



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y
Telecomunicaciones”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Título del proyecto:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA OBTENCIÓN DE UN
PUNTO GEOGRÁFICO Y DETECCIÓN DE DISTANCIAS DE UN PUNTO A OTRO
MEDIANTE LA TECNOLOGÍA SYNTHETIC APERTURE RADAR.**

Autores:

Cristian Alexis Moreno Duchicela
Sandra Elizabeth Silva Arias

Director:

Ing. José Jinez

**Riobamba – Ecuador
2016**

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

efico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del grado de
miembro en ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES. Con el tema: "DISEÑO E
PLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA OBTENCIÓN DE UN
NTO GEOGRÁFICO Y DETECCIÓN DE DISTANCIAS DE UN PUNTO A
RO MEDIANTE LA TECNOLOGÍA SYNTHETIC APERTURE RADAR." ha
elaborado por los estudiantes Cristian Alexis Moreno Duchicela y Sandra Elizabeth
Arias, el mismo que ha sido revisado y analizado en un cien por ciento con el
soramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor por lo que se encuentran
os para su presentación y defensa respectiva.

todo cuanto puedo informar en honor de la verdad.



ING. JOSÉ JINEZ

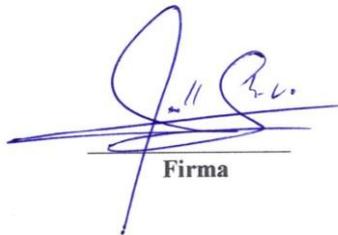
C.I. 0602899007

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA OBTENCIÓN DE UN PUNTO GEOGRÁFICO Y DETECCIÓN DE DISTANCIAS DE UN PUNTO A OTRO MEDIANTE LA TECNOLOGÍA SYNTHETIC APERTURE RADAR.** Presentado por: **Cristian Alexis Moreno Duchicela y Sandra Elizabeth Silva Arias** y dirigida por: **Ingeniero José Jinez.**

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Aníbal Llanga.
Presidente de Tribunal



Firma

Ing. Paulina Vélez
Directora de Carrera



Firma

Ing. José Jinez.
Director de Proyecto



Firma

AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: **Cristian Moreno, Sandra Silva e Ingeniero José Jinez**; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Cristian Alexis Moreno Duchicela
C.I. 060494890-1



Sandra Elizabeth Silva Arias
C.I. 171904330-7

AGRADECIMIENTO

Un proyecto bien realizado es el esfuerzo de cada día en las aulas de nuestra prestigiosa institución por lo cual el presente trabajo es la demostración de haber culminado una etapa más en nuestra vida estudiantil universitaria.

Agradecemos primeramente a Dios quien fue nuestra guía para finalizar este recorrido hermoso de nuestras vidas y dentro de esta etapa a todas las personas que fueron partícipes de este largo caminar.

A nuestras familias que con el esfuerzo nos ayudaron alcanzar nuestro objetivo y en especial a nuestros padres y hermanos quienes fueron los directos actores de nuestras vivencias y aventuras disfrutadas en nuestra gloriosa universidad.

A los amigos incondicionales que siempre estuvieron ahí para arrancarnos una sonrisa en este largo trayecto de vida universitaria.

A los innumerables docentes que con su profesionalismo y entrega nos brindaron sus conocimientos para llegar al éxito hoy alcanzado.

Al Ing. José Jinez quien fue nuestra guía en el asesoramiento de nuestro proyecto y por brindar el contingente personal necesario para llegar a concluirlo.

Cristian Moreno

Sandra Silva

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la salud y vida y ser la guía en mi caminar a mis padres, hermanos y a toda mi familia quienes han sido los principales participes de este gran logro a nivel personal por ese ejemplo de ser un luchador y no dejarme vencer de las adversidades de la vida.

A todas esas personas que me brindaron el apoyo moral necesario y en especial a mi novia amiga y compañera fiel que siempre estuvo ahí para motivarme a salir adelante.

En general aquellos docentes que a más de ser profesionales tenían su lado humano al momento de motivarme a culminar mis estudios y a mis angelitos que desde el cielo siempre están bendiciéndome para culminar mi carrera universitaria.

Cristian Moreno

Quiero dedicar este trabajo a Dios por ayudarme en todos los momentos de mi vida, por darme la fuerza necesaria para salir adelante.

A mis padres que pese a las dificultades supieron darme los mejores consejos y la ayuda necesaria para alcanzar mis sueños.

A mi hija Naima que bajo del cielo, para llenar de alegría mi vida, gracias porque eres mi inspiración y fortaleza, una sonrisa tuya ilumina mi mundo y me da las fuerzas necesarias para cumplir mis metas.

A mi esposo por estar siempre a mi lado por su cariño y sus palabras para no desmayar en el camino.

A mis hermanos, a mis tías y a toda mi familia porque siempre me han incentivado, a través de acciones y palabras alentadoras.

A mis amigos de la secundaria gracias por ser un apoyo para mí en los momentos difíciles.

Sandra Silva

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
INFORME DEL TRIBUNAL.....	III
AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
INDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XVIII
CAPÍTULO I	1
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Sistema Radar	1
1.2.1. Radar de Apertura Sintética.....	1
1.2.2. Tecnología SAR (Synthetic Aperture Radar).....	2
2.2. Adquisición de datos SAR.....	2
2.2.1. Ecuación del Radar.....	2
2.2.2. Geometría de Adquisición.....	3
2.2.3. Adquisición en Rango	5
2.2.3.1 El Chirp.....	4
2.2.3.2. Resolución en Rango.....	6
2.2.4. Adquisición en Acimut.....	7
2.2.4.1. Apertura Sintética.....	7

3. Láser.....	8
3.1. Propiedades del Láser.....	9
3.1.1. Reflectividad.....	9
3.1.2. Difuso Reflectante.....	9
3.1.3. Especular Reflectante.....	10
3.1.4. Retro Reflectante.....	10
4. Sensor Láser Telemetro Sensor.....	11
5. Módulo GPS.....	12
5.1. Detalles del tablero de desbloqueo.....	13
6. Arduino Mega 2560.....	14
6.1. Programación.....	15
6.2. Advertencias.....	16
6.3. Fuente de poder o alimentación.....	16
6.4. Memoria.....	16
6.5. Comunicación.....	17
6.6. Las Revisiones.....	17
6.7. Circuitos Inter-Integrados (I2C).....	18
6.8. Universal Asynchronous Receivers/Transmitters (UARTs).....	19
7. Potenciómetro B5K a 200 grados.....	22
7.1. Tipos de potenciómetros.....	25
7.1.1. Logarítmicos.....	25
7.1.2. Senoidales.....	25
7.1.3. Potenciómetros digitales.....	25
8. Fuente convertidor de voltaje DC-DC.....	26
8.1. Ventajas de utilizar Convertidores DC-DC.....	26
8.2. Inconvenientes.....	26
8.3. Tipos de Convertidores DC-DC.....	27

CAPÍTULO II.....	28
2. METODOLOGÍA.....	28
2.1. Tipo de estudio.....	28
2.1.1. Descriptivo y Exploratorio	28
2.2. Métodos, Técnicas e Instrumentos	28
2.2.1. Métodos	28
2.2.1.1. Analítico/Deductivo	28
2.2.2. Técnicas	28
2.2.2.1. Observación.....	28
2.2.3. Instrumentos	29
2.3. Población y muestra	29
2.4. Hipótesis	30
2.5. Operacionalización de variables.....	31
2.6. Procedimientos	32
2.7. Procedimiento y análisis.....	36
2.7.1. Diseño.....	36
2.7.1.1. Diseño de la estructura del prototipo.....	36
2.7.1.2. Cálculo de Variables.....	38
2.7.1.2.1. Cálculos para la programación	40
2.7.1.3. Programación.....	46
2.7.1.4. Simulación del circuito para el prototipo	56
2.7.1.5. Implementación del prototipo.....	61
2.7.2. Comprobación de Hipotesis	62
2.7.2.1. Planteamiento de la Hipotesis Estadística	63
2.7.2.2. Establecimiento del nivel de significancia	63
2.7.2.3. Determinación del valor estadístico de prueba.....	63
2.8. Análisis Financiero	73

CAPÍTULO III	74
3. RESULTADOS.....	74
CAPÍTULO IV.....	76
4. DISCUSIÓN	76
CAPÍTULO V	78
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
5.1. Conclusiones.....	78
5.2. Recomendaciones	79
CAPÍTULO VI.....	80
6. PROPUESTA	80
6.1. Título de la propuesta	80
6.2. Introducción.....	80
6.3. Objetivos.....	81
6.3.1. Objetivo General.....	81
6.3.2. Objetivos Específicos	81
6.4. Fundamentación Científico-Técnica.....	81
6.5. Descripción de la propuesta.....	82
6.6. Diseño Organizacional	82
6.7. Monitoreo y Evaluación de la propuesta	83
7. BIBLIOGRAFÍA	84
7.1 Glosario de Términos Básicos.....	86
8. APÉNDICES Y ANEXOS	88

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1.- Geometría de Adquisición de un sistema SAR.....	4
Figura 2.- Parte real de un chirp simulado para valores SAOCOM.	6
Figura 3.- Ciclos de transmisión-recepción de un SAR	7
Figura 4.- Diodo láser rojo.	8
Figura 5.- Superficie difusa reflectante.	9
Figura 6.- Superficie especular reflectante.	10
Figura 7.- Módulo Sensor Telemetro.	11
Figura 8.- Módulo GPS.	12
Figura 9.- Arduino Mega 2560.	15
Figura 10.- Diagrama de bloques I2C.	19
Figura 11.- Flujo de datos I2C.....	19
Figura 12.- Bloques USARTs.....	20
Figura 13.- Los USARTs soporta comunicación Half-duplex.	21
Figura 14.- Comunicación entre USARTs y SPI.....	21
Figura 15.- Potenciómetro B5k-200°	22
Figura 16.- Potenciómetro Reóstato.	23
Figura 17.- Potenciómetro Lineal.....	23
Figura 18.- Potenciómetro rotatorio.	24
Figura 19.- Potenciómetro mecánico y eléctrico.....	24
Figura 20.- Fuente convertidor de Voltaje DC.....	26
Figura 21.- Estructura de fibra de vidrio.	36
Figura 22.- Potenciómetros de giro..	36
Figura 23.- Valores de giro en voltaje.	37
Figura 24.- Conexiones de pines del potenciómetro a la fuente de voltaje.....	37
Figura 25.- Curva característica del giro vertical	39
Figura 26.- Curva característica del giro horizontal	40
Figura 27.- Declaración de Variables.	46
Figura 28.- Declaración de Pines y Velocidades	46
Figura 29.- Estructura de Repetición For.	48
Figura 30.- Léctura del metro láser y ángulos.	41

Figura 31.- Extracción y cálculo de los dispositivos.....	49
Figura 32.- Datos en coordenadas rectangulares	50
Figura 33.- Ecuaciones de cálculo	51
Figura 34.- Parámetros del punto geográfico	52
Figura 35.- Valores UTM en X, Y, Z	53
Figura 36.- Incremento de la variable j.....	54
Figura 37.- Compilación del programa.....	55
Figura 38.- Salida de datos a la placa arduino mega	55
Figura 39.- Circuito Diseñado.	56
Figura 40.- Conexiones del circuito con puertos seriales.....	57
Figura 41.- Muestra de datos (LCD)	58
Figura 42.- Esquema del prototipo	59
Figura 43.- Salida de datos finales.....	60
Figura 44.- Implementación del circuito.	61
Figura 45.- Zonas de aceptación y rechazo.	64
Figura 46.- Diseño Organizacional.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Datos de un chirp de SAOCOM para el modo STRIPMAN.	6
Tabla 2.- Características del Telemetro Sensor.	11
Tabla 3.- Características del Módulo GPS	14
Tabla 4.- Especificaciones técnicas del sistema embebido.....	18
Tabla 5.- Operacionalización de Variables.....	31
Tabla 6.- Datos de voltaje y grados en forma vertical.....	38
Tabla 7.- Datos de voltaje y grados en forma horizontal.....	39
Tabla 8.- Datos en el eje de las x.....	62
Tabla 9.- Datos en el eje de las y.....	63
Tabla 10.- Valores de error para las mediciones en un ambiente con obstáculos..	67
Tabla 11.- Estadísticos para una muestra para la prueba N° 1.....	68
Tabla 12.- Prueba de muestra única para la prueba N° 1	68
Tabla 13.- Valor estadístico Z para la prueba N° 1.	68
Tabla 14.- Valores de error para las mediciones en un ambientes sin obstáculos.	68
Tabla 15.- Estadísticos para una muestra para la prueba N° 2	68
Tabla 16.- Prueba de muestra única para la prueba N° 2.	71
Tabla 17.- Valor estadístico Z para la prueba N° 2.	72
Tabla 18.- Costos aproximados del proyecto de investigación.	73

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.- Elementos del prototipo de distancias y punto geográfico.	88
Anexo 2.- Ensamblado del prototipo de medición de distancias y punto geo.	91
Anexo 3.- Pruebas del prototipo en los diferentes ambientes.	93
Anexo 4.- Pruebas del prototipo en los ángulos de giro vertical y horizontal.	95
Anexo 5.- Datasheet del sensor láser.	98
Anexo 6.- Datasheet del módulo GPS ultimate Breakout.	100
Anexo 7.- Datasheet de la tarjeta Arduino Mega 2560.	106
Anexo 8.- Programación Final.	111

RESUMEN

En el presente trabajo se diseña un prototipo el cual nos va ayudar a detectar las distancias correspondientes a un punto determinado, es decir se encuentra la distancia y los parámetros del punto geográfico, esto se lo va a realizar mediante un láser el cual detectará la distancia y un módulo GPS quien será el encargado de encontrar el punto geográfico.

Para localizar el punto geográfico se utiliza la tecnología Synthetic Aperture Radar y conversión de coordenadas geográficas a UTM o coordenadas rectangulares, que son importantes en el cálculo ya que forma un triángulo en el espacio, también se utiliza como centro en la tierra a la línea Equinoccial o Ecuatorial en el eje de la coordenada x, mientras que para el eje de las coordenadas y, el meridiano de Greenwich, lo cual para el punto a medir se implementa un sistema que se lo conoce con el nombre de metro laser que está diseñado para abarcar una distancia de 100 metros que juntamente con el GPS nos determinará la distancia y el punto geográfico.

La funcionalidad del módulo GPS va determinado a detectar al punto geográfico, para lo cual se utiliza dos potenciómetros los cuales van a determinar en voltaje los grados del giro del láser, es decir estos dispositivos detectan la posición en ángulo mediante las coordenadas que se está trabajando en el plano x, y, se transforma el valor de ángulo a unidades de voltaje por el hecho de que la tarjeta Arduino Mega obtiene valores reales y variables de tipo decimal o enteros pero no valores en ángulos.

El circuito embebido que se utiliza para este proyecto es Arduino Mega, se elige este dispositivo por sus diferentes características que se acoplan a nuestro objetivo, es muy importante destacar que esta tarjeta nos proporciona cuatro salidas de forma serial por lo cual hace que nosotros podamos realizar una comunicación adecuada con todos los dispositivos o tarjetas que intervienen en el prototipo. En definitiva el prototipo consta de tres bloques, el primer bloque está compuesto por el metro láser y sus componentes mientras que el segundo bloque viene a ser el módulo GPS, para tener como tercer bloque la comunicación serial, todos estos dispositivos forman un solo bloque de programación que será el sistema embebido de la tarjeta Arduino Mega con su estructura y líneas de comando.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

CENTRO DE IDIOMAS INSTITUCIONAL

Ms. Janneth Caisaguano.

14 de Julio de 2016

ABSTRACT

In this paper a prototype is designed, which will help us to detect the distances corresponding to a certain point, it means the distance and parameters of the geographic point this is going to make by a laser which detects the distance and a GPS module which will be responsible for finding the geographic point.

To locate the geographical point , Synthetic Aperture Radar technology formules are important in the calculation because it forms a triangle in the used space , it is also used as a center on earth to the equator or Equatorial line on the axis of the coordinate x while for the axis coordinates and the Greenwich meridian, which for measuring the point, a system known with the name laser meter is designed to cover a distance of 100 meters and it is implemented together to determine the GPS distance and geographical point.

The functionality of the GPS module detects the geographic point, by two potentiometers which will determine laser rotation grades, these devices detect the angleposition using the coordinates which are working in the x, y plane, the angle values voltageunits by the fact Arduino Mega gets actual values and variables of type decimal or integers but not values angles

The embedded circuit used for this project is Arduino Mega, this device was chosen for its different engage characteristics goal, it is very important to note that this card provides four serially outputs so an appropriate communication was made with all devices or cards involved in the prototype. Ultimately the prototype consists of three blocks, the first block is composed of the laser tube and its components, while the second block becomes the GPS module to have as third block serial communication, these devices form a single block of programming, which is embedded in the system of the Arduino Mega board with its structure and command lines.



INTRODUCCIÓN

La determinación de la ubicación y las mediciones de distancia de un objeto dado con respecto a un punto de origen, son tareas que se realizan de manera manual y de forma antigua no van acorde al tiempo en el que se desarrolla la tecnología, para lo cual se presenta en este proyecto de investigación un prototipo que implementa la tecnología de los radares a una tecnología láser de forma sofisticada y muy rápida ahorrando tiempo y dinero lo que es muy adecuada para la sociedad en la que nos encontramos, es decir el proyecto innovador brinda la facilidad e independencia a la personas que intentan realizar las mediciones de hasta 100 metros y encontrar las coordenadas geográficas de un punto específico en el plano.

Por otra parte, los dispositivos que permiten la detección de obstáculos son de difícil adquisición en el mercado debido a que sus costos son elevados y no existen en el mercado nacional, por tanto a esto se le añade que el prototipo que se crea pueda determinar la latitud y la longitud de ese punto como un verdadero GPS, por lo que ya no hace falta de estar con un GPS en él un punto y con otro GPS en el otro punto sino solo localizar el prototipo en un punto específico y apuntar al otro punto el cual va a ser calculado medido y encontrado con su posición en el plano, para esto los potenciómetros son muy importantes ya que simula los movimientos en coordenadas rectangulares de x, y tanto de forma vertical como también de forma horizontal.

Entonces una vez que ya determinamos todos los factores que pueden incidir en las diferentes mediciones y localización del punto geográfico, el presente proyecto propone el Diseño e Implementación de un prototipo que permite Obtener un Punto Geográfico y poder solucionar la detección de Distancias de un Punto a Otro, es muy útil en campo abierto de hecho esta realizado para puntos que se encuentren en el espacio ya que va a poseer un GPS para localizar los puntos geográficos y su medición desde un punto de origen o posicionamiento del prototipo.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Antecedentes

El presente proyecto de investigación toma como inicio el diseño de un prototipo que detecta la distancia y adquiere el punto geográfico, dentro del tema se ha realizado las investigaciones necesarias para poder observar si existen proyectos o innovaciones tecnológicas relacionados al tema planteado o referente al tema de investigación. Por aquello es importante obtener un conocimiento previo al desarrollo del proyecto, con el fin de encontrar soluciones prácticas y adecuadas en base a la experiencia de diferentes autores; donde existen algunas referencias las cuales pueden ser útiles dentro de nuestra investigación.

1.2. Sistema Radar

El radar es un sistema de teledetección activa que emite ondas de microondas, cuya frecuencia está comprendida entre 1 GHz y 100 GHz o, lo que es lo mismo, longitudes de onda comprendidas entre 3 mm y 30 cm. Las ondas de microondas, entre otras ventajas, son capaces de atravesar las nubes y la lluvia; permiten trabajar en condiciones de oscuridad al no depender de la iluminación solar; pueden penetrar, con limitaciones, en estructuras vegetales, nieve y suelo, y proporcionan una alta sensibilidad para medir distancia, rugosidad, humedad, etc. (Mir, 2007)

1.2.1 Radar de Apertura Sintética.

El Radar de Apertura Sintética (SAR) es un sistema de radar que ilumina un área de la superficie terrestre mediante la transmisión de pulsos electromagnéticos en el rango de las microondas. Estos pulsos son reflejados desde el área iluminada y recibidos por la antena del SAR. La transmisión de los pulsos se realiza apuntando el rayo de la antena aproximadamente en dirección perpendicular a la del vector de velocidad del satélite.

Los sistemas SAR trabajan en general a una sola frecuencia. Las longitudes de onda utilizadas son las correspondientes a las bandas X (3cm), C (6cm) y L (24cm). Cada una de estas bandas permite obtener distinta información de la superficie, ya que la longitud de onda gobierna los mecanismos de interacción que tiene la señal con los blancos en tierra. Al mismo tiempo, es importante destacar el hecho de que la resolución geométrica resulta ser independiente de la longitud de onda. (Zénere, 2012)

1.2.2 Tecnología SAR (SYNTHETIC APERTURE RADAR)

Los sistemas radar de apertura sintética (SAR) tienen un sensor radar que emite un pulso de ondas microondas hasta la superficie del terreno, momento en el que retorna en dirección al satélite y es medido por el sensor. Los pulsos empleados típicamente poseen longitudes de onda que varían desde los 3 cm de la banda X, hasta los 24 cm de la banda L. Cuanto mayor sea la longitud de onda, mayor será su capacidad de penetración en zonas vegetadas pero peor será su resolución espacial.

Las imágenes SAR, adquiridas por satélites que trabajan en banda C, tienen un tamaño de 100km x 100 km y una resolución espacial de 4 m x 20 m para cada píxel. Cada píxel es un número complejo con un valor de amplitud y otro de fase. (Zénere, 2012)

2.2. Adquisición de datos SAR

2.2.1. Ecuación del radar

Un radar puede ser modelado por la llamada ecuación de radar que liga la potencia recibida con la potencia transmitida en presencia de un blanco caracterizado por la denominada sección eficaz al radar (Radar Cross Section) (RCS) σ_0 . Para el caso de los SAR, donde la antena de transmisión es la misma que la de recepción, la ecuación está determinada por:

$$Pr = Pe \frac{G^2 \lambda^2 \sigma_0}{(4\pi)^3 R^4 a'} \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

Pr: potencia recibida.

Pe: potencia enviada.

G: ganancia de la antena.

λ : longitud de onda.

α : Pérdida debido a la absorción del medio de propagación,

R: distancia entre la antena y el blanco.

El término R^4 corresponde a la atenuación geométrica debido a la distancia viajada por el pulso electromagnético enviado. La atenuación es de R^2 en el viaje hacia el blanco y nuevamente R^2 en el retorno a la antena. El σ^0 es una función compleja que toma en cuenta las dimensiones (área) y constantes dieléctricas del material retro dispersor, y depende de la frecuencia y polarización de la onda incidente. (McCandless, 1990)

2.2.2. Geometría de adquisición

El SAR consta de un sensor activo montado en una plataforma que se mueve en una órbita al tiempo que emite pulsos electromagnéticos hacia la superficie terrestre, en la dirección perpendicular a la de desplazamiento, y captura los ecos de la señal reflejada por ella, la figura 1 muestra la geometría de los sistemas SAR y detalla cada uno de los parámetros que se describen en los siguientes párrafos. En la figura se presenta un modelo simplificado en el que se asume una órbita rectilínea y a la superficie de la Tierra como plana.

Los pulsos electromagnéticos son enviados a un intervalo de tiempo fijo denominado Tiempo de Repetición de Pulso (PRT). Cada uno de estos pulsos ilumina un área de la superficie de la Tierra que es denominada pisada de la antena. Desde este área iluminada retornan los ecos correspondientes a cada uno de los blancos (targets) independientes que la componen.

La captura de ecos de la señal emitida permite calcular la posición exacta de cada blanco a partir del retardo con el que arriba su eco, ya que el tiempo transcurrido entre la emisión y

su retorno permite identificar exactamente donde se encuentra en la superficie terrestre el punto retrodispersor. (Maître, 2001)

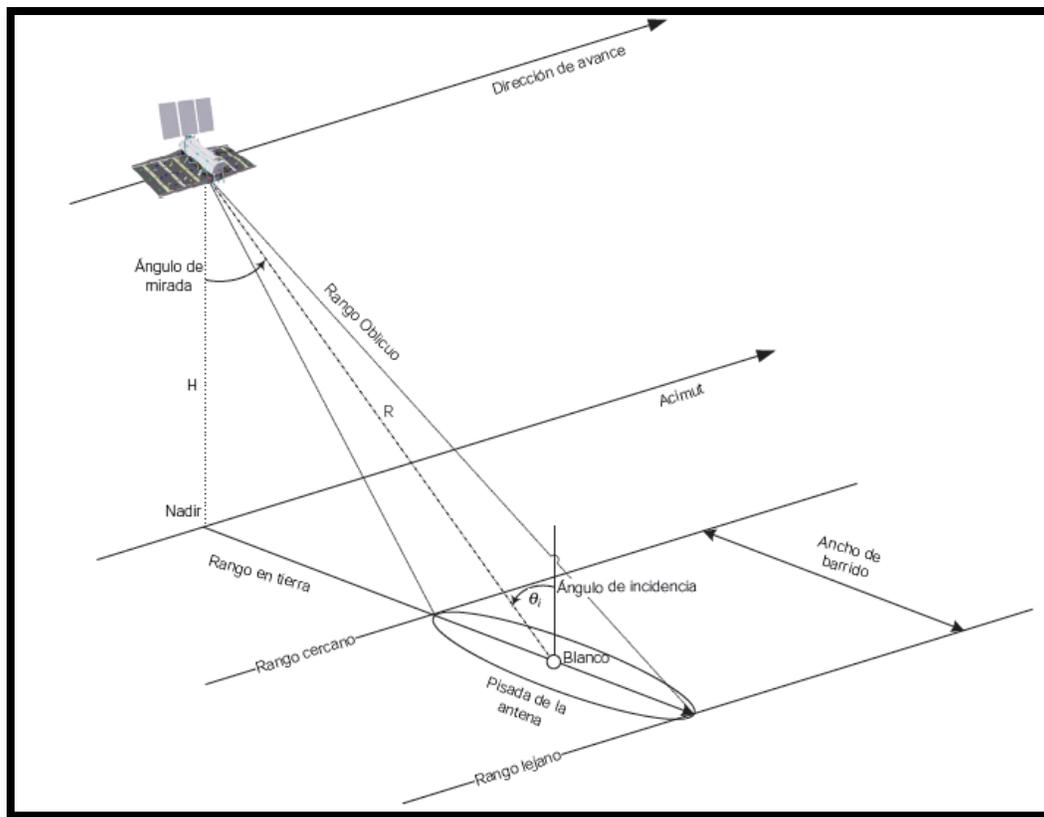


Figura 1.- Geometría de Adquisición de un Sistema SAR.

Fuente.- UNC.

La dirección de avance del satélite es también llamada dirección de acimut y de ahora en más será referida de tal forma en todo el trabajo. La dirección de observación es denominada rango oblicuo y en general será denominada como rango. El rango determina la distancia existente entre el sensor y el blanco. La distancia más cercana, respecto del sensor, a la que se encuentran los blancos iluminados es denominada rango cercano, mientras que la mayor distancia es denominada rango lejano. (Holder, 2014)

El ancho de la superficie que es iluminada por el SAR para formar la imagen es llamado ancho de barrido y está determinado por la distancia entre los rangos cercano y lejano. La proyección del rango oblicuo sobre la superficie es denominada rango en tierra. Esta

proyección se obtiene mediante la división del rango oblicuo por el seno del ángulo de incidencia local ω_i . El ángulo de incidencia se define como el ángulo entre la normal a la superficie que pasa por el blanco y el rango oblicuo R del mismo. Notar que este ángulo se incrementa desde el rango cercano hacia el lejano.

Es importante notar también que, debido a la esfericidad de la superficie terrestre y a la variabilidad de ω_i a lo largo del ancho de barrido, el ángulo de incidencia local es diferente al ángulo de mirada. (Zénere, 2012)

2.2.3. Adquisición en rango

2.2.3.1. El chirp.

Los SAR envían pulsos cortos modulados linealmente en frecuencia llamados “chirps”. Cada chirp es enviado en dirección aproximadamente perpendicular al vector de velocidad de la plataforma y está determinado por una duración τ_p , una frecuencia central f_c y una tasa de variación de la frecuencia K_r . La forma compleja de la señal es descrita por la siguiente ecuación:

$$s(t) = \exp\left\{j2\pi \frac{f_c t + K_r t^2}{2}\right\} \quad [t] \leq \frac{\tau_p}{2} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde t es la variable de tiempo. La Figura 2 muestra un ejemplo de un chirp de SAOCOM. En el eje de las abscisas se muestra el tiempo en segundos y en el eje de las ordenadas la amplitud del chirp. El tiempo es centrado en 0 y por lo tanto el mismo comienza en el tiempo $\tau_p/2$ y finaliza en el tiempo $\tau_p/2$. Esto implica un incremento lineal de la frecuencia hacia los tiempos positivos y negativos. Los valores utilizados para generar el chirp son los mostrados en la siguiente tabla. (Charvat, 2014)

Parámetro [unidad]	Símbolo	Valor
Duración del pulso [s]	τ_p	2.688e-5
Tasa de incremento de la Frecuencia [Hz/s].	Kr	21.57e11
Frecuencia de Muestreo [Hz]	Fs	25e6

Tabla 1: Datos de un chirp de SAOCOM para el modo de adquisición STRIPMAP.

Fuente.- UNC.

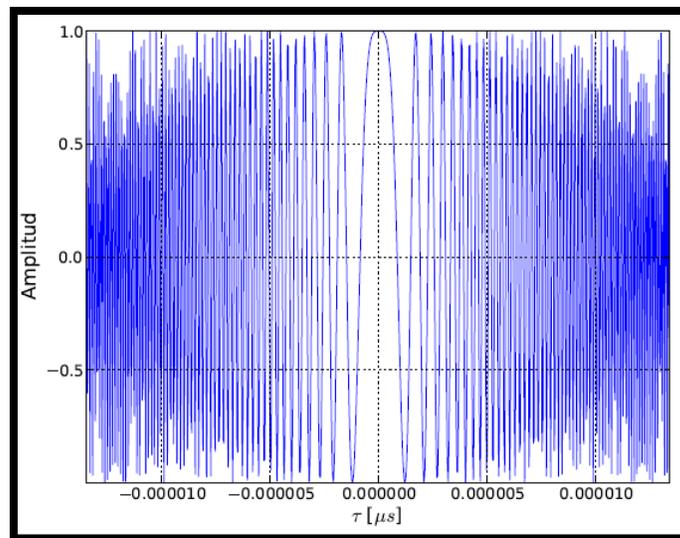


Figura 2.- Parte real de un chirp simulado para valores de configuración de SAOCOM en modo de adquisición STRIPMAP.

Fuente.- UNC.

2.2.3.2. Resolución en rango

En esta sección se describe la ecuación para el cálculo de la resolución espacial de un sistema SAR. Resulta conveniente comenzar por describir la resolución espacial de un radar convencional para ligarla luego con la obtenida por los SAR y ver así el porqué del uso del chirp. La resolución espacial de un radar se define como la distancia mínima de separación a la que se deben encontrar dos objetos para ser distinguidos como tales.

Si el tiempo de arribo del comienzo del eco del pulso del blanco más lejano arriba luego del final del eco del más cercano entonces estos pueden ser distinguidos por el sistema. La Figura 3 muestra la geometría lateral del sistema SAR y la forma en que el pulso se expande en forma concéntrica desde el sensor a la velocidad de la luz. En ella se muestran con líneas punteadas el comienzo y el final del pulso. (Mahafza, 2000)

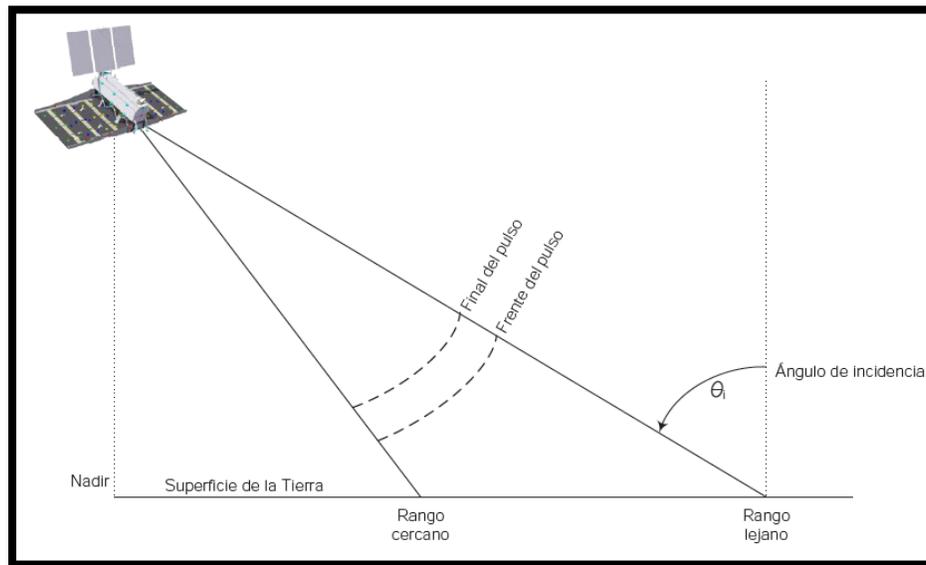


Figura 3.- Ciclos de transmisión-recepción de un SAR.

Fuente.- UNC.

2.2.4. Adquisición en acimut

2.2.4.1. Apertura sintética

A medida que la plataforma avanza, un blanco es iluminado por una gran cantidad de pulsos. Al ser los ecos de la señal guardados en manera coherente es posible realizar el seguimiento de la historia de fase de un retrodispersor a lo largo de todo el tiempo durante el que fue iluminado. La explotación de la fase de la señal por el subsiguiente proceso de formación de la imagen puede ser pensada como la síntesis de una antena con una gran extensión en acimut.

Un blanco es iluminado desde el momento t_1 repetidas veces hasta el momento t_2 que es cuando queda fuera de la pisada de la antena. El estudio de los cambios de fase en la señal

permite obtener una resolución tan fina como si el blanco hubiera sido adquirido con una antena cuyo tamaño de apertura real fuera el de la distancia entre los puntos correspondientes a los tiempos t_1 y t_2 . Esta distancia se denomina apertura sintética de la antena y en la figura se indica como L_{AS} . La dimensión de la apertura sintética se calcula según la siguiente ecuación. (Marino, 2012)

$$L_{AS} = \frac{\lambda R_0}{L_a} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde λ es la longitud de onda, R_0 el rango cercano y L_a el tamaño de la antena en dirección de acimut.

3. Láser

Es un dispositivo que emite un haz de luz potente. El término láser, proviene de la sigla en inglés **LASER**¹, que significa Amplificación de Luz por Emisión Estimulada de Radiación, se lo muestra en la figura 4.

Estas características hacen que el láser resulte muy útil tecnológicamente. Actualmente, existen dispositivos láser de amplia variedad y se los utiliza en la informática como en reproductores de audio o vídeo. Y sin duda los mayores beneficios son los que se ha brindado en la medicina, especialmente en las operaciones quirúrgicas. (Batanga, 2015)



Figura 4.- Diodo láser rojo.

Fuente: Robotshop.

¹ Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

3.1. Propiedades del láser

3.1.1. Reflectividad

Las características reflectantes de la superficie de un objeto se pueden dividir en tres categorías:

- Difuso Reflectante
- Especular Reflectante
- Retro reflectante.

3.1.2. Difuso Reflectante

En el caso de superficies puramente difusas, comprende los materiales que tienen una textura en la que la energía se refleja y se dispersa uniformemente. Esta característica tiene como resultado un porcentaje relativamente alto para que la energía láser se disperse y retorne al receptor; consecuentemente, estos materiales tienden a reflejar de manera eficiente.

Los materiales que forman esta categoría son: papel, paredes, y granito. Es importante tener en cuenta que los materiales que pertenecen en esta categoría, debido a la reflexión observada en longitudes de onda de luz visible, pueden presentar interferencia inesperada en otras longitudes de onda, se puede observar en la figura 5. (Contrinex, 2013).

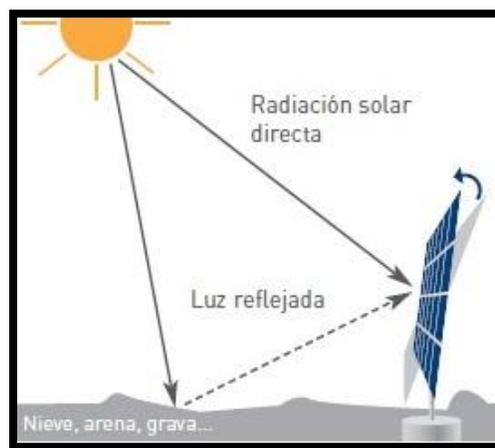


Figura 5.- Superficie Difusa Reflectante.

Fuente: pulsedlight3d.

3.1.3. Especular Reflectante

Las superficies especulares o de espejo son difíciles o imposibles de reconocer por el láser, porque la energía radiada no se dispersa. Las reflexiones fuera de las superficies especulares tienden a reflejar con poca dispersión, produciendo que el haz reflejado sea pequeño y no se refleje directamente de vuelta a un receptor, perdiendo por completo la señal emitida. El láser no puede detectar un objeto especular de frente, a menos que el objeto se posicione perpendicularmente. Las superficies especulares más comunes son: espejos y vidrios. Se observa en la figura 6. (Gomez, 2011)

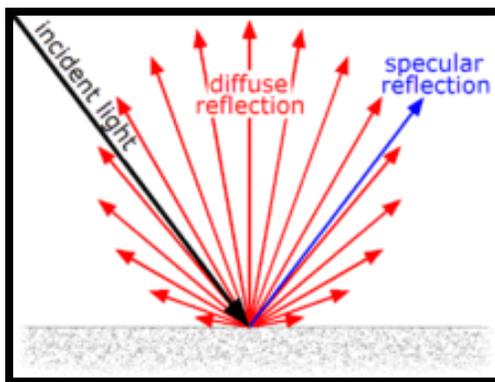


Figura 6.- Superficie Especular Reflectante.

Fuente: pulsedlight3d.

3.1.4. Retro reflectante

Las superficies retro reflectantes devuelven un porcentaje muy alto de la energía radiada al receptor, debido a sus propiedades de reflexión. Si la luz golpea una superficie retro reflectante, ésta regresa al receptor sin mayor pérdida de señal. Las superficies consideradas retro reflectantes son: la pintura utilizada para marcar los caminos, los ojos de los animales, placas y señales de tráfico. (Williams, 2002)

4. Sensor láser Telemetro Sensor.

Es un Módulo medidor de distancias el cual puede abarcar hasta unos 70 metros de largo el cual es un sistema que puede medir distancias sin necesidad de estar utilizando el metro tradicional sino al contrario medir inalámbricamente hasta un punto determinado, se puede identificar en la figura número 7. (Ebay, 2008)



Figura 7.- Módulo Sensor Telemetro.

Fuente: Ebay.

En cuanto a las especificaciones del módulo de sensor láser se encuentran las siguientes características proporcionadas en la Tabla 2:

Alimentación	2.5 a 2.8 V DC Nominal
Temperatura Operacional	0 a 40 °C
Tamaño	72*40*18mm
Rango máximo	0.05 a 70m
Rango de Tiempo	0.1s a 3s
Comunicación	UART 19200, 8N1

Tabla 2.- Características del Telemetro Sensor.

Fuente: Ebay.

5. Módulo GPS

La ruptura se construye alrededor del chipset MTK3339, un sin sentido, de alta calidad módulo GPS que puede rastrear hasta 22 satélites en 66 canales, tiene un excelente receptor de alta sensibilidad (-165 dB seguimiento!), Y una antena integrada . Se puede hacer hasta 10 Localización actualiza un segundo para la alta velocidad, alta sensibilidad de registro o de rastreo. El consumo de energía es muy bajo, sólo el 20 mA, durante la navegación. En la figura 8 se puede apreciar el modelo del GPS que vamos a implementar. (Adafruit, 2014)

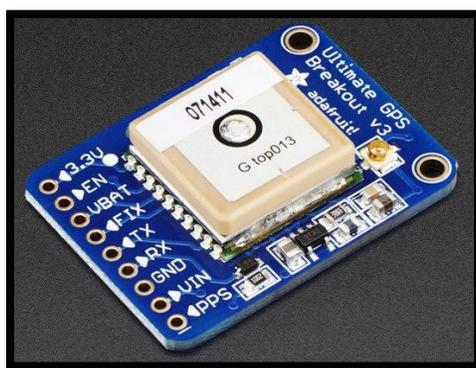


Figura 8.- Módulo GPS.

Fuente: Adafruit.

Lo mejor de todo, hemos añadido todos los beneficios extras que usted podría desear: un regulador de ultra bajo de deserción de 3,3 V para que pueda alimentar con 3.3-5VDC en, entradas de seguridad de nivel de 5V, HABILITAR pasador para que pueda desactivar el módulo usando cualquier pin del microcontrolador o un interruptor, una huella de tipo botón CR1220 opcional para mantener el RTC en marcha y permitir que se inicie el calentamiento y un pequeño LED de color rojo brillante. El LED parpadea a 1 Hz aproximadamente mientras se está en busca de los satélites y parpadea una vez cada 15 segundos cuando se encuentre una solución para ahorrar energía. Si usted quiere tener un LED encendido todo el tiempo, también ofrecemos la señal FIX a cabo en un alfiler para que pueda poner externa LED encendido.

Módulo de dos características que realmente se destacan sobre la versión 3 MTK3339 basada en la funcionalidad es la antena externa y el construido en la posibilidad de registrar los datos. El módulo dispone de una antena de parche de cerámica estándar que le da -165

dB de sensibilidad, pero cuando usted quiere tener una antena más grande, se puede ajustar en cualquier 3V antena GPS activa a través del conector UFL. El módulo detectará automáticamente la antena activa y pasar por encima! La mayoría de las antenas GPS utilizan conectores SMA por lo que es posible que desee para recoger a uno de nuestros UFL a SMA adaptadores.

Viene con un módulo totalmente montado y probado, una pieza de cabecera se puede soldar a ella para Compaginación, y un soporte de tipo botón CR1220. Una pila de botón CR1220 no está incluida, pero los tenemos en la tienda si desea utilizar RTC del GPS

Tenemos una biblioteca de lujo agradable para el uso del GPS, con el fondo del análisis y podemos ajustar y consultar el construido en la capacidad de registro GPS (llamado locus). Un tutorial completo también está disponible, que tiene un montón de información sobre el módulo, la forma de utilizar el registrador de datos y mucho más, las características se lo puede mencionar en la tabla 3. (Industries, 2015)

5.1. Detalles del tablero del desbloqueo:

Peso (sin incluir las de tipo botón o titular): 8,5 g

Dimensiones (sin incluir los de tipo botón o titular): 25,5 mm x 35 mm x 6,5 mm / 1,0 "x 1,35" x 0,25"

Alimentación	3.0 a 5.5 V DC Nominal
Satélites	22 de seguimiento, el 66 de búsqueda
Tamaño de la Antena	15 mm x 15 mm x 4 mm
Velocidad de actualización	1 a 10 Hz
Exactitud de la posición	3 metros (toda la tecnología GPS tiene unos 3 metros de exactitud)
Precisión de la velocidad	0.1 m / s
Arranque en frío caliente	34 segundos
Sensibilidad de adquisición	-145 dBm
Seguimiento de sensibilidad	-165 dBm
Velocidad máxima	515m / s
MTK3339 actual de funcionamiento	25 mA de seguimiento, 20 mA de corriente durante la navegación
Salida	NMEA 0183, 9600 baudios por defecto

Tabla 3.- Características del módulo GPS.

Fuente: Adafruit.

6. Arduino Mega (2560)

El Mega 2560 es una placa electrónica basada en el Atmega 2560. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas PWM) , 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serie de hardware) , un oscilador de 16MHz, una conexión USB , un conector de alimentación, una cabecera ICSP , y un botón de reinicio . Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o la corriente con un adaptador de CA a CC o una batería para empezar. El tablero de 2560 mega es compatible con la mayoría de los shield para el Uno y los anteriores juntas de Duemilanove o Diecimila. El Mega 2560 es una actualización de la Arduino Mega, al que sustituye. Se lo puede observar en la figura 6. (Ojeda, 2015)



Figura 9.- Arduino Mega 2560.

Fuente: Arduino Genuino.

El MEGA 2560 está diseñado para los proyectos más complejos. Con 54 digitales pines E / S, 16 entradas analógicas y un espacio más grande para su boceto es la junta recomendado para las impresoras 3D y proyectos de robótica. Esto da a sus proyectos con mucho espacio y oportunidades. (Ojeda, 2015)

6.1. Programación

El tablero de Mega 2560 se puede programar con el software de Arduino (IDE). Los Atmega2560 en el 2560 mega viene preprogramado con un cargador de arranque que le permite cargar nuevo código a ella sin el uso de un programador de hardware externo. Se comunica utilizando el protocolo original STK500 (referencia, archivos de cabecera C). (Genuino, 2015)

También puede pasar por alto el gestor de arranque y programar el microcontrolador a través de la (programación serial en circuito) ICSP encabezado utilizando Arduino ISP o similar; ver estas instrucciones para más detalles. El ATmega16U2 (o 8U2 en el Rev1 y tableros Rev2) el código fuente del firmware está disponible en el repositorio Arduino. El ATmega16U2 / 8U2 se carga con un cargador de arranque DFU, que puede ser activado por: En las placas de conexión Rev1: el puente de soldadura en la parte posterior de la placa (cerca del mapa de Italia) y luego reiniciar el 8U2. En las placas de Rev2 o posteriores: existe una resistencia que tirando de la línea HWB 8U2 / 16U2 a tierra, por lo que es más fácil poner en modo DFU. A continuación, puede utilizar el software FLIP de Atmel

(Windows) o el programador DFU (Mac OS X y Linux) para cargar un nuevo firmware. O puede utilizar la cabecera del ISP con un programador externo (sobrescribir el gestor de arranque DFU). Ver este tutorial aportado por el usuario para obtener más información. (Genuino, 2015)

6.2. Advertencias

El 2560 mega tiene un polyfuse reajutable que protege a los puertos USB de su ordenador desde pantalones cortos y sobrecorriente. Aunque la mayoría de las computadoras establecer su propia protección interna, el fusible proporciona una capa adicional de protección. Si hay más de 500 mA se aplica al puerto USB, el fusible se romperá automáticamente la conexión hasta que la corta o se elimina la sobrecarga. (Genuino, 2015)

6.3. Fuente de Poder o Alimentación

El Mega 2560 puede ser alimentado a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. La fuente de alimentación se selecciona automáticamente.

Potencia (no USB) externo puede venir con un adaptador de CA a CC (pared-verruga) o la batería. El adaptador se puede conectar al conectar un enchufe de 2,1 mm de centro-positivo en la clavija de alimentación de la placa. Los cables desde una batería pueden ser insertados en los GND y el pin Vin cabeceras del conector de alimentación.

La tarjeta puede funcionar con un suministro externo de 6 a 20 voltios. Si se suministra con menos de 7V, sin embargo, el pasador de 5V puede suministrar menos de cinco voltios y la placa se puede volver inestable. Si se utiliza más de 12 V, el regulador de voltaje se puede sobrecalentar y dañar la placa. El rango recomendado es de 7 a 12 voltios. (Genuino, 2015)

6.4. Memoria

El Atmega2560 tiene 256 KB de memoria flash para almacenar el código (de la que se utiliza 8 KB para el cargador de arranque), 8 KB de SRAM y 4 KB de EEPROM (que puede ser leído y escrito con la biblioteca EEPROM). (Genuino, 2015)

6.5. Comunicación

El 2560 mega placa tiene una serie de instalaciones para la comunicación con un ordenador, la otra tabla, u otros microcontroladores. El Atmega2560 ofrece cuatro UART hardware para TTL (5V) de comunicación en serie. Un ATmega16U2 (ATmega 8U2 en las juntas de revisión 1 y 2) la revisión de los canales bordo de uno de ellos a través de USB y proporciona un puerto com virtual para el software en el equipo (máquinas de Windows necesitará un archivo .inf, pero las máquinas OSX y Linux reconocer la junta como un puerto COM automáticamente. el software de Arduino (IDE) incluye un monitor de serie que permite a los datos de texto simples para ser enviados hacia y desde el tablero. los LEDs RX y TX de la placa parpadean cuando se están transmitiendo datos a través de la ATmega8U2 / ATmega16U2 chip y conexión USB al ordenador (pero no para la comunicación en serie en los pines 0 y 1). (Genuino, 2015)

6.6. Las revisiones

El Mega 2560 no utiliza el chip controlador FTDI USB-a- serie utilizados en los diseños anteriores. En lugar de ello, se cuenta con el ATmega16U2 (ATmega 8U2 en la revisión 1 y 2 placas Arduino revisión) programado como un convertidor de USB a serie .

Revisión 2 del 2560 mega placa tiene una resistencia tirando de la línea 8U2 HWB a tierra, por lo que es más fácil de poner en modo DFU.

Revisión 3 de la placa Arduino y la corriente Genuino 2560 mega tener las siguientes características mejoradas se lo menciona en la tabla 4 las características principales: (Genuino, 2015)

Microcontrolador	ATmega2560
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
E / S digitales prendedores	54 (of which 15 provide PWM output)
Pines de entrada analógica	16
Corriente continua para Pin I / O	20 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz

Tabla 4.- Especificaciones Técnicas del sistema embebido.

Fuente: Arduino Genuino.

6.7. Circuitos Inter-Integrados (I2C)

La interfaz I2C es capaz de operar como un bus esclavo o maestro y también manejar un bus en un sistema multi-maestro. La interface I2C soporta velocidades de bus estándar hasta 100kHz y altas velocidades hasta 400 KHz. El periférico también soporta modos de direccionamiento de siete y diez bits. El periférico I2C provee dos interrupciones al procesador Cortex: uno para contención de error y el otro para control de la dirección de comunicación y transmisión de datos. Adicionalmente, la unidad DMA provee dos canales DMA que pueden leer y escribir datos al buffer de transmisión I2C. Así, una vez que la dirección inicial y los datos transferidos han sido realizados, los datos pueden ser enviados desde el microcontrolador STM32 bajo un control de hardware. Se muestra en la Figura 10 como está estructurado la transmisión I2C. (Bustamante, 2013)

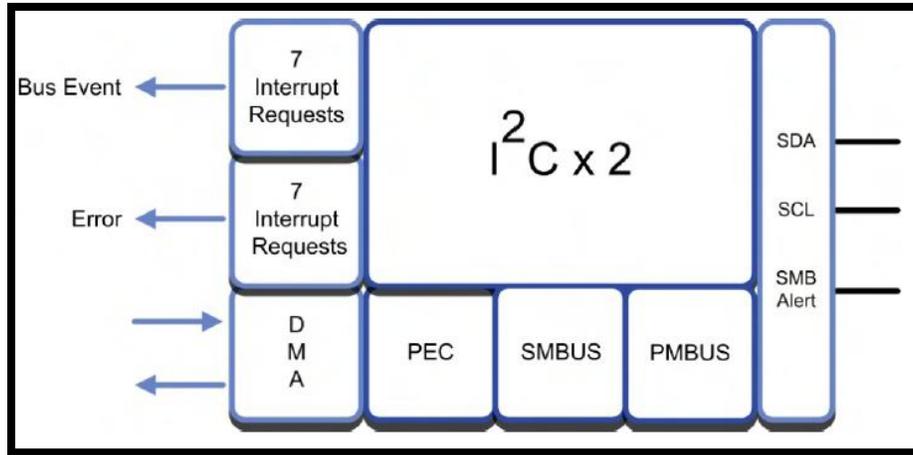


Figura 10.- Diagrama de bloques I2C.

Fuente: Hitex.

Los dos periféricos I2C tienen soporte mejorado para el bus de administración de sistema y de alimentación. Estos incluyen corrección de errores de paquetes mediante hardware. Como se puede apreciar en la figura 11.

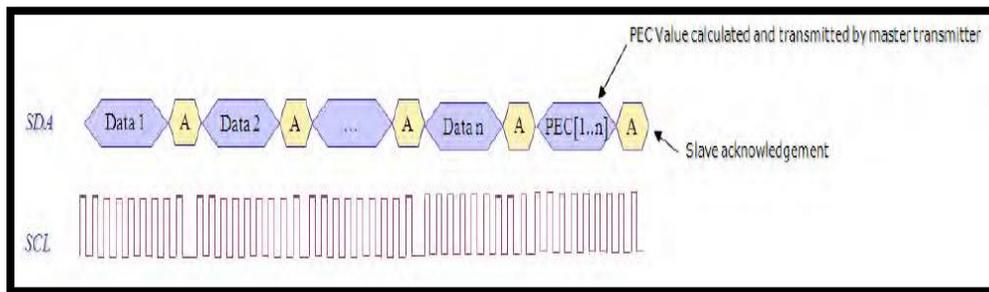


Figura 11.- Flujo de datos I2C.

Fuente: Hitex.

6.8. Universal Asynchronous Receivers/Transmitters (UARTs)

Aunque los puertos de comunicaciones serial ya estén desapareciendo de las PCs, estos son todavía ampliamente usados en muchas aplicaciones embebidas como una interface de comunicación simple. El STM32 posee cinco USARTs, cada uno con mejoras en los modos de operación. Cada uno de los USARTs son capaces de alcanzar 4.5 Mbps de comunicación. Además tiene una interface serial completamente programable con un tamaño de datos de 8 o 9 bits, bit de paridad y de parada y baud rate. Un USART está

localizado en el bus APB2 el cual trabaja a 72 MHz, mientras que los otros están localizados en el bus APB1 que trabaja a 36MHz. La estructura se lo puede observar en la figura 12. (Turmero, 2012)

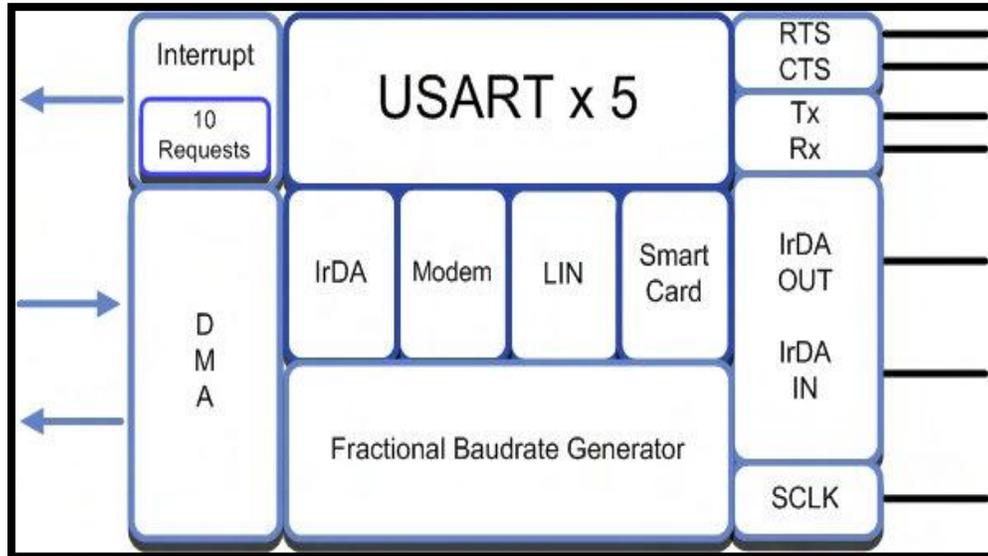


Figura 12.- Bloques USARTs.

Fuente: Hitex.

El generador de baud rate de cada USART es un fraccional del generador de baud rate. Este es más sofisticado que un simple reloj divisor y permite baud rates estándar para ser derivado de cualquier bus de frecuencia.

Parecido a otros periféricos de comunicación serial, cada USART tiene dos canales DMA que son utilizados para transferir datos de transmisión y recepción a la memoria. Cuando se usa como un UART, el USART soporta un número de modos especiales de comunicación. El USART es capaz de operar una comunicación half-duplex mediante un solo cable, usando solo el pin de transmisión. Para el control de flujo en una comunicación entre un modem y un hardware cada USART posee líneas de control adicionales que son CST y RTS. La figura 13 nos muestra el diseño de una comunicación Half-Duplex (Teachtarget, 2011)

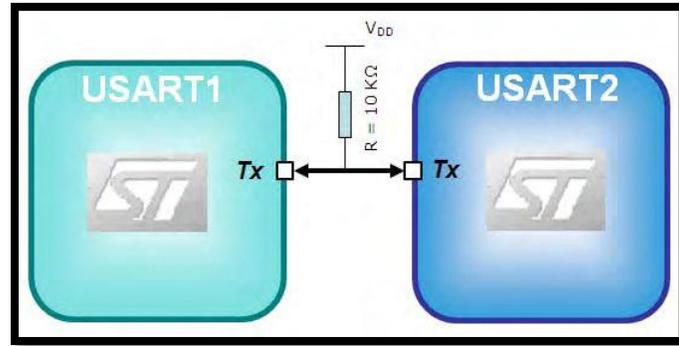


Figura 13.- Los USARTs soportan una comunicación Half-Duplex.

Fuente: Hitex.

El USART puede ser configurado para una comunicación sincrónica, el cual permite una conexión con tres cables a periféricos SPI. Cuando en este modo, La función de un USART como un SPI Master y poseer un reloj programado en polaridad y fase, en la figura 14 se puede determinar que tan solo de este modo se puede comunicar con cualquier SPI Slave. (Microchip, 2013)

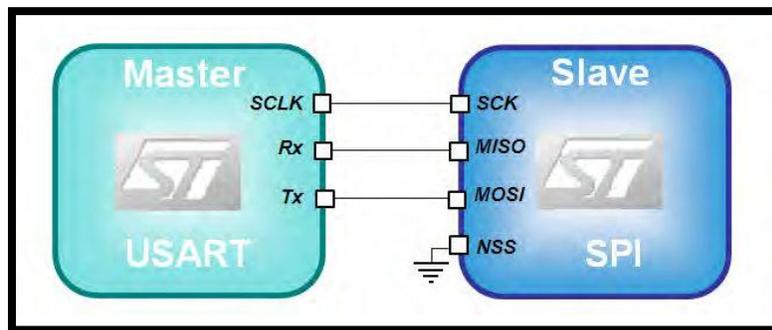


Figura 14.- Comunicación entre USARTS y SPI.

Fuente: Hitex.

7. Potenciómetro B5K a 200 grados

Un potenciómetro es una Resistencia Variable. Así de sencillo. El problema, o la diferencia, es la técnica para que esa resistencia pueda variar y como lo hace.

Los potenciómetros limitan el paso de la corriente eléctrica (Intensidad) provocando una caída de tensión en ellos al igual que en una resistencia, pero en este caso el valor de la corriente y la tensión en el potenciómetro las podemos variar solo con cambiar el valor de su resistencia. En una resistencia fija estos valores serían siempre los mismos. Si esto no lo tienes claro es mejor que estudies las magnitudes eléctricas ([enlace en lo subrayado](#)). El potenciómetro que utilizamos en nuestro proyecto se lo puede observar en la figura 15. (Rodas, 2014)



Figura 15.- Potenciómetro B5K-200°

Fuente: Aliexpress.

El valor de un potenciómetro viene expresado en ohmios (símbolo Ω) como las resistencias, y el valor del potenciómetro siempre es la resistencia máxima que puede llegar a tener. El mínimo lógicamente es cero. Por ejemplo un potenciómetro de $10\text{K}\Omega$ puede tener una resistencia variable con valores entre 0Ω y 10.000Ω .

El potenciómetro más sencillo es una resistencia variable mecánicamente. Los primeros potenciómetros y más sencillos son los reóstatos, como se muestra en la figura 16. (Rodas, 2014)

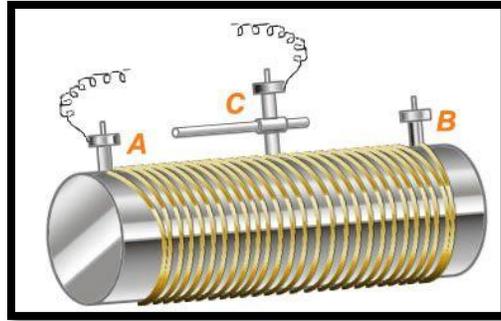


Figura 16.- Potenciómetro Reóstato.

Fuente: Área Tecnología.

Fíjate que la resistencia es el hilo conductor enrollado. Tenemos 3 terminales A, B y C. Si conectáramos los terminales A y B al circuito sería una resistencia Fija del valor igual al máximo de la resistencia que podría tener el reóstato. Ahora bien si conectamos los terminales A y C el valor de la resistencia dependería de la posición donde estuviera el terminal C, que se puede mover hacia un lado o el otro. Hemos conseguido un Potenciómetro, ya que es una resistencia variable. Este potenciómetro es variable mecánicamente, ya que para que varíe la resistencia lo hacemos manualmente, moviendo el terminal C. Este tipo de potenciómetros se llaman reóstatos, suelen tener resistencias grandes y se suelen utilizar en circuitos eléctricos por los que circula mucha intensidad.

Se suelen llamar potenciómetros lineales o deslizantes por que cambian su valor deslizando por una línea la patilla C. se ve como son en realidad en la figura 17. (Rodas, 2014)



Figura 17.- Potenciómetro Lineal.

Fuente: Área Tecnología.

El mismo mecanismo, pero más pequeño, tendrían los potenciómetros rotatorios para electrónica. Se usan en circuitos de pequeñas corrientes. Se puede observar en la figura 18.

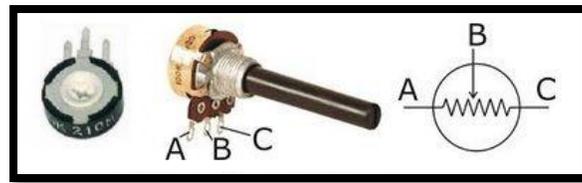


Figura 18.- Potenciómetro Rotatorio.

Fuente: Área Tecnología.

Si nos fijamos tienen 3 patillas como el anterior. Para conectarlo debemos conectar al circuito las patillas A y B o la C y B, es decir la del medio siempre con una de los extremos y así conseguiremos que sea variable. Tienen una rosca que puede variarse con un destornillador, como es el caso del de color negro, o puede tener un saliente que gira con la mano para variar la resistencia del potenciómetro al valor que queramos. Estos potenciómetros también se llaman rotatorios.

El símbolo de un potenciómetro mecánico en un circuito eléctrico es el siguiente que se menciona en la figura 19. (Rodas, 2014)

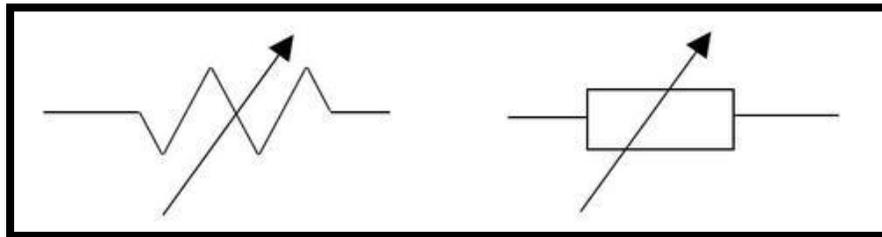


Figura 19.- Potenciómetro Mecánico y Eléctrico.

Fuente: Área Tecnología.

Vemos que es como el de una resistencia pero con una flecha que lo atraviesa y que significa variabilidad (que varía). Podemos usar cualquiera de los dos. Ya tenemos claro lo que es un potenciómetro, ahora veamos los tipos que hay.

7.1. Tipos de Potenciómetros

Los primeros y más usados son los ya estudiados llamados mecánicos. Los hay rotatorios, lineales, logarítmicos y senoidales. Los dos primeros ya los hemos visto, veamos los otros.

7.1.1. Logarítmicos.

Estos son empleados normalmente para audio por su manera asimétrica de comportarse ante la variación de su eje, al principio sufriremos un incremento de la resistencia muy leve, hasta llegar a un punto en que el incremento será mucho mayor. En los anteriores la resistencia varía de forma lineal, sin embargo en estos la variación de la resistencia tendría una curva logarítmica. Cuanto más giramos la rueda mayor es el aumento de la resistencia. Al principio varía muy poco la resistencia. Se suelen usar por ejemplo para el volumen de una radio. (García, 2016)

7.1.2. Senoidales.

La resistencia es proporcional al seno del ángulo de giro. Dos potenciómetros senoidales solidarios y girados 90° proporcionan el seno y el coseno del ángulo de giro. Pueden tener topes de fin de carrera o no. (García, 2016)

7.1.3. Potenciómetros Digitales.

Se usan para sustituir a los mecánicos simulando su funcionamiento y evitando los problemas mecánicos de estos últimos. Está formado por un circuito integrado que simula el comportamiento de su equivalente analógico. Tienen un divisor resistivo (divisor de tensión) con $n+1$ resistencias.

Por último vamos hablar de unos componentes que no se consideran potenciómetros propiamente, pero sí que son resistencias variables.

- LDR son resistencias que varían con la luz que incide sobre ella. Es una resistencia variable con la luz.
- NTC y PTC son resistencias variables con la temperatura. La NTC aumenta al disminuir la temperatura y la PTC aumenta al aumentar la temperatura. (García, 2016)

8. Fuente convertidor de voltaje DC-DC

Se llama convertidor DC-DC a un dispositivo que transforma corriente continua de una tensión a otra. Suelen ser reguladores de conmutación, dando a su salida una tensión regulada y, la mayoría de las veces con limitación de corriente. Se tiende a utilizar frecuencias de conmutación cada vez más elevadas porque permiten reducir la capacidad de los condensadores, con el consiguiente beneficio de volumen, peso y precio, se muestra en la figura 20. (Cazorla, 2015)

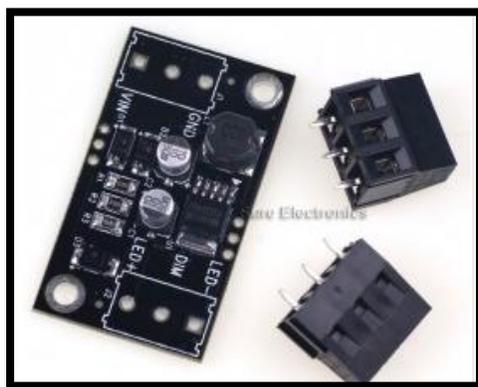


Figura 20.- Fuente convertidor de voltaje DC.

Fuente: Sure Electronics.

8.1. Ventajas de utilizar convertidores DC-DC.

Simplifican la alimentación de un sistema, porque permiten generar las tensiones donde se necesitan, reduciendo la cantidad de líneas de potencia necesarias. Además permiten un mejor manejo de la potencia, control de tensiones de entrada, aumento de armónicas y un aumento en la seguridad. Tienen gran eficiencia. (Electronics, 2015)

8.2. Inconvenientes.

Generan ruido, No sólo en la alimentación regulada, sino que a través de su línea de entrada se puede propagar al resto del sistema. También se puede propagar por radiación. Frecuencias más altas simplifican el filtrado de este ruido. (Cazorla, 2015)

8.3. Tipos de convertidores DC-DC.

Son varios los tipos de convertidores DC-DC existentes. Normalmente se clasifican en tres grupos: los que disminuyen la tensión a su salida (convertidor reductor), los que aumentan la tensión a su salida (convertidor elevador) y los que son capaces de realizar ambas funciones. (Cazorla, 2015).

- Reductores
- Convertidor Buck
- Elevadores
- Convertidor Boost
- Reductores-Elevadores
- Convertidor Buck-Boost
- Convertidor Flyback
- Convertidor Cuk.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de estudio

2.1.1. Descriptivo y Exploratoria

Investigación de Trabajo Descriptiva y Exploratoria, es de Investigación Descriptiva porque se basa en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con la finalidad de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de conocimientos, también es de Investigación Exploratoria porque se efectúa sobre un tema u objeto desconocido (poco estudiado), por lo cual sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimientos.

2.2. Métodos, Técnicas e Instrumentos

2.2.1. Métodos

2.2.1.1. Analítico/Deductivo

Se utilizó el método analítico-deductivo en el proyecto, ya que se inicia con un análisis particular del funcionamiento de los componentes necesarios para el desarrollo del sistema y la forma de interactuar entre sí de la manera más óptima.

2.2.2. Técnicas

2.2.2.1. Observación

Esta técnica consiste en la recolección de información que sea de apoyo para el desarrollo del proyecto, dando las pautas necesarias para el Diseño e Implementación de un prototipo para la Obtención de un Punto Geográfico Y Detección de Distancias de un Punto a Otro Mediante La Tecnología Synthetic Aperture Radar.

2.2.3. Instrumentos

Los instrumentos necesarios son libros, folletos, archivos, páginas web, blogs, papers, simulaciones, datasheet, que son útiles para la investigación, diseño e implementación.

2.3. Población y muestra

La población corresponde al total de puntos en los que se obtendrá las mediciones de la distancia y la medición en ángulo del GPS dándonos como valores de ángulo y voltajes en el punto medido en los dos ambientes en los que se va a realizar las pruebas del prototipo, pudiendo identificar las mediciones de distancia entre lo real y lo adquirido. Estos ambientes serán los siguientes:

- Ambiente con obstáculos
- Ambiente sin obstáculos

Para determinar el tamaño de la muestra se aplica la siguiente ecuación que necesita datos, como lo es el tamaño de la población N . Para calcular el tamaño de la muestra se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{PQ \times N}{N - 1 \times \frac{E^2}{K^2} + PQ}$$
$$n = \frac{0.25 \times (14400)}{14400 - 1 \times \frac{(0.10)^2}{(2)^2} + 0.25}$$
$$n = 99$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población = 14400 (Valor que resulta de la multiplicación de los 120 grados tanto del eje horizontal y vertical se detalla en el total de mediciones).

PQ = Constante de la varianza población (0.25)

E = Error máximo admisible (al 1% = 0.01; al 2% = 0.02; al 5% = 0.05; al 10% = 0.10) a mayor error probable, menor tamaño de la muestra

K = Coeficiente de corrección del error $k=2$

Al aplicar esta fórmula se obtiene el número de puntos que conforman la muestra, dando como resultado 99 muestras, con las cuales se deben trabajar en cada ambiente.

2.4. Hipótesis

El diseño e implementación de un prototipo que permite la obtención de un punto geográfico y detección de distancias de un punto a otro mediante la tecnología Synthetic Aperture Radar, tendrá una precisión mayor al 90 %.

2.5. Operacionalización de Variables

Tipos de Variables	Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
Variable Dependiente	Punto geográfico y Detección de distancias.	Registro de Datos.	Datos medidos	Observación
			Datos reales	
			Interfaz de Usuario	
		Distancia entre puntos.	Latitud y longitud del Emisor	Observación
			Latitud y longitud del punto a medir.	
			Distancia	
		Las coordenadas.	El ángulo	Observación
La elevación				
Variable Independiente	La Tecnología Synthetic Aperture Radar.	La Antena	La Frecuencia	Observación
		Algoritmo de Cálculo Conectividad	Distancia entre dos puntos.	Observación
			Latitud y longitud del receptor.	
			Comunicación Serial.	
		Giroscopio.	Ángulo y Elevación	
GPS.	Latitud y Longitud de los puntos.			

Tabla 5.- Operacionalización de variables.

Elaborado: Autores.

2.6. Procedimientos

Para efectuar el desarrollo de nuestro proyecto vamos a ejecutar una serie de procesos los cuales nos podrá identificar los resultados y los objetivos planteados ya que se basa el diseño a que cada uno de los dispositivos desempeñe una función específica, para así implementar todos los circuitos funcionales y encontrar el resultado final.

Se basa el proyecto en varios esquemas que van a ser desarrollados uno a uno en un orden sistemático y adecuado para el desarrollo el cual se detalla a continuación.

- Se efectúa un diseño adecuado del circuito para el proyecto con los materiales a utilizar para el desarrollo del prototipo a operar de una manera eficaz.
- Implementación del circuito conjuntamente con la estructura de soporte para las placas de cada uno de los sistemas embebidos que integrarán el circuito final.
- Se realiza un cálculo de las variables como Latitud, Longitud y Altitud del prototipo diseñado.
- La Programación es importante ya que una vez calculado y analizado se va a efectuar cada una de las líneas de comando que servirán para que nuestro prototipo sea automatizado y funcional con todos los elementos que intervienen en el desarrollo del sistema, en este paso se programa y se puede simular en un programa de simulación.
- Por último viene las pruebas que se aplica al prototipo en diferentes escenarios.

Diagrama de Conexiones.

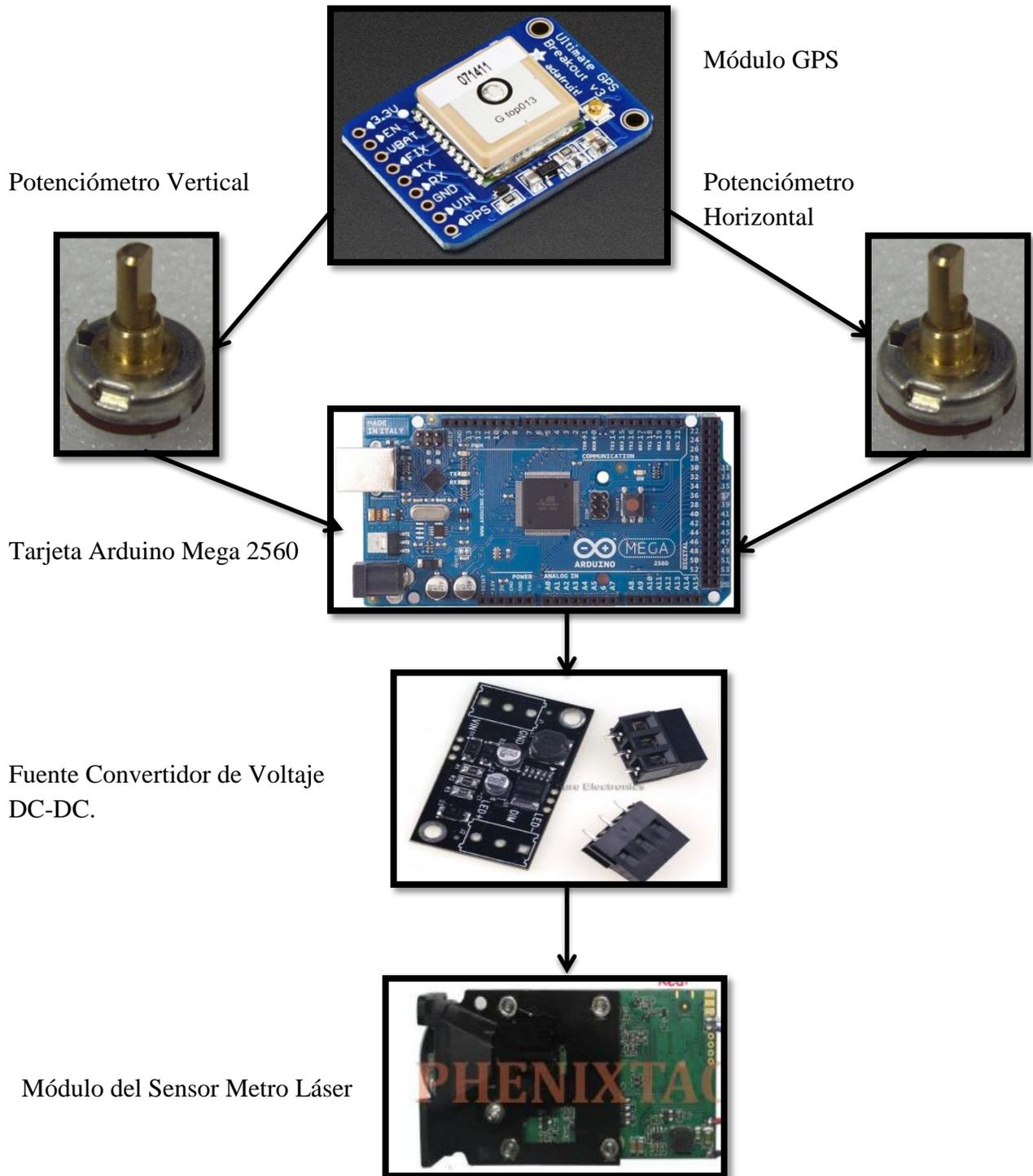
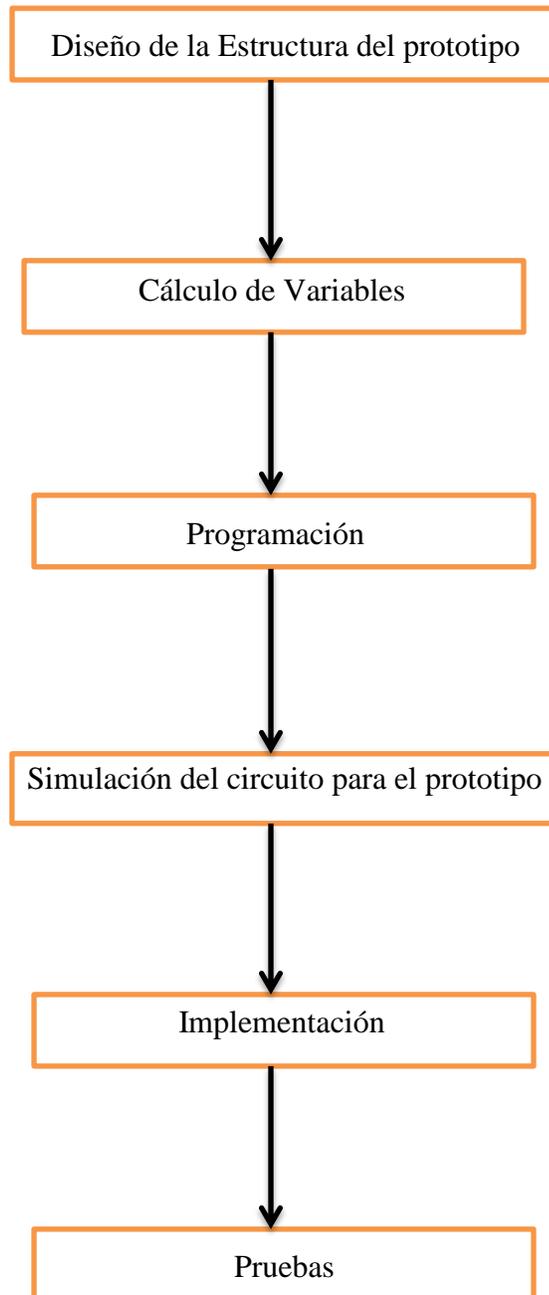
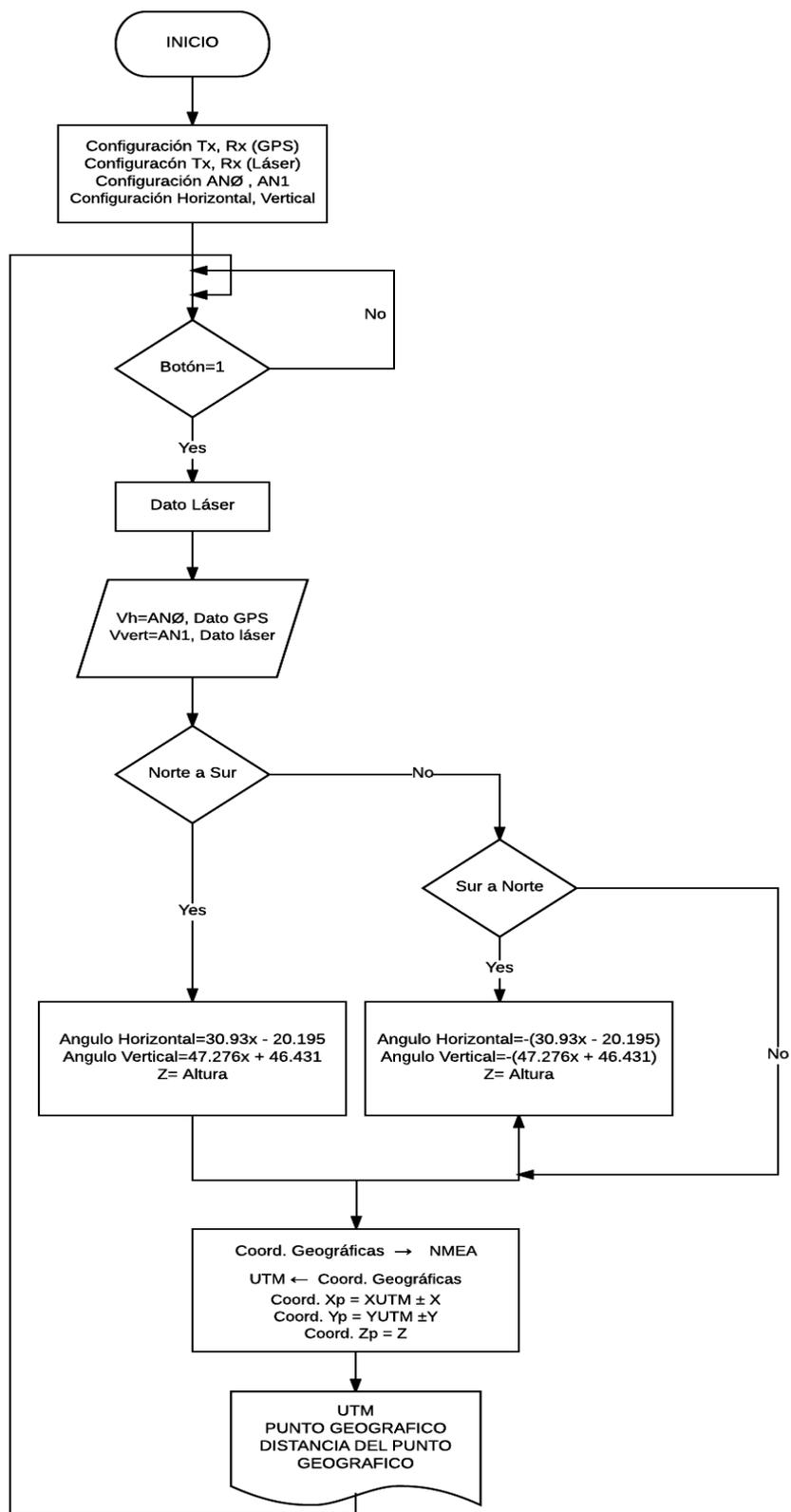


Diagrama de Bloques del Procedimiento.



Algoritmo de Programación.



2.7. Procedimiento y análisis

2.7.1. Diseño

2.7.1.1. Diseño de la estructura del prototipo.

Se diseña la estructura de soporte de los circuitos electrónicos con un material denominado fibra de vidrio que se adapta a un trípode de aluminio como se muestra en la figura 21.



Figura 21.- Estructura de fibra de vidrio.

Fuente: Autores.

La estructura estará conformada por los dos potenciómetros de giro, el primer potenciómetro realiza el trabajo del giroscopio el cual nos determina los valores de forma horizontal del eje de las x , mientras que el segundo potenciómetro será el que determine los valores de forma vertical, es decir del eje de las y en el plano cartesiano. Se puede observar en la figura 22.



Figura 22.- Potenciómetros de giro.

Fuente: Autores.

Una vez ya instalado los potenciómetros y adecuados a la estructura se procede a medir los valores de giro en grados y en voltaje, esto se lo realiza utilizando un graduador, un multímetro y una fuente de alimentación de 5V conectada a los dos pines de cada extremo del potenciómetro, para determinar el rango de cada uno de aquellos. Se puede observar en la figura 23.



Figura 23.- Valores de giro en voltaje.

Fuente: Autores.

Al conectar los pines de los extremos del potenciómetro a una fuente de voltaje de cinco voltios en corriente directa, el multímetro nos determina el valor de voltaje y el graduador el ángulo al cual se está desplazando nuestro prototipo, para con estos valores poder realizar el cálculo de variables. Se muestra en la figura 24.



Figura 24.- Conexión de pines del potenciómetro a la fuente de voltaje.

Fuente: Autores.

Estos valores se pueden evidenciar en una tabla de resultados que se detalla a continuación:

2.7.1.2. Calculo de Variables.

Para realizar el cálculo de variables se debe analizar la curva característica, que se calcula por medio del giro del potenciómetro verticalmente y horizontalmente, y a su vez con el multímetro se va obteniendo los valores en función del voltaje y giro de los ángulos, para así de manera vertical obtener la ecuación a utilizar. En la figura 25 se muestra el resultado de la curva característica realizada en el programa de cálculo denominado Microsoft Excel, mientras que los datos se mencionan en la tabla 6. Para hallar los grados de giro colocamos un graduador en el centro del prototipo.

Valores de voltaje del potenciómetro	Grados de giro
0,11	50
0,3	60
0,51	70
0,79	80
1,01	90
1,24	100
1,47	110
1,7	120

Tabla 6.- Datos de voltaje y grados en forma vertical.

Fuente: **Autores.**

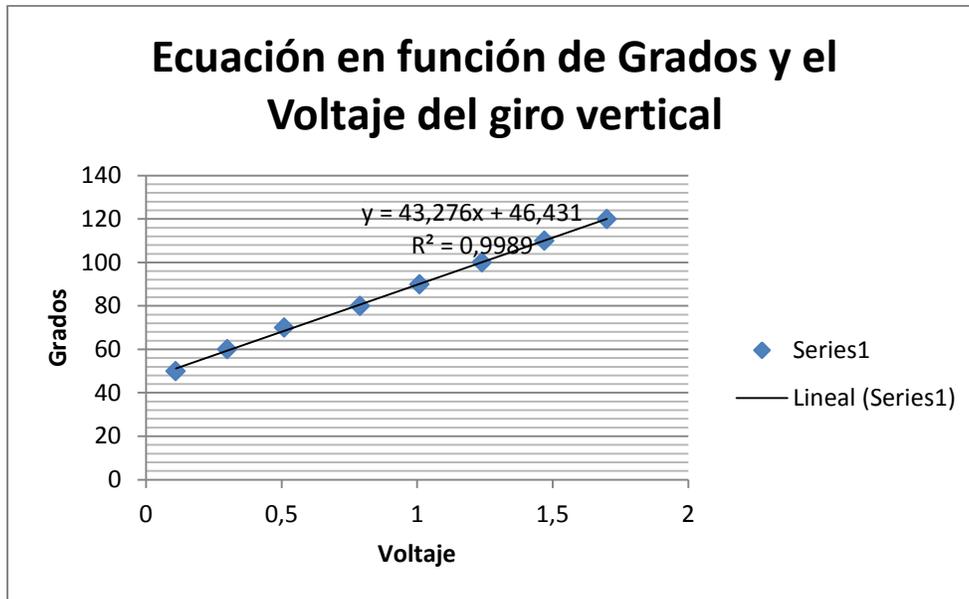


Figura 25.- Curva característica del giro vertical.

Fuente: Autores.

La curva característica horizontal se calcula mediante el giro del potenciómetro, mediante el mismo procedimiento que se realizó en la forma vertical. Se muestra en la figura 26 la curva característica realizada en el programa de cálculo denominado Microsoft Excel, mientras que los datos se mencionan en la tabla 7.

Valores de voltaje del potenciómetro	Grados de giro
1,44	30
1,69	40
2,67	50
2,75	60
3,1	70
3,43	80
3,64	90
3,81	100
4,01	110
4,27	120

Tabla 7.- Datos de voltaje y grados en forma horizontal.

Fuente: Autores.

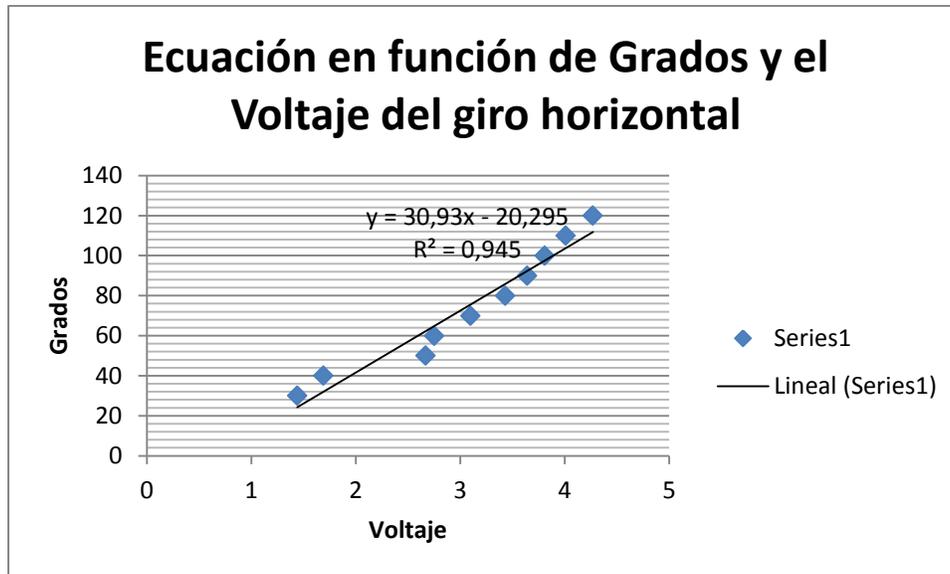


Figura 26.- Curva característica del giro horizontal.

Fuente: Autores.

2.7.1.2.1 Cálculos para la programación.

Conversión de Coordenadas Geográficas a UTM

Partimos en primer lugar de las coordenadas geográficas:

$$\text{Longitud: } \lambda = 40^\circ 42' 35.985''$$

$$\text{Latitud : } \varphi = 74^\circ 00' 29.1168''$$

También vamos a necesitar los datos básicos de la geometría del elipsoide de Hayford. Cuando decimos datos básicos nos referimos al semieje mayor (a) y al semieje menor (b). A partir de estos datos, aprenderemos a deducir otros parámetros de la geometría del elipsoide que nos harán falta en el proceso de conversión de coordenadas. Así, los datos referentes a los semiejes del elipsoide Hayford son:

$$\text{Semieje mayor (a) = 6378388.0}$$

$$\text{Semieje menor (b) = 6356911.946130}$$

Cálculos previos:

- Sobre la geometría del elipsoide.
- Sobre la longitud y la latitud.
- Sobre el huso.

Ecuaciones de Coticchia-Surace:

- Cálculo de parámetros.
- Cálculo final de coordenadas.

Cálculos Previos.

Sobre la Geometría del Elipsoide:

Calculamos la excentricidad, la segunda excentricidad, el radio polar de curvatura y el aplanamiento:

$$\text{Excentricidad: } e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} \rightarrow e = \frac{\sqrt{6378388^2 - 6356911.94613^2}}{6378388} \\ = 0.08199189$$

$$\text{Segunda Excentricidad: } e' = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{b} \rightarrow e' = \frac{\sqrt{6378388^2 - 6356911.94613^2}}{6356911.94613} \\ e' = 0.08226889$$

Aprovechamos para calcular también el cuadrado de la segunda excentricidad, pues nos hará falta en muchos pasos posteriores:

$$e'^2 = 0.082226889^2 = 0.00676817$$

Seguimos con el radio polar de curvatura y el aplanamiento:

$$\text{Radio Polar de Curvatura: } c = \frac{a^2}{b} \rightarrow c = 6399936.608$$

$$\text{Aplanamiento: } \alpha = \frac{a - b}{a} \rightarrow \alpha = 0.003367003$$

Sobre la Longitud y la Latitud:

Lo primero que hacemos es convertir los grados sexagesimales (grados, minutos y segundos) a grados sexagesimales expresados en notación decimal (lo que se suele denominar normalmente "grados decimales"). Para ello operamos de la siguiente forma:

$$\text{Grados decimales} = \text{grados} + \frac{\text{minutos}}{60} + \frac{\frac{\text{segundos}}{60}}{60}$$

$$\text{Longitud: } \lambda = 40^\circ 42' 35.985'' = 40 + 42/60 + 35.985/60/60 = 74.008088$$

$$\text{Latitud : } \varphi = 74^\circ 00' 29.1168'' = 74 + 00/60 + 29.1168/60/60 = 40.709995$$

Una vez que tenemos la longitud y la latitud en grados decimales, procedemos a su paso a radianes, pues la mayor parte de los pasos posteriores se realizarán con entrada de datos en radianes. Operamos para ello de la forma:

$$\text{Radianes} = \frac{\text{Grados decimales} \cdot \pi}{180}$$

$$\text{Longitud Radianes} = \frac{74.008088 \cdot \pi}{180} = 1.2916$$

$$\text{Latitud Radianes} = \frac{40.709995 \cdot \pi}{180} = 0.71052$$

El siguiente paso es calcular el signo de la longitud. Para ello el proceso lógico es muy sencillo:

Cálculo del signo de la longitud: {

- Si la longitud está referida al Oeste del meridiano de Greenwich, entonces la longitud es negativa (-)
- Si la longitud está referida al Este del meridiano de Greenwich, entonces la longitud es positiva (+)

$$\text{Longitud grados decimales} = -74.008088$$

$$\text{Longitud radianes} = -1.2916$$

Sobre el Huso:

Una vez tenemos preparados los datos de longitud y latitud, podemos calcular el huso o zona UTM (UTM Zone) donde caen las coordenadas a convertir, con operaciones muy sencillas:

$$\text{Huso} = \text{entero de } \frac{\text{Grados decimales}}{6} + 31 \rightarrow \text{Huso} = \frac{-74.008088}{6} + 31$$

$$\text{Huso} = 18.9 \rightarrow \text{se toma la parte entera}$$

$$\text{Huso} = 18$$

Con el huso ya conocido, el siguiente paso es obtener el meridiano central de dicho huso. El meridiano central es la línea de tangencia del cilindro transversal.

La operación es muy sencilla:

$$\lambda_0 = \text{Huso} \cdot 6 - 183 = -75$$

Ahora calculamos la distancia angular que existe entre la longitud del punto con el que operamos y el meridiano central del huso (véase la figura anterior). Es muy importante señalar que ambos datos tienen que ser introducidos en radianes. La longitud ya la habíamos traducido a radianes antes, pero no así el valor del meridiano central que acabamos de calcular. Para convertirlo a radianes multiplicamos por Pi y dividimos por 180:

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 \rightarrow \Delta\lambda = -1.29 - \frac{-75 \cdot \pi}{180} = 0.01731213$$

Ecuaciones de Coticchia-Surace para el Problema Directo (Paso de Geográficas a UTM).

Cálculo de Parámetros:

A continuación debemos calcular una serie de parámetros que van encadenados unos a otros y que son el núcleo de las ecuaciones de Coticchia-Surace. Son muchas operaciones pero el proceso es muy rutinario y fácilmente programable:

$$A = \cos \varphi \cdot \operatorname{sen} \Delta\lambda = 0.013122$$

$$\xi = \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{1+A}{1-A} = 0.01312$$

$$\eta = \arctan \frac{\tan \varphi}{\cos \Delta\lambda} - \varphi = 0.000074093$$

$$v = \frac{c}{1+e'^2 \cdot \cos^2 \varphi} \cdot 0.9996 = 6386011.4667$$

$$\zeta = \frac{e'^2}{2} \cdot \xi^2 \cdot \cos^2 \varphi = 0.000006386$$

$$A_1 = \operatorname{sen} 2 \cdot \varphi = 0.9888$$

$$A_2 = A_1 \cdot \cos^2 \varphi = 0.5204$$

$$J_2 = \varphi + \frac{A_1}{2} = 1.204927$$

$$J_4 = \frac{3 \cdot J_2 + A_2}{4} = 1.0338$$

$$J_6 = \frac{5 \cdot J_4 + A_2 \cdot \cos^2 \varphi}{3} = 1.8143$$

$$\alpha = \frac{3}{4} \cdot e'^2 = 0.005076$$

$$\beta = \frac{5}{3} \cdot \alpha^2 = 0.0000429$$

$$\gamma = \frac{35}{27} \cdot \alpha^3 = 0.00000169$$

$$B\phi = 0.0996 \cdot c \cdot \varphi - \alpha \cdot J_2 + \beta \cdot J_4 - \gamma \cdot J_6 = 4506639.481$$

Cálculo Final de Coordenadas:

Una vez disponemos de todos los parámetros anteriores calculados, procedemos a la solución de las coordenadas UTM finales, de la forma:

$$X = \xi \cdot v \cdot \left(1 + \frac{\zeta}{3} \right) + 500.000$$

$$X = 583800 \text{ metros}$$

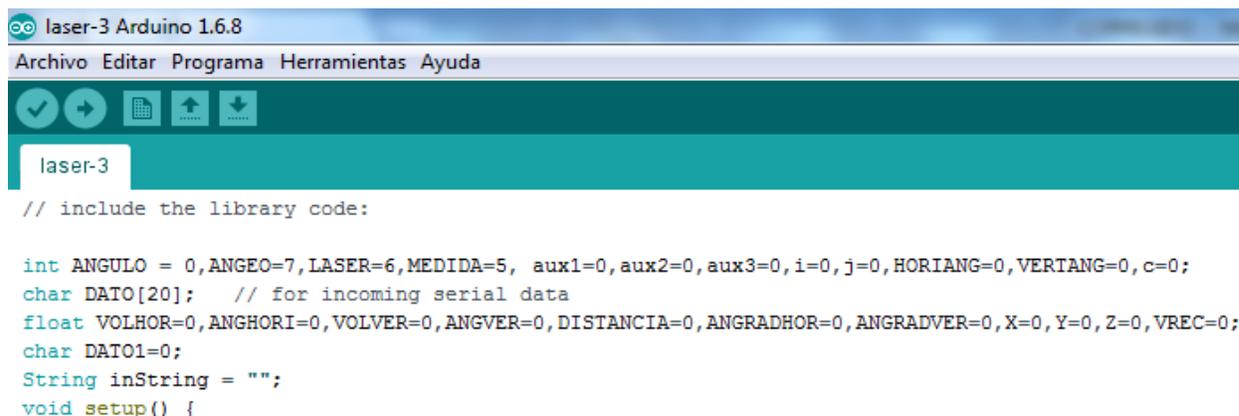
Para el caso de la solución de Y es muy importante recordar que **si la latitud de las coordenadas geodésicas con las que operamos pertenece al hemisferio sur deberemos sumar el valor 10.000.000** al resultado obtenido.

$$Y = \eta \cdot v \cdot \left(1 + \zeta \right) + B\phi$$

$$Y = 4507112.643$$

2.7.1.3. Programación.

Las líneas de programación que se muestran a continuación, detallan lo más importante en el programa Arduino y para simular la tarjeta utilizamos el software Proteus. En la figura 27 se detalla las primeras líneas de programación donde se declara las variables a utilizar en la tarjeta Arduino.



```
laser-3 Arduino 1.6.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
laser-3
// include the library code:

int ANGULO = 0, ANGE0=7, LASER=6, MEDIDA=5, aux1=0, aux2=0, aux3=0, i=0, j=0, HORIANG=0, VERTANG=0, c=0;
char DATO[20]; // for incoming serial data
float VOLHOR=0, ANGHORI=0, VOLVER=0, ANGVER=0, DISTANCIA=0, ANGRADHOR=0, ANGRADVER=0, X=0, Y=0, Z=0, VREC=0;
char DATO1=0;
String inString = "";
void setup() {
```

Figura 27.- Declaración de Variables.

Fuente: Autores.

En el esquema de programación de la figura 28, se muestra los pines de la tarjeta Arduino que se van a utilizar y a su vez se declaran si van hacer de entrada o salida, se registra en los pines los nombres de los bloques, en este caso el ángulo de giro y la medición del láser, también se detalla la velocidad de los puertos seriales que se analizan conjuntamente con el datasheet de los elementos electrónicos.

```
pinMode (ANGE0, INPUT_PULLUP);
pinMode (LASER, INPUT_PULLUP);
pinMode (MEDIDA, INPUT_PULLUP);

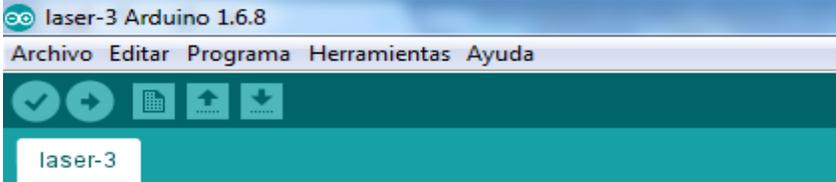
Serial.begin (19200);
Serial1.begin (9600);
Serial2.begin (9600);
```

Figura 28.- Declaración de Pines y velocidades.

Fuente: Autores.

Los puertos seriales para este prototipo son tres, el primer puerto se utilizará para la comunicación del Medidor Láser, el segundo puerto se utilizará para la comunicación del

GPS y el tercer puerto para la comunicación serial. La figura 29 nos detalla las líneas de programación y la condición que se ejecuta en el programa el cual va a ser el bloque de repetición For to do.



```
laser-3 Arduino 1.6.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
laser-3

for(i=0;i<=20;i++){
    DATO[i]=' ';

}

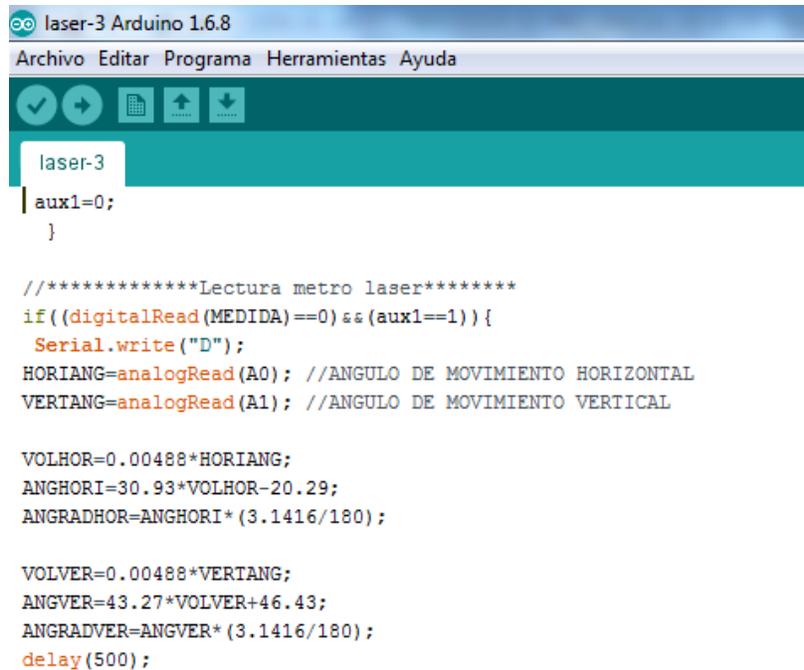
    Serial2.write("Posicion GPS \n");
}
void loop() {
    // put your main code here, to run repeatedly:

//enciende laser
if((digitalRead(LASER)==0) && (aux1==0)) {
    delay(1000);
    Serial.write("O");
    aux1=1;
}
//apaga laser
if((digitalRead(LASER)==0) && (aux1==1)) {
    delay(1000);
    Serial.write("C");
    aux1=0;
}
```

Figura 29.- Estructura de repetición For.

Fuente: Autores.

Se utiliza la lectura del metro láser mediante una estructura de programación como bloque de condición en este caso en Arduino es if, también se detalla la lectura de datos para los potenciómetros tanto para el horizontal y el vertical respectivamente con la entrada analógica A0 y A1, el cual es el ángulo vertical y el ángulo horizontal con su respectiva velocidad (delay). Se muestra la sintaxis en la figura 30.

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The title bar reads "laser-3 Arduino 1.6.8". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Programa", "Herramientas", and "Ayuda". Below the menu bar is a toolbar with icons for a checkmark, a right arrow, a grid, an up arrow, and a down arrow. The main text area contains the following code:

```
laser-3
| aux1=0;
  }

//*****Lectura metro laser*****
if ((digitalRead(MEDIDA)==0) && (aux1==1)) {
  Serial.write("D");
  HORIANG=analogRead(A0); //ANGULO DE MOVIMIENTO HORIZONTAL
  VERTANG=analogRead(A1); //ANGULO DE MOVIMIENTO VERTICAL

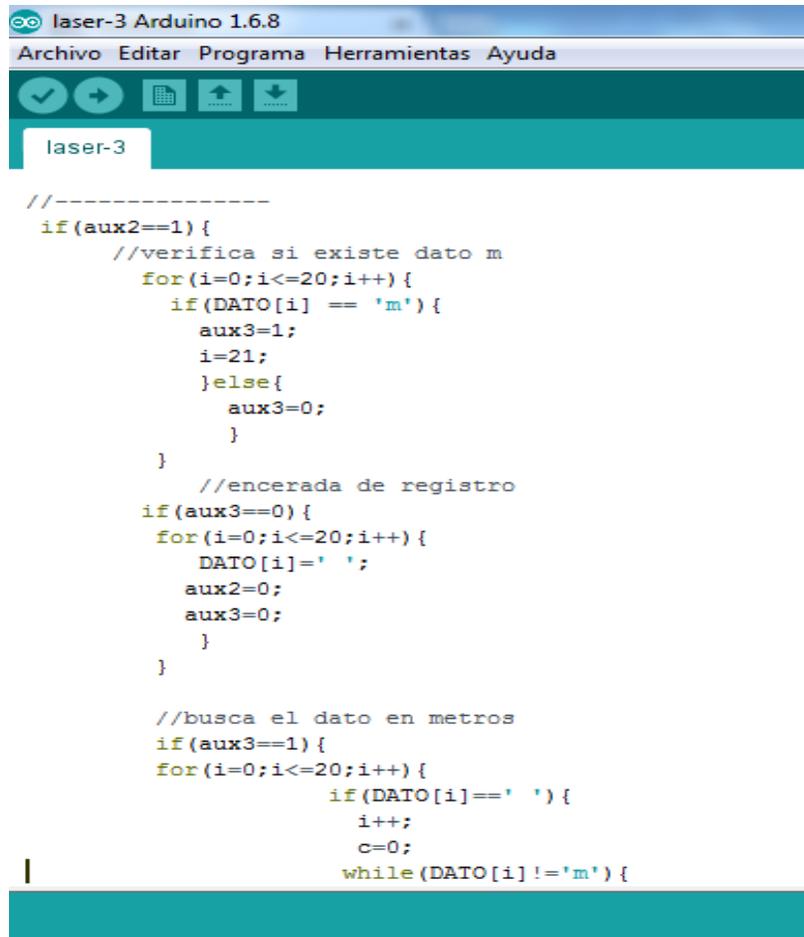
  VOLHOR=0.00488*HORIANG;
  ANGHORI=30.93*VOLHOR-20.29;
  ANGRADHOR=ANGHORI*(3.1416/180);

  VOLVER=0.00488*VERTANG;
  ANGVER=43.27*VOLVER+46.43;
  ANGRADVER=ANGVER*(3.1416/180);
  delay(500);
```

Figura 30.- Lectura del metro láser y ángulos.

Fuente: Autores.

Se efectúa el cálculo con las diferentes operaciones de extracción de datos, tanto del ángulo en voltaje como también de la medición del metro láser en la unidad de metros, el prototipo reconoce las instrucciones que la tarjeta arduino realiza en el tiempo, en el cual se implementa en el sistema. Se puede observar en la Figura 31 las líneas de programación que realizan el cálculo y la extracción de datos de los dispositivos electrónicos.

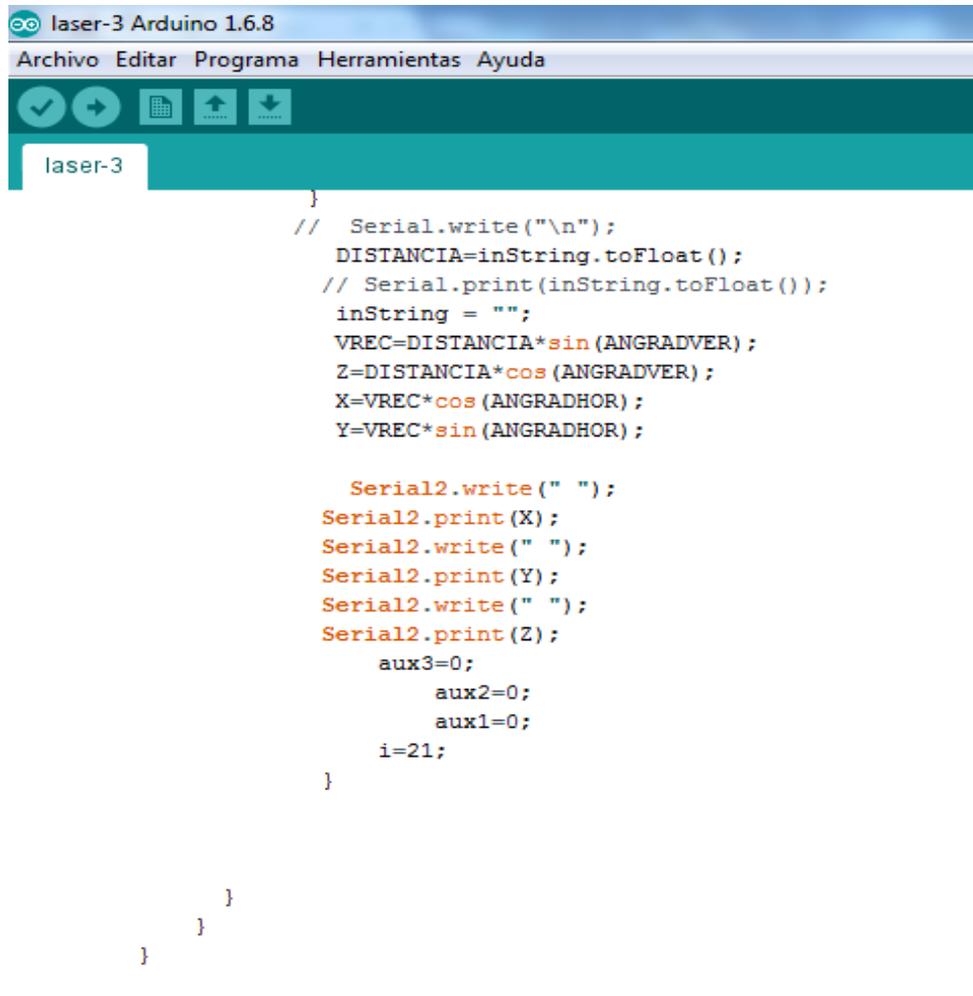
The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The title bar reads "laser-3 Arduino 1.6.8". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Programa", "Herramientas", and "Ayuda". Below the menu bar is a toolbar with icons for a checkmark, a right arrow, a document, an upload arrow, and a download arrow. The main workspace shows a file named "laser-3" with the following C++ code:

```
//-----  
if(aux2==1){  
    //verifica si existe dato m  
    for(i=0;i<=20;i++){  
        if(DATO[i] == 'm'){  
            aux3=1;  
            i=21;  
        }else{  
            aux3=0;  
        }  
    }  
    //encerada de registro  
if(aux3==0){  
    for(i=0;i<=20;i++){  
        DATO[i]=' '  
        aux2=0;  
        aux3=0;  
    }  
}  
  
//busca el dato en metros  
if(aux3==1){  
    for(i=0;i<=20;i++){  
        if(DATO[i]==' '){  
            i++;  
            c=0;  
            while(DATO[i]!='m'){
```

Figura 31.- Extracción y cálculo de los dispositivos.

Fuente: Autores.

Escribimos la variable e imprimimos el dato de la medición y las coordenadas del ángulo, que nos permite visualizar en donde va estar ubicado el punto geográfico en el plano cartesiano, con coordenadas rectangulares para luego continuar con el cálculo de las direcciones a donde está apuntando el metro láser. En la figura 32 se describe las líneas de programación las cuales están enfocadas a la impresión de los datos en coordenadas rectangulares.



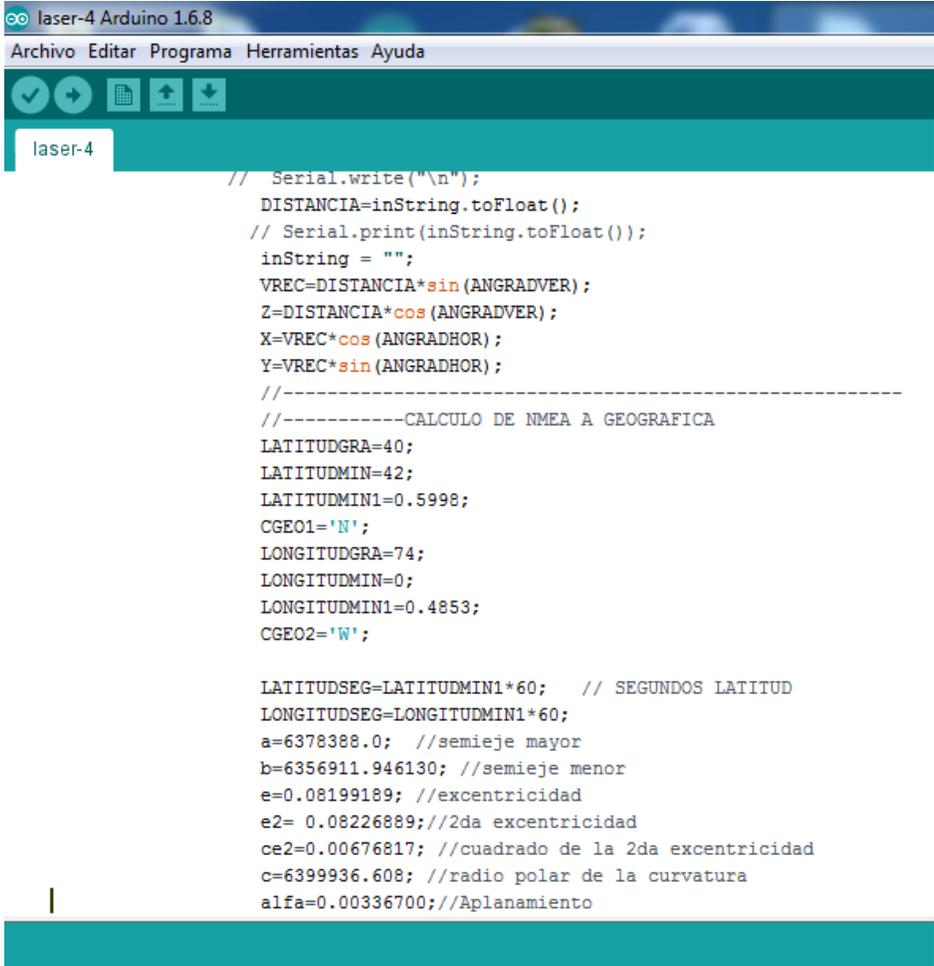
```
laser-3 Arduino 1.6.8
Archivo  Editar  Programa  Herramientas  Ayuda
laser-3
}
// Serial.write("\n");
DISTANCIA=inString.toFloat();
// Serial.print(inString.toFloat());
inString = "";
VREC=DISTANCIA*sin(ANGRADVER);
Z=DISTANCIA*cos(ANGRADVER);
X=VREC*cos(ANGRADHOR);
Y=VREC*sin(ANGRADHOR);

Serial2.write(" ");
Serial2.print(X);
Serial2.write(" ");
Serial2.print(Y);
Serial2.write(" ");
Serial2.print(Z);
aux3=0;
aux2=0;
aux1=0;
i=21;
}
}
}
```

Figura 32.- Datos en coordenadas rectangulares.

Fuente: Autores.

Ingresa los valores de las constantes y ecuaciones de cálculo para el GPS, ingresando los valores como los ángulos la distancia, latitud y longitud en coordenadas NMEA, que son las que trabajan el GPS para ser transformadas a coordenadas rectangulares. Se lo puede observar en la figura 33.



```
laser-4 Arduino 1.6.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
laser-4
// Serial.write("\n");
DISTANCIA=inString.toFloat();
// Serial.print(inString.toFloat());
inString = "";
VREC=DISTANCIA*sin(ANGRADVER);
Z=DISTANCIA*cos(ANGRADVER);
X=VREC*cos(ANGRADHOR);
Y=VREC*sin(ANGRADHOR);
//-----
//-----CALCULO DE NMEA A GEOGRAFICA
LATITUDGRA=40;
LATITUDMIN=42;
LATITUDMIN1=0.5998;
CGEO1='N';
LONGITUDGRA=74;
LONGITUDMIN=0;
LONGITUDMIN1=0.4853;
CGEO2='W';

LATITUDSEG=LATITUDMIN1*60; // SEGUNDOS LATITUD
LONGITUDSEG=LONGITUDMIN1*60;
a=6378388.0; //semieje mayor
b=6356911.946130; //semieje menor
e=0.08199189; //excentricidad
e2= 0.08226889;//2da excentricidad
ce2=0.00676817; //cuadrado de la 2da excentricidad
c=6399936.608; //radio polar de la curvatura
alfa=0.00336700;//Aplanamiento
```

Figura 33.- Ecuaciones de cálculo.

Fuente: Autores.

Se efectúa el procedimiento para sacar los diferentes parámetros que se calcularon como son: el uso, la distancia angular los diferentes J2, J4, J6 como también alfa, beta y gama. SE puede observar en la figura 34.

```

na Herramientas Ayuda

LATITUDGRADDECI= LATITUDGRA+(LATITUDMIN/60)+ (LATITUDSEG/3600); // LATITUD EN GRADOS DECIMALES
LONGITUDGRADDECI=LONGITUDGRA+(LONGITUDMIN/60)+(LONGITUDSEG/3600); //LONGITUD EN GRADOS DECIMALES
LATITUDRAD=LATITUDGRADDECI*0.017453293;
LONGITUDRAD=LONGITUDGRADDECI*0.017453293;

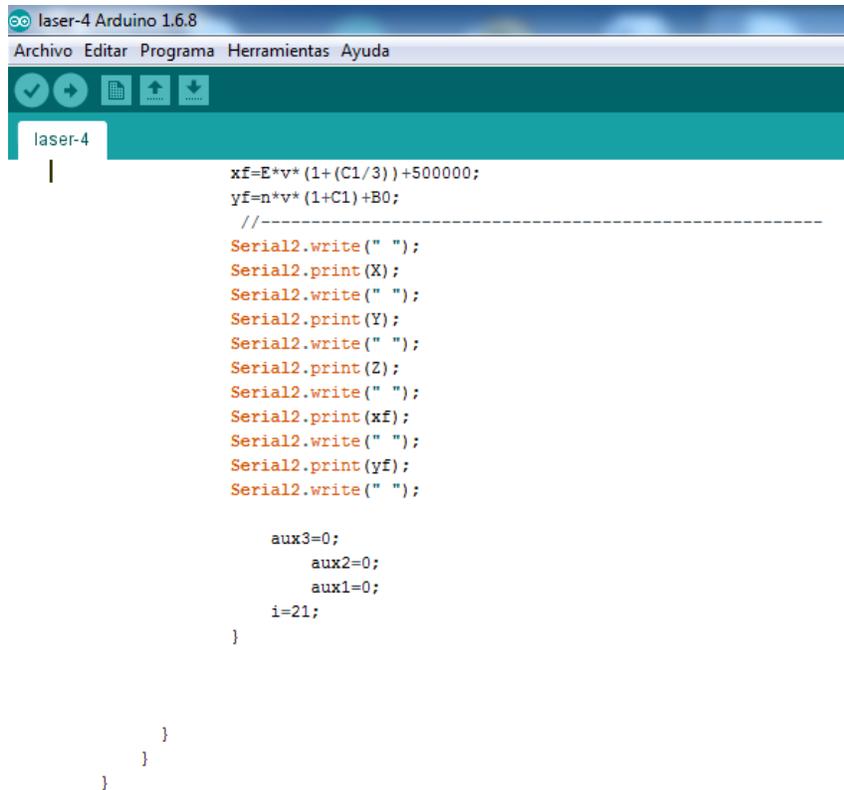
if (CGEO2=='W')
{
    LONGITUDRAD=LONGITUDRAD*(-1);
    LONGITUDGRADDECI=LONGITUDGRADDECI*(-1);
}
HUSO= ( LONGITUDGRADDECI/6 )+31;
HUSORAD=HUSO*0.017453293;
MERCEUSO=HUSO*6-183;
DISTANGULAR=LONGITUDRAD-HUSORAD;
A=cos (LATITUDRAD) *sin (DISTANGULAR);
E=(1/2) *log ((1+A) / (1-A));
n=atan (tan (LATITUDRAD) /cos (DISTANGULAR))- LATITUDRAD ;
v=(c/square (1+ce2*cos (LATITUDRAD) *cos (LATITUDRAD))) *0.996;
C1=(ce2/2) *E*E*cos (LATITUDRAD) *cos (LATITUDRAD);
AUNO=sin (2*LATITUDRAD);
ADOS=A1*cos (LATITUDRAD) *cos (LATITUDRAD);
J2=LATITUDRAD+(A1/2);
J4=(3*J2+A2)/4;
J6=(5*J4+A2*cos (LATITUDRAD) *cos (LATITUDRAD))/3;
alfa2=(3/4) *ce2;
beta=(5/3) *alfa2*alfa2;
gama=(35/27) *alfa2*alfa2*alfa2;
BFI=0.9996*c*(LATITUDRAD-alfa2*J2+beta*J4-gama*J6);

```

Figura 34.- Parámetros del punto geográfico.

Fuente: Autores.

Se asigna a los puertos seriales las impresiones de los diferentes valores calculados en este caso ya en valores UTM, es decir en coordenadas rectangulares de X,Y,Z para ser sumadas o restadas dependiendo la posición del punto geográfico en el plano. Se muestra en la figura 35.



```
laser-4 Arduino 1.6.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

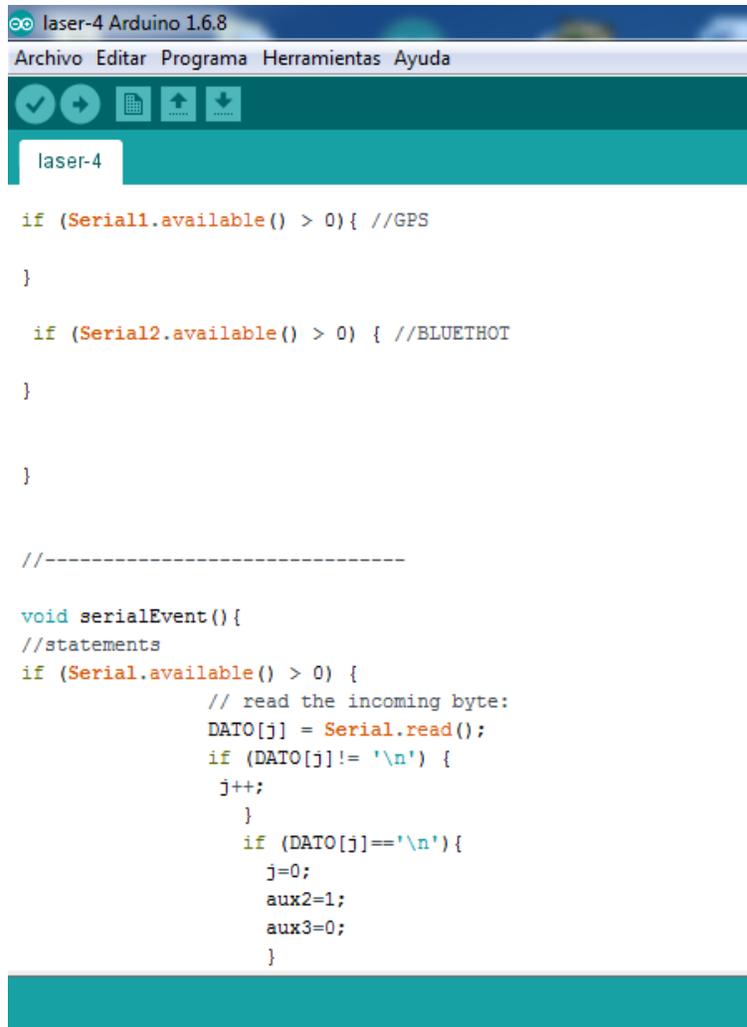
laser-4
|
    xf=E*v*(1+(C1/3))+500000;
    yf=n*v*(1+C1)+B0;
    //-----
    Serial2.write(" ");
    Serial2.print(X);
    Serial2.write(" ");
    Serial2.print(Y);
    Serial2.write(" ");
    Serial2.print(Z);
    Serial2.write(" ");
    Serial2.print(xf);
    Serial2.write(" ");
    Serial2.print(yf);
    Serial2.write(" ");

    aux3=0;
    aux2=0;
    aux1=0;
    i=21;
}
}
}
```

Figura 35.- Valores UTM en X, Y, Z.

Fuente: Autores.

Para los valores de las coordenadas finales hacemos una comparación con los valores de los otros puertos seriales, es decir con el primero y segundo serial, a su vez también dar un incremento a la estructura de repetición For To Do en este caso el dato j. Se puede observar en la figura 36.



```
laser-4 Arduino 1.6.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
laser-4

if (Serial1.available() > 0) { //GPS
}

if (Serial2.available() > 0) { //BLUETHOT
}

}

//-----

void serialEvent(){
//statements
if (Serial.available() > 0) {
// read the incoming byte:
DATO[j] = Serial.read();
if (DATO[j] != '\n') {
j++;
}
if (DATO[j] == '\n'){
j=0;
aux2=1;
aux3=0;
}
}
```

Figura 36.- Incremento de la Variable j.

Fuente: Autores.

Se realiza la compilación final para saber si no existe ningún error tanto en la declaración de variables y en el proceso de cálculo general, se realiza dando un clic en el visto de color amarillo se puede observar en la figura 37.

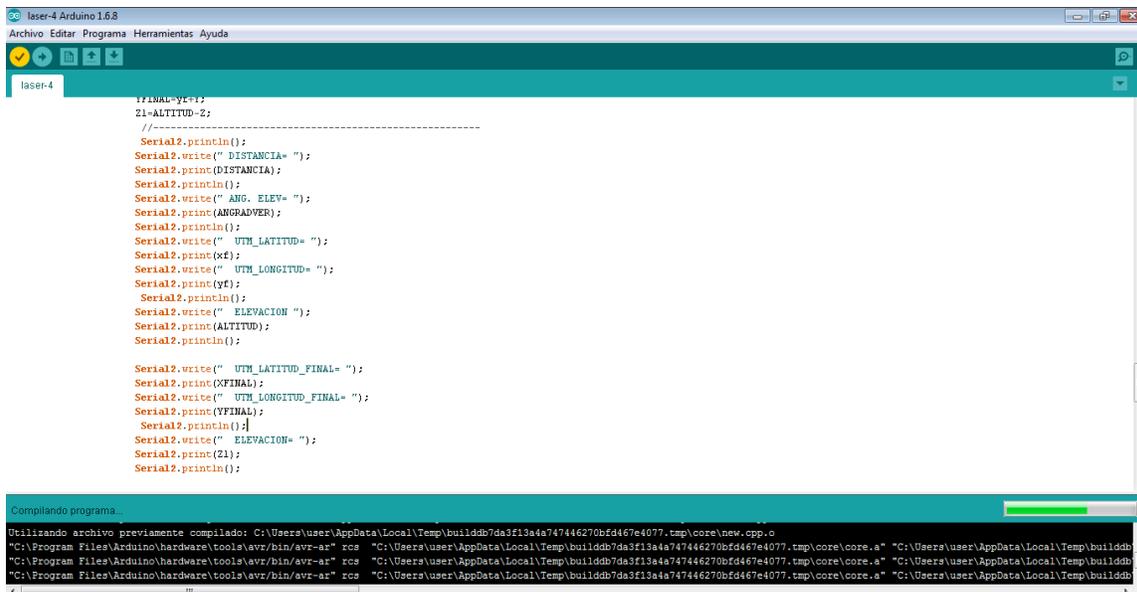


Figura 37.- Compilación del programa.

Fuente: Autores.

Para finalmente ser grabada la programación en la memoria del microcontrolador de la placa arduino mega por medio del cable de comunicación USB que se conecta a la PC y a la placa respectivamente, la figura 38 nos muestra la subida de los datos programados y se verifica con el botón de color amarillo.

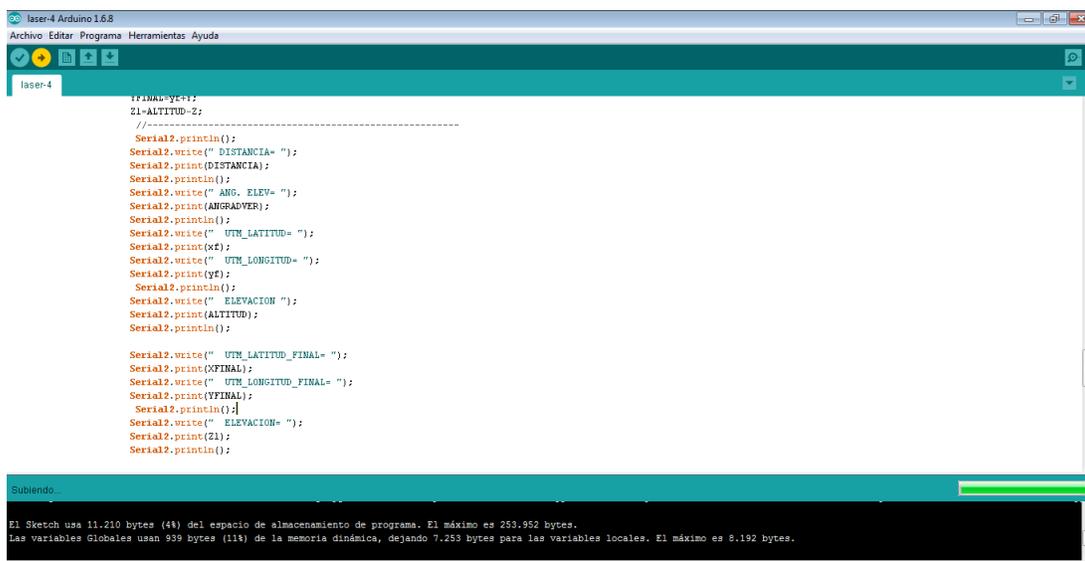


Figura 38.- Subida de datos a la placa Arduino Mega.

Fuente: Autores.

2.7.1.4. Simulación del circuito para el prototipo.

Para diseñar el circuito se tiene que verificar varios factores importantes para el desarrollo, como los elementos que vamos a utilizar, el voltaje de alimentación adecuado, en nuestro diseño los voltajes son independientes para cada uno de los dispositivos, ya que cada elemento posee distintos voltajes y a su vez diferente consumo de corriente lo cual hace que nuestro diseño vaya en base a los requerimientos de los dispositivos electrónicos. Para la simulación se utilizó el software Proteus. Se muestra en la figura 39 los pines de conexión en el cual el pin A0 va a ser el potenciómetro y los diferentes transmisores y receptores con un lcd para visualizar datos solo para la simulación.

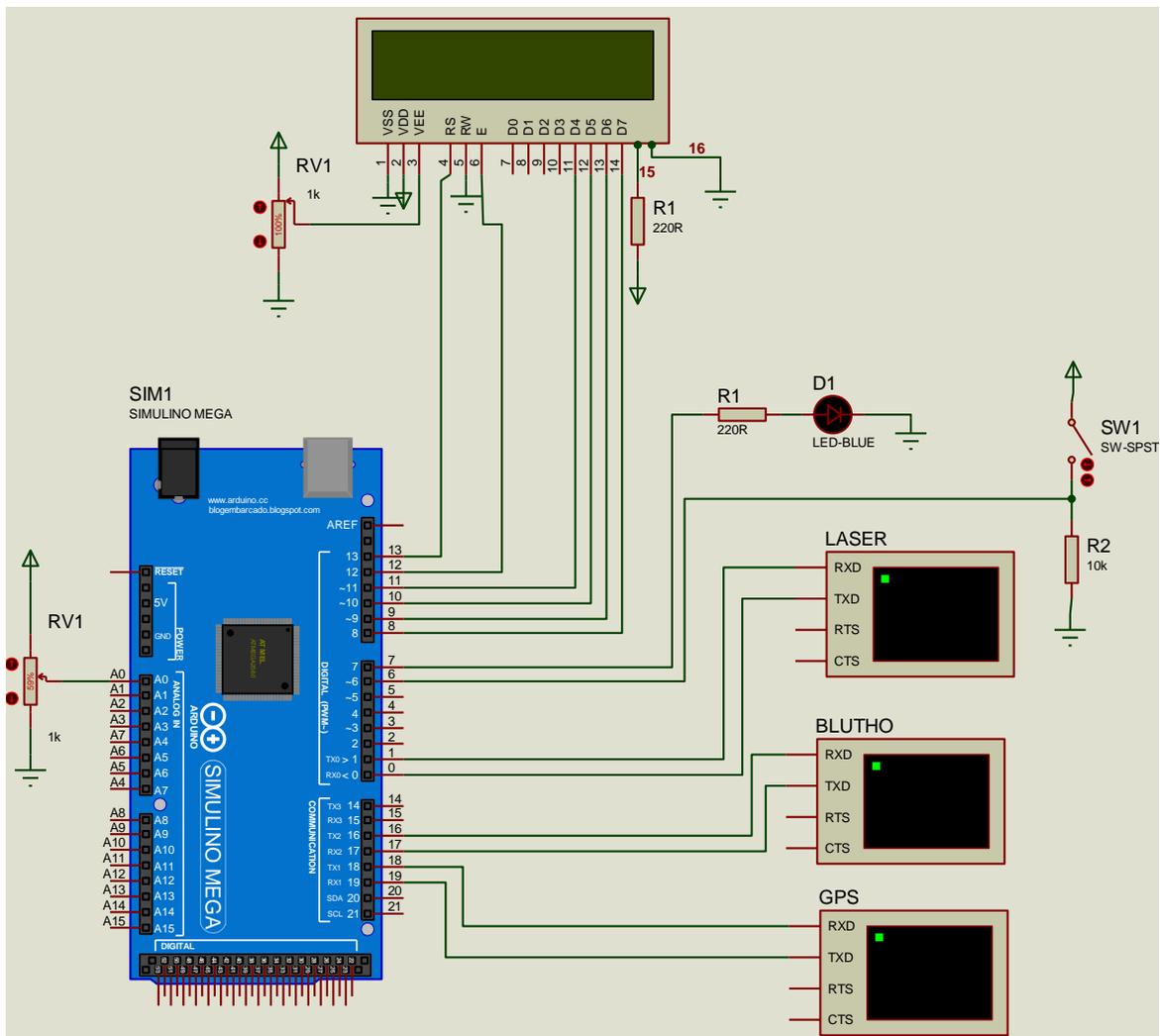


Figura 39.- Circuito Diseñado.

Fuente: Autores.

El primer factor de diseño que se tomó en cuenta fue el de verificar que la tarjeta que vamos a programar tenga tres tipos de seriales, que sirve de ayuda para conectar los diferentes dispositivos que intervienen en el diseño como son el Láser, La Transmisión, recepción de datos y el GPS donde también debe tener dos entradas analógicas para los potenciómetros, los cuales nos dan los valores de voltaje de referencia y ángulo (de arriba hacia abajo) y de izquierda a derecha los valores de voltaje y ángulo. Se puede verificar en la figura 40.

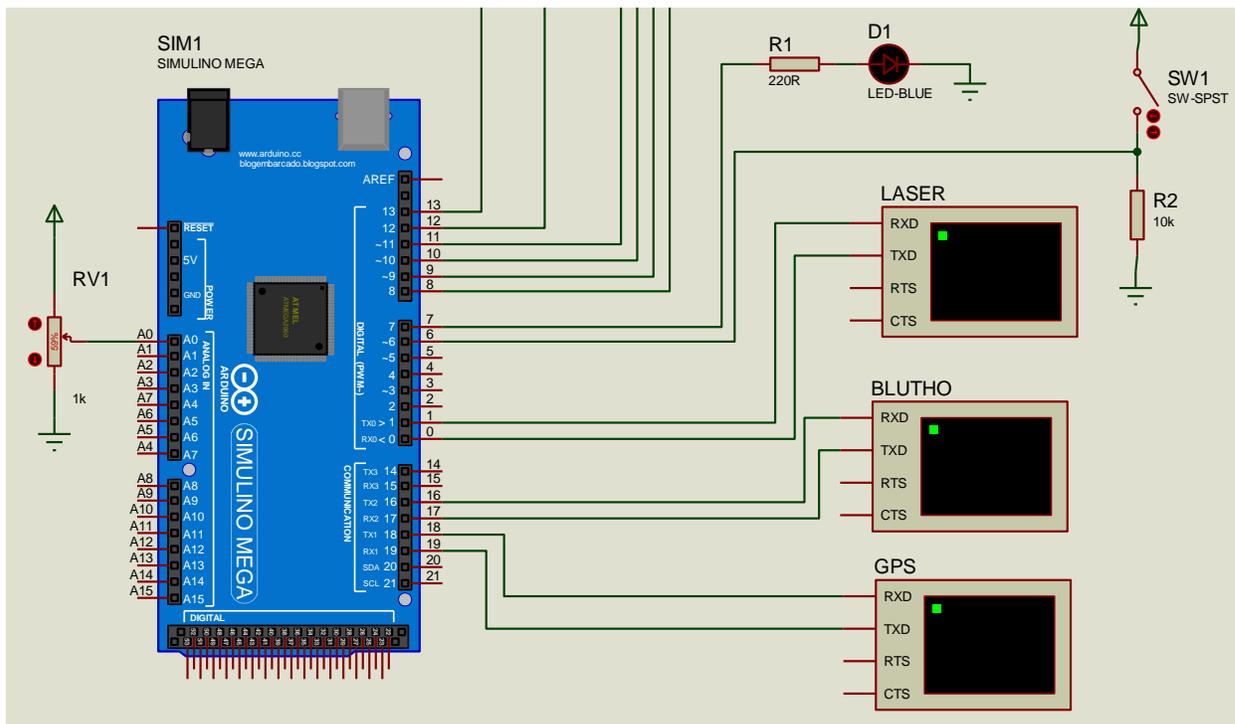


Figura 40.- Conexiones del circuito con puertos seriales.

Fuente: Autores.

Para mostrar el resultado de los datos se puede utilizar en este caso solo en el programa de simulación un LCD el cual va a generar los datos obtenidos de la medición y el punto geográfico correspondiente. Se muestra en la figura 41.

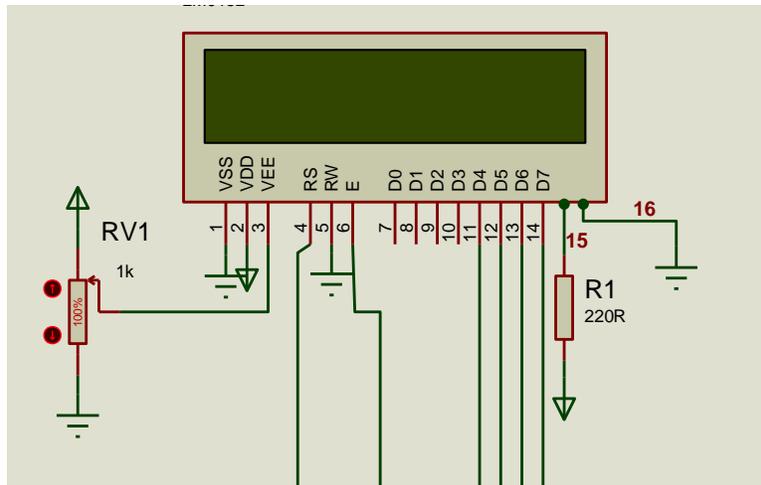


Figura 41.- Muestra de Datos (LCD).

Fuente: Autores.

La Simulación final del circuito se puede observar en la figura 42 donde los potenciómetros están conectados a los pines A0 y A1 de la placa arduino mega, estos van a simular los ángulos de giro horizontal y vertical, tenemos dos botones los cuales van a encender el láser y apagar al momento de dar la medida respectivamente, están conectados al pin 6 y al pin 19 de la placa arduino, se coloca cuatro virtual terminal que se comunican por medio de transmisión y recepción de datos seriales, están conectados el pin 0 del RX0 de la placa arduino al RXD y con el pin 2 del puerto de la PC denominado P1, el segundo virtual terminal denominado laser 2 está conectado del TX0 de la placa arduino, es decir del pin 1 al RXD del virtual terminal y al pin 3 de la PC1 que es el TXD, el tercer virtual terminal es la salida de datos seriales llamado Blutho, se conecta del pin 16 de la placa arduino perteneciente al TX2 al RXD del virtual terminal, del pin 17 de la placa arduino, es decir el RX2 al TXD del virtual terminal, finalmente para los datos del GPS se utiliza otro virtual terminal denominado GPS1, el cual se conecta del pin 18 de la placa arduino que pertenece al TX1 al RXD del virtual terminal, mientras que del pin 19 que es el RX1 se conecta al TXD del virtual terminal.

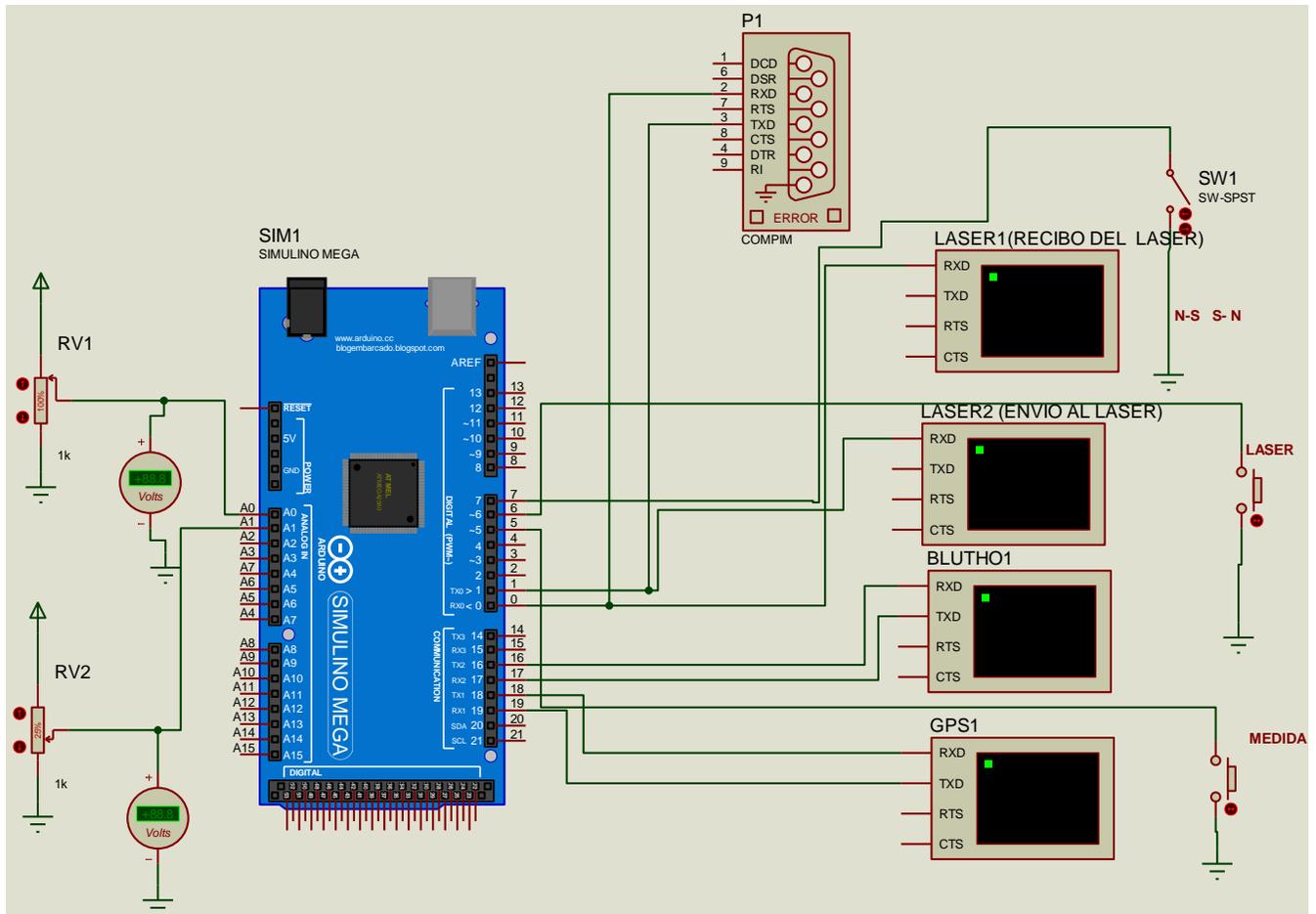


Figura 42.- Esquema del prototipo.

Fuente: Autores.

Los datos finales ya puesta la programación y cargado correctamente el microcontrolador de la placa arduino mega se observa en la figura 43 con la comunicación serial de datos de transmisor y receptor determinando porque puerto COM reconoce el serial la velocidad de transmisión que es de 9600 baudios por segundo y la muestra de datos utilizando el código ASCII

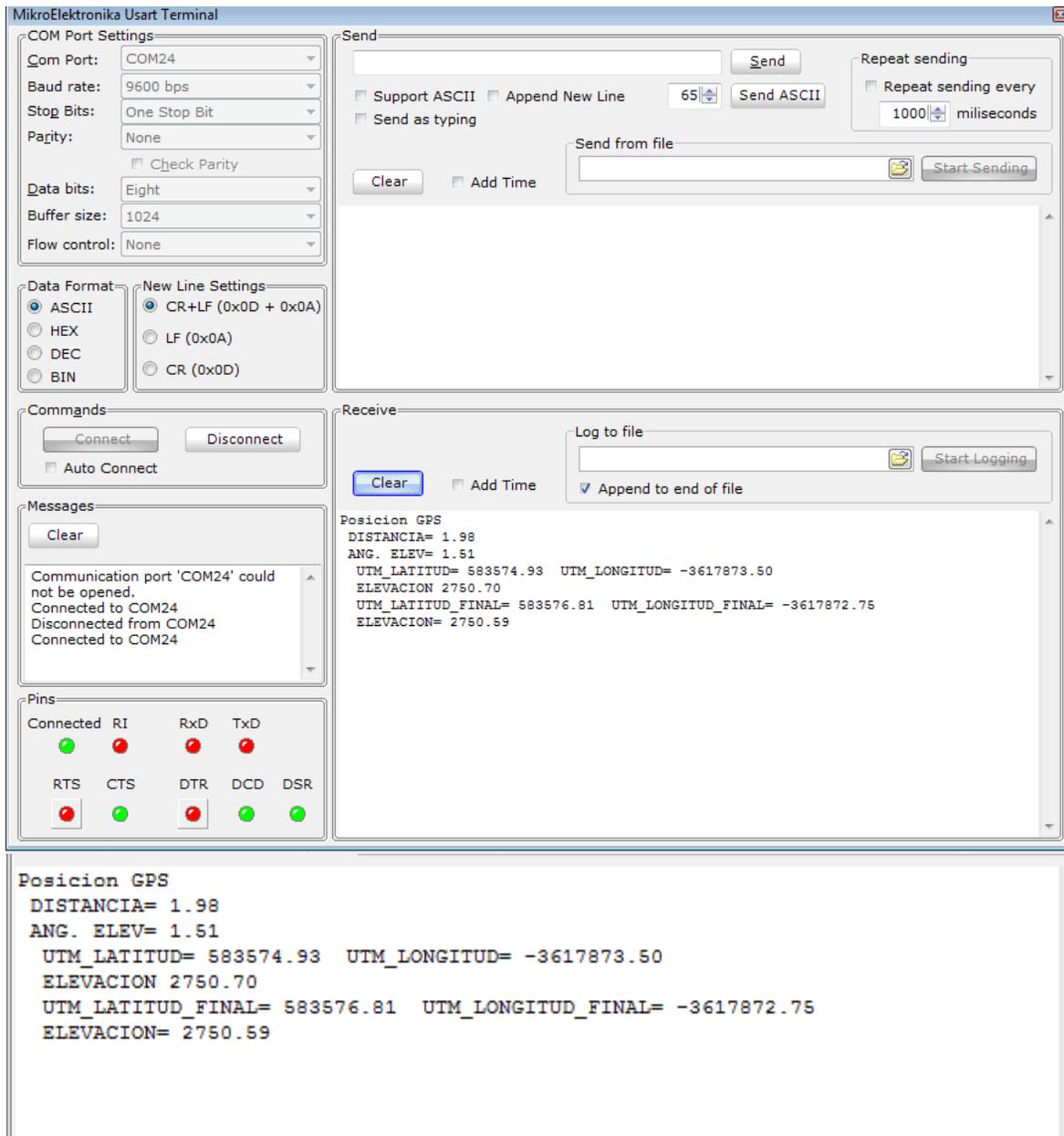


Figura 43.- Salida de datos finales.

Fuente: Autores.

2.7.1.5. Implementación del prototipo.

Seguidamente se procede a implementar tomando en cuenta y siguiendo los pasos que se realizaron en la simulación. Se puede observar en la figura 44 los componentes que intervienen en nuestro prototipo ya de manera física, tomando en cuenta los voltajes y corrientes nominales a los que trabajan cada elemento, esto se lo puede verificar en los datasheet de los equipos.

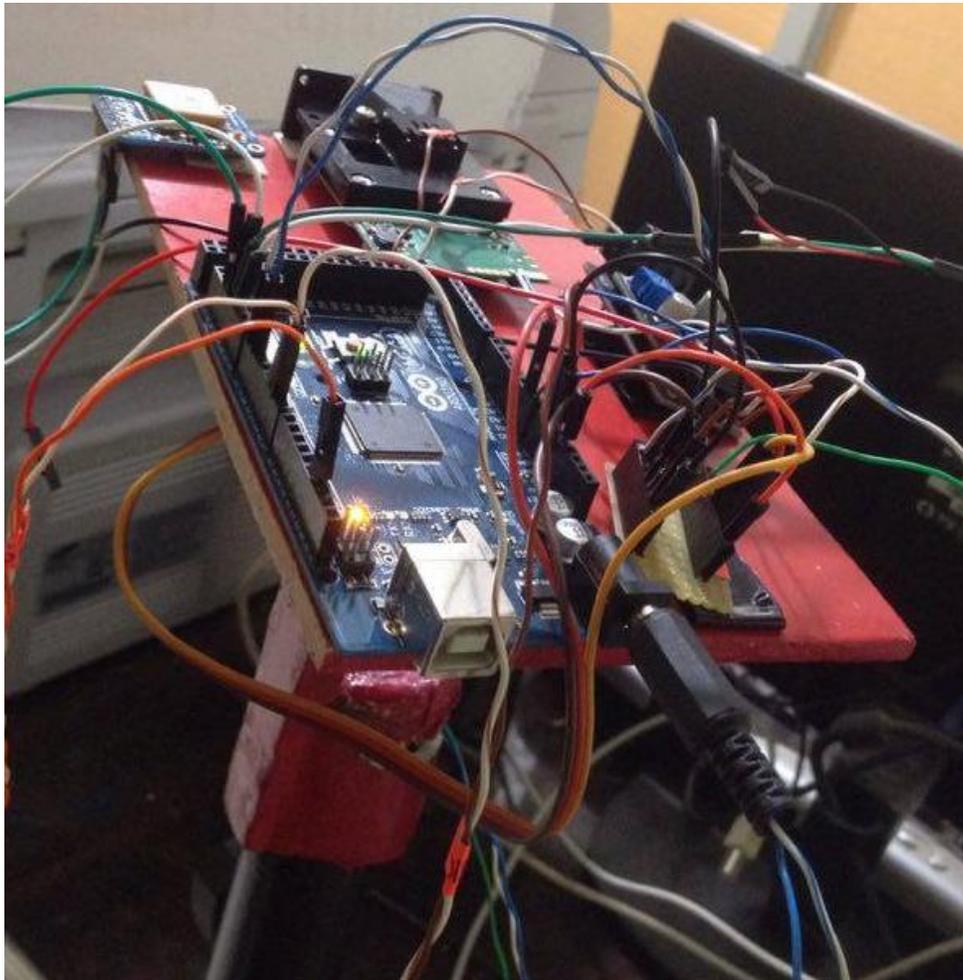


Figura 44.- Implementación del Circuito.

Fuente: Autores.

2.7.2. Comprobación de Hipótesis.

Medición Horizontal.

La medición horizontal tiene un diámetro de 120 grados en el eje de las x, el cual está diseñado para obtener el punto en el eje de coordenadas rectangulares, se pueden verificar los valores de voltajes y ángulo correspondientes al movimiento horizontal, en la siguiente tabla 8 de valores sacados del prototipo se puede observar.

Valores de voltaje del potenciómetro	Grados de giro horizontal
1,44	30
1,69	40
2,67	50
2,75	60
3,1	70
3,43	80
3,64	90
3,81	100
4,01	110
4,27	120

Tabla 8.- Datos en el eje de las x.

Fuente: Autores.

Medición Vertical.

La medición vertical tiene un diámetro de 120 grados en el eje de las y, el cual está diseñado para obtener el punto en el eje de coordenadas rectangulares, se pueden verificar los valores de voltajes y ángulo correspondientes al movimiento vertical. En la siguiente tabla 9 de valores obtenidos del prototipo se puede observar.

Valores de voltaje del potenciómetro	Grados de giro
0,11	50
0,3	60
0,51	70
0,79	80
1,01	90
1,24	100
1,47	110
1,7	120

Tabla 9.- Datos en el eje de las y.

Fuente: Autores.

Total de mediciones en ángulo y voltaje

$$x = 120 \text{ muestras} = 120 \text{ grados}$$

$$y = 120 \text{ muestras} = 120 \text{ grados}$$

$$\text{Resultado en el plano} = x.y$$

$$\text{Resultado en el plano} = 120 \times 120$$

$$\text{Resultado en el plano} = 14400 \text{ grados}$$

2.7.2.1. Planteamiento de hipótesis estadística

$$H_0: \text{Parametro} \leq x$$

$$H_1: \text{Parametro} > x$$

2.7.2.2. Establecimiento del nivel de significancia

Las pruebas se realizaron con un 95% de confiabilidad, es decir se trabajó con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

2.7.2.3. Determinación del valor estadístico de prueba.

Al obtener un valor de muestras equivalente a 99 se utiliza el estadístico z.

Pruebas unilateral izquierda: La hipótesis planteada se formula con \geq o \leq

$$H_0: \mu \geq 10\%$$

$$H_1: \mu < 10\%$$

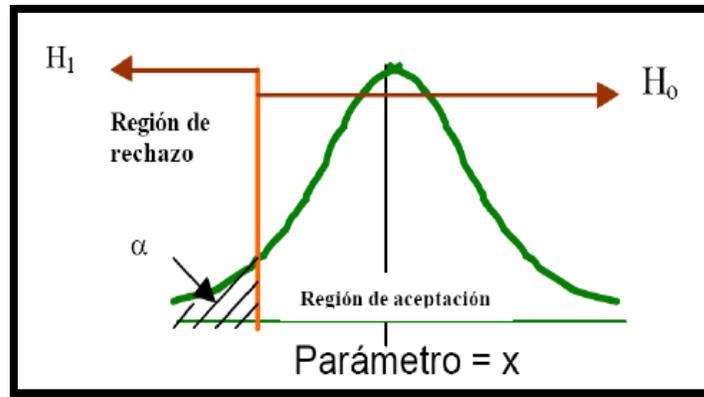


Figura 45.- Zonas de aceptación y rechazo.

Fuente: Apuntes de Estadística - Universidad de Puerto Rico.

Regla de decisión

Si $z \geq z_\alpha$ no se rechaza H_0 .

Si $z < z_\alpha$ se rechaza H_0 .

Por este motivo la regla de decisión precisa rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, si el valor Z calculado no queda en la región comprendida entre $-x \leq z \leq x$. En caso contrario no se rechaza la hipótesis nula si Z queda entre $-x \leq z \leq x$.

Fórmula para calcular el porcentaje de error

$$\frac{\text{Valor exacto} - \text{Valor aproximado}}{(\text{Valor exacto})} \times 100$$

El valor aproximado es el valor estimado, y el valor exacto es el valor real. Una vez que se ha calculado el valor absoluto entre la diferencia del valor aproximado y el exacto, entonces lo que se hace es dividir por el valor exacto y multiplicar el resultado por el 100%.

PRUEBA N°. 1

AMBIENTE CON OBSTÁCULOS.

Nro.	Distancia [m]		% Error
	Real	Medida	
1	1	1,01	1,00
2	2	2,03	1,50
3	3	3,04	1,33
4	4	4,06	1,50
5	5	5,02	0,40
6	6	6,07	1,17
7	7	7,05	0,71
8	8	7,89	1,38
9	9	9,07	0,78
10	10	10,01	0,10
11	11	11,09	0,82
12	12	11,87	1,08
13	13	12,98	0,15
14	14	13,9	0,71
15	15	15,06	0,40
16	16	16,2	1,25
17	17	17,25	1,47
18	18	18,3	1,67
19	19	18,95	0,26
20	20	20,4	2,00
21	21	21,2	0,95
22	22	22,01	0,05
23	23	23,09	0,39
24	24	24,16	0,67
25	25	25,29	1,16
26	26	26,18	0,69
27	27	26,8	0,74
28	28	28,36	1,29
29	29	29,32	1,10
30	30	29,74	0,87
31	31	30,84	0,52
32	32	32,18	0,56
33	33	33,23	0,70
34	34	34,12	0,35

35	35	35,13	0,37
36	36	35,9	0,28
37	37	37,31	0,84
38	38	37,96	0,11
39	39	39,15	0,38
40	40	40,18	0,45
41	41	41,43	1,05
42	42	42,1	0,24
43	43	43,14	0,33
44	44	44,18	0,41
45	45	45,21	0,47
46	46	46,31	0,67
47	47	47,11	0,23
48	48	47,65	0,73
49	49	48,92	0,16
50	50	49,71	0,58
51	51	50,75	0,49
52	52	52,23	0,44
53	53	53,09	0,17
54	54	54,1	0,19
55	55	54,97	0,05
56	56	55,95	0,09
57	57	57,08	0,14
58	58	57,91	0,16
59	59	59,22	0,37
60	60	60,17	0,28
61	61	61,41	0,67
62	62	62,05	0,08
63	63	63,06	0,10
64	64	63,94	0,09
65	65	65,09	0,14
66	66	65,89	0,17
67	67	67,07	0,10
68	68	68,2	0,29
69	69	69,19	0,28
70	70	69,98	0,03
71	71	70,99	0,01
72	72	72,08	0,11
73	73	72,85	0,21
74	74	74,81	1,09
75	75	75,12	0,16

76	76	76,19	0,25
77	77	77,1	0,13
78	78	78,22	0,28
79	79	79,34	0,43
80	80	80,26	0,33
81	81	80,89	0,14
82	82	82,46	0,56
83	83	83,56	0,67
84	84	84,9	1,07
85	85	85,05	0,06
86	86	86,08	0,09
87	87	87,23	0,26
88	88	87,69	0,35
89	89	89,45	0,51
90	90	90,21	0,23
91	91	91,23	0,25
92	92	92,28	0,30
93	93	92,85	0,16
94	94	94,73	0,78
95	95	95,06	0,06
96	96	96,19	0,20
97	97	97,06	0,06
98	98	97,8	0,20
99	99	98,9	0,10

Tabla 10.- Valores de error para la mediciones en un ambiente con obstáculos.

Fuente: Autores.

La selección de la hipótesis nula y la hipótesis alternativa corresponde a:

$$H_0: \mu \geq 10\%$$

$$H_1: \mu < 10\%$$

El cálculo de la desviación estándar y la media de la muestra se obtiene empleando SPSS Statistics, el cual devuelve los valores como se muestra el resultado en la siguiente tabla 11:

Estadísticos		
Amb_con_obstáculos		
N	Válido	99
	Perdidos	0
Media		,5091
Error estándar de la media		,04404
Desviación estándar		,43824

Tabla 11.- Estadísticos para una muestra para la prueba N°.1.

Fuente: Autores.

Prueba de muestra única						
	Valor de prueba = 10					
	Z	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Amb_con_obstáculos	-215,483	98	,000	-9,49091	-9,5783	-9,4035

Tabla 12.- Prueba de muestra única para la prueba N°.1.

Fuente: Autores.

1. Ho			
2. H1			
3. α	0,05		
4. Grados de Libertad	gl=n-1	99-1	98
5. T tabulado	Tt= α -gl	0,05-98	-97,95
6. Valor estadístico Z	1,98446745	T tabla	1,9845

Tabla 13.- Valor estadístico Z para la prueba N°.1.

Fuente: Autores.

Decisión y justificación

Como $-215,483 < 1.9845$ se rechaza H_0 y se concluye, al tener un nivel de significancia del 0.05, que los valores de error medidos por el prototipo de medición tiene un error menor al 10% en las pruebas en un ambiente con obstáculos.

PRUEBA N°. 2

AMBIENTE SIN OBSTÁCULOS.

Nro.	Distancia [m]		% Error
	Real	Medida	
1	1	1,01	1,00
2	2	2,02	1,00
3	3	3,04	1,33
4	4	4,03	0,75
5	5	5,02	0,40
6	6	5,93	1,17
7	7	7,01	0,14
8	8	8,05	0,63
9	9	8,89	1,22
10	10	9,99	0,10
11	11	11,03	0,27
12	12	11,88	1,00
13	13	13,04	0,31
14	14	14,09	0,64
15	15	15,05	0,33
16	16	15,98	0,12
17	17	17,06	0,35
18	18	17,92	0,44
19	19	18,84	0,84
20	20	20,09	0,45
21	21	21,03	0,14
22	22	22,04	0,18
23	23	22,98	0,09
24	24	24,09	0,37
25	25	25,1	0,40
26	26	26,06	0,23
27	27	27,09	0,33
28	28	27,97	0,11
29	29	28,83	0,59

30	30	29,89	0,37
31	31	31,09	0,29
32	32	32,09	0,28
33	33	33,12	0,36
34	34	33,88	0,35
35	35	35,04	0,11
36	36	36,01	0,03
37	37	37,03	0,08
38	38	38,09	0,24
39	39	39,11	0,28
40	40	40,08	0,20
41	41	41,09	0,22
42	42	42,04	0,10
43	43	43,08	0,19
44	44	43,9	0,23
45	45	44,98	0,04
46	46	46,07	0,15
47	47	47,03	0,06
48	48	48,09	0,19
49	49	49,12	0,24
50	50	50,08	0,16
51	51	51,01	0,02
52	52	52,09	0,17
53	53	53,08	0,15
54	54	54,09	0,17
55	55	55,06	0,11
56	56	56,05	0,09
57	57	56,91	0,16
58	58	58,11	0,19
59	59	58,99	0,02
60	60	60,01	0,02
61	61	61,06	0,10
62	62	62,01	0,02
63	63	63,05	0,08
64	64	64,03	0,05
65	65	64,89	0,17
66	66	66,04	0,06
67	67	67,02	0,03
68	68	68,09	0,13
69	69	69,01	0,01
70	70	70,02	0,03

71	71	71,09	0,13
72	72	72,09	0,13
73	73	73,01	0,01
74	74	74,04	0,05
75	75	75,23	0,31
76	76	76,01	0,01
77	77	77,07	0,09
78	78	78,03	0,04
79	79	78,9	0,13
80	80	80,02	0,02
81	81	81,05	0,06
82	82	82,08	0,10
83	83	83,06	0,07
84	84	84,01	0,01
85	85	85,15	0,18
86	86	86,32	0,37
87	87	87,09	0,10
88	88	87,98	0,02
89	89	89,1	0,11
90	90	90,01	0,01
91	91	91,08	0,09
92	92	92,07	0,08
93	93	92,84	0,17
94	94	94,08	0,09
95	95	95,06	0,06
96	96	96,08	0,08
97	97	96,93	0,07
98	98	98,08	0,08
99	99	99,1	0,10

Tabla 14.- Valores de error para las mediciones en un ambiente sin obstáculos.

Fuente: Autores.

La selección de la hipótesis nula y la hipótesis alternativa corresponde a:

$$H_0: \mu \geq 10\%$$

$$H_1: \mu < 10\%$$

El cálculo de la desviación estándar y la media de la muestra se obtiene empleando SPSS Statistics, el cual devuelve los valores como se muestra el resultado en la siguiente tabla 15:

Estadísticos		
Amb_sin_obstáculos		
N	Válido	99
	Perdidos	0
Media		,2389
Error estándar de la media		,02810
Desviación estándar		,27955

Tabla 15.- Estadísticos para una muestra para la prueba N°.2.

Fuente: Autores.

Prueba de muestra única						
	Valor de prueba = 10					
	Z	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Amb_sin_obstáculos	-347,416	98	,000	-9,76111	-9,8169	-9,7054

Tabla 16.- Prueba de muestra única para la prueba N°.2.

Fuente: Autores.

1. Ho			
2. H1			
3. α	0,05		
4. Grados de Libertad	gl=n-1	99-1	98
5. T tabulado	Tt= α -gl	0,05-98	-97,95
6. Valor estadístico Z	1,98446745	T tabla	1,9845

Tabla 17.- Valor estadístico Z para la prueba N°.2.

Fuente: Autores.

Decisión y justificación

Como $-347,416 < 1.9845$ se rechaza H_0 y se concluye, al tener un nivel de significancia del 0.05, que los valores de error medidos por el prototipo de medición tiene un error menor al 10% en las pruebas en un ambiente sin obstáculos.

2.8 ANÁLISIS FINANCIERO.

EQUIPOS Y MATERIALES	COSTO
Computadora Hp Intel Core i5	\$ 985.00
Computadora Hp Intel Core i7	\$ 1100.00
GPS	\$ 135.00
Tarjeta Arduino Mega	\$ 140.00
Materiales de oficina	\$ 80.00
Materiales Electrónicos	\$ 360.00
Movilidad	\$ 100.00
Imprevistos	\$ 100.00
Módulo Láser	\$ 150.00
TOTAL	\$ 3.150

Tabla 18.- Costos aproximados del proyecto de investigación.

Fuente: Autores.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

- Para verificar la efectividad del prototipo se realiza un análisis estadístico de los datos que se obtienen en el error de las mediciones para comprobar a través de la prueba de valor Z en los dos ambientes desarrollados, entonces se comprueba que el valor de Z calculado no se sitúa en la región comprendida entre $-x \leq z \leq x$ en la campana de Gauss, siendo por esta razón que la hipótesis es nula, entonces se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa que determina el valor del error en las mediciones considerado menor al 10%, es decir que el prototipo de medición y el GPS para hallar el punto geográfico funciona con una precisión superior al 90%, por lo que el sistema es muy eficiente.
- En la primera prueba que se realiza con el ambiente con obstáculos se toma 10 valores de prueba de las 99 muestras con un 95% de intervalo de confianza donde se demuestra que el valor de **-215,483 < 1.9845** entonces se rechaza H_0 y se concluye, que al tener un nivel de significancia del 0.05, de los valores de error medidos por el prototipo de medición tiene un error menor al 10% en las pruebas en un ambiente sin obstáculos.

Resultado en un ambiente con obstáculos						
	Valor de prueba = 10					
	Z	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Amb_con_obstáculos	-215,483	98	,000	-9,49091	-9,5783	-9,4035

1. Ho			
2. H1			
3. α	0,05		
4. Grados de Libertad	gl=n-1	99-1	98
5. T tabulado	Tt= α -gl	0,05-98	-97,95
6. Valor estadístico Z	1,98446745	T tabla	1,9845

- En la segunda prueba que se realiza con el ambiente sin obstáculos se toma 10 valores de prueba de las 99 muestras con un 95% de intervalo de confianza donde se demuestra que el valor de $-347,416 < 1,9845$ entonces se rechaza Ho y se concluye, que al tener un nivel de significancia del 0.05, de los valores de error medidos por el prototipo de medición tiene un error menor al 10% en las pruebas en un ambiente con obstáculos.

Resultado en un ambiente sin obstáculos						
	Valor de prueba = 10					
					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
	Z	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Inferior	Superior
Amb_sin_obstáculos	-347,416	98	,000	-9,76111	-9,8169	-9,7054

1. Ho			
2. H1			
3. α	0,05		
4. Grados de Libertad	gl=n-1	99-1	98
5. T tabulado	Tt= α -gl	0,05-98	-97,95
6. Valor estadístico Z	1,98446745	T tabla	1,9845

- Las mediciones en la primera prueba, es decir en el ambiente con obstáculos son menos precisas en comparación al otro ambiente de prueba que es el ambiente sin obstáculos, ya que el sensor láser identifica a un plano en este caso puede ser cualquier objeto que se encuentre en el espacio sin obstruir la medición y enfoque directo la luz infrarroja del láser a un punto específico.

```
Posicion GPS
DISTANCIA= 1.98
ANG. ELEV= 1.51
UTM_LATITUD= 583574.93  UTM_LONGITUD= -3617873.50
ELEVACION 2750.70
UTM_LATITUD_FINAL= 583576.81  UTM_LONGITUD_FINAL= -3617872.75
ELEVACION= 2750.59
```

CAPÍTULO IV

4. DISCUSIÓN

El prototipo es muy diferente a un simple GPS ya que puede a más de dar valores de longitud, latitud, relieve, altura y grados al que se ubica un punto geográfico, se puede medir la distancia hasta el punto en el cual se va apuntar con el módulo láser y saber la distancia entre los dos puntos desde donde está el trípode del prototipo hasta el punto donde se apunta con el láser, es decir es muy diferente a las tecnologías de hoy en día ya que para hallar estos parámetros se debe tener varios equipos, mientras que en el sistema basta con tener el prototipo y las instrucciones que se programa en la tarjeta Arduino Mega nos da como resultado el punto geográfico y la medición en metros.

El prototipo para la obtención de un punto geográfico y detección de distancias de un punto a otro mediante la tecnología synthetic aperture radar es un dispositivo capaz de poder encontrar el punto geográfico, es decir en latitud, longitud y altura y a su vez poder medir las distancias que existen del punto donde nos encontramos hasta el punto en el cual apunta el metro láser.

El proyecto está diseñado para ejecutar varios análisis en los cuales intervienen datos geográficos para el GPS y a su vez coordenadas rectangulares para las mediciones, en este caso de los puntos van a poder moverse de forma horizontal y vertical dependiendo el ángulo de giro de los potenciómetros instalados en el prototipo, el propósito final es hallar ese punto geográfico y la medición en metros de la distancia, por lo que se puede utilizar en diferentes aplicaciones.

Los principales usos de esta tecnología comprenden la medición de distancias, punto geográfico en los diferentes parámetros de longitud, latitud y la detección de puntos de difícil acceso en ambientes con obstáculos como también sin obstáculos, es decir este prototipo está diseñado para estudio de campo de mediciones que solo con apuntar al objeto final nos dará el dato con un alcance de hasta 100 metros lo cual va relacionado con Ingeniería Civil, Arquitectura por ejemplo, en distancias de un lugar a otro para construir puentes y más aplicaciones.

En la actualidad los dispositivos que utilizan este sistema no se puede verificar la altura, la distancia y a su vez la latitud y la longitud del punto hacer estudiado, en lo cual se puede mencionar algunas aplicaciones dentro del tema de proyecto que pueden ser las siguientes:

En Arquitectura para las diferentes construcciones que se realicen en la zona urbana como también en la zona rural, es decir servirá de mucha ayuda al momento de medir una pared ubicarse en coordenadas geográficas y determinar la altura de la edificación o construcción normal ya sea esta pequeña o grande.

En Ingeniería Civil para ya no usar un teodolito sino poder implementar nuestro prototipo ya que además de medir verificar los ángulos verticales u horizontales este sistema tiene la capacidad de encontrar ese punto geográfico que necesitamos para ubicar en este caso por ejemplo el soporte de puente las columnas de una casa por lo tanto es muy útil en estudio de diseño de planos.

Utilizado también para estudios de planimetría para saber las distancias exactas de las diferentes infraestructuras que intervienen en una construcción y a su vez si esta la altura adecuada.

Finalmente como es un instrumento fácil de manejar ya en la actualidad con tan solo uno de estos prototipos ya podemos determinar las distancias en levantamiento de información de planos. Lo que no pasaba antiguamente se necesitaba dos sistemas para poder encontrar el levantamiento de datos.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al culminar con el presente proyecto se concluye lo siguiente:

- El prototipo es capaz de medir distancias de hasta 100 metros ya sea en ambientes con obstáculos o sin obstáculos lo cual se programa con una recolección de datos en Arduino Mega y se lo muestra el resultado en un servidor en este caso puede ser una PC de la distancia y datos de longitud, latitud y altura en los diferentes ámbitos como un verdadero GPS en bloques embebidos.
- Los datos recolectados son almacenados en una tarjeta embebida en este caso el Arduino Mega ya que por poseer cuatro puertos seriales nos permite realizar una comunicación inalámbrica (I2C), en este caso por el microcontrolador que está incluido en la tarjeta programable, es decir esta comunicación se realiza mediante Transmisor (Tx) y Receptor (Rx) desde la tarjeta hacia los diferentes dispositivos que intervienen en el sistema diseñado los cuales son el módulo metro láser y el módulo GPS.
- Para verificar si los datos son exactos de las distancias del metro láser se aplica una medición con un metro común y corriente desde el punto donde se encuentra el prototipo hacia el punto donde apunta el láser, por lo tanto la medición real nos dá el metro común y corriente y la medición de nuestro sistema será la medida de esa distancia obteniendo un error menor al 10% por lo que el prototipo es eficaz.
- Los datos obtenidos del módulo GPS son datos que vienen en coordenadas NMEA lo cual es un valor difícil de visualizar por lo que se realiza un cálculo efectivo de transformación a coordenadas geográficas y de ahí a coordenadas UTM para lograr encontrar el punto geográfico tanto en longitud y latitud.

5.2. Recomendaciones

Luego de haber encontrado las diferentes conclusiones de la investigación del proyecto se proponen las siguientes recomendaciones:

- Implementar un sistema metro láser con una distancia mayor a 100 metros para que sea utilizado ya en ambientes más grandes como por ejemplo en carreteras largas y no tener ir obteniendo datos cada 100 metros.
- Añadir una pantalla táctil con un menú de configuraciones para poder identificar los diferentes ambientes y el relieve del terreno a medir.
- El sistema puede ser automático en movimientos de sentido vertical u horizontal implementando un sistema de servos programados con tiempos para recolección de datos.
- El sistema radar es adecuado para este tipo de aplicaciones lo cual se podría implementar en un posterior proyecto que ayudarían hacer un poco más automatizada la medición.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA

6.1. Título de la propuesta

Diseño e Implementación de un prototipo para la obtención de un punto geográfico y detección de distancias de un punto a otro mediante la tecnología synthetic aperture radar.

6.2. Introducción

La determinación de la ubicación y las mediciones de distancia de un objeto dado con respecto a un punto de origen, son tareas que se realizan de manera manual y de forma antigua no van acorde al tiempo en el que se desarrolla la tecnología, para lo cual se presenta en este proyecto de investigación un prototipo que implementa la tecnología de los radares a una tecnología láser de forma sofisticada y muy rápida ahorrando tiempo y dinero.

El proyecto innovador brinda la facilidad e independencia a las personas que intentan realizar la medición de hasta 100 metros y encontrar las coordenadas geográficas de un punto específico en el plano.

Por otra parte, los dispositivos que permiten la detección de obstáculos son de difícil adquisición en el mercado debido a que sus costos son elevados y no existen en el mercado nacional, por tanto a esto se le añade que el prototipo que se crea pueda determinar la latitud y la longitud de ese punto como un verdadero GPS inalámbrico y ya no hace falta de estar con un GPS en él un punto y con otro GPS en el otro punto sino solo localizar el prototipo en un punto específico y apuntar al otro punto el cual va a ser calculado medido y encontrado con su posición en el plano, para esto los potenciómetros son muy importantes ya que simula los movimientos en coordenadas rectangulares de x,y tanto de forma vertical como también de forma horizontal.

Entonces una vez que ya determinamos todos los factores que pueden incidir en las diferentes mediciones y localización del punto geográfico, el presente proyecto propone el

Diseño e Implementación de un prototipo que permite Obtener un Punto Geográfico y poder solucionar la detección de Distancias de un Punto a Otro, es muy útil en campo abierto de hecho esta realizado para puntos que se encuentren en el espacio ya que va a poseer un GPS para localizar los puntos geográficos y su medición desde un punto de origen o posicionamiento del prototipo.

6.3. Objetivos

6.3.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un prototipo para la obtención de un punto geográfico y detección de distancias de un punto a otro mediante la tecnología Synthetic Aperture Radar.

6.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las necesidades de las personas que trabajan en las zonas rurales para poder medir distancias en un punto de difícil acceso.
- Encontrar un punto geográfico adecuado mediante la tecnología Synthetic Aperture Radar.
- Buscar un sistema embebido que permite obtener los parámetros de medición.
- Realizar las pruebas para verificar el funcionamiento que determine la precisión de las mediciones del sistema por parte de los estudiantes proponentes del proyecto.

6.4. Fundamentación Científico-Técnica

El Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial ha desarrollado un sistema SAR completo desde su concepción hasta las herramientas de software necesarias para el tratamiento de señal. La tecnología tiene aplicación en áreas como observación del terreno, detección de barcos, seguimiento de catástrofes, observación de zonas en conflicto, etc. y puede ser utilizada independientemente de las condiciones meteorológicas, tanto de día como de noche.

6.5. Descripción de la propuesta.

En la actualidad no existe en nuestro entorno un dispositivo que nos permita medir ciertas distancias de manera rápida y sencilla. Además que las personas que realizan las pruebas de campo están expuestas a muchos peligros ya que tienen que caminar grandes distancias a lugares que son de difícil acceso, en algunos casos no existen las carreteras necesarias y tienen que viajar por caminos difíciles.

Hay que tener en cuenta que tarda demasiado tiempo en trasladarse hasta el lugar de medición por lo tanto al implementar este prototipo se puede encontrar la distancia de un punto a otro mediante la tecnología del Radar de apertura Sintética.

También no existe un prototipo que nos pueda ayudar en la medición de largas distancias por medio de radares y señalar un punto específico como tiro al blanco para encontrar la distancia y adjudicar los resultados a una base de datos sin importar las condiciones climáticas relieve o diferentes condiciones que no han sido posible medir en diferentes puntos de un punto central.

6.6. Diseño Organizacional.

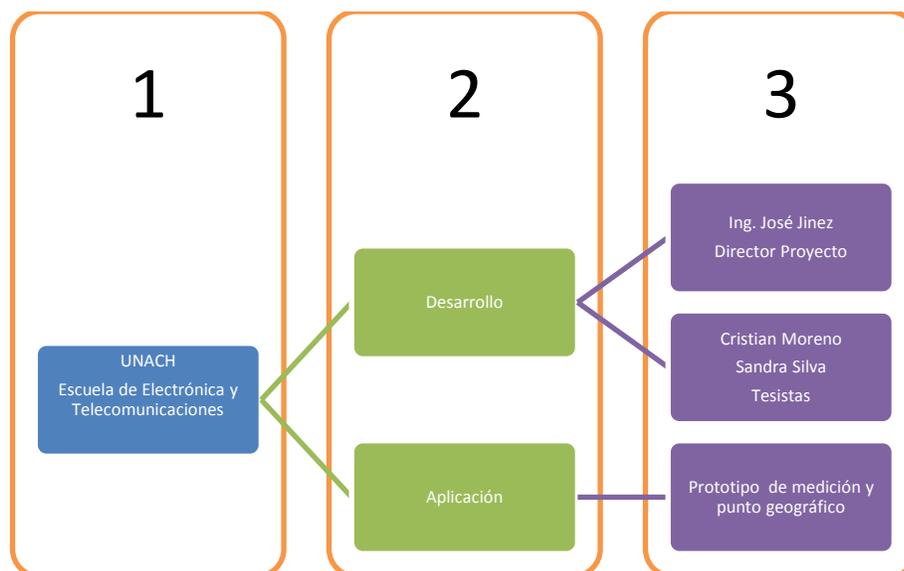


Figura 46.- Diseño Organizacional.

Fuente: Autores

6.7. Monitoreo y Evaluación de la propuesta

El monitoreo y la evaluación de la propuesta se la realizará a través de pruebas del sistema de medición en los dos ambientes para lograr llegar hacia la medición real y lo medido con nuestro prototipo.

Esta propuesta del prototipo es muy buena ya que se centraliza en estudios de planimetría y puntos geográficos a una distancia determinada.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- Contrinex*. (19 de 05 de 2013). Recuperado el 06 de 05 de 2016, de http://www.contrinex.com/es/product_family/photoelectric-diffuse-4/
- Adafruit. (08 de 10 de 2014). Recuperado el 20 de 05 de 2016, de <https://www.adafruit.com/product/746>
- Batanga. (17 de Diciembre de 2015). *Batanga*. Obtenido de <http://www.batanga.com/curiosidades/2011/02/08/como-funciona-un-laser>
- Bustamante, C. (25 de 07 de 2013). *Tinet*. Recuperado el 26 de 05 de 2016, de <http://usuaris.tinet.cat/fbd/comunicaciones/i2cbus/I2C.html>
- Cazorla, F. (11 de 12 de 2015). *Wikipedia*. Recuperado el 10 de 06 de 2016, de https://es.wikipedia.org/wiki/Convertidor_DC_a_DC
- Charvat, G. (11 de Septiembre de 2014). *Small and Short-Range Radar Systems*. Londres, Reino Unido, Inglaterra.
- Ebay. (13 de Diciembre de 2008). Módulo Sensor Láser. Beijing, China.
- Electronics, S. (15 de 08 de 2015). *Power Supplies*. Recuperado el 07 de 06 de 2016, de <http://store3.sure-electronics.com/le-ll13113>
- García, A. (16 de 01 de 2016). *Panamahitek*. Recuperado el 05 de 06 de 2016, de <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-potenciometro/>
- Genuino, A. (10 de 04 de 2015). Recuperado el 25 de 05 de 2016, de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- Gomez, J. (21 de 07 de 2011). *Webnode*. Recuperado el 19 de 04 de 2016, de <http://lasondas.webnode.es/reflexion-de-onda/leyes-de-la-reflexion-regular-y-especular/>

Holder, S. (12 de Junio de 2014). LINEAR FREQUENCY MODULATED SIGNALS VS ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING SIGNALS FOR SYNTHETIC APERTURE RADAR SYSTEMS. California, Estados Unidos.

Industries, A. (04 de 11 de 2015). Recuperado el 20 de 05 de 2016, de <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-ultimate-gps.pdf>

Mahafza, B. (15 de Noviembre de 2000). Radar Systems Analysis and Design Using Matlab. Washington, D.C., Washington, Estados Unidos.

Maître, H. (26 de Julio de 2001). Processing of Synthetic Aperture Radar Images. París, Isla de Francia , Francia.

Marino, A. (28 de Abril de 2012). Synthetic Aperture Radar. Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

McCandless, S. (21 de Agosto de 1990). Principles of Synthetic Aperture Radar . New York, Manhattan, Estados Unidos.

Microchip. (18 de 08 de 2013). Recuperado el 28 de 05 de 2016, de <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/usart.pdf>

Mir, M. C. (04 de Mayo de 2007). Image formation for Synthetic Aperture Radar. el condado municipal de Wrexham, Wrecsam, Gales del Norte.

Ojeda, L. T. (18 de 09 de 2015). Arduino.CL. Santiago, Chile. Obtenido de <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>

Rodas, C. (16 de 10 de 2014). *Tecnología*. Recuperado el 01 de 06 de 2016, de <http://www.areatecnologia.com/electronica/potenciometro.html>

Teachtarget. (01 de 08 de 2011). *Whatls.com*. Recuperado el 27 de 05 de 2016, de <http://whatis.techtarget.com/definicion/USART-Universal-Synchronous-Asynchronous-Receiver-Transmitter>

Turmero, P. (14 de 03 de 2012). *Monografías*. Recuperado el 26 de 05 de 2016, de <http://www.monografias.com/trabajos103/bus-inter-integrated-circuits-i2c-microcontroladores/bus-inter-integrated-circuits-i2c-microcontroladores.shtml>

Williams, J. (17 de Octubre de 2002). Lunar Geophysics, Geodesy, and Dynamics. Barcelona, España.

Zéner, M. P. (06 de Diciembre de 2012). Focalización de imágenes SAR utilizando el algoritmo Omega-K. Simulación y Validación. Cordoba, Veracruz, México.

7.1 GLOSARIO DE TÉRMINOS.

UTM: Sistema de coordenadas cartográficas.

NMEA: Comunicación y protocolo de posición global.

GPS: Sistema de posicionamiento global.

SAR: Radar de Apertura Sintética.

RCS: Corte transversal de radar.

PRT: Tiempo de repetición de pulso.

UNC: Universidad Nacional de Córdoba.

SAOCOM: Satélite de observación con microondas.

RTC: Tiempo real de reloj.

Tx: Transmisor.

Rx: Receptor.

SPI: Interfaz Serial Periférico.

USARTs: Transmisor y Receptor Universal Síncrono y Asíncrono.

PWM: Modulación por ancho de pulso.

ICSP: Programación serial de un circuito integrado.

IDE: Software de Arduino.

DFU: Diagrama de Flujo Unificado.

OSX: Oscilador.

USB: Bus serial universal.

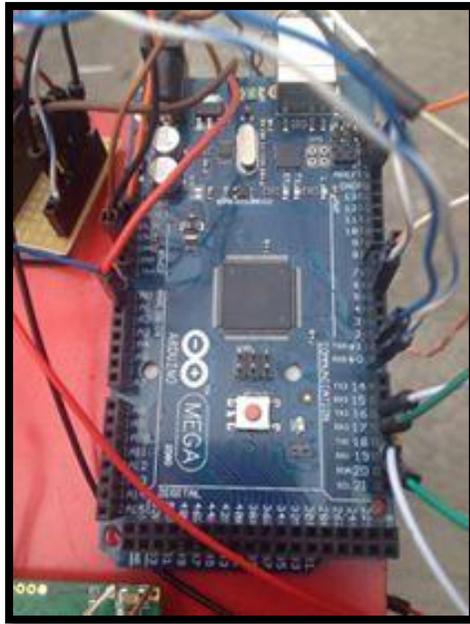
I2C: Protocolo de comunicación.

UART: Comunicación de Datos.

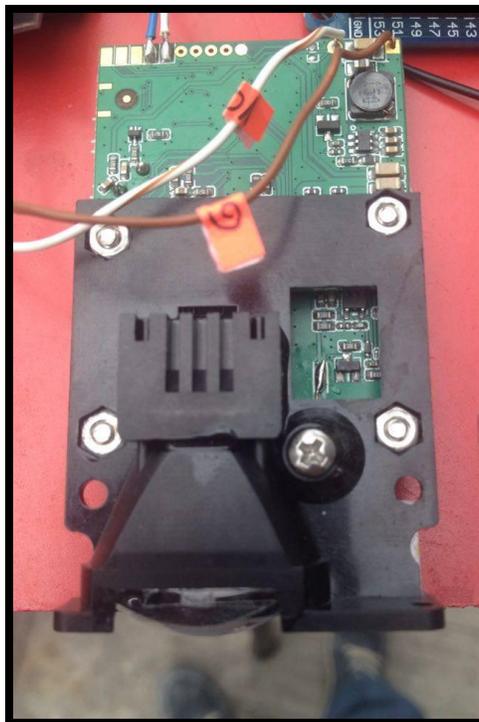
gl: Grados de libertad (muestras)

8. APÉNDICES Y ANEXOS

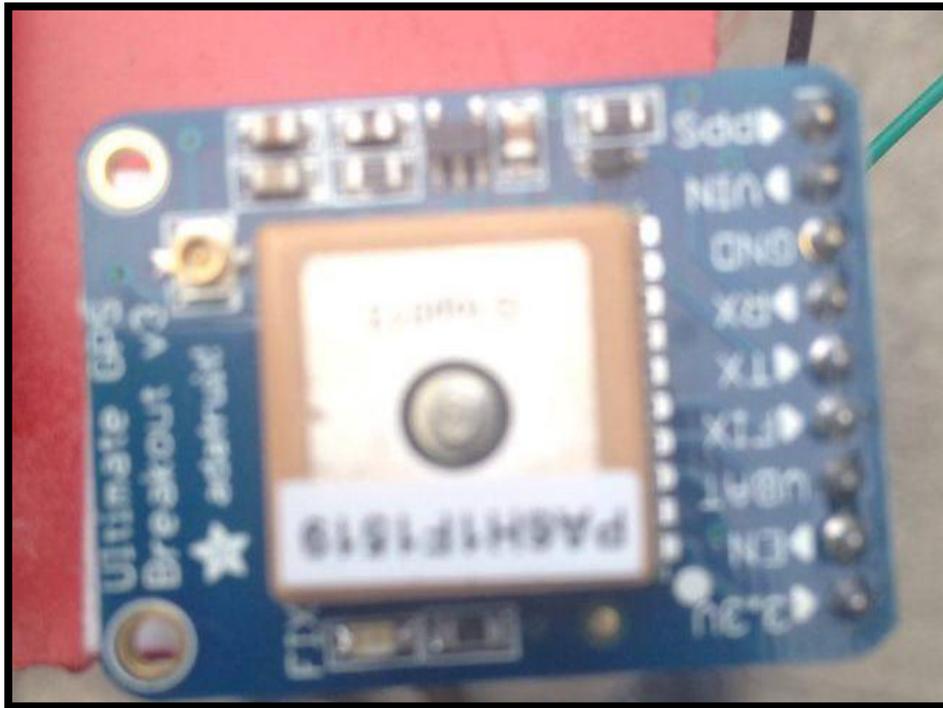
Anexo 1.- Elementos del Prototipo de Medición de distancias y punto geográfico.



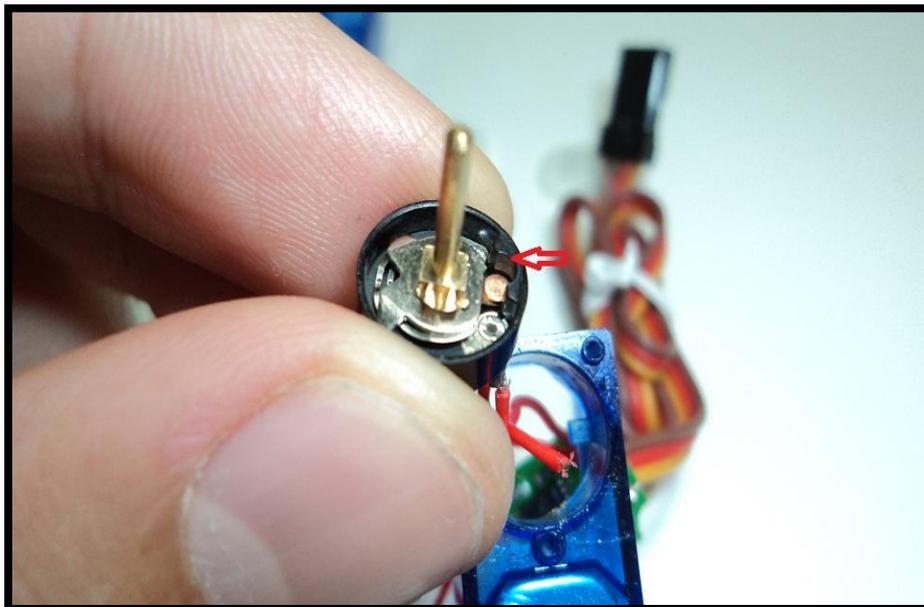
Tarjeta Arduino Mega 2560.



Laser Distance Meter Rangefinder Sensor Distance.



Módulo Adafruit Ultimate GPS Breakout - 66 channel w/10 Hz updates - Version 3.



Potenciómetro de un servomotor para los ejes vertical y horizontal.

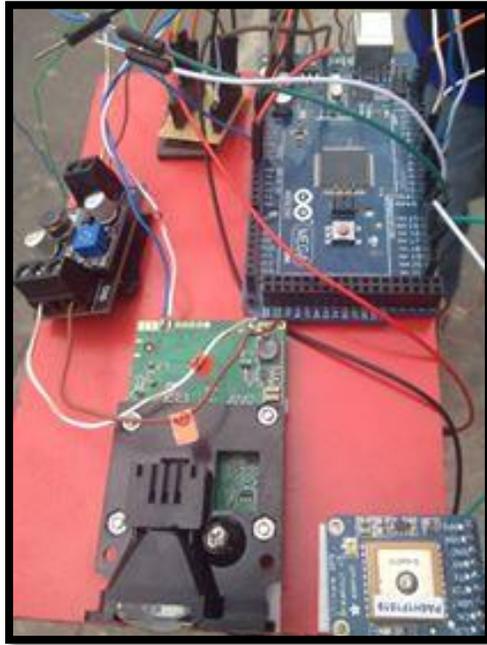


Fuente de Alimentación convertidor de voltaje DC.



Pedestal y estructura de Fibra para los elementos electrónicos.

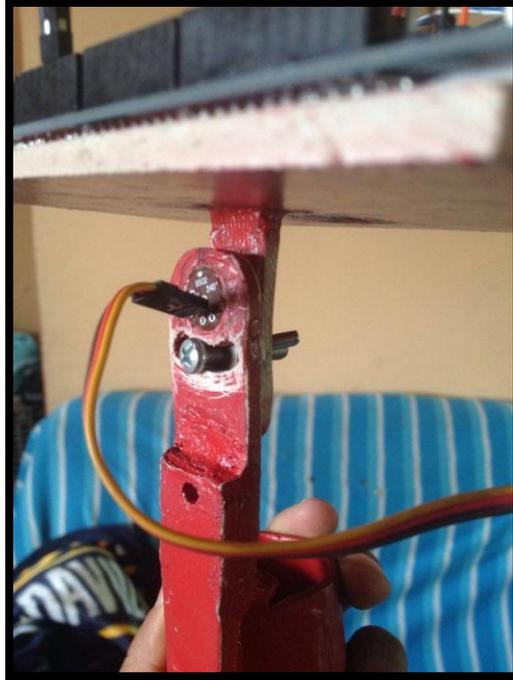
Anexo 2.- Ensamblado del Prototipo de Medición de distancias y punto geográfico.



Colocación de los dispositivos electrónicos en la base del prototipo.



Montaje del prototipo en el trípode ajustable.



Montaje y adecuación del potenciómetro para el eje vertical y



Montaje y adecuación del potenciómetro para el eje horizontal x

Anexo 3.- Pruebas del prototipo en los diferentes ambientes.



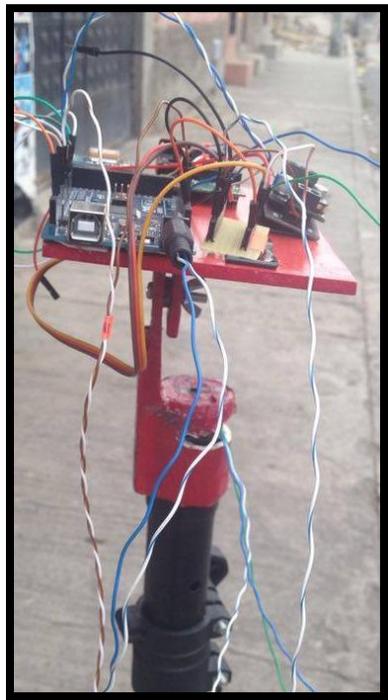
Ambiente con obstáculos comprobando la medición con un metro y el láser.



Comprobación con distancia de un metro hasta llegar a los 100 metros tanto con lo medido y lo real.

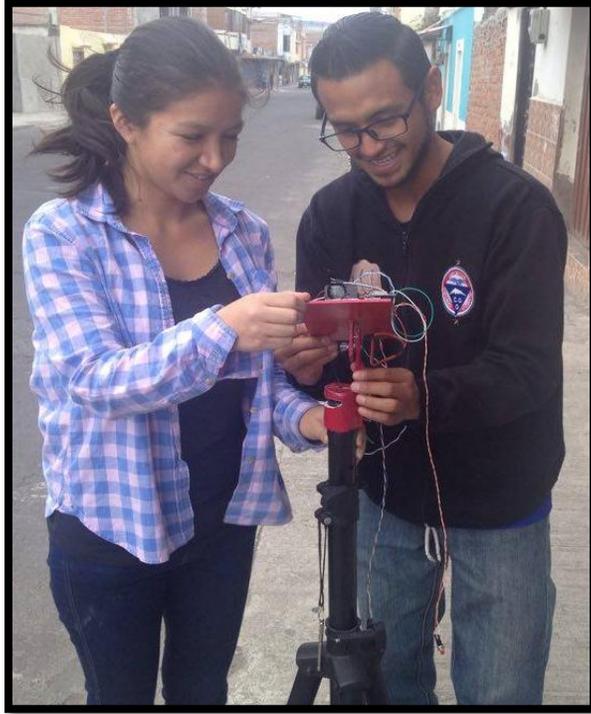


Prueba de Medición en ambientes sin obstáculos.



Prueba de Distancia apuntando a la puerta negra.

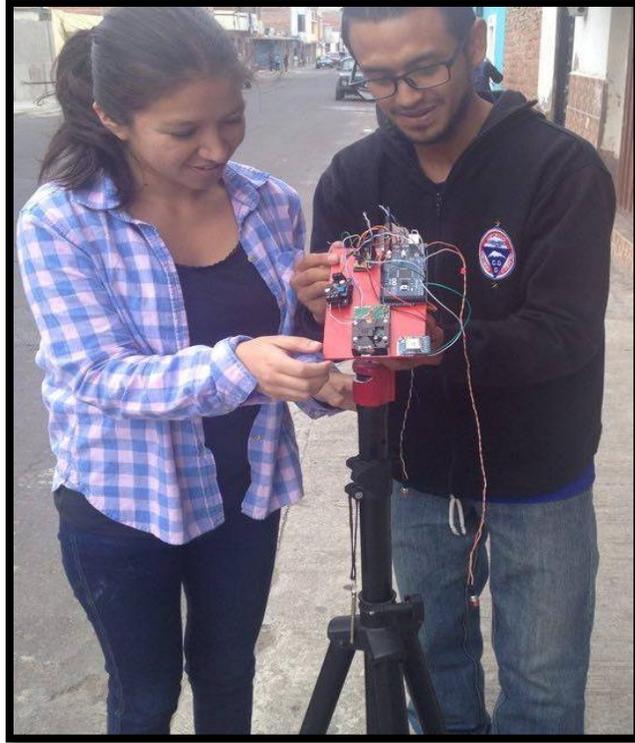
Anexo 4.- Pruebas del prototipo en los ángulos de giro vertical y horizontal.



Movimiento del metro láser apuntando hacia arriba del eje vertical.



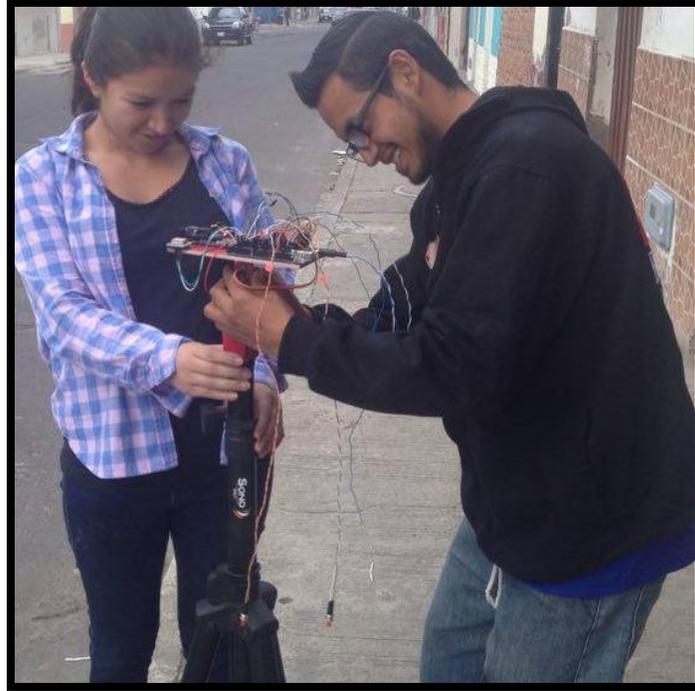
Movimiento del metro láser apuntando hacia el centro del eje vertical.



Movimiento del metro láser apuntando hacia abajo del eje vertical.



Cambio de giro horizontal del metro láser apuntando hacia arriba.

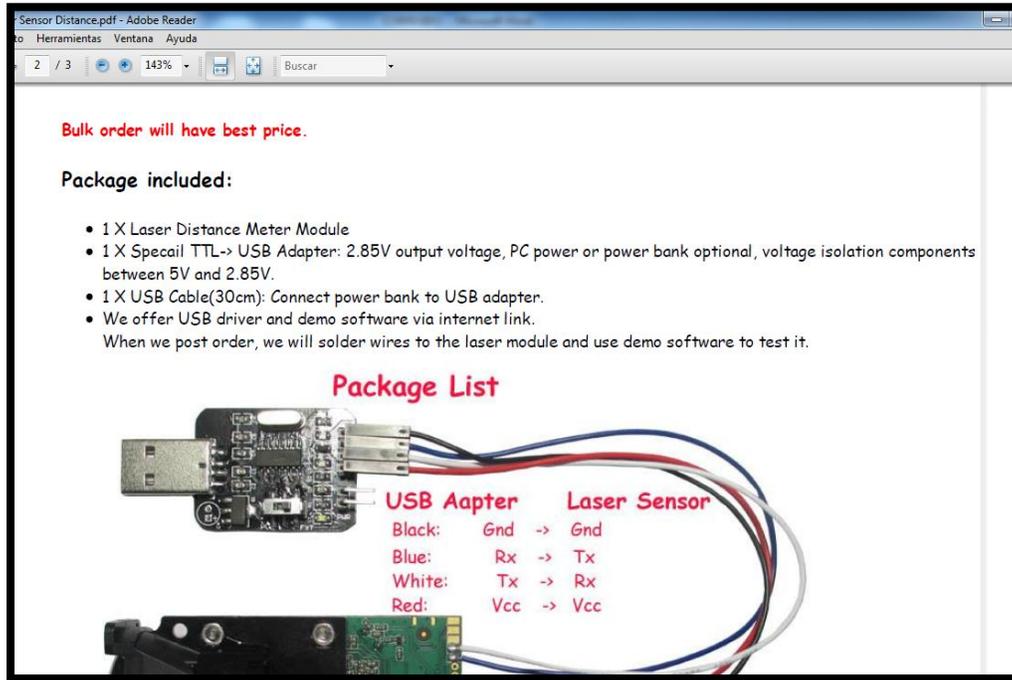


Giro horizontal del metro láser apuntando hacia el centro.

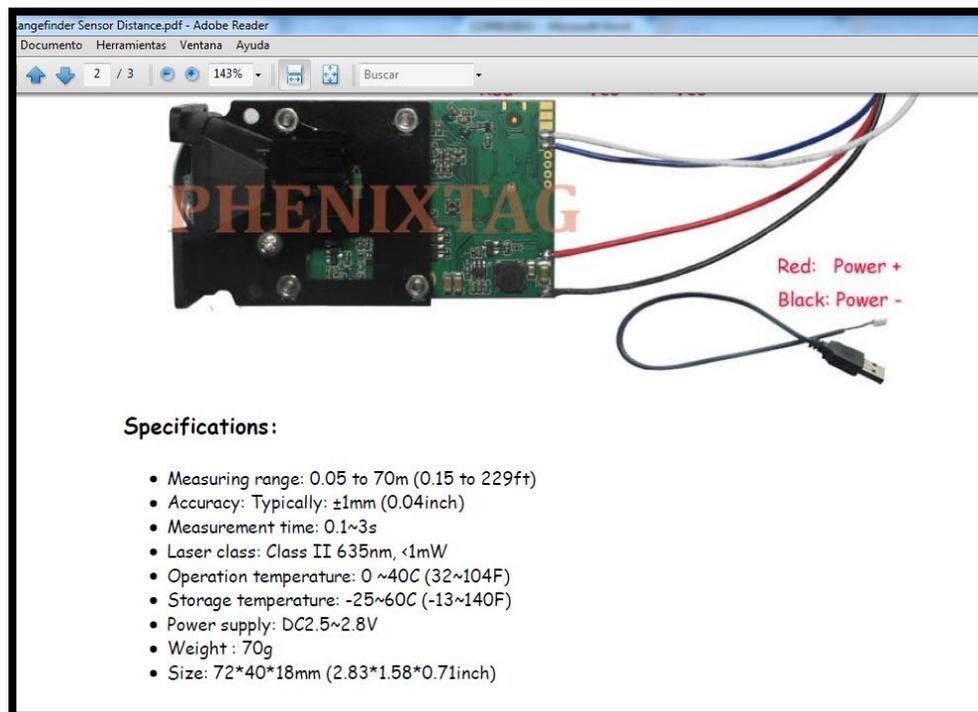


Giro horizontal del metro láser apuntando hacia abajo.

Anexo 5.- Datasheet del Sensor Láser.



Datos de las características y conexiones de Tx y Rx del Metro Láser.



Especificaciones de uso del Metro Láser.

finder Sensor Distance.pdf - Adobe Reader
Documento Herramientas Ventana Ayuda
2 / 3 143% Buscar



Specifications:

- Measuring range: 0.05 to 70m (0.15 to 229ft)
- Accuracy: Typically: $\pm 1\text{mm}$ (0.04inch)
- Measurement time: 0.1~3s
- Laser class: Class II 635nm, <1mW
- Operation temperature: 0 ~40C (32~104F)
- Storage temperature: -25~60C (-13~140F)
- Power supply: DC2.5~2.8V
- Weight : 70g
- Size: 72*40*18mm (2.83*1.58*0.71inch)

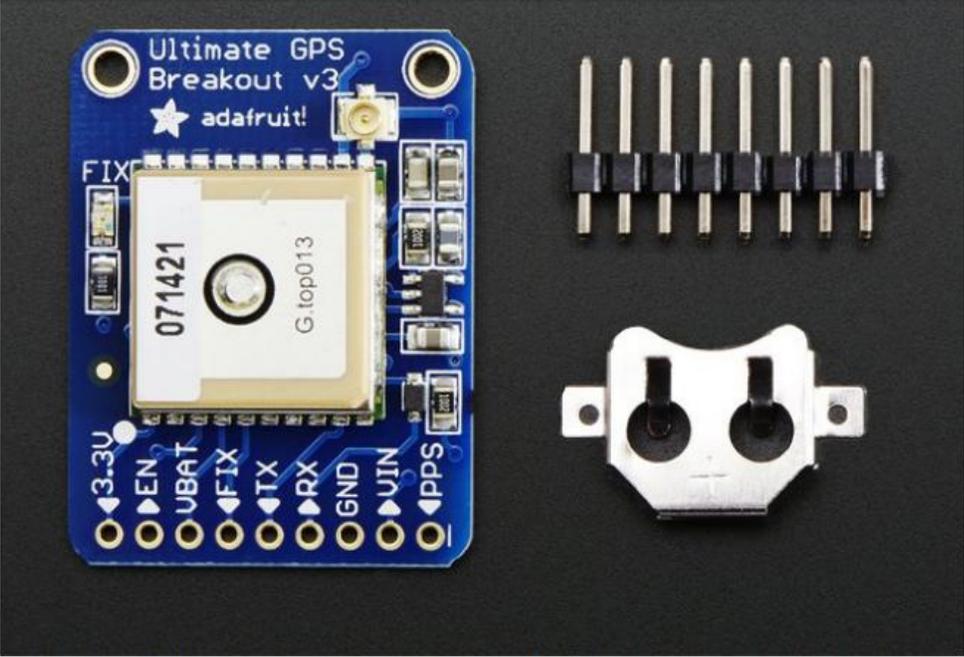
Communication:

- Uart: 19200, 8N1
- Send command of "O": turn on the laser
- Send command of "C": turn off the laser
- Send command of "D": measure distance and return the results
- Send command of "S": return the module temperature and supply volta

Comunicación Uart e I2C del Metro Láser.

Anexo 6.- Datasheet del Módulo GPS Ultimate Breakout.

adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-ultimate-gps.pdf

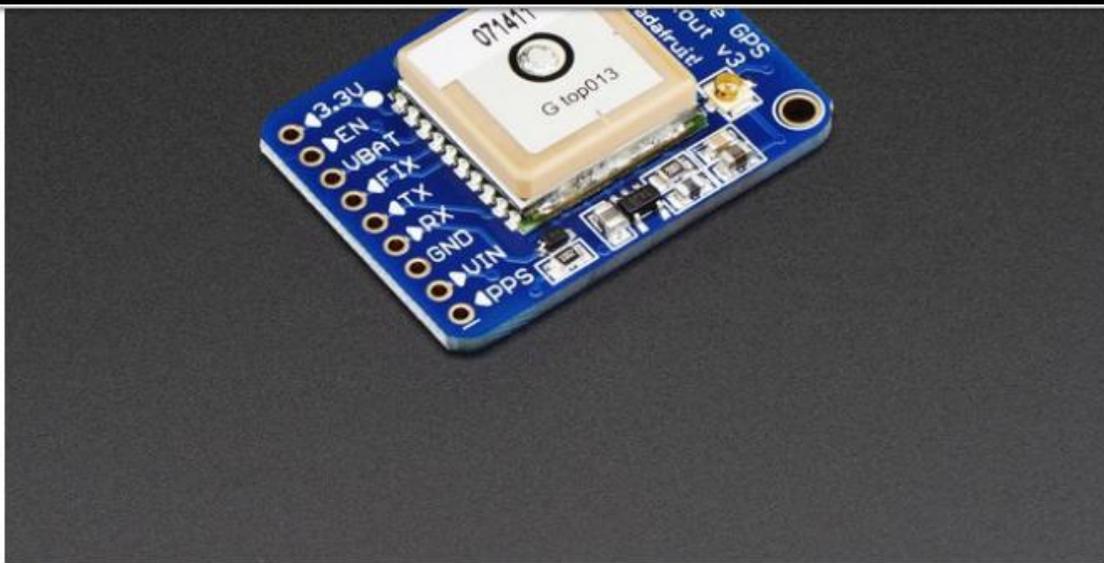


The image shows the Adafruit Ultimate GPS Breakout v3 module, a blue PCB with a white GPS chip (G.top013) and a patch antenna. The module features a 3.3V regulator, an EN pin, a UBAT battery connector, and a 10-pin header. To the right of the module are a 10-pin header and a silver metal mounting bracket with two circular cutouts.

We carry a few different GPS modules here in the Adafruit shop, but none that satisfied our every desire - that's why we designed this little GPS breakout board. We believe this is the **Ultimate** GPS module, so we named it that. It's got everything you want and more:

- -165 dBm sensitivity, 10 Hz updates, 66 channels
- 5V friendly design and only 20mA current draw
- Breadboard friendly + two mounting holes
- RTC battery-compatible
- Built-in datalogging
- PPS output on fix
- Internal patch antenna + u.FL connector for external active antenna

Características de Frecuencia y canal del GPS.



The breakout is built around the MTK3339 chipset, a no-nonsense, high-quality GPS module that can track up to 22 satellites on 66 channels, has an excellent high-sensitivity receiver (-165 dB tracking!), and a built in antenna. It can do up to 10 location updates a second for high speed, high sensitivity logging or tracking. Power usage is incredibly low, only 20 mA during navigation.

Best of all, we added all the extra goodies you could ever want: a ultra-low dropout 3.3V regulator so you can power it with 3.3-5VDC in, 5V level safe inputs, ENABLE pin so you can turn off the module using any microcontroller pin or switch, a footprint for optional CR1220 coin cell to keep the RTC running and allow warm starts and a tiny bright red LED. The LED blinks at about 1Hz while it's searching for satellites and blinks once every 15 seconds when a fix is found to conserve power. If you want to have an LED on all the time, we also provide the FIX signal out on a pin so you can put an external LED on.

Two features that really stand out about version 3 MTK3339-based module is the external antenna functionality and the the built in data-logging capability. The module has a standard ceramic patch antenna that gives it -165 dB sensitivity, but when you want to have a bigger antenna, you can snap

Voltaje y corriente del módulo GPS.

Specifications.

Module specs:

- Satellites: 22 tracking, 66 searching
- Patch Antenna Size: 15mm x 15mm x 4mm
- Update rate: 1 to 10 Hz
- Position Accuracy: 1.8 meters
- Velocity Accuracy: 0.1 meters/s
- Warm/cold start: 34 seconds
- Acquisition sensitivity: -145 dBm
- Tracking sensitivity: -165 dBm
- Maximum Velocity: 515m/s
- Vin range: 3.0-5.5VDC
- MTK3339 Operating current: 25mA tracking, 20 mA current draw during navigation
- Output: NMEA 0183, 9600 baud default
- DGPS/WAAS/EGNOS supported
- FCC E911 compliance and AGPS support (Offline mode : EPO valid up to 14 days)
- Up to 210 PRN channels
- Jammer detection and reduction
- Multi-path detection and compensation

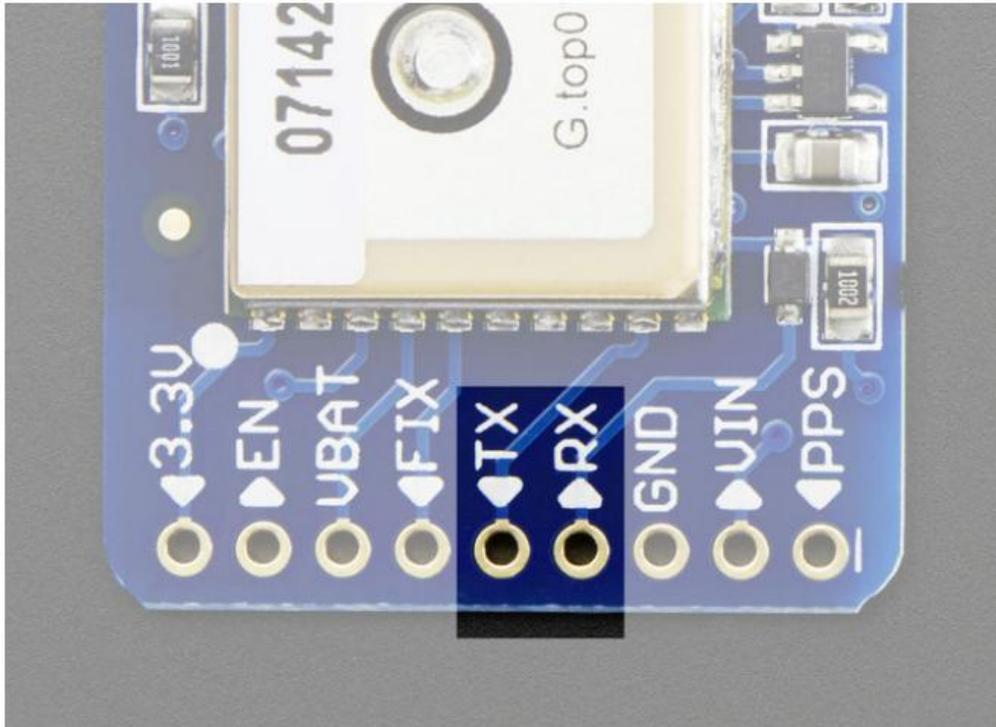
Breakout board details:

- Weight (not including coin cell or holder): 8.5g
- Dimensions (not including coin cell or holder): 25.5mm x 35mm x 6.5mm / 1.0" x 1.35" x 0.25"

If you purchased a module before March 26th, 2012 and it says MTK3329 on the silkscreen, you have the PA6B version of this breakout with the MT3329 chipset. The MTK3329 does not have built in datalogging. If your module has sharpie marker crossing out the MTK3329 text or there is no text, you have a PA6C MTK3339 with datalogging ability. If you have the version with "v3" next to the name, you have the PA6H which has PPS output and external-antenna support

Especificaciones de uso del GPS.

Serial Data Pins



Next pins you'll want to use are the serial data pins:

- **TX** - the pin that transmits data *from* the GPS module to your microcontroller or computer. It is 3.3V logic level. Data comes out at 9600 baud by default
- **RX** - the pin that you can use to send data *to* the GPS. You can use use 3.3V or 5V logic, there is a logic level shifter. By default it expects 9600 baud data, and remember you need to send it checksum'ed NMEA sentences

Pines de Transmisión (Tx) y Recepción (Rx) de datos Seriales.

```

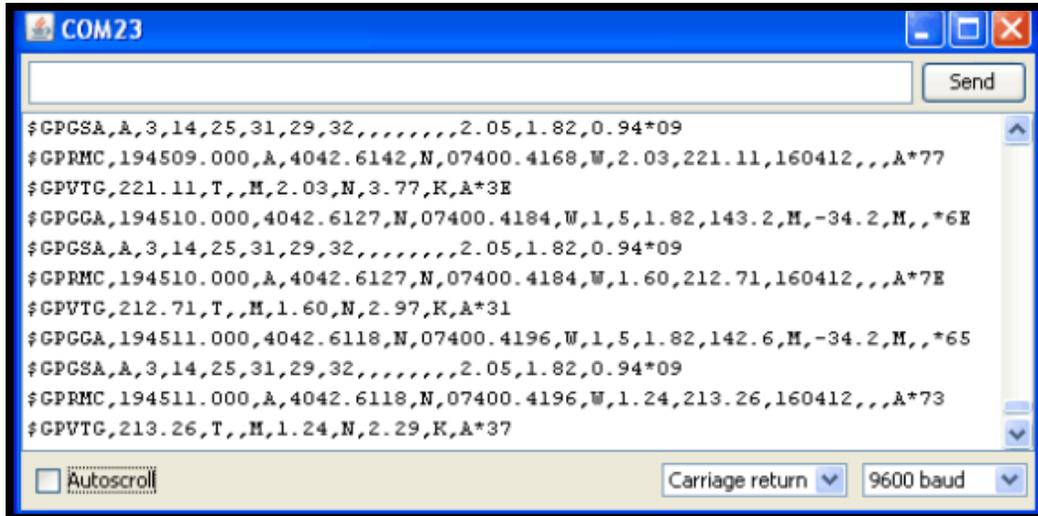
/dev/ttyUSB0
$GPGGA,000106.799,,,,,0,0,,M,,M,,*48
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPRMC,000106.799,V,,,,,0.00,0.00,060180,,N*42
$GPVTG,0.00,T,,M,0.00,N,0.00,K,N*32
$GPGGA,000107.799,,,,,0,0,,M,,M,,*49
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPRMC,000107.799,V,,,,,0.00,0.00,060180,,N*43
$GPVTG,0.00,T,,M,0.00,N,0.00,K,N*32
$GPGGA,000108.799,,,,,0,0,,M,,M,,*46
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPRMC,000108.799,V,,,,,0.00,0.00,060180,,N*4C
$GPVTG,0.00,T,,M,0.00,N,0.00,K,N*32
$GPGGA,000109.799,,,,,0,0,,M,,M,,*47
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPGSV,1,1,00*79
$GPRMC,000109.799,V,,,,,0.00,0.00,060180,,N*4D
$GPVTG,0.00,T,,M,0.00,N,0.00,K,N*32
$GPGGA,000110.799,,,,,0,0,,M,,M,,*4F
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPRMC,000110.799,V,,,,,0.00,0.00,060180,,N*45
$GPVTG,0.00,T,,M,0.00,N,0.00,K,N*32
$GPGGA,000111.799,,,,,0,0,,M,,M,,*4E
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPRMC,000111.799,V,,,,,0.00,0.00,060180,,N*44
$GPVTG,0.00,T,,M,0.00,N,0.00,K,N*32

```

This is the raw GPS "NMEA sentence" output from the module. There are a few different kinds of NMEA sentences, the most common ones people use are the **\$GPRMC** (Global Positioning Recommended Minimum Coordinates or something like that) and the **\$GPGGA** sentences. These two provide the time, date, latitude, longitude, altitude, estimated land speed, and fix type. Fix type indicates whether the GPS has locked onto the satellite data and received enough data to determine the location (2D fix) or location+altitude (3D fix).

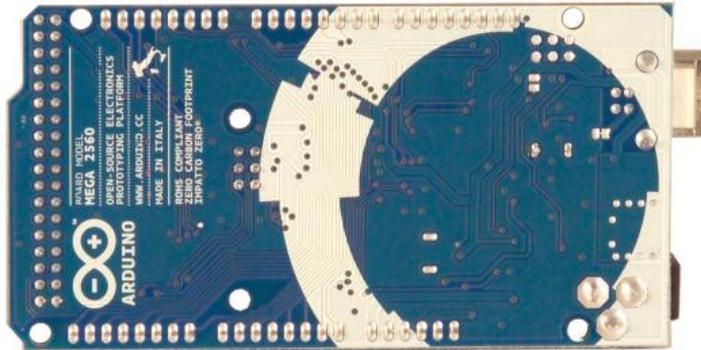
[For more details about NMEA sentences and what data they contain, check out this](#)

Datos de Salida del Módulo GPS en código NMEA.



Sintaxis y Velocidad del Módulo GPS.

Anexo 7.- Datasheet de la Tarjeta Arduino Mega 2560.



Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#)

Características de la Placa Arduino Mega.

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

Voltaje y Corriente del Microcontrolador Arduino ATmega 2560.

- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2).** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 0 to 13.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#). The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH

Capacidad de Memoria y Puertos Seriales que posee el Arduino Mega 2560.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and `analogReference()` function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with `analogReference()`.
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Programming

The Arduino Mega can be programmed with the Arduino software ([download](#)). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It

Programación y Comunicación del Arduino Mega 2560.

Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload. This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data. The Mega2560 contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Mega2560 has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Reset Automático y protección del USB del Arduino Mega 2560.

Anexo 8.- Programación Final.

```
// include the library code:

int ANGULO = 0, ANGEO=7, LASER=6, MEDIDA=5, aux1=0, aux2=0, aux3=0, i=0, j=0, HORIANG=0, VERTANG=0;

char DATO[20]; // for incoming serial data

float
VOLHOR=0, ANGHORI=0, VOLVER=0, ANGVER=0, DISTANCIA=0, ANGRADHOR=0, ANGRADVER=0, X=0, Y=0, Z
=0, VREC=0;

float LATITUDSEG=0.5998, LONGITUD=0,
LONGITUDSEG=0.4853, LONGITUDMIN1=0, LATITUDMIN1=0, a=0, b=0, e=0, e2= 0;

char DATO1=0, CGEO1, CGEO2;

String inString = "";

int LATITUDGRA=40, LATITUDMIN=42, LONGITUDGRA=74, LONGITUDMIN=0, HUSO=0, ce2=0, alfa=0;
//excentricidad

float LATITUDGRADDECI=0, LONGITUDGRADDECI=0, LATITUDRAD=0,
LONGITUDRAD=0, HUSORAD, MERCEUSO, DISTANGULAR, A, E, n, v, C1, J2, J4, J6, c=0, alfa2, beta, gama, BFI;

float AUNO, ADOS, xf, yf;

void setup() {

  pinMode(ANGEO, INPUT_PULLUP);

  pinMode(LASER, INPUT_PULLUP);

  pinMode(MEDIDA, INPUT_PULLUP);

  Serial.begin(19200);

  Serial1.begin(9600);

  Serial2.begin(9600);

  for(i=0; i<=20; i++){

    DATO[i]=' ';

  }

}
```

```

        Serial2.write("Posicion GPS \n");

    }

void loop() {

    // put your main code here, to run repeatedly:

    //enciende laser

    if((digitalRead(LASER)==0)&&(aux1==0)){

        delay(1000);

        Serial.write("O");

        aux1=1;

    }

    //apaga laser

    if((digitalRead(LASER)==0)&&(aux1==1)){

        delay(1000);

        Serial.write("C");

        aux1=0;

    }

    //*****Lectura metro laser*****

    if((digitalRead(MEDIDA)==0)&&(aux1==1)){

        Serial.write("D");

        HORIANG=analogRead(A0); //ANGULO DE MOVIMIENTO HORIZONTAL

        VERTANG=analogRead(A1); //ANGULO DE MOVIMIENTO VERTICAL

        VOLHOR=0.00488*HORIANG;

        ANGHORI=30.93*VOLHOR-20.29;

        ANGRADHOR=ANGHORI*(3.1416/180);

```

```

VOLVER=0.00488*VERTANG;

ANGVER=43.27*VOLVER+46.43;

ANGRADVER=ANGVER*(3.1416/180);

delay(500);

//OPERACIONES DE EXTRACCION

}

//-----

if(aux2==1){

    //verifica si existe dato m

    for(i=0;i<=20;i++){

        if(DATO[i] == 'm'){

            aux3=1;

            i=21;

        }else{

            aux3=0;

        }

    }

    //encerada de registro

    if(aux3==0){

        for(i=0;i<=20;i++){

            DATO[i]=' ';

            aux2=0;

            aux3=0;

        }

    }

}

```

```

//busca el dato en metros

if(aux3==1){

for(i=0;i<=20;i++){

    if(DATO[i]==' '){

        i++;

        c=0;

        while(DATO[i]!='m'){

            //i++;

            // inString +=(char)DATO[i];

            DATO1= (DATO[i]);

            Serial2.write(DATO[i]);

            inString +=(char)DATO1;

            i++;

        }

        // Serial.write("\n");

        DISTANCIA=inString.toFloat();

        // Serial.print(inString.toFloat());

        inString = "";

        VREC=DISTANCIA *sin(ANGRADVER);

        Z=DISTANCIA*cos(ANGRADVER);

        X=VREC*cos(ANGRADHOR);

        Y=VREC*sin(ANGRADHOR);

        //-----

        //-----CALCULO DE NMEA A GEOGRAFICA

```

LATITUDGRA=40;

LATITUDMIN=42;

LATITUDMIN1=0.5998;

CGEO1='N';

LONGITUDGRA=74;

LONGITUDMIN=0;

LONGITUDMIN1=0.4853;

CGEO2='W';

LATITUDSEG=LATITUDMIN1*60; // SEGUNDOS LATITUD

LONGITUDSEG=LONGITUDMIN1*60;

a=6378388.0; //semieje mayor

b=6356911.946130; //semieje menor

e=0.08199189; //excentricidad

e2= 0.08226889; //2da excentricidad

ce2=0.00676817; //cuadrado de la 2da excentricidad

c=6399936.608; //radio polar de la curvatura

alfa=0.00336700; //Aplanamiento

LATITUDGRADDECI= LATITUDGRA+(LATITUDMIN/60)+ (LATITUDSEG/3600); // LATITUD EN GRADOS DECIMALES

LONGITUDGRADDECI=LONGITUDGRA+(LONGITUDMIN/60)+(LONGITUDSEG/3600);
//LONGITUD EN GRADOS DECIMALES

LATITUDRAD=LATITUDGRADDECI*0.017453293;

LONGITUDRAD=LONGITUDGRADDECI*0.017453293;

if(CGEO2=='W')

```

{
LONGITUDRAD=LONGITUDRAD*(-1);

LONGITUDGRADDECI=LONGITUDGRADDECI*(-1);

}

HUSO= ( LONGITUDGRADDECI/6 )+31;

HUSORAD=HUSO*0.017453293;

MERCEUSO=HUSO*6-183;

DISTANGULAR=LONGITUDRAD-HUSORAD;

A=cos(LATITUDRAD)*sin(DISTANGULAR);

E=(1/2)*log((1+A)/(1-A));

n=atan(tan(LATITUDRAD)/cos(DISTANGULAR))- LATITUDRAD ;

v=(c/square(1+ce2*cos(LATITUDRAD)*cos(LATITUDRAD)))*0.996;

C1=(ce2/2)*E*E*cos(LATITUDRAD)*cos(LATITUDRAD);

AUNO=sin(2*LATITUDRAD);

ADOS=A1*cos(LATITUDRAD)*cos(LATITUDRAD);

J2=LATITUDRAD+(A1/2);

J4=(3*J2+A2)/4;

J6=(5*J4+A2*cos(LATITUDRAD)*cos(LATITUDRAD))/3;

alfa2=(3/4)*ce2;

beta=(5/3)*alfa2*alfa2;

gama=(35/27)*alfa2*alfa2*alfa2;

BFI=0.9996*c*(LATITUDRAD-alfa2*J2+beta*J4-gama*J6);

xf=E*v*(1+(C1/3))+500000;

yf=n*v*(1+C1)+B0;

//-----

Serial2.write(" ");

```

```

Serial2.print(X);

Serial2.write(" ");

Serial2.print(Y);

Serial2.write(" ");

Serial2.print(Z);

Serial2.write(" ");

Serial2.print(xf);

Serial2.write(" ");

Serial2.print(yf);

Serial2.write(" ");

    aux3=0;

    aux2=0;

    aux1=0;

    i=21;

}

}

}

}

//*****

if (Serial1.available() > 0){ //GPS

}

if (Serial2.available() > 0) { //BLUETHOT

}

}

```

```
//-----  
  
void serialEvent(){  
  
//statements  
  
if (Serial.available() > 0) {  
  
    // read the incoming byte:  
  
    DATO[j] = Serial.read();  
  
    if (DATO[j] != '\n') {  
  
        j++;  
  
        }  
  
        if (DATO[j] == '\n'){  
  
            j=0;  
  
            aux2=1;  
  
            aux3=0;  
  
            }  
  
        }  
  
    }  
  
}
```