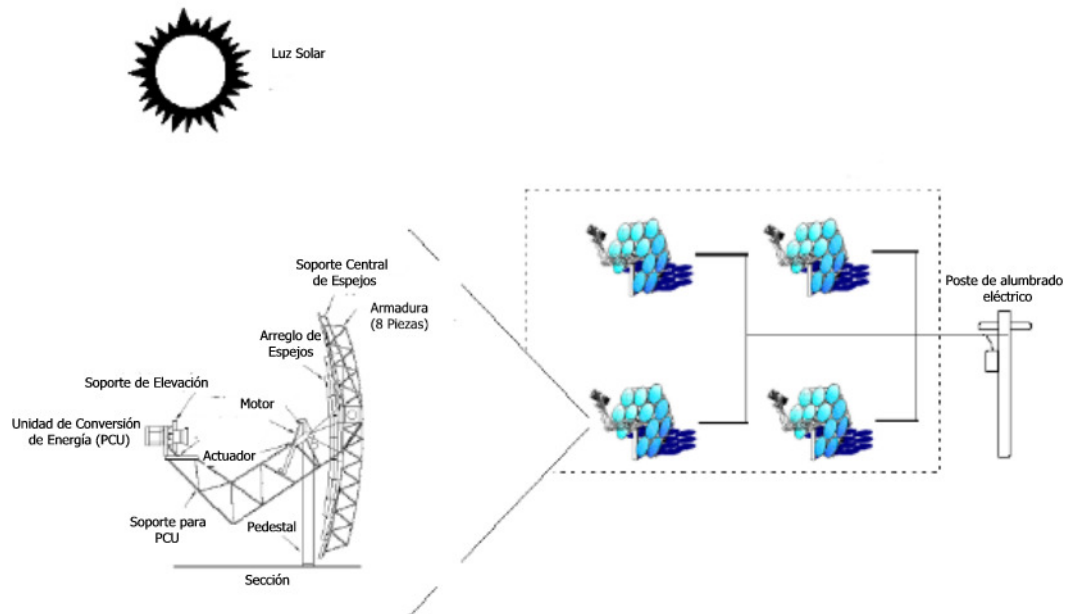
Esquema general de una torre de potencia que utiliza sal-líquida.

FOTO DE UNA TORRE SOLAR DE ENERGIA



Torre energética "Solar Dos" operando en la parte desértica de Barstow, California.

ANEXO - ESQUEMA GENERAL DE UNA PLANTA SOLAR DE COMBINACIÓN PLATO/GENERADOR



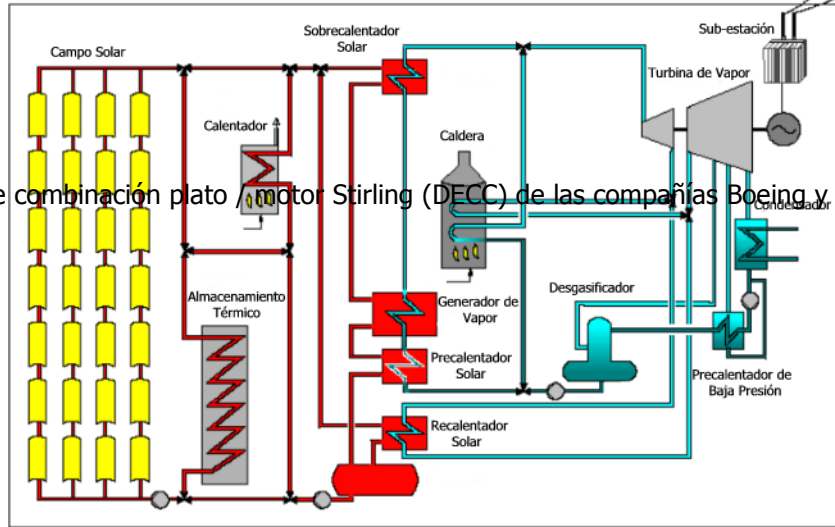
Esquema general de una planta solar de combinación plato/generador.

FOTO DE UNA PLANTA SOLAR DE COMBINACIÓN PLATO/GENERADOR



Foto de una planta solar de combinación plato/generador.

ANEXO - ESQUEMA GENERAL DE UNA PLANTA PARABOLICA



El sistema de combinación plato / motor Stirling (DECC) de las compañías Boeing y United Stirling.

Esquema general de una planta solar parabólica.

FOTO DE UNA PLANTA PARABOLICA



Foto de un espejo parabólico.

ANEXO - COORDENADAS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT PARA SAN SALVADOR, EL SALVADOR, C.A.

La fórmula para encontrar la elevación es:

$$El = a \sin(\sin(dec) * \sin(lat) + \cos(dec) * \cos(lat) * \cos(ha))$$

La fórmula para encontrar el azimut es:

$$Az = a \cos\left(\frac{\sin(dec) - \sin(El) * \sin(lat)}{\cos(El) * \cos(lat)}\right)$$

donde:

El = Elevación.
dec = Declinación.
lat = Latitud.
ha = Angulo - Hora.
Az = Azimut

EJEMPLO DE CÁLCULO DE COORDENADAS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT PARA UNA HORA EN UN DÍA ESPECÍFICO EN SAN SALVADOR

Los cálculos presentados a continuación tienen como base las formulas obtenidas del "Astronomical Almanac" publicado anualmente por el Observatorio Naval de los Estados Unidos de América.

San Salvador, 08:00 a.m. del 15 de Agosto de 2003.

Latitud: 13.78°.

Longitud: -89.1833°. (Oeste de Meridiano de Greenwich tomado como negativo.)

Las tablas 1 y 2 son utilizadas para calcular el número de días y la fracción de un día desde la época de J2000.

TABLA 1. Días al comienzo de cada mes.

Mes	Año Normal	Año Bisiesto
Enero	0	0
Febrero	31	31

Marzo	59	60
Abril	90	91
Mayo	120	121
Junio	151	152
Julio	181	182
Agosto	212	213
Septiembre	243	244
Octubre	273	274
Noviembre	304	305
Diciembre	334	335

TABLA 2. Días desde J2000.0 hasta el comienzo de cada mes.

Año	Días
1998	-731.5
1999	-366.5
2000	-1.5
2001	364.5
2002	729.5
2003	1094.5
2004	1459.5
2005	1825.5
2006	2190.5
2007	2555.5
2008	2920.5
2009	3286.5
2010	3651.5
2011	4016.5
2012	4381.5
2013	4747.5
2014	5112.5
2015	5477.5
2016	5842.5
2017	6208.5

Días después de J2000.0

$$d = \frac{\text{Hora}}{24} + \# \text{Dias}_{\text{mes}} + \text{Dia} + \text{Año} + \frac{\text{TimeZone}}{24}$$

$$d = \frac{8}{24} + 212 + 15 + 1094.5 + \frac{6}{24} = 1322.08333$$

Longitud Media

$$L = 280.461 + 0.9856474 \cdot d = 1583.569^\circ$$

$$L_{(0^\circ-360^\circ)} = 1583.569^\circ - 1440^\circ = 143.569^\circ$$

Anomalía Media

$$g = 357.528 + 0.9856003 \cdot d$$

$$g = 1660.57372667^\circ$$

$$g_{(0^\circ-360^\circ)} = 220.57372667^\circ$$

Longitud Eclíptica

$$\lambda = L + 1.915 \cdot \sin(g) + 0.020 \cdot \sin(2 \cdot g)$$

$$\lambda = 142.343196001^\circ$$

Oblicuidad

$$\varepsilon = 23.439 - 0.0000004 \cdot d$$

$$\varepsilon = 23.4384711667^\circ$$

$$Y = \cos(\varepsilon) \cdot \sin(\lambda) = 0.560521117874$$

$$X = \cos(\lambda) = -0.791684345908$$

$$a = \arctan \frac{Y}{X} = -35.2989083922^\circ$$

$$\text{Si } X < 0 \rightarrow \alpha = a + 180^\circ$$

$$\text{Si } Y < 0 \text{ y } X > 0 \rightarrow \alpha = a + 360^\circ$$

De lo contrario $\alpha = a$

Como $X < 0$ entonces:

$$RA = \alpha = a + 180^\circ = 144.701091608^\circ$$

$$RA = 9h38 \text{ min } 48s$$

$$DEC = \Delta = \arcsin(\sin(\epsilon) \cdot \sin(\lambda))$$

$$DEC = \Delta = 14.0640319987^\circ$$

$$LST = 280.46061837 + 360.98564736629 \cdot d + \text{Long}$$

$$LST = 477444.38407^\circ.$$

$$LST(0^\circ - 360^\circ) = 84.3840684^\circ.$$

$$HA = LST - RA = -60.317023208^\circ$$

Elevación

$$\sin(\text{El}) = \sin(\Delta) \cdot \sin(\text{lat}) + \cos(\Delta) \cdot \cos(\text{lat}) \cdot \cos(\text{HA})$$

$$\sin(\text{El}) = 0.524413640646$$

$$\text{El} = \arcsin(0.524413640646)$$

$$\text{El} = 31.6287782137^\circ$$

$$\cos(\text{El}) = 0.851463641916$$

$\cos(\Delta)$	0.970024755941
$\sin(\Delta)$	0.243006116921
$\cos(\text{lat})$	0.971217484627
$\sin(\text{lat})$	0.23819445324
$\cos(\text{HA})$	0.495200566565

$$\sin(\text{HA}) \rightarrow \text{negativo} \therefore \text{Az} = \text{Az}$$

$$\text{si no } \text{Az} = 360^\circ - \text{A}$$

Azimut

$$\cos(Az) = \frac{\sin(\Delta) - \sin(EI) \cdot \sin(lat)}{\cos(EI) \cdot \cos(lat)}$$

$$Az = 81.7897944306^\circ$$

ANEXO - TABLAS DE COORDENADAS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT PARA SAN SALVADOR, EL SALVADOR, C.A.

Los datos de las tablas siguientes son obtenidos de un programa encontrado en Internet hecho por el Observatorio Naval de los Estados Unidos de América, siendo el rango de estos desde las 8:00 hasta las 16:00 en intervalos de 01:00 hora.

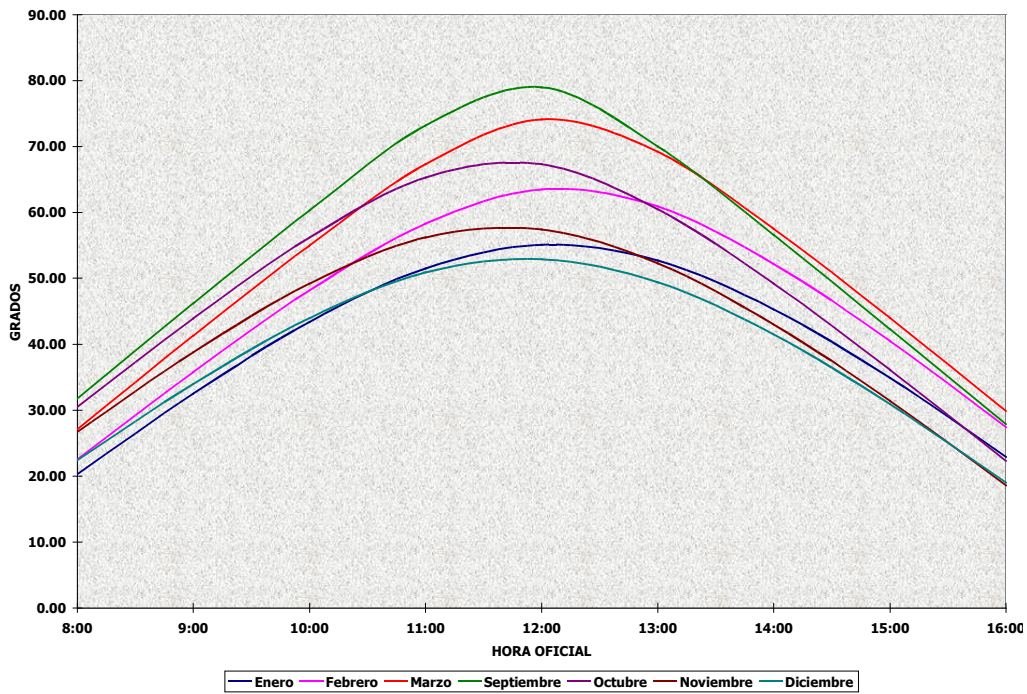
ELEVACIÓN

<u>Enero</u>	<u>Febrero</u>	<u>Marzo</u>	<u>Abril</u>	<u>Mayo</u>	<u>Junio</u>	<u>Julio</u>	<u>Agosto</u>	<u>Septiembre</u>	<u>Octubre</u>	<u>Noviembre</u>	<u>Diciembre</u>
20.30	22.50	27.10	32.10	34.10	33.40	32.00	31.70	31.80	30.50	26.70	22.40
32.50	35.80	41.30	46.60	48.30	47.10	46.00	46.10	46.20	43.90	38.80	34.00
43.40	48.20	55.00	61.20	62.40	60.70	59.80	60.60	60.30	56.20	49.20	44.00
51.50	58.30	67.30	75.50	76.30	73.50	73.20	75.10	73.20	65.30	56.20	50.90
55.10	63.50	74.10	86.00	84.60	80.40	82.30	89.60	79.00	67.30	57.40	52.90
52.70	60.90	69.20	74.00	73.20	72.30	74.30	75.70	70.00	60.50	52.30	49.40
45.30	52.20	57.50	59.60	59.20	59.50	61.10	61.20	56.60	49.20	43.00	41.50
34.90	40.50	44.00	45.10	45.00	45.80	47.20	46.70	42.30	36.10	31.40	30.90
22.90	27.40	29.90	30.50	30.80	32.10	33.30	32.20	27.90	22.30	18.60	19.00

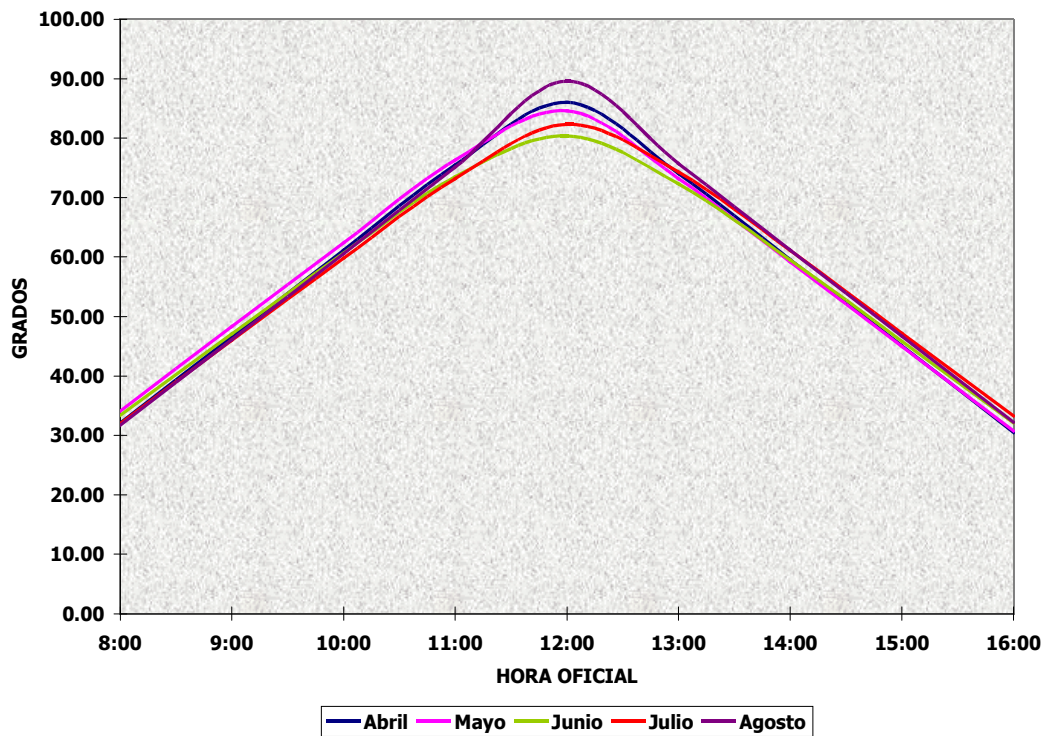
AZIMUT

<u>Enero</u>	<u>Febrero</u>	<u>Marzo</u>	<u>Abril</u>	<u>Mayo</u>	<u>Junio</u>	<u>Julio</u>	<u>Agosto</u>	<u>Septiembre</u>	<u>Octubre</u>	<u>Noviembre</u>	<u>Diciembre</u>
119.1	110.3	99.7	87	76.4	71	73	81.8	95	108.7	119.2	122.7
126.6	117.1	105.5	90.3	77	70.5	73.2	83.9	100.2	116.6	128	131
137.9	127.8	114.6	94.7	75.5	66.7	70.8	85.8	108.7	129.8	141.6	143.3
154.8	146.6	133.1	104.5	66.4	52.7	60.4	87.2	128.9	154.1	162.2	161
177.5	174.1	174.8	191.3	342.2	356.1	44.6	51.3	190.6	191.2	188.2	183.1
201	205.3	221.4	257.4	289.9	305	301.5	272.7	238.8	221.8	211.5	204.4
219.2	226.9	243	266	283.9	292.7	289.6	274	254	238.7	227.5	220.6
231.5	239.7	253.3	270.2	283.1	289.4	286.9	275.9	261.3	248.3	237.8	231.6
239.7	247.7	259.5	273.5	284	289.1	286.9	278	266	254.5	244.7	239.1

GRAFICAS DE COORDENADAS DE ELEVACION PARA EL SOL EN SAN SALVADOR, EL SALVADOR, C.A.



Gráfica 1. Gráfica que muestra coordenadas de Elevación para meses cuyo Azimut es mayor que Este.



Gráfica 2. Gráfica que muestra coordenadas de Elevación para meses cuyo Azimut es menor que Este.

ANEXO – TEORIA DE UNA PARÁBOLA

La forma óptima de concentrar los rayos del sol en un receptor montado en el punto focal es por medio de una cónica llamada parábola. Esta posee la siguiente propiedad principal de reflexión:

“La tangente a una parábola en un punto P forma ángulos iguales con:

- 1) La recta que pasa por P y el foco (f).
- 2) La recta que pasa por P y es paralela al eje de la parábola.”³⁹

Para encontrar la ecuación de dicha curva se construye un sistema de coordenadas en un plano tal que el foco está ubicado en el punto (0,f) y la directriz es una línea horizontal que pasa por el punto $y = -f$. De ese modo un punto (x,y) está en la curva si y solo si la distancia(d) desde (x,y) a (0,f) es igual a la distancia desde (x,y) a la línea que pasa por $y = -f$.⁴⁰

Igualando los cuadrados de estas distancias se obtiene la siguiente ecuación:

$$a^2 + b^2 = d^2$$

$$(x - 0)^2 + (y - f)^2 = (y + f)^2$$

El cual al expandirla da:

$$x^2 + y^2 - 2fy + f^2 = y^2 + 2fy + f^2$$

Simplificando:

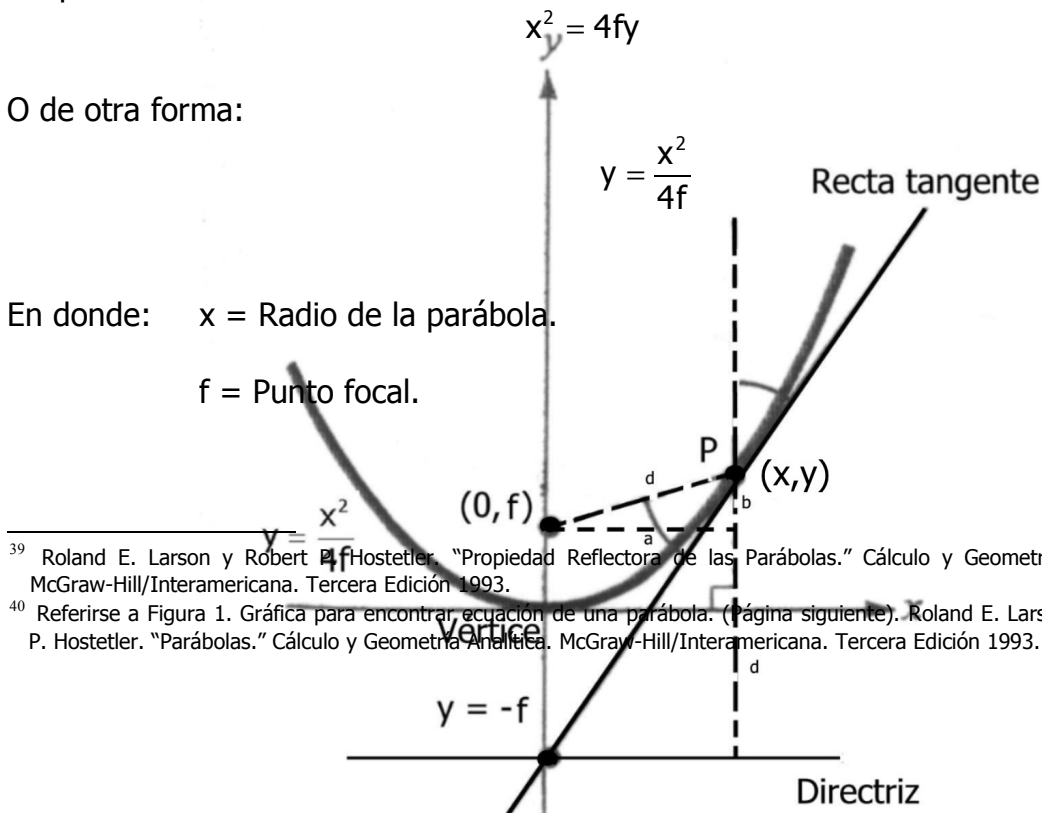
$$x^2 = 4fy$$

O de otra forma:

$$y = \frac{x^2}{4f}$$

En donde: x = Radio de la parábola.

f = Punto focal.



³⁹ Roland E. Larson y Robert P. Hostetler. "Propiedad Reflectoras de las Parábolas." Cálculo y Geometría Analítica. McGraw-Hill/Interamericana. Tercera Edición 1993.

⁴⁰ Referirse a Figura 1. Gráfica para encontrar ecuación de una parábola. (Página siguiente). Roland E. Larson y Robert P. Hostetler. "Parábolas." Cálculo y Geometría Analítica. McGraw-Hill/Interamericana. Tercera Edición 1993.

Figura 1. Gráfica para encontrar ecuación de una parábola.

ANEXO - PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTE MECANICA

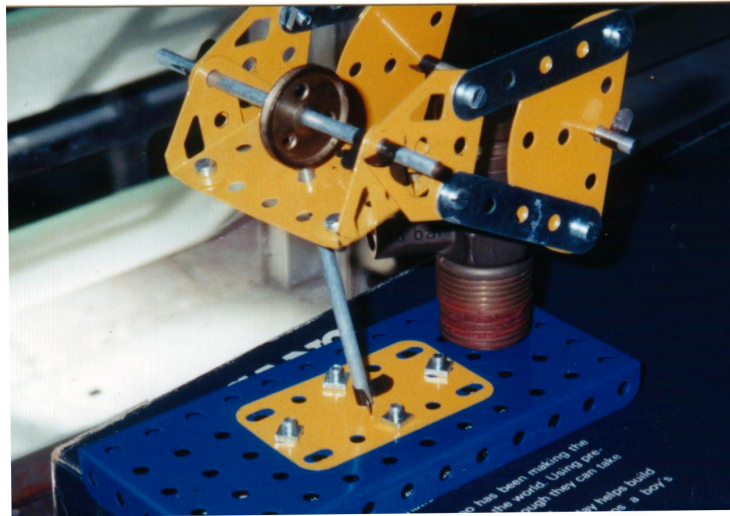


Foto 1. Prototipo Básico hecho con Meccano®.

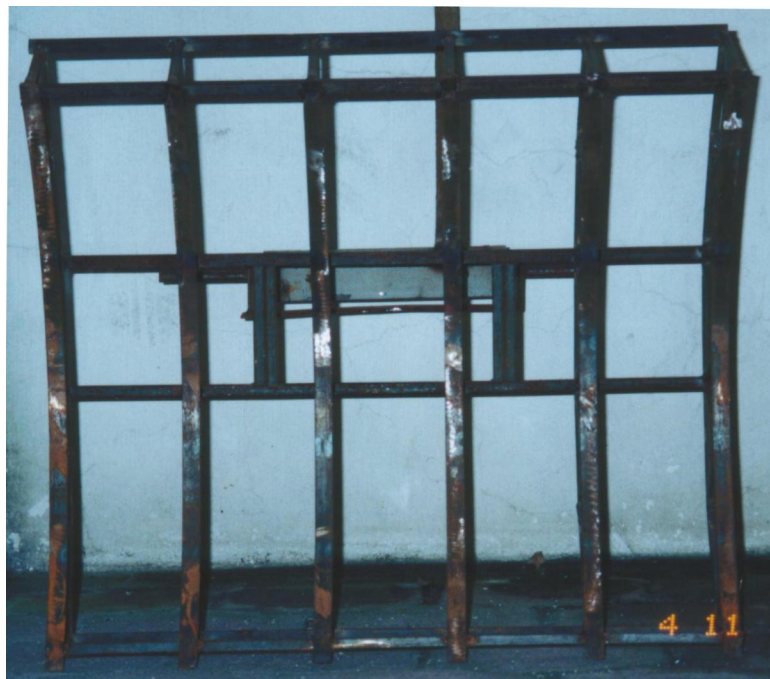


Foto 2. Marco Parabólico de Soporte para Espejos (Vista Frontal).

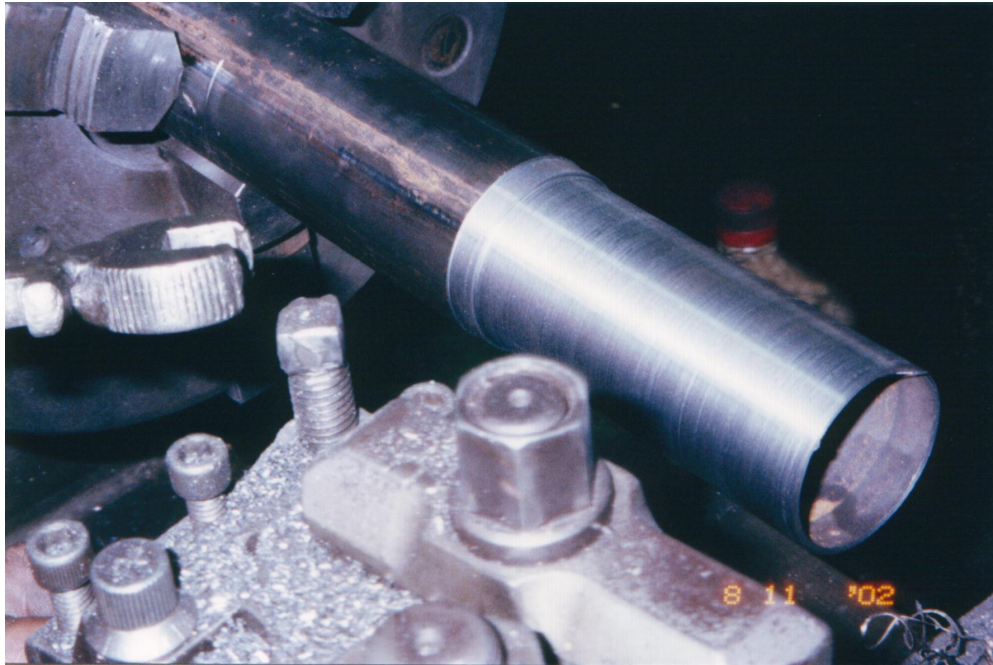


Foto 3. Proceso de moldura de Ejes.

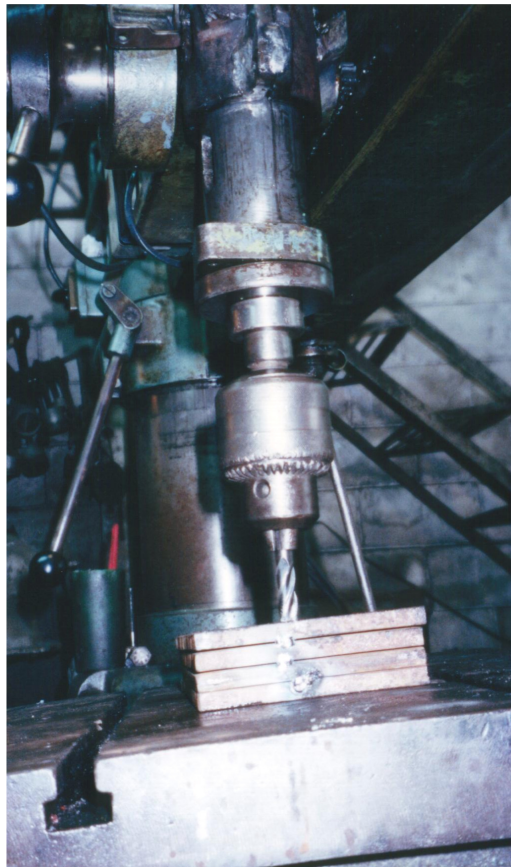


Foto 5. Proceso de Moldura de Chumaceras.

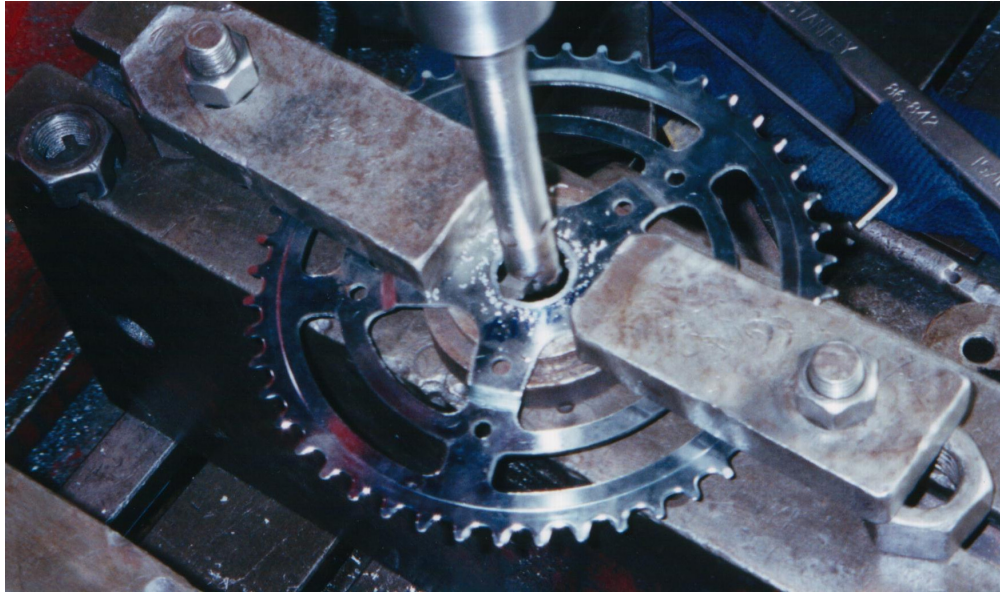


Foto 5. Proceso de Moldura de Engranajes.



Foto 6. Chumacera de Sistema de Elevación (Vista Lateral).

Foto 7. Proceso de Moldura de Chumaceras.

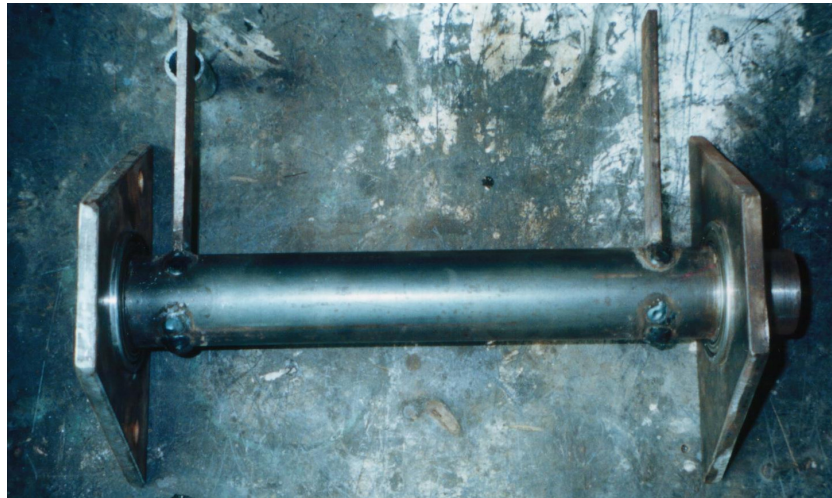


Foto 7. Chumacera de Sistema de Elevación (Vista Superior).



Foto 8. Chumacera de Sistema de Azimut.

Foto 9. Sistema de Engranajes para Eje de Elevación.

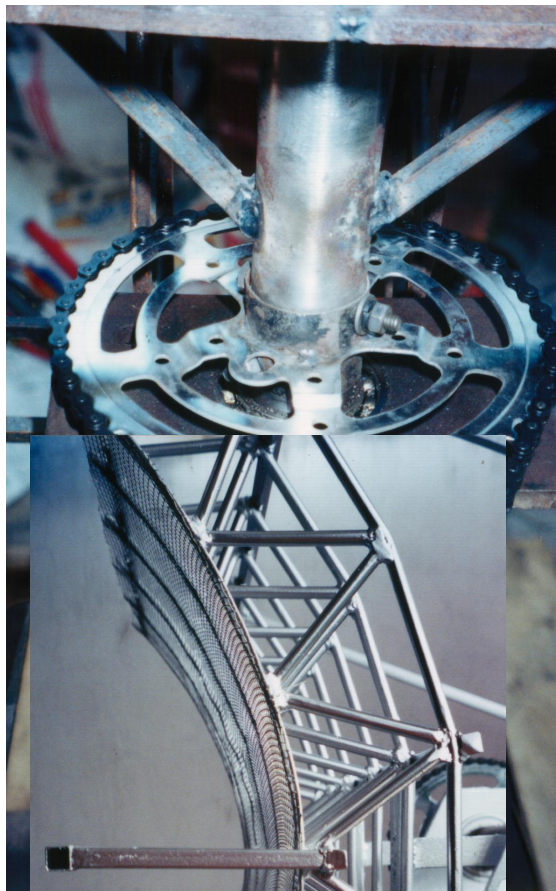


Foto 10. Sistema de Engranajes para Eje de Azimut.

Foto 11. Marco Parabólico de Soporte para Espejos (Vista Lateral).



Foto 12. Marco Parabólico de Soporte para Espejos (Vista Frontal).

ANEXO - CALCULO DE MOTOR + CAJA DE ENGRANAJES⁴¹

⁴¹ Referirse a Archivo Motor Calculations.pdf, Archivo How to Select a DC Micromotor.pdf y Archivo How to Select a Reduction Gearhead.pdf

Nota: Las unidades que se utilizan en esta parte son oz. e in. ya que son las unidades con las cuales el fabricante trabaja.

Parámetro	Descripción	Unidades utilizadas en este trabajo	Unidades del fabricante
P_{1aprox}	Peso del marco parabólico de soporte	22.68 Kgs	800.01 oz.
P_{2aprox}	Contrapesos	5.4 Kgs	190.48 oz.
d_1	Distancia entre el marco parabólico de soporte y el eje de elevación	14 cms	5.51 in.
d_2	Distancia entre el eje de elevación y ubicación de contrapesos.	60 cms	23.62 in.
τ_1	Torque producido por el marco parabólico de soporte		
τ_2	Torque producido por contrapesos		

$$\tau_1 = P_{1aprox} \cdot d_1 = (800.01) \cdot (5.51) = 4408.06 \text{ oz-in}$$

Lo que se requiere es que $\tau_1 \approx \tau_2$. Por lo tanto: $\tau_2 = 0.97\tau_1 = - 4275.82 \text{ oz.-in.}$

Se hace la sumatoria de los torques opuestos para dar como resultado el torque requerido por el eje de la caja del motor de elevación:

$$\tau_{eje} = \sum_{x=1}^2 \tau_x = \tau_1 + \tau_2 = 4408.06 + (-4275.82) = 132.24 \text{ oz-in}$$

Se asume la velocidad que se requiere en el eje de la caja de engranajes en este caso: 4 RPM.

Del catálogo se elige una caja de engranajes con un torque mayor al requerido en este caso: Serie GP22C⁴² con un torque intermitente de 425.6 oz-in.

PLANETARY GEARHEAD

1. Anillos de Reborde para Motor
2. Chasis
3. Guiadera Satelital
4. Engranaje Solar
5. Guacha
6. Engranaje Satelital
7. Pin
8. Eje de Salida
9. Tapadera Frontal
10. Espaciador
11. Anillo Retenedor
12. Anillo Retenedor
13. Guacha de Resorte
14. Guacha
15. Circlip



⁴² Referirse a Figura 2. Diagrama de Caja de Engranajes GP22C (Página siguiente) y Archivo 02_178_E.pdf

Figura 2. Diagrama de Caja de Engranajes GP22C.

La velocidad máxima del eje del motor que recomienda el fabricante es: $\omega < 8000$ RPM, en este caso 7000 RPM. De esto se obtiene la razón de reducción:

$$\text{Razón de reducción} = \frac{7000}{4} = 1750$$

Basándose en lo anterior se elige una caja de engranajes que tenga una razón de reducción menor a esta, del catálogo se elige una de 1538:1.

Confirmando cálculos:

Velocidad máxima del eje del motor es:

$$\omega = 4 \text{ RPM} \cdot 1538 = 6152 \text{ RPM}$$

Torque requerido por el motor es:

$$M_i = \frac{M_o}{i \cdot n} = \frac{132.24}{1538 \cdot 0.42} = 0.20479 \text{ oz-in.}$$

Calculando motor

$$M_o = 2M_i = 0.40944 \text{ oz-in.}$$

$$P_o = \omega \cdot M_o \cdot \alpha = 6152 \cdot 0.40944 \cdot 0.00074 = 1.87 \text{ Watts}$$

Se selecciona un motor con una potencia mínima de 2 veces la obtenida, por ende se selecciona el motor EC22⁴³ de 20W por ser el único brushless motor compatible con esta caja de engranajes.



Figura 3. Diagrama de Brushless DC Motor EC22 de 20W.

ANEXO – CALCULO DE DUTY CYCLE Y TIEMPO DE ACTIVACION DE MOTORES DE ENGRANJES DC

CALCULO DE DUTY CYCLE

⁴³ Referirse a Figura 3. Diagrama de Brushless DC Motor EC22 de 20W y Archivo 02_148_E.pdf

El Duty Cycle es el mismo tanto para el motor de elevación como de azimut, obteniéndose de la siguiente manera:

$$M_{\text{clock}} = 8\text{MHz} \rightarrow T = \frac{1}{f} = 125\text{ns}/\text{step}$$

$$\frac{125\text{ns}}{\text{step}} \cdot 65536\text{step} = 8.192\text{ms}$$

1.0% DC

$$0.01 \cdot 8.192\text{ms} = 81.92\mu\text{s}$$

$$X = \frac{81.92\mu\text{s} \cdot 65536\text{steps}}{8.192\text{ms}}$$

$$X = 656\text{step} \equiv 0290\text{h}$$

El Duty Cycle es del 10% ya que ENABLE se activa en un estado bajo, obteniéndose al final una señal invertida del 90% dirigida hacia las terminales de cada motor de engranajes DC. Al realizar pruebas de campo con el generador de funciones se llega a la conclusión que el Duty Cycle seleccionado es el ideal para causar un desplazamiento en los mecanismos de posicionamiento de elevación y azimut.

CALCULO DE TIEMPO DE ACTIVACION PARA MOTOR DE ENGRANAJES DC DE ELEVACIÓN

El tiempo de activación del motor de engranajes DC del mecanismo de elevación es el mismo no importando el método que se emplee y se obtiene de la siguiente manera:

$$\omega = \frac{1 \text{ rev}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \cdot \frac{360^\circ}{1 \text{ rev}} = \frac{6^\circ}{\text{seg}}$$

$$\frac{15^\circ}{\frac{6^\circ}{\text{s}}} = 2.5 \text{ seg}$$

$$\gamma = \frac{100 \cdot 2.5}{99} = 2.52 \text{ s}$$

$$A = \frac{2.52 \text{ s}}{8.192 \text{ ms}} = 308_{\text{TOF}} \equiv 0134 \text{ h}$$

CALCULO DE TIEMPO DE ACTIVACION PARA MOTOR DE ENGRANAJES DC DE AZIMUT DEPENDIENDO DEL MES ACTUAL

El tiempo de activación del motor de engranajes DC del mecanismo de azimut depende del desplazamiento que hay entre cada mes y el Duty Cycle que se emplee (90%), mostrándose los resultados en la tabla siguiente:

Mes	Desplazamiento (°)	Tiempo de Activación (s)	TOF	Tiempo en Dato Hexadecimal
Diciembre	4.00	0.741	091	005B
Enero	9.00	1.670	204	00CC
Febrero	11.0	2.040	249	00F9
Marzo	13.0	2.410	294	0126
Abril	11.0	2.040	249	00CC
Mayo	5.00	0.926	113	0071
TOTAL	53.0			
Junio	5.00	0.926	113	0071
Julio	11.0	2.040	249	00F9
Agosto	13.0	2.410	294	0126
Septiembre	11.0	2.040	249	00F9
Octubre	9.00	1.670	204	00CC
Noviembre	4.00	0.741	091	005B
TOTAL	53.0			

Tabla. Valores para desplazamiento en eje de azimut según mes.

ANEXO – EXPERIMENTO CON DIVISORES DE VOLTAJE

OBJETIVO

- Observar los niveles de voltaje emitidos por los divisores SE1 y SE2 con respecto a la posición del Sol entre las 8:00 y 16:00 haciéndose por tres días consecutivos en una posición fija por día (ESTE, CENIT, OESTE).

MATERIALES Y EQUIPO

- 2 Fotorresistencias de $1M\Omega$.
- 2 Resistencias de $2.2\ k\Omega$.
- 2 Soportes de madera.
- 2 Breadboards.
- 2 tubos de PVC.
- 8 Filminas de 20% de oscuridad.
- Alambre telefónico.
- Fuente Regulada de Voltaje a $5V_{DC}$.
- Osciloscopio.
- Multímetro Digital.

PROCEDIMIENTO

Se colocan las fotorresistencias SE1 y SE2 a 60cms de distancia entre ellas, con el propósito de simular la altura del marco de soporte del prototipo; luego se ubican en dirección Este, se energizan con $5V_{DC}$ cada una, se les coloca los filtros solares⁴⁴ y se dejan trabajando desde las 8:00 a.m. hasta las 4:00 p.m; tomando lecturas de voltaje cada 30 minutos con la ayuda de un osciloscopio para luego registrar los resultados en tablas. El mismo procedimiento se realiza con las ubicaciones en dirección del Cenit y el Oeste.

Nota: Al realizar primeramente el experimento con las fotorresistencias sin filminas se observa que los niveles de voltaje no están dentro del rango permitido por el ADC del MCU por lo tanto se utilizan 4 filminas de 20% de oscuridad con su respectivo tubo de PVC para poder trabajar en el rango adecuado.

⁴⁴ Referirse a Nota.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

HORA	ESTE	CENIT	OESTE
10:00	0.03	0.02	0.27
10:30	0.17	0.05	0.16
11:00	0.28	0.05	0.29
11:30	0.24	0.15	0.30
12:00	0.29	0.23	0.20
12:30	0.27	0.25	0.23
13:00	0.21	0.28	0.24
13:30	0.15	0.26	0.20
14:00	0.03	0.32	0.25
ESTE	S1	S2	DELTA
14:30	0.00	4.52	0.37
15:00	0.00	4.45	0.46
15:30	0.01	4.31	0.45
16:00	0.12	4.34	0.50
11:30	4.34	4.58	0.24
12:00	4.30	4.59	0.29
12:30	4.25	4.52	0.27
13:00	4.43	4.64	0.21
13:30	3.35	3.50	0.15
14:00	3.23	3.26	0.03
14:30	3.14	3.14	0.00
15:00	3.10	3.10	0.00
15:30	2.93	2.94	0.01
16:00	2.06	1.94	0.12

OESTE	S1	S2	DELTA
10:00	3.60	3.87	0.27
10:30	4.04	3.88	0.16
11:00	4.10	3.81	0.29
11:30	4.10	3.80	0.30
12:00	4.55	4.35	0.20
12:30	4.57	4.34	0.23
13:00	4.55	4.31	0.24
13:30	4.56	4.36	0.20
14:00	3.58	3.33	0.25
14:30	3.63	3.26	0.37
15:00	3.81	3.35	0.46
15:30	3.82	3.37	0.45
16:00	3.31	2.81	0.50

CENIT	S1	S2	DELTA
10:00	4.42	4.40	0.02
10:30	4.35	4.40	0.05
11:00	4.35	4.40	0.05
11:30	4.25	4.40	0.15
12:00	4.17	4.40	0.23
12:30	4.16	4.41	0.25
13:00	4.13	4.41	0.28
13:30	4.15	4.41	0.26
14:00	4.10	4.42	0.32
14:30	4.15	4.30	0.15
15:00	2.16	2.35	0.19
15:30	1.87	1.87	0.00
16:00	1.56	1.42	0.14

CONCLUSIONES

Al analizar los DELTAS de cada tabla se llegan a las siguientes conclusiones:

- Los valores de los DELTAS no varían mucho, aproximadamente de $0.3 V_{DC}$.
- No existen cambios bruscos en las mediciones.
- Existe un traslape de los DELTAS en ciertas horas que indican, en la manera que no se puede leer la intensidad solar, que el prototipo no necesariamente se tiene que mover en la dirección del Sol.

```
*****
*****
*
*                               PROYECTO DE GRADUACION
*                               PROGRAMA DE APLICACION
*Descripción: Programa utilizado por un prototipo parabólico para el
*               control de seguimiento solar desde las 8:00 hasta 16:00.
*
*UNIVERSIDAD DON BOSCO
*FACULTAD DE INGENIERIA
*
*                               CARRERA: INGENIERIA ELECTRONICA
*                               AUTOR: JOSE JAVIER VELASQUEZ
*
DURON
*
*                               Título: PRO-APLI.ASM
*                               FECHA: 10-02-03
*
```

```

*****
*****
*DEFINICION DE REGISTROS
*****
*****
*INICIALIZACION DE STACK
*****
*****
stack          equ    $8000                ;Definición de Stack

*****
*****
*SUBROUTINAS DE UTILIDAD DE D-BUG12
*****
*****
getchar        equ    $fe02                ;Dirección de subrutina GETCHAR
putchar        equ    $fe04                ;Dirección de subrutina PUTCHAR
printf         equ    $fe06                ;Dirección de subrutina PRINTF

*****
*****
*REGISTROS DE IRQ
*****
*****
intcr          equ    $001e
hprio         equ    $001f

*****
*****
*MASCARA PARA IRQ
*****
*****
intcr_ini     equ    $60
hprio_ini     equ    $f2

*****
*****
*REGISTROS DE SPI
*****
*****
sp0cr1        equ    $00d0                ;Registro de Control 1
sp0cr2        equ    $00d1                ;Registro de Control 2
sp0br         equ    $00d2                ;Registro de Baud Rate
sp0sr         equ    $00d3                ;Registro de Estado
sp0dr         equ    $00d5                ;Registro de Data
ports         equ    $00d6                ;Dirección Puerto S
ddrs          equ    $00d7                ;Dirección de Control S

*****
*****
*MASCARAS PARA REGISTROS SPI
*****
*****
sp0cr1_in     equ    $14                  ;MSTR = 1 CPOL = 0 CPHA = 1 SSOE = 0
sp0cr2_in     equ    $08                  ;PUPS = 1
sp0br_in      equ    $00                  ;Baud Rate = 4 MHz
ddrs_in       equ    $e0                  ;SS = SCK = MOSI = 1 MISO = 0

*****
*****
*REGISTROS DE RTC
*****
*****
write         equ    $80                  ;Dirección de inicio de Registros de escritura RTC
read          equ    $00                  ;Dirección de inicio de Registros de lectura RTC
cr_write      equ    $8f                  ;Dirección de Registro de Control RTC
sts_write     equ    $90                  ;Dirección de Registro de Estado RTC (Escritura)
sts_read      equ    $10                  ;Dirección de Registro de Estado RTC (Lectura)

*****
*****
*MASCARAS PARA REGISTROS RTC
*****
*****
ctl_mask      equ    $00                  ;Máscara de Registro de Control
flg_mask      equ    $00                  ;Máscara de Registro de Estado

*****
*****
*REGISTROS DE TIMER

```

```

*****
*****
tmsk1      equ    $008c          ;Registro de Máscara 1
tmsk2      equ    $008d          ;Registro de Máscara 2
tflg1      equ    $008e          ;Registro de Banderas de Interrupción 1
tflg2      equ    $008f          ;Registro de Banderas de Interrupcion 2
tios       equ    $0080          ;Registro IC/OC
tscr       equ    $0086          ;Registro de Control General
oc7m       equ    $0082          ;Registro de Máscara de OC7
oc7d       equ    $0083          ;Registro de Data OC7
tcnt       equ    $0084          ;Registro de Contador
tctl1      equ    $0088          ;Registro de Control 1
tctl2      equ    $0089          ;Registro de Control 2
tc0        equ    $0090          ;Registro de Data OC0
tc1        equ    $0092          ;Registro de Data OC1
tc2        equ    $0094          ;Registro de Data OC2
tc3        equ    $0096          ;Registro de Data OC3
tc4        equ    $0098          ;Registro de Data OC4
tc5        equ    $009a          ;Registro de Data OC5
tc7        equ    $009e          ;Registro de Data OC7

*****
*****
*MASCARAS PARA REGISTROS TIMER
*****
*****
tmsk2_in   equ    $00          ;TOI = 0
oc7m_in_1  equ    $07          ;OC7M4 = 0 OC7M2 = 1 OC7M1 = 1 y OC7M0 = 1
oc7m_in_2  equ    $0b          ;OC7M5 = 0 OC7M3 = 1 OC7M1 = 1 y OC7M0 = 1
oc7d_in_1  equ    $07          ;OC7D4 = 0 OC7D2 = 1 OC7M1 = 1 y OC7D0 = 1
oc7d_in_2  equ    $0b          ;OC7D5 = 0 OC7D3 = 1 OC7M1 = 1 y OC7D0 = 1
oc7d_in_3  equ    $00          ;OC7D4 = 0 OC7D3 = 0 OC7D1 = 0 y OC7D0 = 0
tios_in    equ    $bf          ;OC7 = OC5 = OC4 = OC3 = OC2 = OC1 = OC0 = 1
tscr_in    equ    $80          ;TEN = 1

*****
*****
*REGISTROS DE ATD
*****
*****
atdctl2    equ    $0062          ;Registro de Control ATD 2
atdctl5    equ    $0065          ;Registro de Control ATD 5
atdstat    equ    $0066          ;Registro de Estado ATD
atdstat2   equ    $0067          ;Registro de Estado ATD2
adr0h      equ    $0070          ;Registro de Resultado ATD0
adr1h      equ    $0072          ;Registro de Resultado ATD1
adr2h      equ    $0074          ;Registro de Resultado ATD2
adr3h      equ    $0076          ;Registro de Resultado ATD3
adr4h      equ    $0078          ;Registro de Resultado ATD4

*****
*****
*MASCARAS PARA REGISTROS ATD
*****
*****
atdctl2_in equ    $80          ;ADPU = 1
atdctl5_in equ    $70          ;S8CM = 1 SCAN = 1 MULT = 1

*****
*****
*COMANDOS DE LCD
*****
*****
df         equ    $3c          ;Función de Display
dc         equ    $0c          ;Control de Display
cdch      equ    $01          ;Borrar Display, Cursor al Principio
ch        equ    $02          ;Cursor al Principio
scr       equ    $14          ;Desplazar Cursor hacia Derecha
space     equ    $20          ;Espacio
pleca     equ    $2f          ;Pleca
dosp      equ    $3a          ;Dos Puntos
write_lcd equ    $03f0         ;Dirección de Escritura
out_lcd   equ    $03f1         ;Dirección de Salida de Data

*****
*****
*SECCION DE DATA Y VARIABLES
*****
*****
TH         equ    $9a          ;Valor de THRESHOLD
DT         equ    $50          ;Valor de DELTA ELEVACION

```

Proyecto de Graduación: Diseño de la Etapa de Control para un Concentrador de Luz Solar Autónomo

```
DT_A          equ    $50          ;Valor de DELTA AZIMUT

*****
*****
*SECCION DE SENSORES
*****
*****
SE1           org    $2000
             rmb    $01          ;Sensor Elevación 1
SE2           rmb    $01          ;Sensor Elevacion 2
SA1           rmb    $01          ;Sensor Azimut 1
SA2           rmb    $01          ;Sensor Azimut 2
SIS           rmb    $01          ;Sensor de Intensidad Solar
C1           rmb    $01          ;Contador 1
C2           rmb    $01          ;Contador 2
C3           rmb    $02          ;Contador 3
C4           rmb    $02          ;Contador 4
C5           rmb    $01          ;Contador 5
C6           rmb    $01          ;Contador 6
Acc_1        rmb    $02          ;Acumulador 1

*****
*****
*SECCION DE DATA PARA RELOJ
*****
*****
Destiny       org    $2040
             equ    $2040          ;Direcciones de Data de RTC
sec_1        rmb    $01          ;Dirección de Segundos
min_1        rmb    $01          ;Dirección de Minutos
hou_1        rmb    $01          ;Dirección de Horas
day_1        rmb    $01          ;Dirección de Día
dat_1        rmb    $01          ;Dirección de Date
mon_1        rmb    $01          ;Dirección de Mes
yea_1        rmb    $01          ;Dirección de Año
temp         rmb    $01          ;Dirección de Sí

Base_up       org    $2060
             equ    $2060          ;Direcciones donde se ubican MSB de TIME

Base_low      org    $2070
             equ    $2070          ;Direcciones donde se ubican LSB de TIME

*****
*****
*SECCION DE DATA PARA DUTY CYCLE Y TIEMPO DE ACTIVACION
*****
*****
dc_e         org    $2080
             fdb    $0296          ;Duty Cycle = 2.0%
t_e          fdb    $017b          ;Tiempo Activo = 3.1s
dc_a         fdb    $0296          ;Duty Cycle = 2.0%
t_a          fdb    $005b          ;Tiempos Activos
t_a2         fdb    $00cc
t_a3         fdb    $00f9
t_a4         fdb    $0126
t_a5         fdb    $0071
t_a6         fdb    $05d2
t_a7         fdb    $0528
t_a8         fdb    $0388
t_a9         fdb    $01b8
t_a10        fdb    $00e2
t_a11        fdb    $0262

ta_1         org    $2050
             rmb    $02          ;Dirección de Tiempo de Activación de Azimut según el
             mes.

*****
*****
*SECCION DE MENSAJES
*****
*****
string1      org    $2300
             fcc    'Valor Sensor <SE1>: <%X>' ;Mensaje para SE1
             fcb    $0a,$0d,$00
string2      fcc    'Valor Sensor <SE2>: <%X>' ;Mensaje para SE2
             fcb    $0a,$0d,$00
string3      fcc    'Valor Sensor <SA1>: <%X>' ;Mensaje para SA1
             fcb    $0a,$0d,$00
```

```

string4 fcc 'Valor Sensor <SA2>: <%X>' ;Mensaje para SA2
        fcb $0a,$0d,$00
string5 fcc 'Valor Sensor <SIS>: <%X>' ;Mensaje para SIS
        fcb $0a,$0d,$00

Bm_1 org $2400
     equ $2400
     fcc 'METODO ACTIVO ' ;Mensaje para METODO ACTIVO

Bm_2 org $2420
     equ $2420
     fcc 'METODO PROGRAMADO' ;Mensaje para METODO PROGRAMADO

Bm_3 org $2440
     equ $2440
     fcc 'ESPERANDO...' ;Mensaje para ESPERANDO...

Bm_4 org $2450
     equ $2450
     fcc 'ESPERANDO 24HRS' ;Mensaje para ESPERANDO 24HRS

Bm_5 org $2460
     equ $2460
     fcc 'INTERRUPCION MANUAL' ;Mensaje para INTERRUPCION MANUAL

string6 org $2480
nline fcc '*****'
string7 fcb $0d,$0a,$00
        fcc 'PROGRAMA DE APLICACION'
        fcb $0d,$0a,$00
string8 fcc 'PROYECTO DE GRADUACION'
        fcb $0d,$0a,$00
string9 fcc 'DISENO DE LA ETAPA DE CONTROL PARA UN CONCENTRADOR DE LUZ SOLAR AUTONOMO'
        fcb $0d,$0a,$00
string10 fcc 'HECHO POR: JOSE JAVIER VELASQUEZ DURON'
        fcb $0d,$0a,$00
string11 fcc 'CARRERA: INGENIERIA ELECTRONICA'
        fcb $0d,$0a,$00
string12 fcc '*****'
        fcb $0d,$0a,$00
string13 fcc 'EJECUTANDO METODO ACTIVO...'
        fcb $0d,$0a,$00
string14 fcc 'EJECUTANDO METODO PROGRAMADO...'
        fcb $0d,$0a,$00
string15 fcc 'Ingreso Segundos:'
        fcb $0d,$0a,$00
string16 fcc 'Ingreso Minutos:'
        fcb $0d,$0a,$00
string17 fcc 'Ingreso Hora Oficial:'
        fcb $0d,$0a,$00
string18 fcc 'Ingreso Dia:'
        fcb $0d,$0a,$00
string19 fcc 'Ingreso Dat:'
        fcb $0d,$0a,$00
string20 fcc 'Ingreso Mes:'
        fcb $0d,$0a,$00
string21 fcc 'Ingreso Ano:'
        fcb $0d,$0a,$00
string22 fcc 'Datos de Hora y Fecha Correctos? (s = Si) (n = No)'
        fcb $0d,$0a,$00
string23 fcc 'POSICIONANDO CONCENTRADOR SOLAR A ESTADO INICIAL...'
        fcb $0d,$0a,$00
string24 fcc 'ESPERANDO A QUE SEAN LAS 24 HRS...'
        fcb $0d,$0a,$00
string25 fcc 'INTERRUPCION MANUAL SOLICITADA'
        fcb $0d,$0a,$00

*****
*****
*PROGRAMA PRINCIPAL
*****
*****
        org $4000
        lds #stack ;Inicializar Stack
        movw #0000,Acc_1 ;Inicializar Acc_1
        movb #inter_ini,inter ;Habilitar IRQ
        movb #hprio_ini,hprio ;IRQ de maxima prioridad
        cli
        jsr init ;Llamar subrutina INIT
start jsr tme_init ;Llamar subrutina TME_INIT
      jsr write_date ;Llamar subrutina WRITE_DATE

```

```

L1      jsr    timing                ;Llamar subrutina TIMING
        ldaa  min_1                  ;Cargar Minutos
        cmpa  #$08                   ;Ya son las 8:08? (SIMULA LAS 12:00)
        beq  rtrn                    ;Ir a RTRN
L2      ldaa  min_1                  ;Cargar Minutos
        cmpa  #$16                   ;Ya son las 8:16? (SIMULA LAS 16:00)
        beq  lcd                     ;Ir a LCD
        jsr  des_method              ;Llamar subrutina DES_METHOD
        bra  L1
rtrn    jsr  return                  ;Llamar subrutina RETURN
        bra  L2
lcd     jsr  lcd_init                ;Llamar subrutina LCD_INIT
        jsr  mens_3                  ;Llamar subrutina MENS_3
L3      jsr  timing                ;Llamar subrutina TIMING
        jsr  mess_3                  ;Llamar subrutina MESS_3
        ldaa  min_1                  ;Cargar Minutos
        cmpa  #$18                   ;Ya son las 8:18? (SIMULA LAS 17:00)
        beq  IS                      ;Ir a IS
        bra  L3
IS      jsr  init_st                 ;Llamar subrutina INIT_ST
        jsr  mens_4
L4      jsr  timing                ;Llamar subrutina TIMING
        jsr  mess_4
        ldaa  min_1                  ;Cargar Minutos
        cmpa  #$20                   ;Ya son las 8:20? (SIMULA LAS 24:00)
        beq  ST                      ;Ir a ST
        bra  L4
ST      movw  #$0000,Acc_1           ;Inicializar Acc_1
        clr  sec_1                   ;Inicializar Segundos
        clr  min_1                   ;Inicializar Minutos
        inc  day_1                    ;Incrementar Día
        inc  dat_1                    ;Incrementar Dat
        bra  start
    
```


*Subrutina INIT

*Descripción: Subrutina empleada para inicializar subsistemas.


```

init    clra
        jsr  lcd_init                ;Llamar subrutina LCD_INIT
        jsr  intro                    ;Llamar subrutina INTRO
        jsr  timer_init              ;Llamar subrutina TIMER_INIT
        jsr  atd_init                ;Llamar subrutina ATD_INIT
        jsr  date_init               ;Llamar subrutina DATE_INIT
        jsr  spi_init                ;Llamar subrutina SPI_INIT
        jsr  osc_init                ;Llamar subrutina OSC_INIT
        cli
        rts
    
```


*Subrutina INTRO

*Descripción: Subrutina empleada para desplegar mensajes de inicialización.


```

intro   ldd  #string6                 ;Procedimiento para subrutina PRINTF
        ldx  printf
        jsr  0,x
        ldd  #string7                 ;Procedimiento para subrutina PRINTF
        ldx  printf
        jsr  0,x
        ldd  #string8                 ;Procedimiento para subrutina PRINTF
        ldx  printf
        jsr  0,x
        ldd  #string9                 ;Procedimiento para subrutina PRINTF
        ldx  printf
        jsr  0,x
        ldd  #string10                ;Procedimiento para subrutina PRINTF
        ldx  printf
        jsr  0,x
        ldd  #string11                ;Procedimiento para subrutina PRINTF
        ldx  printf
        jsr  0,x
        ldd  #string12                ;Procedimiento para subrutina PRINTF
        ldx  printf
        jsr  0,x
        rts
    
```

```

*****
*****
*Subrutina LCD_INIT
*Descripción: Subrutina empleada para inicializar LCD.
*****
*****
lcd_init      ldaa    #df                ;Display (2x40)
              bsr     lcd_cmd           ;Llamar subrutina LCD_CMD
              ldaa    #dc                ;Display y Cursor On, Blink Off
              bsr     lcd_cmd           ;Llamar subrutina LCD_CMD
              ldaa    #scr               ;desplazar cursor hacia derecha
              bsr     lcd_cmd           ;Llamar subrutina LCD_CMD
              ldaa    #cdch              ;Borrar Display, Cursor al principio
              bsr     lcd_cmd           ;Llamar subrutina LCD_CMD
              rts

*****
*****
*Subrutina LCD_CMD
*Descripción: Subrutina empleada para enviar comandos a LCD.
*****
*****
lcd_cmd       staa    write_lcd          ;Comando de escritura
              bsr     delay_40          ;Llamar subrutina DELAY_40
              rts

*****
*****
*Subrutina DELAY_40
*Descripción: Subrutina empleada para generar 40us de retardo para el procesamiento adecuado
*
*           de comando LCD.
*****
*****
delay_40      ldy     #$0000             ;Procedimiento para DELAY_40
loop40        dey
              bne     loop40
              rts

*****
*****
*Subrutina DATE_INIT
*Descripción: Subrutina empleada para inicializar data de RTC.
*****
*****
date_init     ldy     #Destiny           ;Cargar dirección de Hora y Fecha
              ldd     #string15         ;Cargar STRING 15
              bsr     store             ;Llamar subrutina STORE
              ldd     #string16         ;Cargar STRING 16
              bsr     store             ;Llamar subrutina STORE
              ldd     #string17         ;Cargar STRING 17
              bsr     store             ;Llamar subrutina STORE
              ldd     #string18         ;Cargar STRING 18
              bsr     store             ;Llamar subrutina STORE
              ldd     #string19         ;Cargar STRING 19
              bsr     store             ;Llamar subrutina STORE
              ldd     #string20         ;Cargar STRING 20
              bsr     store             ;Llamar subrutina STORE
              ldd     #string21         ;Cargar STRING 21
              jsr     store             ;Llamar subrutina STORE
              jsr     adapt_1           ;Llamar subrutina ADAPT_1
              jsr     sum               ;Llamar subrutina SUM
              jsr     t_right?         ;Llamar subrutina T_RIGHT?
              ldaa    temp              ;Cargar valor de TEMP
              cmpa   #$73               ;Es Sí?
              bne     date_init
              rts

*****
*****
*Subrutina STORE
*Descripción: Subrutina empleada para desplegar en pantalla y almacenar el ingreso del TIEMPO.
*****
*****
store         pshy
              ldx     printf            ;Procedimiento para subrutina PRINTF
              jsr     0,x
              ldx     getchar           ;Procedimiento para subrutina GETCHAR
              jsr     0,x
              ldx     putchar          ;Procedimiento para subrutina PUTCHAR
              jsr     0,x
              puly

```

```

        stab 0,y                ;Transferir a DESTINY
        iny                ;Incrementar dirección DESTINY
        pshy
        ldx getchar           ;Procedimiento para subrutina GETCHAR
        jsr 0,x
        ldx putchar         ;Procedimiento para subrutina PUTCHAR
        jsr 0,x
        puly
        stab 0,y            ;Transferir a DESTINY
        iny                ;Incrementar dirección DESTINY
        pshy
        ldd #nline          ;Cargar NLINE
        ldx printf          ;Procedimiento para subrutina PRINTF
        jsr 0,x
        puly
        rts

*****
*****
*Subrutina ADAPT_1
*Descripción: Subrutina empleada para adaptar Hora y Fecha a
* formato adecuado para enviarlo a RTC.
*****
*****
adapt_1      clrb                ;Limpiar contador
             ldx #Destiny        ;Cargar dirección DESTINY
             ldy #Base_up        ;Cargar dirección de parte alta
L5           ldaa 0,x            ;Cargar parte alta SEGUNDOS
             anda #$0f           ;Operación AND parte alta
             clc                 ;Set C = 0
             rola                ;Hacer 4 desplazamientos
             rola
             rola
             rola
             staa 0,y            ;Transferir a BASE_UP
             iny                ;Incrementar BASE_UP
             inx                ;Incrementar DESTINY
             inx                ;Incrementar DESTINY
             incb                ;Incrementar contador
             cmpb #$07           ;Ya estuvieron los 7 datos?
             bne L5
             clrb                ;Limpiar contador
             ldx #Destiny        ;Cargar dirección DESTINY
             ldy #Base_low       ;Cargar dirección de parte baja
L6           ldaa 1,x            ;cargar parte baja SEGUNDOS
             anda #$0f           ;Operación AND parte baja
             staa 0,y            ;Transferir a BASE_LOW
             iny                ;Incrementar BASE_LOW
             inx                ;Incrementar DESTINY
             inx                ;Incrementar DESTINY
             incb                ;Incrementar contador
             cmpb #$07           ;Ya estuvieron los 7 datos?
             bne L6
             rts

*****
*****
*Subrutina SUM
*Descripción: Subrutina empleada para sumar los datos de Tiempo y Fecha.
*****
*****
sum          clra
             clrb
             ldx #Base_up        ;Cargar dirección de BASE_UP
             ldy #Base_low       ;Cargar dirección de BASE_LOW
L7           ldaa 0,x            ;Cargar parte alta SEGUNDOS
             ldab 0,y            ;Cargar parte baja SEGUNDOS
             aba                 ;Operación A + B
             psha
             inx                ;Incrementar BASE_UP
             iny                ;Incrementar BASE_LOW
             cpx #$2067          ;Ya estuvieron las 7 sumas?
             bne L7
             clrb                ;Limpiar contador
             ldx #Destiny        ;Cargar dirección DESTINY
L8           pula
             staa 6,x            ;Transferir a Año
             dex                ;Decrementar BASE
             incb                ;Incrementar contador
             cmpb #$07           ;Ya estuvieron los 7 datos?
             bne L8

```

```

rts

*****
*****
*Subrutina T_RIGHT?
*Descripción: Subrutina empleada para verificar si datos ingresados de Hora y Fecha son correctos.
*****
*****
t_right    ldd    #string22                ;Cargar STRING 22
           ldx    printf                    ;Procedimiento para subrutina PRINTF
           jsr    0,x
           ldx    getchar                    ;Procedimiento para subrutina GETCHAR
           jsr    0,x
           stab   temp                       ;Transferir a TEMP
           ldx    putchar                    ;Procedimiento para subrutina PUTCHAR
           jsr    0,x
           ldd    #nline                      ;Cargar NLINE
           ldx    printf                    ;Procedimiento para subrutina PRINTF
           jsr    0,x
           rts

*****
*****
*Subrutina TME_INIT
*Descripción: Subrutina empleada para configurar el Tiempo de Activación según el mes.
*****
*****
tme_init   clra
           ldaa   mon_1                      ;Cargar Mes
           cmpa   #$05                        ;Es Mayo?
           beq    tme_1                      ;Ir a TME_1
           ldaa   mon_1                      ;Cargar Mes
           cmpa   #$06                        ;Es Julio?
           beq    tme_1                      ;Ir a TME_1
           bra    nxt1
tme_1      ldy    t_a5                        ;Cargar T_A5
           sty    ta_1                        ;Transferir a TA_1
           bra    end
nxt1       ldaa   mon_1                      ;Cargar Mes
           cmpa   #$03                        ;Es Marzo?
           beq    tme_2                      ;Ir a TME_2
           ldaa   mon_1                      ;Cargar Mes
           cmpa   #$08                        ;Es Agosto?
           beq    tme_2                      ;Ir a TME_2
           bra    nxt2
tme_2      ldy    t_a4                        ;Cargar T_A4
           sty    ta_1                        ;Transferir a TA_1
           bra    end
nxt2       ldaa   mon_1                      ;Cargar Mes
           cmpa   #$02                        ;Es Febrero?
           beq    tme_3                      ;Ir a TME_3
           ldaa   mon_1                      ;Cargar Mes
           cmpa   #$09                        ;Es Septiembre?
           beq    tme_3                      ;Ir a TME_3
           bra    nxt3
tme_3      ldy    t_a3                        ;Cargar T_A3
           sty    ta_1                        ;Transferir a TA_1
           bra    end
nxt3       ldaa   mon_1                      ;Cargar Mes
           cmpa   #$01                        ;Es Enero?
           beq    tme_4                      ;Ir a TME_4
           ldaa   mon_1                      ;Cargar Mes
           cmpa   #$04                        ;Es Abril?
           beq    tme_4                      ;Ir a TME_4
           ldaa   mon_1                      ;Cargar Mes
           cmpa   #$07                        ;Es Julio?
           beq    tme_4                      ;Ir a TME_4
           ldaa   mon_1                      ;Cargar Mes
           cmpa   #$10                        ;Es Octubre?
           beq    tme_4                      ;Ir a TME_4
           bra    nxt4
tme_4      ldy    t_a2                        ;Cargar T_A2
           sty    ta_1                        ;Transferir a TA_1
           bra    end
nxt4       ldaa   mon_1                      ;Cargar Mes
           cmpa   #$11                        ;Es Noviembre?
           beq    tme_5                      ;Ir a TME_5
           ldaa   mon_1                      ;Cargar Mes
           cmpa   #$12                        ;Es Diciembre?
           beq    tme_5                      ;Ir a TME_5

```

```

tme_5      bra    end
           ldy    t_a                ;Cargar T_A
           sty    ta_1              ;Transferir a TA_1
end        rts

*****
*****
*Subrutina SPI_INI
*Descripción: Subrutina empleada para configurar SPI.
*****
*****
spi_init   bclr   ports,$80          ;Deshabilitar RTC
           movb  #ddrs_in,ddrs      ;Configurar SS = SCK = MOSI = Salidas
           movb  #sp0br_in,sp0br    ;SCK = 4 MHz
           movb  #sp0cr1_in,sp0cr1  ;MSTR = 1, SSOE = 0, CPHA = 1, CPOL = 0
           movb  #sp0cr2_in,sp0cr2  ;Configurar Puerto S con Pull-Up
           bset  sp0cr1,$40         ;Habilitar SPI
           rts

*****
*****
*Subrutina OSC_INI
*Descripción: Subrutina empleada para inicializar Oscilador de RTC.
*****
*****
osc_init   bset   ports,$80          ;Habilitar SS
           jsr   clrflg_1           ;Llamar subrutina CLRFLG_1
           ldaa  #cr_write          ;Cargar en A CR_WRITE
           staa  sp0dr              ;Transferir a SPODR
wait1      brclr  sp0sr,$80,wait1    ;SPIF = 1?
           jsr   clrflg_1           ;Llamar subrutina CLRFLG_1
           ldaa  #ctl_mask          ;Cargar en A CTL_MASK
           staa  sp0dr              ;Transferir a SPODR
wait2      brclr  sp0sr,$80,wait2    ;SPIF = 1?
           jsr   clrflg_1           ;Llamar subrutina CLRFLG_1
           bclr  ports,$80          ;Deshabilitar SS
           rts

*****
*****
*Subrutina WRITE_DATE
*Descripción: Subrutina empleada para escribir hora, fecha y alarmas.
*****
*****
write_date ldx   #Destiny            ;Cargar Principio de Direcciones de Máscaras
           ldaa  #write              ;Cargar Principio de Direcciones de Escritura RTC
           bset  ports,$80          ;Habilitar SS
           jsr   clrflg_1           ;Llamar subrutina CLRFLG_1
           staa  sp0dr              ;Transferir a SPODR
wait5      brclr  sp0sr,$80,wait5    ;SPIF = 1?
           jsr   clrflg_1           ;Llamar subrutina CLRFLG_1
L9         ldaa  0,x                 ;Cargar Máscara
           staa  sp0dr              ;Transferir a SPODR
wait6      brclr  sp0sr,$80,wait6    ;SPIF = 1?
           jsr   clrflg_1           ;Llamar subrutina CLRFLG_1
           inx                       ;Incrementar Dirección de Mascara
           cpx   #$2047              ;Ya estuvieron los 07 datos?
           bne  L9
           bclr  ports,$80          ;Deshabilitar SS
           rts

*****
*****
*Subrutina TIMER_INIT
*Descripción: Subrutina empleada para inicializar TIMER.
*****
*****
timer_init clr   tmsk1               ;Deshabilitar Interrupciones
           movb  #tmsk2_in,tmsk2    ;Período de Señal = 8.192msec
           movb  #tios_in,tios       ;OC7, OC0, OC1, OC4, OC5 = Output Compares FALTA
BRAKE!!!!
           movb  #tscr_in,tscr      ;Inicializar Contador Libre
           rts

*****
*****
*Subrutina ATD_INIT
*Descripción: Subrutina empleada para inicializar subsistema ATD de MCU.
*****
*****
atd_init   movb  #atdctl2_in,atdctl2 ;Configurar ADPU = 1

```

```

jsr   delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
movb  #atdct15_in,atdct15     ;Configurar S8CM = 1 SCAN = 1 MULT = 1
rts

*****
*****
*Subrutina DES_METHOD
*Descripción: Subrutina empleada para leer datos de divisores de voltaje, comparar TH
*              y elegir el Método a utilizar
*****
*****
des_method
wtconv2   brclr  atdstat2,$1f,wtconv2   ;CCF0 = CCF1 = CCF2 = CCF3 = CCF4 = 1?
wtconv    brclr  atdstat,$80,wtconv     ;SCF = 1?
          bsr    sensor_sis            ;Llamar subrutina SENSOR_SIS
          ldaa   SIS                    ;Cargar SIS
          cmpa   #TH                    ;Comparar con Threshold
          bhi   MA                      ;Llamar a MA si valor de SIS > TH
          ldaa   SIS                    ;Cargar SIS
          cmpa   #TH                    ;Comparar con Threshold
          blo   MP                      ;Llamar a MP si valor de SIS < TH
MA        jsr    mess_1                 ;Llamar subrutina MESS_1
          bsr    mens_1                 ;Llamar subrutina MENS_1
          bsr    met_act                ;Llamar subrutina MET_ACT
          bsr    clrflg_2              ;Llamar subrutina CLRFLG_2
          bra   end_2
MP        jsr    mess_2                 ;Llamar subrutina MESS_2
          jsr    mens_2                 ;Llamar subrutina MENS_2
          jsr    met_prog              ;Llamar subrutina MET_PROG
end_2     rts

*****
*****
*Subrutina SENSOR_SIS
*Descripción: Subrutina empleada para Lectura de Sensor SIS.
*****
*****
sensor_sis  ldaa  adr4h                ;Cargar dato de ADR4H
            staa SIS                    ;Transferir a SIS
            tfr  a,b                    ;Transferir dato de A a B
            clra
            pshd                          ;Procedimiento para subrutina PRINTF
            ldd  #string5
            ldx  printf
            jsr  0,x
            puld
            rts

*****
*****
*Subrutina CLRFLG_2
*Descripción: Subrutina empleada para Borrar Bandejas de Conversión.
*****
*****
clrflg_2    ldab  atdstat2              ;Procedimiento para limpiar Bandejas
            orab  #$1f
            stab  atdstat2
            ldab  atdstat
            orab  #$80
            stab  atdstat
            rts

*****
*****
*Subrutina MENS_1
*Descripción: Subrutina empleada para desplegar mensaje de EJECUCION DE METODO ACTIVO.
*****
*****
mens_1      ldd  #string13              ;Procedimiento para subrutina PRINTF
            ldy  printf
            jsr  0,y
            rts

*****
*****
*Subrutina MET_ACT
*Descripción: Subrutina empleada para el Seguimiento del Sol por medio de las lecturas
*              en los divisores de voltaje SE1, SE2, SA1 y SA2.
*****
*****
met_act     jsr  timing                ;Llamar subrutina TIMING

```

```

jsr    get_sensors          ;Llamar subrutina GET_SENSORS
ldaa   min_1                ;Cargar Minutos
cmpa   #$11
bhi    sel_2                ;Ir a SEL_2 si MIN_1 > 11?
jsr    sensors_ele         ;Llamar subrutina SENSORS_ELE
bra    azi
sel_2  jsr    sensors_ele_2 ;Llamar subrutina SENSORS_ELE_2
bra    end_3
azi    ldaa   mon_1          ;Cargar Mes
cmpa   #$06                 ;Es Mes < Junio?
blo    azi_1                ;Ir a AZI_1
ldaa   mon_1                ;Cargar Mes
cmpa   #$06                 ;Es Mes = Junio?
beq    azi_2                ;Ir a AZI_2
ldaa   mon_1                ;Cargar Mes
cmpa   #$06                 ;Es Mes > Junio?
bhi    azi_2                ;Ir a AZI_2
azi_1  jsr    sensors_azi   ;Llamar subrutina SENSORS_AZI
bra    end_3
azi_2  jsr    sensors_azi_2 ;Llamar subrutina SENSORS_AZI_2
end_3  rts

```


*Subrutina MENS_2

*Descripción: Subrutina empleada para desplegar mensaje de EJECUCION DE METODO PROGRAMADO.


```

mens_2  ldd   #string14      ;Procedimiento para subrutina PRINTF
        ldy   printf
        jsr   0,y
        rts

```


*Subrutina MET_PROG

*Descripción: Subrutina empleada para el Seguimiento del Sol por medio de Datos enviados por RTC.


```

met_prog  ldaa   min_1        ;Cargar Minutos
          cmpa   #$02         ;Son las 8:02?
          beq    L46          ;Ir a L46
          ldaa   min_1        ;Cargar Minutos
          cmpa   #$03         ;Son las 8:03?
          beq    L46          ;Ir a L46
          ldaa   min_1        ;Cargar Minutos
          cmpa   #$04         ;Son las 8:04?
          beq    L47          ;Ir a L47
          ldaa   min_1        ;Cargar Minutos
          cmpa   #$05         ;Son las 8:05?
          beq    L47          ;Ir a L47
          ldaa   min_1        ;Cargar Minutos
          cmpa   #$06         ;Son las 8:06?
          beq    L48          ;Ir a L48
          ldaa   min_1        ;Cargar Minutos
          cmpa   #$07         ;Son las 8:07?
          beq    L48          ;Ir a L48
          ldaa   min_1        ;Cargar Minutos
          cmpa   #$08         ;Son las 8:08?
          beq    L49          ;Ir a L49
          ldaa   min_1        ;Cargar Minutos
          cmpa   #$09         ;Son las 8:09?
          beq    L49          ;Ir a L49
          ldaa   min_1        ;Cargar Minutos
          cmpa   #$10         ;Son las 8:10?
          beq    L50          ;Ir a L50
          ldaa   min_1        ;Cargar Minutos
          cmpa   #$11         ;Son las 8:11?
          beq    L50          ;Ir a L50
          ldaa   min_1        ;Cargar Minutos
          cmpa   #$12         ;Son las 8:12?
          beq    L51          ;Ir a L51
          ldaa   min_1        ;Cargar Minutos
          cmpa   #$13         ;Son las 8:13?
          beq    L51          ;Ir a L51
          ldaa   min_1        ;Cargar Minutos
          cmpa   #$14         ;Son las 8:14?
          beq    L52          ;Ir a L52
          ldaa   min_1        ;Cargar Minutos
          cmpa   #$15         ;Son las 8:15?

```

```

L45      beq     L52                ;Ir a L52
         jsr     timing            ;Llamar subrutina TIMING
         ldaa   min_1             ;Cargar Minutos
         cmpa   #$02              ;Son las 8:02?
         beq     M1_1             ;Ir a M1_1
         bra     L45
L46      jsr     timing            ;Llamar subrutina TIMING
         ldaa   min_1             ;Cargar Minutos
         cmpa   #$04              ;Son las 8:04?
         beq     M1_1             ;Ir a M1_1
         bra     L46
L47      jsr     timing            ;Llamar subrutina TIMING
         ldaa   min_1             ;Cargar Minutos
         cmpa   #$06              ;Son las 8:06?
         beq     M1_1             ;Ir a M1_1
         bra     L47
L48      jsr     timing            ;Llamar subrutina TIMING
         ldaa   min_1             ;Cargar Minutos
         cmpa   #$08              ;Son las 8:08?
         beq     M1_1             ;Ir a M1_1
         bra     L48
L49      jsr     timing            ;Llamar subrutina TIMING
         ldaa   min_1             ;Cargar Minutos
         cmpa   #$10              ;Son las 8:10?
         beq     M1_1             ;Ir a M1_1
         bra     L49
L50      jsr     timing            ;Llamar subrutina TIMING
         ldaa   min_1             ;Cargar Minutos
         cmpa   #$12              ;Son las 8:12?
         beq     M1_1             ;Ir a M1_1
         bra     L50
L51      jsr     timing            ;Llamar subrutina TIMING
         ldaa   min_1             ;Cargar Minutos
         cmpa   #$14              ;Son las 8:14?
         beq     M1_1             ;Ir a M1_1
         bra     L51
L52      jsr     timing            ;Llamar subrutina TIMING
         ldaa   min_1             ;Cargar Minutos
         cmpa   #$16              ;Son las 8:16?
         beq     M1_1             ;Ir a M1_1
         bra     L52
M1_1     jsr     move_1            ;Llamar subrutina MOVE_1
         rts

```

*Subrutina MESS_1

*Descripción: Subrutina empleada para desplegar mensaje "METODO ACTIVO" en

* Visualizador LCD.

```

mess_1   ldx     #Bm_1            ;Cargar dirección de mensaje
         ldab   #space            ;Cargar ESPACIO
         stab   out_lcd           ;Transferir a OUT_LCD
         jsr   delay_100          ;Llamar subrutina DELAY_100
         ldab   #space            ;Cargar ESPACIO
         stab   out_lcd           ;Transferir a OUT_LCD
         jsr   delay_100          ;Llamar subrutina DELAY_100
         clra                    ;Reset contador
L10      psha                    ;
         ldab   0,x               ;Cargar letra de mensaje
         stab   out_lcd           ;Transferir a OUT_LCD
         jsr   delay_100          ;Llamar subrutina DELAY_100
         inx                      ;Incrementar dirección
         pula                    ;
         inca                    ;Incrementar contador
         cmpa   #$12              ;Ya estuvieron las 17 letras?
         bne   L10
         rts

```

*Subrutina MESS_2

*Descripción: Subrutina empleada para desplegar mensaje "METODO PROGRAMADO" en

* Visualizador LCD.

```

mess_2   ldx     #Bm_2            ;Cargar dirección de mensaje
         ldab   #space            ;Cargar ESPACIO
         stab   out_lcd           ;Transferir a OUT_LCD
         jsr   delay_100          ;Llamar subrutina DELAY_100

```

```

        ldab #space                ;Cargar ESPACIO
        stab out_lcd              ;Transferir a OUT_LCD
        jsr delay_100            ;Llamar subrutina DELAY_100
        clra                      ;Reset contador
L11      psha
        ldab 0,x                 ;Cargar letra de mensaje
        stab out_lcd            ;Transferir a OUT_LCD
        jsr delay_100            ;Llamar subrutina DELAY_100
        inx                      ;Incrementar dirección
        pula
        inca                    ;Incrementar contador
        cmpa #$11               ;Ya estuvieron las 17 letras?
        bne L11
        rts

*****
*****
*Subrutina MENS_3
*Descripción: Subrutina empleada para desplegar mensaje de POSICIONANDO CONCENTRADOR SOLAR
*
* A ESTADO INICIAL...
*****
mens_3   ldd #string23          ;Procedimiento para subrutina PRINTF
        ldy printf
        jsr 0,y
        rts

*****
*****
*Subrutina MESS_3
*Descripción: Subrutina empleada para desplegar mensaje "ESPERANDO..." en
* Visualizador LCD.
*****
mess_3   ldx #Bm_3             ;Cargar dirección de mensaje
        ldab #space            ;Cargar ESPACIO
        stab out_lcd           ;Transferir a OUT_LCD
        jsr delay_100          ;Llamar subrutina DELAY_100
        ldab #space            ;Cargar ESPACIO
        stab out_lcd           ;Transferir a OUT_LCD
        jsr delay_100          ;Llamar subrutina DELAY_100
        clra                    ;Reset contador
L12      psha
        ldab 0,x               ;Cargar letra de mensaje
        stab out_lcd           ;Transferir a OUT_LCD
        jsr delay_100          ;Llamar subrutina DELAY_100
        inx                      ;Incrementar dirección
        pula
        inca                    ;Incrementar contador
        cmpa #$0c              ;Ya estuvieron las 12 letras?
        bne L12
        rts

*****
*****
*Subrutina MENS_4
*Descripción: Subrutina empleada para desplegar mensaje de ESPERANDO A QUE SEAN LAS 24 HRS...
*****
mens_4   ldd #string24          ;Procedimiento para subrutina PRINTF
        ldy printf
        jsr 0,y
        rts

*****
*****
*Subrutina MESS_4
*Descripción: Subrutina empleada para desplegar mensaje "ESPERANDO 24HRS" en
* Visualizador LCD.
*****
mess_4   ldx #Bm_4             ;Cargar dirección de mensaje
        ldab #space            ;Cargar ESPACIO
        stab out_lcd           ;Transferir a OUT_LCD
        jsr delay_100          ;Llamar subrutina DELAY_100
        clra                    ;Reset contador
L13      psha
        ldab 0,x               ;Cargar letra de mensaje
        stab out_lcd           ;Transferir a OUT_LCD

```

```

        jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
        incx                   ;Incrementar dirección
        pula
        inca                   ;Incrementar contador
        cmpa    #$0f           ;Ya estuvieron las 15 letras?
        bne    L13
        rts

*****
*****
*Subrutina GET_SENSORS
*Descripción: Subrutina empleada para obtener y desplegar en pantalla valores de
*
* divisores de voltaje SE1, SE2, SA1 y SA2.
*****
*****
get_sensors    ldaa    adr0h                ;Cargar dato de ADR0H
               staa    SE1                ;Transferir a SE1
               tfr    a,b                ;Transferir dato de A a B
               clra                   ;Procedimiento para subrutina PRINTF
               pshd
               ldd    #string1
               ldx    printf
               jsr    0,x
               puld
               ldaa    adr1h                ;Cargar dato de ADR1H
               staa    SE2                ;Transferir a SE2
               tfr    a,b                ;Transferir dato de A a B
               clra                   ;Procedimiento para subrutina PRINTF
               pshd
               ldd    #string2
               ldx    printf
               jsr    0,x
               puld
               ldaa    adr2h                ;Cargar dato de ADR2H
               staa    SA1                ;Transferir a SA1
               tfr    a,b                ;Transferir dato de A a B
               clra                   ;Procedimiento para subrutina PRINTF
               pshd
               ldd    #string3
               ldx    printf
               jsr    0,x
               puld
               ldaa    adr3h                ;Cargar dato de ADR3H
               staa    SA2                ;Transferir a SA2
               tfr    a,b                ;Transferir dato de A a B
               clra                   ;Procedimiento para subrutina PRINTF
               pshd
               ldd    #string4
               ldx    printf
               jsr    0,x
               puld
               rts

*****
*****
*Subrutina SENSORS_ELE
*Descripción: Subrutina empleada para comparar valores de sensores de ELEVACION.
*****
*****
sensors_ele    clra
               clrbc
               ldaa    SE1                ;Cargar SE1
               ldab    SE2                ;Cargar SE2
               sba                   ;Hacer operación A-B
               bcs    end_4
               ldaa    SE1                ;Cargar SE1
               ldab    SE2                ;Cargar SE2
               sba                   ;Hacer operación A-B
               cmpa    #DT                ;Comparar con DELTA ELEVACION
               bcc    M1                  ;Ir a M1 si SE1 > SE2
               bra    end_4
M1              jsr    move_1                ;Llamar subrutina MOVE_1
end_4           rts

*****
*****
*Subrutina SENSORS_ELE_2
*Descripción: Subrutina empleada para comparar valores de sensores de ELEVACION para en la tarde.
*****
*****
sensors_ele_2  clra

```

```

        clr b
        ldaa SE2           ;Cargar SE2
        ldab SE1           ;Cargar SE1
        sba                ;Hacer operación A-B
        bcs end_5         ;Ir a end_5 si SE1 > SE2
        ldaa SE2           ;Cargar SE2
        ldab SE1           ;Cargar SE1
        sba                ;Hacer operación A-B
        cmpa #DT           ;Comparar con DELTA ELEVACION
        bcc M2             ;Ir a M2 si SE2 > SE1
        bra end_5
M2      jsr  move_1       ;Llamar subrutina MOVE_1
end_5   rts

```


*Subrutina SENSORS_AZI

*Descripción: Subrutina empleada para comparar valores de sensores de AZIMUT.


```

sensors_azi  clra
              clrb
              ldaa SA1       ;Cargar SA1
              ldab SA2       ;Cargar SA2
              sba            ;Hacer operación A-B
              bcs end_6
              ldaa SA1       ;Cargar SA1
              ldab SA2       ;Cargar SA2
              sba            ;Hacer operación A-B
              cmpa #DT_A     ;Comparar con DELTA AZIMUT
              bcc M3         ;Ir a M3 si SA1 > SA2
              bra end_6
M3          jsr  move_2     ;Llamar subrutina MOVE_2
end_6       rts

```


*Subrutina SENSORS_AZI_2

*Descripción: Subrutina empleada para comparar valores de sensores de AZIMUT.


```

sensors_azi_2 clra
              clrb
              ldaa SA2       ;Cargar SA2
              ldab SA1       ;Cargar SA1
              sba            ;Hacer operación A-B
              bcs end_7
              ldaa SA2       ;Cargar SA2
              ldab SA1       ;Cargar SA1
              sba            ;Hacer operación A-B
              cmpa #DT_A     ;Comparar con DELTA AZIMUT
              bcc M4         ;Ir a M4 si SA2 > SA1
              bra end_7
M4          jsr  move_3     ;Llamar subrutina MOVE_3
end_7       rts

```


*Subrutina RETURN

*Descripción: Subrutina empleada para retornar el concentrador para que siga al Sol en la tarde según el mes.


```

return      clra
            ldaa mon_1       ;Cargar Mes
            cmpa #$12        ;Es Diciembre?
            beq  ret_1       ;Ir a RET_1
            bra  nxt5
ret_1      ldy  t_a6         ;Cargar T_A6
            sty  ta_1        ;Transferir a TA_1
            jsr  move_2     ;Llamar subrutina MOVE_2
            jmp  L89
nxt5      ldaa mon_1       ;Cargar Mes
            cmpa #$01        ;Es Enero?
            beq  ret_2       ;Ir a RET_2
            ldaa mon_1       ;Cargar Mes
            cmpa #$11        ;Es Noviembre?
            beq  ret_2       ;Ir a RET_2
            bra  nxt6
ret_2      ldy  t_a7         ;Cargar T_A7
            sty  ta_1        ;Transferir a TA_1

```

```

        jsr   move_2           ;Llamar subrutina MOVE_2
        jmp   L89
nxt6    ldaa  mon_1           ;Cargar Mes
        cmpa #02             ;Es Febrero?
        beq  ret_3           ;Ir a RET_3
        ldaa mon_1           ;Cargar Mes
        cmpa #10            ;Es Octubre?
        beq  ret_3           ;Ir a RET_3
        bra  nxt7
ret_3   ldy   t_a8           ;Cargar T_A8
        sty  ta_1           ;Transferir a TA_1
        jsr  move_2         ;Llamar subrutina MOVE_2
        jmp  L89
nxt7    ldaa  mon_1           ;Cargar Mes
        cmpa #03            ;Es Marzo?
        beq  ret_4           ;Ir a RET_4
        ldaa mon_1           ;Cargar Mes
        cmpa #09            ;Es Septiembre?
        beq  ret_4           ;Ir a RET_4
        bra  nxt8
ret_4   ldy   t_a9           ;Cargar T_A9
        sty  ta_1           ;Transferir a TA_1
        jsr  move_2         ;Llamar subrutina MOVE_2
        jmp  L89
nxt8    ldaa  mon_1           ;Cargar Mes
        cmpa #04            ;Es Abril?
        beq  ret_5           ;Ir a RET_5
        ldaa mon_1           ;Cargar Mes
        cmpa #08            ;Es Agosto?
        beq  ret_5           ;Ir a RET_5
        bra  nxt9
ret_5   ldy   t_a10          ;Cargar T_A10
        sty  ta_1           ;Transferir a TA_1
        jsr  move_3         ;Llamar subrutina MOVE_3
        jmp  L89
nxt9    ldaa  mon_1           ;Cargar Mes
        cmpa #05            ;Es Mayo?
        beq  ret_6           ;Ir a RET_6
        ldaa mon_1           ;Cargar Mes
        cmpa #07            ;Es Julio?
        beq  ret_6           ;Ir a RET_6
        bra  nxt10
ret_6   ldy   t_a11          ;Cargar T_A11
        sty  ta_1           ;Transferir a TA_1
        jsr  move_3         ;Llamar subrutina MOVE_3
        jmp  L89
nxt10   ldaa  mon_1           ;Cargar Mes
        cmpa #06            ;Es Junio?
        beq  ret_7           ;Ir a RET_7
        bra  L89
ret_7   ldy   t_a8           ;Cargar T_A8
        sty  ta_1           ;Transferir a TA_1
        jsr  move_3         ;Llamar subrutina MOVE_3
L89     jsr  timing          ;Llamar subrutina TIMING
        ldaa min_1           ;Cargar Minutos
        cmpa #09            ;Son las 8:09?
        beq  end_x           ;Ir a END_X
        bra  L89
end_x   rts

```

```

*****
*****
*Subrutina INIT_ST
*Descripción: Subrutina empleada para llevar a posiciones iniciales a eje de ELEVACION Y AZIMUT.
*****
*****

```

```

init_st  ldd   Acc_1           ;Cargar ACC_1
        subd #00e5           ;Hacer operacion D-00e5
        std  Acc_1           ;Almacenar en Acc_1
        jsr  init_state_1    ;Llamar subrutina INIT_STATE_1
        ldaa mon_1           ;Cargar Mes
        cmpa #12            ;Es Diciembre?
        beq  ini_1           ;Ir a INI_1
        bra  nxt11
ini_1   jsr  move_3           ;Llamar subrutina MOVE_3
        jmp  end_9
nxt11   ldaa  mon_1           ;Cargar Mes
        cmpa #01            ;Es Enero?
        beq  ini_2           ;Ir a INI_2
        ldaa mon_1           ;Cargar Mes
        cmpa #11            ;Es Noviembre?

```

```

                beq     ini_2                ;Ir a INI_2
                bra     nxt12
ini_2           jsr     move_3              ;Llamar subrutina MOVE_3
                jmp     end_9
nxt12          ldaa   mon_1                ;Cargar Mes
                cmpa   #$02                ;Es Febrero?
                beq     ini_3                ;Ir a INI_3
                ldaa   mon_1                ;Cargar Mes
                cmpa   #$10                ;Es Octubre?
                beq     ini_3                ;Ir a INI_3
                bra     nxt13
ini_3           jsr     move_3              ;Llamar subrutina MOVE_3
                jmp     end_9
nxt13          ldaa   mon_1                ;Cargar Mes
                cmpa   #$03                ;Es Marzo?
                beq     ini_4                ;Ir a INI_4
                ldaa   mon_1                ;Cargar Mes
                cmpa   #$09                ;Es Septiembre?
                beq     ini_4                ;Ir a INI_4
                bra     nxt14
ini_4           jsr     move_3              ;Llamar subrutina MOVE_3
                jmp     end_9
nxt14          ldaa   mon_1                ;Cargar Mes
                cmpa   #$04                ;Es Abril?
                beq     ini_5                ;Ir a INI_5
                ldaa   mon_1                ;Cargar Mes
                cmpa   #$08                ;Es Agosto?
                beq     ini_5                ;Ir a INI_5
                bra     nxt15
ini_5           jsr     move_2              ;Llamar subrutina MOVE_2
                jmp     end_9
nxt15          ldaa   mon_1                ;Cargar Mes
                cmpa   #$05                ;Es Mayo?
                beq     ini_6                ;Ir a INI_6
                ldaa   mon_1                ;Cargar Mes
                cmpa   #$07                ;Es Julio?
                beq     ini_6                ;Ir a INI_6
                bra     nxt16
ini_6           jsr     move_2              ;Llamar subrutina MOVE_2
                bra     end_9
nxt16          ldaa   mon_1                ;Cargar Mes
                cmpa   #$06                ;Es Junio?
                beq     ini_7                ;Ir a INI_7
                bra     end_9
ini_7           jsr     move_2              ;Llamar subrutina MOVE_2
end_9          rts

```


*Subrutina MOVE_1
*Descripción: Subrutina empleada para mover el concentrador en su eje de ELEVACION.

```

move_1         ldx     #$0000              ;Inicializar Contador de Pulsos
                movb   #oc7m_in_1,oc7m    ;OC2 = OC1= OC0 = Salidas
                movb   #oc7d_in_1,oc7d    ;Poner 1 en OC2 OC1 y OC0
                jsr     pulso_1            ;Llamar subrutina PULSO_1
L14            pshx
                jsr     pulsos_1           ;Llamar subrutina PULSOS_1
                pulx
                cpx     t_e                 ;Tiempo = 2.78s
                beq     DSAC_1             ;Ir a DSAC_1
                inx
                bra     L14
DSAC_1         jsr     desactivar_1       ;Llamar subrutina DESACTIVAR_1
                rts

```


*Subrutina PULSO_1
*Descripción: Subrutina empleada para crear un PULSO que va a la entrada DIRECTION de
* Controlador de Motor de ELEVACION.

```

pulso_1        ldd     tcnt                 ;Cargar valor de Contador Libre
                movb   #$03,tctl1         ;Output Event = OC4 a 1
                std     tc4                ;Transferir a TC4
                rts

```


```

*Subrutina PULSOS_1
*Descripción: Subrutina empleada para crear PULSOS que van a la entrada PWM de
* Controlador de Motor de ELEVACION.
*****
pulsos_1      ldd    tcnt                ;Cargar valor de Contador Libre
              std    tc7                ;Transferir a TC7
              movb  #$02,tctl2         ;Output Event = OC0 a 0
              addd  dc_e               ;Agregar Duty Cycle
              std    tc0                ;Transferir a TC0
wait11       brclr  tflg2,$80,wait11  ;TOF = 1?
              jsr   clrflg_3          ;Llamar subrutina CLRFLG_3
              rts

*****
*Subrutina DESACTIVAR_1
*Descripción: Subrutina empleada para desactivar pulsos enviados a Controlador de
* Motor de ELEVACION.
*****
desactivar_1  ldd    tcnt                ;Cargar valor de Contador Libre
              movb  #$00,tctl1         ;Output Event = OC4 a 0
              movb  #oc7d_in_3,oc7d    ;Poner 0 en OC2 y OC0
              std    tc7                ;Transferir a TC7
              std    tc4                ;Transferir a TC4
              stx   C3                 ;Transferir a C3
              ldd   Acc_1              ;Cargar ACC_1
              addd  C3                 ;Añadir C3
              std   Acc_1              ;Transferir a ACC_1
              rts

*****
*Subrutina MOVE_2
*Descripción: Subrutina empleada para mover el concentrador en su eje de AZIMUT.
*****
move_2       ldx   #$0000              ;Inicializar Tiempo
              movb  #oc7m_in_2,oc7m    ;OC3 = OC1 = Salidas
              movb  #oc7d_in_2,oc7d    ;Poner 1 en OC3 y OC1
              jsr   pulso_2            ;Llamar subrutina PULSO_2
L15          pshx
              jsr   pulsos_2          ;Llamar subrutina PULSOS_2
              pulx
              cpx   ta_1                ;Tiempo = TA_1
              beq   DSAC_2            ;Ir a DSAC_2
              inx                       ;Incrementar Contador
              bra   L15
DSAC_2       jsr   desactivar_2        ;Llamar subrutina DESACTIVAR_2
              rts

*****
*Subrutina PULSO_2
*Descripción: Subrutina empleada para crear un PULSO que va a la entrada DIRECTION de
* Controlador de Motor de AZIMUT.
*****
pulso_2      ldd    tcnt                ;Cargar valor de Contador Libre
              movb  #$0c,tctl1         ;Output Event = OC5 a 1
              std    tc5                ;Transferir a TC5
              rts

*****
*Subrutina PULSOS_2
*Descripción: Subrutina empleada para crear PULSOS que van a la entrada PWM de
* Controlador de Motor de AZIMUT.
*****
pulsos_2     ldd    tcnt                ;Cargar valor de Contador Libre
              std    tc7                ;Transferir a TC7
              movb  #$08,tctl2         ;Output Event = OC1 a 0
              addd  dc_a               ;Agregar Duty Cycle
              std    tc1                ;Transferir a TC1
wait12       brclr  tflg2,$80,wait12  ;TOF = 1?
              jsr   clrflg_3          ;Llamar subrutina CLRFLG_3
              rts

```

```

*****
*****
*Subrutina DESACTIVAR_2
*Descripción: Subrutina empleada para desactivar pulsos enviados a Controlador de
* Motor de AZIMUT.
*****
*****
desactivar_2    ldd    tcnt                ;Cargar valor de Contador Libre
                movb   #$00,tctl1         ;Output Event = 0C5 a 0
                movb   #oc7d_in_3,oc7d    ;Poner 0 en OC1 y OC3
                std    tc7                ;Transferir a TC7
                std    tc5                ;Transferir a TC5
                rts

*****
*****
*Subrutina MOVE_3
*Descripción: Subrutina empleada para mover el concentrador en su eje de AZIMUT.
*****
*****
move_3          ldx    #$0000             ;Inicializar Tiempo
                movb   #oc7m_in_2,oc7m    ;OC3 = OC1 = Salidas
                movb   #oc7d_in_2,oc7d    ;Poner 1 en OC3 y OC1
                jsr    pulso_3            ;Llamar subrutina PULSO_3
L16             pshx
                jsr    pulsos_3           ;Llamar subrutina PULSOS_3
                pulx
                cpx    ta_1               ;Tiempo = TA_1
                beq    DSAC_3            ;Ir a DSAC_3
                inx                      ;Incrementar Contador
DSAC_3          bra    L16
                jsr    desactivar_3       ;Llamar subrutina DESACTIVAR_3
                rts

*****
*****
*Subrutina PULSO_3
*Descripción: Subrutina empleada para crear un PULSO que va a la entrada DIRECTION de
* Controlador de Motor de AZIMUT.
*****
*****
pulso_3         ldd    tcnt                ;Cargar valor de Contador Libre
                movb   #$08,tctl1         ;Output Event = 0C5 a 0
                std    tc5                ;Transferir a TC5
                rts

*****
*****
*Subrutina PULSOS_3
*Descripción: Subrutina empleada para crear PULSOS que van a la entrada PWM de
* Controlador de Motor de AZIMUT.
*****
*****
pulsos_3        ldd    tcnt                ;Cargar valor de Contador Libre
                std    tc7                ;Transferir a TC7
                movb   #$08,tctl2         ;Output Event = 0C1 a 0
                addd   dc_a               ;Agregar Duty Cycle
                std    tc1                ;Transferir a TC1
wait13          brclr  tflg2,$80,wait13    ;TOF = 1?
                jsr    clrflg_3           ;Llamar subrutina CLRFLG_3
                rts

*****
*****
*Subrutina DESACTIVAR_3
*Descripción: Subrutina empleada para desactivar pulsos enviados a Controlador de
* Motor de AZIMUT.
*****
*****
desactivar_3    ldd    tcnt                ;Cargar valor de Contador Libre
                movb   #$00,tctl1         ;Output Event = 0C5 a 0
                movb   #oc7d_in_3,oc7d    ;Poner 0 en OC1 y OC3
                std    tc7                ;Transferir a TC7
                std    tc5                ;Transferir a TC5
                rts

*****
*****
*Subrutina INIT_STATE_1
*Descripción: Subrutina empleada para mover el concentrador en su eje de ELEVACION a su Posición
* Inicial.

```

```

*****
*****
init_state_1    ldx    #$0000                ;Inicializar Tiempo
                movb   #oc7m_in_1,oc7m    ;OC2 = OCO = Salidas
                movb   #oc7d_in_1,oc7d    ;Poner 1 en OC2 y OCO
                jsr    pulso_4            ;Llamar subrutina PULSO_4
L17             pshx
                jsr    pulsos_4           ;Llamar subrutina PULSOS_4
                pulx
                cpx    Acc_1              ;Tiempo = Tiempo en Acc_1?
                beq    DSAC_4             ;Ir a DSAC_4
                inc    L17                ;Incrementar Contador
                bra    L17
DSAC_4          jsr    desactivar_4       ;Llamar subrutina DESACTIVAR_4
                rts

*****
*****
*Subrutina PULSO_4
*Descripción: Subrutina empleada para crear un PULSO que va a la entrada DIRECTION de
*             Controlador de Motor de ELEVACION.
*****
pulso_4         ldd    tcnt                ;Cargar valor de Contador Libre
                movb   #$02,tctl1         ;Output Event = OC4 a 0
                std    tc4                ;Transferir a TC4
                rts

*****
*****
*Subrutina PULSOS_4
*Descripción: Subrutina empleada para crear PULSOS que van a la entrada PWM de
*             Controlador de Motor de ELEVACION.
*****
pulsos_4        ldd    tcnt                ;Cargar valor de Contador Libre
                std    tc7                ;Transferir a TC7
                movb   #$02,tctl2         ;Output Event = OCO a 0
                addd   dc_e               ;Agregar Duty Cycle
                std    tc0                ;Transferir a TC0
wait14          brclr  tflg2,$80,wait14    ;TOF = 1?
                jsr    clrflg_3           ;Llamar subrutina CLRFLG_3
                rts

*****
*****
*Subrutina DESACTIVAR_4
*Descripción: Subrutina empleada para desactivar pulsos enviados a Controlador de
*             Motor de ELEVACION.
*****
desactivar_4    ldd    tcnt                ;Cargar valor de Contador Libre
                movb   #$00,tctl1         ;Output Event = OC4 a 0
                movb   #oc7d_in_3,oc7d    ;Poner 0 en OC2 y OCO
                std    tc7                ;Transferir a TC7
                std    tc4                ;Transferir a TC4
                rts

*****
*****
*Subrutina CLRFLG_3
*Descripción: Subrutina empleada para limpiar TOF.
*****
clrflg_3        ldaa   tflg2                ;Procedimiento para borrar TFLG2
                oraa   #$80
                staa  tflg2
                rts

*****
*****
*Subrutina TIMING
*Descripción: Subrutina empleada para combinar subrutinas de lectura de datos de RTC,
*             adaptación y despliegue de información en RTC.
*****
timing           clra
                jsr    read_date          ;Llamar subrutina READ_DATE
                jsr    adapt_2            ;Llamar subrutina ADAPT_2
                jsr    lcd_init_2        ;Llamar subrutina LCD_INIT_2
                jsr    lcd_out           ;Llamar subrutina LCD_OUT

```

```

        rts

*****
*****
*Subrutina READ_DATE
*Descripción: Subrutina empleada para leer hora y fecha.
*****
*****
read_date    ldx    #Destiny                ;Cargar Principo de Direcciones de Destino
             ldaa   #read                  ;Cargar Principo de Direcciones de Lectura RTC
             bset   ports,$80              ;Habilitar SS
             jsr    clrflg_1               ;Llamar subrutina CLRFLG_1
             staa   sp0dr                  ;Transferir a SPODR
wait7        brclr  sp0sr,$80,wait7        ;SPIF = 1?
             jsr    clrflg_1               ;Llamar subrutina CLRFLG_1
L18          ldaa   #$ff                   ;Cargar desplazamiento
             staa   sp0dr                  ;Transferir a SPODR
wait8        brclr  sp0sr,$80,wait8        ;SPIF = 1?
             jsr    clrflg_1               ;Llamar subrutina CLRFLG_1
             ldaa   sp0dr                  ;Cargar dato de SPODR
             staa   0,x                    ;Tranferir a Destino
             inx                      ;Incrementar Destino
             cpx    #$2047                 ;Ya estuvieron los 7 datos?
             bne   L18
             bclr  ports,$80              ;Deshabilitar SS
             rts

*****
*****
*Subrutina: ADAPT_2
*Descripción: Subrutina empleada para adaptar hora y fecha a formato adecuado para
*             desplegarlos en visualizador LCD.
*****
*****
adapt_2      clr    C1
             ldx    #Destiny                ;Cargar dirección de hora y fecha
             ldy    #Base_up                ;Cargar dirección de parte alta
             ldab   C1                     ;Cargar número de ciclos
             sec                      ;Set bit C
L19          ldaa   0,x                    ;Cargar minutos
             anda   #$70                   ;Operación AND para parte alta
             rola                      ;Hacer 5 desplazamientos
             rola
             rola
             rola
             rola
             adda   #$20                    ;Agregarle 20
             staa   0,y                    ;Transferir en BASE_UP
             iny                      ;Incrementar dirección de parte alta
             inx                      ;Incrementar dirección de hora y fecha
             incb                      ;Incrementar contador
             cmpb   #$07                   ;Ya estuvieron los 7 datos?
             bne   L19
             clr    C1
L20          ldx    #Destiny                ;Cargar dirección de hora y fecha
             ldy    #Base_low              ;Cargar dirección de parte baja
             ldab   C1                     ;Cargar número de ciclos
             ldaa   0,x                    ;Cargar segundos
             anda   #$0f                   ;Operación AND para parte baja
             adda   #$30                    ;Agregarle 30
             staa   0,y                    ;Transferir en BASE_LOW
             iny                      ;Incrementar dirección de parte alta
             inx                      ;Incrementar dirección de hora y fecha
             incb                      ;Incrementar Contador
             cmpb   #$07                   ;Ya estuvieron los 5 datos?
             bne   L20
             rts

*****
*****
*Subrutina LCD_OUT
*Descripción: Subrutina empleada para desplegar Hora y Fecha en LCD.
*****
*****
lcd_out      ldx    #Base_low              ;Cargar dirección de parte baja
             ldy    #Base_up              ;Cargar dirección de parte alta
             ldab   #space                 ;Cargar ESPACIO
             stab   out_lcd                ;Transferir a OUT_LCD
             jsr    delay_100              ;Llamar subrutina DELAY_100
             ldab   2,y                    ;Cargar parte alta Hora
             stab   out_lcd                ;Transferir a OUT_LCD

```

```

jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   2,x                      ;Cargar parte baja Hora
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   #dosp                    ;Cargar DOS PUNTOS
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   1,y                      ;Cargar parte alta Minutos
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   1,x                      ;Cargar parte baja Minutos
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   #dosp                    ;Cargar DOS PUNTOS
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   0,y                      ;Cargar parte alta SEGUNDOS
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   0,x                      ;Cargar parte baja SEGUNDOS
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   #space                   ;Cargar ESPACIO
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   #space                   ;CARGAR ESPACIO
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   4,y                      ;Cargar parte alta DIA
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   4,x                      ;Cargar parte baja DIA
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   #pleca                   ;Cargar PLECA
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   5,y                      ;Cargar parte alta MES
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   5,x                      ;Cargar parte baja MES
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   #pleca                   ;Cargar PLECA
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   6,y                      ;Cargar parte alta AÑO
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
ldab   6,x                      ;Cargar parte baja AÑO
stab   out_lcd                  ;Transferir a OUT_LCD
jsr    delay_100                ;Llamar subrutina DELAY_100
rts

```

*Subrutina DELAY_100

*Descripción: Subrutina empleada para generar 100us de retardo.

```

delay_100    clra                ;Procedimiento para DELAY_100
loop100     deca
            bne    loop100
            rts

```

*Subrutina CLRFLG_1

*Descripción: Subrutina empleada para limpiar bandera SPIF.

```

clrflg_1    ldab    sp0sr        ;Procedimiento para limpiar SPIF
            ldab    sp0dr
            rts

```

*Subrutina LCD_INIT_2

*Descripción: Subrutina empleada para poner Cursor al principio de visualizador LCD.

```
lcd_init_2    ldab    #ch                ;Cursor al Principio
              stab    write_lcd       ;Comando de escritura
              bra     delay_40_2      ;Llamar subrutina DELAY_40_2
delay_40_2    ldy     #$0000          ;Procedimiento para DELAY_40_2
loop40_2     dey
              bne     loop40_2
              rts

*****
*****
*Subrutina INT
*Descripción: Subrutina empleada cuando se activa IRQ.
*****
*****
int           org     $6000
              pulx
              pulx
              pulx
              pulx
              pulx
              jsr    lcd_init
              jsr    mens_5
              jsr    mess_5
              jsr    init
              rts

*****
*****
*Subrutina MENS_5
*Descripción: Subrutina empleada para desplegar mensaje INTERRUPCION MANUAL SOLICITADA.
*****
*****
mens_5       ldd     #string25        ;Procedimiento para subrutina PRINTF
              ldy     printf
              jsr    0,y
              rts

*****
*****
*Subrutina MESS_5
*Descripción: Subrutina empleada para desplegar mensaje "INTERRUPCION MANUAL" en
*              Visualizador LCD.
*****
*****
mess_5       ldx     #Bm_5            ;Cargar dirección de mensaje
              clra                    ;Reset contador
L90          psha
              ldab    0,x             ;Cargar letra de mensaje
              stab    out_lcd         ;Transferir a OUT_LCD
              jsr    delay_100        ;Llamar subrutina DELAY_100
              inx                    ;Incrementar dirección
              pula
              inca                    ;Incrementar contador
              cmpa   #$13             ;Ya estuvieron las 19 letras?
              bne    L90
              rts
```

BIBLIOGRAFIA

SITIOS WEB

- 1) Alway, Peter. (2001). The Sky vs. Space, Lunar Motions, Solar Motions, and Celestial Coordinates. Peter Alway, Astronotes 1.

Disponible:

[HTTP://MEMBERS.AOL.COM/SATRNPRES1/ASTRONOMY/UNIT1C.HTML](http://members.aol.com/satrnpres1/astromy/unit1c.html)

- 2) BURNETT, Keith. (2001). Basic Program: Position of the Sun. Astronomical Calculations – Aproximate methods for Planet, Sun and Moon positions and Ephemerides.
Disponible:
[HTTP://WWW.BTINTERNET.COM/~KBURNETT/KEPLER/SUN.HTML](http://www.btinternet.com/~kburnett/kepler/sun.html)
- 3) BURNETT, Keith. (2001). How to calculate and plot a whole horizon chart for your own latitude. Astronomical Calculations – Aproximate methods for Planet, Sun and Moon positions and Ephemerides.
Disponible: [HTTP://WWW.BTINTERNET.COM/~KBURNETT/KEPLER/HORIZON.HTML](http://www.btinternet.com/~kburnett/kepler/horizon.html)
- 4) BURNETT, Keith. (2001). Sun rise, set and twilight calculations using VBA and as a plain spreadsheet. Astronomical Calculations – Aproximate methods for Planet, Sun and Moon positions and Ephemerides.
Disponible:
[HTTP://WWW.BTINTERNET.COM/~KBURNETT/KEPLER/SUNRISE.HTML](http://www.btinternet.com/~kburnett/kepler/sunrise.html)
- 5) Fundación CIENTEC. (2002). Equinoccios y Solsticios. CIENTEC: Equinoccios y Solsticios.

Disponible:
[HTTP://WWW.CIENTEC.OR.CR/ASTRONOMIA/EQUINOCCIOS.HTM](http://www.cientec.or.cr/astrologia/equinoccios.htm)
- 6) Jativa, Mario Gaitáno. (2001). Coordenadas Astronómicas. Tema 1: Astronomía de Posición.

Disponible:
[HTTP://WWW.ASTRORED.ORG/DOC/CURSO/PAGE8.HTML](http://www.astrored.org/doc/curso/page8.html)
- 7) Jativa, Mario Gaitáno. (2001). Movimientos de la Tierra . Tema 1: Astronomía de Posición. Disponible:
[HTTP://WWW.ASTRORED.ORG/DOC/CURSO/PAGE2.HTML](http://www.astrored.org/doc/curso/page2.html)
- 8) State Energy. How does it work?. Technologies: Concentrating Solar Power.
Disponible:
[HTTP://WWW.EREN.DOE.GOV/STATE_ENERGY/TECHNOLOGY_OVERVIEW.CFM?TECHID=4](http://www.eren.doe.gov/state_energy/technology_overview.cfm?techid=4)
- 9) Strobel, Nick. (2001). Angles. Astronomy Without a Telescope.
Disponible:
[HTTP://WWW.ASTRONOMYNOTES.COM/NAKEDEYE/S3.HTM](http://www.astronomynotes.com/nakedeye/s3.htm)

- 10) Strobel, Nick. (2001). Celestial Sphere Defined. Astronomy Without a Telescope. Disponible: [HTTP://WWW.ASTRONOMYNOTES.COM/NAKEDEYE/S2.HTM](http://WWW.ASTRONOMYNOTES.COM/NAKEDEYE/S2.HTM)
- 11) Strobel, Nick. (2001). Coordinates. Astronomy Without a Telescope. Disponible: [HTTP://WWW.ASTRONOMYNOTES.COM/NAKEDEYE/S6.HTM](http://WWW.ASTRONOMYNOTES.COM/NAKEDEYE/S6.HTM)
- 12) Strobel, Nick. (2001). Motion of Our Star the Sun. Astronomy Without a Telescope. Disponible: [HTTP://WWW.ASTRONOMYNOTES.COM/NAKEDEYE/S5.HTM](http://WWW.ASTRONOMYNOTES.COM/NAKEDEYE/S5.HTM)
- 13) Strobel, Nick. (2001). Reference Markers. Astronomy Without a Telescope. Disponible: [HTTP://WWW.ASTRONOMYNOTES.COM/NAKEDEYE/S4.HTM](http://WWW.ASTRONOMYNOTES.COM/NAKEDEYE/S4.HTM)
- 14) Strobel, Nick. (2001). Seasons. Astronomy Without a Telescope. Disponible: [HTTP://WWW.ASTRONOMYNOTES.COM/NAKEDEYE/S10.HTM](http://WWW.ASTRONOMYNOTES.COM/NAKEDEYE/S10.HTM)
- 15) Strobel, Nick. (2001). Time and Seasons. Astronomy Without a Telescope. Disponible: [HTTP://WWW.ASTRONOMYNOTES.COM/NAKEDEYE/S7.HTM](http://WWW.ASTRONOMYNOTES.COM/NAKEDEYE/S7.HTM)
- 16) U.S. Naval Observatory Astronomical Applications Department. Sun or Moon Altitude/Azimuth Table for One Day for San Salvador, El Salvador C.A. Disponible: [HTTP://MACH.USNO.NAVY.MIL](http://MACH.USNO.NAVY.MIL)
- 17) Vincent, Fiona. (1998). Positional Astronomy: The Terrestrial Sphere. Positional Astronomy. Disponible: [HTTP://STAR-WWW.ST-AND.AC.UK/~FV/WEBNOTES/CHAPTER1.HTM](http://STAR-WWW.ST-AND.AC.UK/~FV/WEBNOTES/CHAPTER1.HTM)

ARCHIVOS EN LINEA

- 1)** CMD12-A4 Development Board. Axiom Manufacturing. Fichero: Archivos\cmd12a4m.pdf.
- 2)** Conductive Rubber Keypads. Grayhill Company. Fichero: Archivos\keypad86.pdf.
- 3)** CPU12 Reference Guide. Motorola Corporation. Fichero: Archivos\cpu12_rg.pdf.
- 4)** DC Motor EC22. Maxom Gearmotors, Inc. Fichero: Archivos\02_148_e.pdf.
- 5)** DS1305 Serial Alarm Real Time Clock. Maxim/Dallas Semiconductor. Fichero: Archivos\ds1305.pdf.
- 6)** Esquema General de CMD12-A4 Development Board. Axiom Manufacturing Fichero: Archivos\cmd12a4sch.pdf.
- 7)** HC12/CPU12 Reference Manual. Motorola Corporation. Fichero: Archivos\cpu12_rm.pdf.
- 8)** HC12/MC68HC812A4 Advance Information. Motorola Corporation. Fichero: Archivos\68HC812A4.pdf.
- 9)** How to Select a DC Micromotor. FAULHABER. Fichero: Archivos\How to Select a DC Micromotor.pdf.
- 10)** How to Select a Reduction Gearhead. FAULHABER. Fichero: Archivos\How to Select A Reduction Gearhead.pdf.
- 11)** A3954 2.0A, 50V H-Bridge. Allegro MicroSystems. Fichero: Archivos\3952.pdf.

- 12) Motor Calculations. FAULHABER. Fichero: Archivos\Motor Calculations.pdf.
- 13)** Planetary Gearhead GP22C. Maxon Gearmotors, Inc. Fichero: Archivos\02_178_e.pdf.
- 14)** Solar Dish Engine. EREN DOE. Fichero: Archivos\solar_dish.pdf.
- 15)** Solar Parabolic Trough. EREN DOE. Fichero: Archivos\solar_trough.pdf.

- 16)** Solar Power Tower. EREN DOE. Fichero: Archivos\solar_tower.pdf.
- 17)** Standard LCD Control Codes. Axiom Manufacturing. Fichero Archivos\lcd_cmd.pdf.

- 18) Vista desde arriba de CMD12-A4 Development Board. Axiom Manufacturing Fichero: Archivos\top.pdf.

PROGRAMAS DE APOYO

- 1) Actrix Technical™. (Versión 2.0, para Microsoft® Windows™ 98). Autodesk.
- 2) AxIDE™. (Versión 3.61, para Microsoft® Windows™ 98). Axiom Manufacturing.
- 3) D-BUG12™. (Versión 1.02). Motorola Corporation.
- 4) Electronic Data Book™. (Versión 7.0, edición 2002 para Microsoft® Windows™ 98). Allegro Microsystems Inc.

Disponible: [HTTP://WWW.ALLEGROMICRO.COM](http://www.allegromicro.com)

- 5) Enciclopedia Británica CD 98™. (Versión 3.5 para Microsoft® Windows™ 98). Merrian-Webster, Inc.
- 6) Full-Line Data Catalog™. (Versión 6.0, edición 2002 para Microsoft® Windows™ 98). Maxim - Dallas Semiconductor.
- 7) Merriam Webster's Collegiate Dictionary™. (Versión 1.5 para Microsoft® Windows™ 3.1 & 95 and Macintosh). Merriam-Webster, Inc.
- 8) Microsoft Excel 2000™. (Versión 9.0, para Microsoft Windows™ 98). Microsoft Corporation.
- 9) Microsoft Internet Explorer™. (Versión 6.0, para Microsoft Windows™ 98). Microsoft Corporation.
- 10) Microsoft Photodraw 2000™. (Versión 1.0, para Microsoft Windows™ 98). Microsoft Corporation.
- 11) Microsoft Word 2000™. (Versión 9.0, para Microsoft Windows™ 98). Microsoft Corporation.

- 12)** New Millenium World Atlas Deluxe™ (Versión 3.0 para Microsoft® Windows™ 98 & NT). Rand-McNally and Company.
- 13)** WinIDE™. (Versión 1.22 para Microsoft® Windows™ 98 & NT). P&E Microcomputer Systems Inc.

LIBROS

- 1) BK Precision. Instruction Manual for Model 4011A 5MHz Function Generator with Digital Display. Copyright© BK Precision. All rights reserved.
- 2) Contact East 2002. Fall General Catalog (2002). Products for Testing, Assembling and Repairing Electronic Equipment.
Disponible: <http://www.contacteast.com>
- 3)** Cuyás Arturo (1966). Appleton's New Cuyás English-Spanish and Spanish-English Dictionary. México: Editorial Cumbre, S.A.
- 4) Diccionario de Sinónimos y Antónimos Everest. 10ª Edición. La Coruña, España.
- 5) Extech. User's Manual for Triple Output Regulated Power Supplies Models 382203 and 382213. Copyright© Extech Instruments. All rights reserved.
- 6) Giesecke – Mitchell – Spencer (1958). Technical Drawing. The Macmillan Company.
- 7)** Haskell Richard (2000). Design of Embedded Systems Using 68HC12/11 Microcontrollers, 1st Edition. USA: Prentice Hall.
- 8) Maxim - Dallas Semiconductor. Product Selector Guide (2001).
Disponible: <http://www.maxim-ic.com>
- 9) McComb Gordon (2001). The Robot Builder's Bonanza, 2nd Edition. USA: McGraw Hill.
- 10) Pack Daniel y Barrett Steven (2002). 68HC12 Theory and Applications, 1st Edition. USA: Prentice Hall, Inc.

- 11) Pallman Albert (1972). Publicación Técnica No 2 La Posición del Sol en El Salvador, 2da Edición. San Salvador, El Salvador. Servicio Meteorológico Nacional de El Salvador.
- 12) Porter – Lawshe y Lascoe (1954). Machine Shop Operations and Setups. City College of San Francisco. American Technical Society.
- 13) Scherz Paul (2000). Practical Electronics for Inventors, 1st Edition. USA: McGraw Hill.
- 14) Tektronix. User Manual for TDS1000- and TDS2000-Series Digital Storage Oscilloscope 071-1064-00. Copyright© Tektronix, Inc. All rights reserved. Disponible: <http://www.tektronix.com>
- 15) Tektronix. Instructions for P2200 200 MHz 1X/10X Passive Probe 071-1102-00. Copyright© Tektronix, Inc. All rights reserved.

FUENTES DE APOYO

- 1) Taller Génesis. Estructuras Metálicas. Propietario: Sr. Daniel Menjívar. Pje. El Níspero, Lote No.2 Colonia Mauricio, San Salvador. Teléfono: 284-7913.
- 2) Taller Canales García. Eduardo García & Salvador Canales. Rectificados Automotrices y Mecánica Industrial. Calle Gerardo Barrios No. 1948, San Salvador. Teléfonos: 271-3844 y 221-0485.