

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN EN
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**“MONITOREO INALÁMBRICO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD
MEDIANTE EL KIT DE TELEMETRÍA”**

POR:

ALAJO MASAPANTA MARÍA JOSÉ

**Trabajo de graduación como requisito previo para la obtención del título
de:**

**TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN EN
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

2013

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por la Srta. **ALAJO MASAPANTA MARÍA JOSÉ**, como requerimiento parcial para la obtención del título de **TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**.

SR. ING. PABLO PILATASIG

DIRECTOR DEL PROYECTO

Latacunga, Mayo 23 del 2013

DEDICATORIA

Mi gratitud inmensa a Dios por colmar mi vida de dichas y bendiciones, por darme las fuerzas para seguir adelante a pesar de los obstáculos que se presentaron en mi vida y salir triunfante en cada uno de ellos.

Agradecerles de corazón a los dos seres maravillosos que Dios puso en el mundo mis abuelitos que se convirtieron en mis padres incondicionales, quienes han sido el eje principal de mi vida, sembrando valores que han hecho de mí una mujer perseverante y capaz, me han brindado amor, cariño, comprensión, por su apoyo económico para culminar con mi proyecto, pero sobre todo por la confianza total puesta en mí.

Agradezco a mis profesores quienes me inculcaron el valor y la importancia de la superación, de la dedicación, para poder salir adelante con cada uno de los obstáculos que enfrenta uno en la vida.

De igual manera les dedico a todos mis familiares que a la distancia siempre han estado pendientes de mí con su apoyo y sobre todo dándome fuerzas y ánimos para que nunca baje los brazos y culmine todo lo que empiece. Ellos también forman parte de las personas que más quiero y por eso les dedico a ellos también este trabajo con mucho cariño.

En especial a mi papi Segundito

A todos mis más sinceros agradecimientos.

María José Alajo Masapanta

AGRADECIMIENTO

Muchas han sido las personas que de manera directa e indirecta me han ayudado en la realización de este proyecto de grado. Quiero dejar en constancia de todas ellas y agradecerles con sinceridad su participación.

Mi gratitud de corazón a Dios que me ha acompañado en mi caminar y que siempre me ha iluminado para alcanzar las metas de mi vida.

De manera especial expreso mi agradecimiento al Ing. Pablo Pilatasig mi director del proyecto de grado porque fue la persona que desde el principio de la realización del mismo me brindó su apoyo y cordialidad. Muchas gracias Ing. Pablo por haber puesto todos los medios para que yo pudiera hacer mi proyecto, por sus conocimientos y tiempo invertidos en la dirección y corrección del mismo, por sus palabras de ánimo y por haber creído en mí desde el inicio hasta su culminación.

Agradecer de corazón a mi mamá Magdalena y papá Segundo por su apoyo económico y moral para culminar mi proyecto, por la confianza puesta en mí por su cariño y ánimos en todo momento que lo necesite.

Mil gracias a todos

María José Alajo Masapanta

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	XX
RESUMEN	XXI
ABSTRACT	XXIIIXIII

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. GENERAL	3
1.3.2. ESPECÍFICOS	3
1.4. ALCANCE	3

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. SENSOR DIGITAL SHT15	4
2.1.1. CARACTERÍSTICAS.....	5
2.1.2. APLICACIONES.....	6
2.2 TELEMETRÍA.....	7
2.2.1. CONCEPTO	7
2.3. SISTEMA DE RADIO TELEMETRÍA 3DR - 915 MHz	8
2.3.1. CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES DEL HARDWARE.....	9
2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES.....	10
2.4.1. 3DR RADIO 915 MHZ "AIR" MÓDULO	10
2.4.1.1 MÓDULOS DE hopeRF HM-TRP.....	11
2.4.1.1.1. GENERALIDADES.....	11
2.4.1.1.2. CARACTERÍSTICAS.....	13
2.4.1.1.3. MEDIOS DE APLICACIÓN.....	13
2.4.1.1.4. LED DE ESTADO.....	14
2.4.2. 3DR RADIO 915 MHZ MÓDULO USB "SOLO".....	14
2.4.3. CABLE DE TELEMETRÍA PARA 1.X Y 2.0 APM	15
2.4.4 ANTENA RP-SMA 900MHz 2dBi	16
2.4.5 CABLE DE EXTENSIÓN USB, TIPO A.....	17
2.5. FIRMWARE 3DR RADIO CONFIGURADOR.....	18

2.5.1. COMANDOS AT.....	19
2.5.2. COMANDO AT15.....	20
2.5.3. SIGNIFICADO DE LOS PARÁMETROS DE AJUSTE	20
2.5.3.1 FORMATO	20
2. 5.3.2. AIR_SPEED	21
2. 5.3.3 NET- ID.	22
2.5.3.4 Tx-power	22
2.5.3.5 ECC.....	23
2.5.3.5.1. CÓDIGO GOLAY.....	24
2.5.3.6. MAVLINK.....	25
2.5.3.7 MIN_FREQ.....	26
2.5.3.8 MAX_FREQ.....	26
2.5.3.9 NUM_CHANNELS.....	26
2.5.3.10 DUTY_CYCLE.....	28
2.5.3.11 LBT_RSSI	28
2.5.3.12 BAUD	29
2.5.3.13 PARÁMETRO TERMINAL	30
2.5.3.14 PARÁMETRO RSSI	31
2.6 MICROCONTROLADORES ATMEGA 8.....	31
2.7 LABVIEW	35
2.7.1 PANEL FRONTAL.....	37

2.7.2 DIAGRAMA DE BLOQUES	38
2.7.3 EL ENTORNO LABVIEW	39
2.7.4 PALETA DE HERRAMIENTAS	41
3.7.5 PALETA DE CONTROLES	42
3.7.6 PALETA DE FUNCIONES.....	42
3.7.7 VISA CONFIGURE SERIAL PORT	43
2.7.8 VISA BYTES AT SERIAL PORT	45
2.7.9 VISA READ	45
2.7.10 VISA CLOSE	46

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 PRELIMINARES	47
3.2 IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE.....	47
3.2.1 SOFTWARE PARA EL MÓDULO DEL DEPARTAMENTO DE MECÁNICA	48
3.2.1.1 PROGRAMA EN PIC C COPILER	48
3.2.1.2 SOFTWARE PARA LA SIMULACIÓN DEL PROGRAMA EN PIC C ...	54
3.2.3 SOFTWARE PARA LA COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	56
3.2.4 SOFTWARE PARA LA SIMULACIÓN DEL PROGRAMA EN BASCOM- AVR.....	65

3.2.5 SOFTWARE LABVIEW	67
3.3 IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE	76
3.3.1 HARDWARE PARA EL MÓDULO DEL DEPARTAMENTO DE MECÁNICA	76
3.3.2 HARDWARE PARA EL MÓDULO DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	97
3.4 PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	102
3.5 GASTOS REALIZADOS.....	109
3.5.1 GASTOS PRIMARIOS	109
3.5.2 GASTOS SECUNDARIOS	112
3.5.3 GASTO TOTAL	112

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES.....	113
4.2 RECOMENDACIONES	115
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	116
BIBLIOGRAFÍA	11

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Especificaciones de la antena RP-SMA 900MHz 2dBi.....	17
Tabla 2.2. Niveles de potencia	22
Tabla 2.3. Información general de la radio 3DR	28
Tabla 3.1. Costos primarios.....	110
Tabla 3.2. Costos primarios de instalación.....	111
Tabla 3.3. Gastos secundarios.....	112
Tabla 3.4. Gasto total	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Sensor digital STH15	4
Figura 2.2. Límites máximos de presión para la humedad relativa y temperatura	6
Figura 2.3. SHT15 utilizando Arduino.....	6
Figura 2.4. Comunicación y control de dispositivos remotos.....	8
Figura 2.5. Kit de radio telemetría 3DR	9
Figura 2.6. Módulo de aire	11
Figura 2.7. Dimensiones del módulo de aire	11
Figura 2.8 HMTRD DID	12
Figura 2.9 HMTRD SMD	12
Figura 2.10. 3DR radio 915MHz módulo USB “SOLO”	15
Figura 2.11. Dimensiones del módulo de tierra	15
Figura 2.12. Cable de telemetría	16
Figura 2.13. Antena RP-SMA 915 MHz 2dBi.....	16
Figura 2.14. Dimensiones de la antena RP-SMA 915 MHz	17
Figura.2.15. Cable de extensión USB, tipo “A”	18
Figura.2.16. Firmware 3DR RADIO CONFIG	18
Figura.2.17. Comandos AT	19
Figura.2.18. Parámetro FORMATO.....	20

Figura.2.19. Parámetro AIR-SPEED	21
Figura.2.20. Parámetro NED-ID	22
Figura 2.21. Parámetro TX-POWER	23
Figura 2.22. Parámetro ECC.....	24
Figura 2.23. Parámetro MAVLINK.....	26
Figura 2.24. Parámetros MAX-MIN FRECUENCIA Y NÚMERO DE CANAL...	27
Figura 2.25. Parámetro DUTY-CICLE Y LBT_RSSI.....	29
Figura 2.26. Parámetro BAUD.....	30
Figura 2.27. Parámetro datos de recepción de un radio enlace.....	30
Figura 2.28. Parámetro RSSI	31
Figura 2.29. Atmega 8.....	32
Figura 2.30. Distribución de pines del Atmega 8.....	35
Figura 2.31. Panel frontal	37
Figura 2.32. Diagramas de bloques	38
Figura 2.33. Barra de menús	39
Figura 2.34. Paleta de herramientas	41
Figura 2.35. Paleta de control	42
Figura 2.36. Paleta de funciones.....	43
Figura 2.37. Visa configure serial port.....	44
Figura 2.38. Visa bytes serial port	45
Figura 2.39. Visa read	46

Figura 2.40. Visa close	46
Figura 3.1. Elección del pic	48
Figura 3.2. Elección de los fusibles del programa	48
Figura 3.3. Velocidad de reloj.....	49
Figura 3.4. Librería del sensor.....	49
Figura 3.5. Librería del LCD	49
Figura 3.6. Función principal	50
Figura 3.7. Selección del tipo de dato	50
Figura 3.8. Variables locales	50
Figura 3.9. Inicio del sensor SHT15	51
Figura 3.10. Inicio del LCD	51
Figura 3.11. Subrutina.....	51
Figura 3.12. Líneas del programa para visualizar en el LCD.....	52
Figura 3.13. Lectura del sensor.....	52
Figura 3.14. Cálculos y visualización de datos.....	52
Figura 3.15. Tiempo de espera	53
Figura 3.16. Inicio y final del programa	53
Figura 3.17. Programa final.....	54
Figura 3.18. Programa para la simulación.....	55
Figura 3.19. Parámetros a establecer en ISIS.....	55
Figura 3.20. Simulación del programa	56

Figura 3.21. AVR a trabajar, frecuencia y velocidad	57
Figura 3.22. Dimensiones de la variable	57
Figura 3.23. Valores de las constantes	58
Figura 3.24. Variable referenciada con otro nombre	58
Figura 3.25. Subrutina y puerto de salida.....	58
Figura 3.26. Salida SCK y DATA del sensor	59
Figura 3.27. Lazo FOR.....	59
Figura 3.28. Lazo DO-LOOP.....	60
Figura 3.29. Define subrutina y nuevas variables.....	61
Figura 3.30. Inicio de la transmisión.....	61
Figura 3.31. Envío del comando.....	62
Figura 3.32. Obtener el MSB.....	63
Figura 3.33. Obtener el LSB.....	64
Figura 3.34. Final de la subrutina y del programa	64
Figura 3.35. Programa para la simulación del programa en BASCOM	65
Figura 3.36. Editar el componente	66
Figura 3.37. Inicio de la simulación	66
Figura 3.38. Datos del sensor	67
Figura 3.39. Instrument I/O.....	67
Figura 3.40. Visa Configure Serial Port.....	68
Figura 3.41. Property Node	68

Figura 3.42. Bloque de programación de Property Node	68
Figura 3.43. Visa Read.....	69
Figura 3.44. Bloque de programación de Visa Read.....	69
Figura 3.45. Visa Close	69
Figura 3.46. Bloque de programación de Visa Close	70
Figura 3.47. WHILE LOOP	70
Figura 3.48. Bloque de programación de WHILE LOOP	71
Figura 3.49. Estructura CASE	71
Figura 3.50. Bloque de programación de la estructura CASE	72
Figura 3.51. STRING SUBSET	72
Figura 3.52. Bloque de programación de STRING SUBSET	73
Figura 3.53. DECIMAL STRING TO NUNBER.....	73
Figura 3.54. Bloque de programación de DECIMAL STRING TO NUNBER....	74
Figura 3.55. Indicadores numéricos	74
Figura 3.56. Bloque de programación de los indicadores numéricos	75
Figura 3.57. Bloque de programación de NOT EQUAL TO 0.....	75
Figura 3.58. Presentación del programa final	76
Figura 3.59. Programa de la placa de visualización en ISIS	78
Figura 3.60. Programa de la placa de alimentación en ISIS	78
Figura 3.61. Traslado de ISIS a ARES.....	79
Figura 3.62. Elementos en ARES.....	79

Figura 3.63. Función MÉTRICA Y SPAN	80
Figura 3.64. 2D GRAPHICS BOX MODE	80
Figura 3.65. Función AUTO-PLACER	81
Figura 3.66. Elementos dentro de la BOARD	81
Figura 3.67. Función SET LAYER USAGE	82
Figura 3.68. Función EDIT LAYER PAIRS	82
Figura 3.69. Función DESING RULE MANAGER	83
Figura 3.70. BOTTOM COPPER.....	83
Figura 3.71. TRACK MODE	84
Figura 3.72. Inicio de AUTO-PLACER	84
Figura 3.73. Pistas placa de visualización.....	85
Figura 3.74. Pistas placa de alimentación.....	85
Figura 3.75. Dimensiones placa de visualización.....	86
Figura 3.76. Dimensiones placa de la fuente de 5V	86
Figura 3.77. Exportar el archivo a PDF	87
Figura 3.78. Archivo PDF de la placa de 5V.....	87
Figura 3.79. Archivo PDF de la placa de visualización.....	88
Figura 3.80. Archivo para imprimir	88
Figura 3.81. Huecos en la baquelita.....	92
Figura 3.82. Circuito de la placa de comunicación en ISIS	97
Figura 3.83. Circuito de la placa de comunicación en ARES	98

Figura 3.84. Circuito de la placa de comunicación en 3D	98
Figura 3.85. Archivo PDF de la placa de comunicación	99
Figura 3.86. Circuito de la conexión del cargador y la batería	101
Figura 3.87. Zona de Fresnel	104

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Cortar la baquelita	89
Foto 2. Sacar brillo a la baquelita	90
Foto 3. Pasar la plancha en la baquelita	90
Foto 4. Lavar la baquelita	90
Foto 5. Baquelita en ácido férrico.....	91
Foto 6. Lavar la placa con acetona	91
Foto 7. Soldando los elementos en la placa.....	92
Foto 8. Placa de visualización	93
Foto 9. Fuente de 5V.....	93
Foto 10. Unión de todos los componentes	94
Foto 11. Módulo terminado.....	95
Foto 12. Caja de metal	96
Foto 13. Módulo dentro de la caja de metal	96
Foto 14. Soldando los componentes	99
Foto 15. Pasos para la construcción del módulo de comunicación	100
Foto 16. Módulo de comunicación terminado.....	101
Foto 17. Alcance de la primera prueba	103
Foto 18. Alcance de la segunda prueba.....	103
Foto 19. Alcance del kit de telemetría	105

Foto 20. Enlace de comunicación inalámbrica	105
Foto 21. Recepción de datos de temperatura y humedad.....	106
Foto 22. Trasmisión de datos de temperatura y humedad	106
Foto 23. Pruebas de trasmisión y recepción en el Instituto	107
Foto 24. Batería recargable y cargador.....	108
Foto 25. Prueba de descarga de la batería	108

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A Data Sheet del Sensor SHT15

RESUMEN

El avance tecnológico actual, nos encamina al uso de equipos de telemetría como el 3DR, para mejorar y profundizar el estudio de comunicaciones inalámbricas, por lo tanto este proyecto es importante por la razón que, a través de este equipo se puede transmitir datos a largas distancias.

La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema. Fue desarrollada en 1915, a mediados de la primera guerra mundial, por el alemán Kris Osterhein y el italiano Francesco Di Buonnano para medir a qué distancia se encontraban objetivos de artillería. Se utiliza en grandes sistemas, tales como las naves espaciales o las plantas químicas, debido a que facilita la monitorización automática y el registro de las mediciones, así como el envío de alertas, con el fin de que el funcionamiento sea seguro y eficiente.

El proyecto utiliza el kit de telemetría 3DR, el mismo que puede ser configurado por varios software en esta ocasión utilizamos el software 3DR Radio config con el cual se configuro todos los parámetros de funcionamiento de las radios, entre ellos está: la velocidad de transmisión y recepción, frecuencia máxima y mínima, velocidad de aire, numero de canal, potencia de trasmisión, formato, numero de baudios, etc. Esto permitió configurar las dos radios del kit de telemetría, trasmisor y receptor.

Para ello se realizó un monitoreo de temperatura y humedad en donde la radio trasmisora permitió enviar los datos de temperatura y humedad ambiental a largas distancias.

Para este monitoreo de temperatura y humedad se utilizó un AVR Atmega 8 en el mismo que se copiló un programa realizado en BASCOM, dicho programa tiene la finalidad de realizar una comunicación serial, siendo punto clave de

esta comunicación el sensor digital SHT15, este sensor envió los datos a la radio transmisora para que esta a la vez envié a la radio receptora.

La radio receptora es USB que estará conectada a una computadora. A través del software Labview visualizamos los datos enviados desde la radio transmisora, para esto se debe tener en cuenta el puerto COM y la velocidad de transmisión de las dos radios

Por último para obtener un gran alcance se utilizó dos antenas RP- SMA 900MHz 2dB, que estará una en cada radio, con estas dos antenas se pudo lograr un alcance de 2Km.

ABSTRACT

The current technological advances, direct us to the use of telemetry equipment as 3DR, to improve and deepen the study of wireless communications, therefore this project is important for such reason, through this equipment can transmit data over long distances.

Telemetry is a technology that allows remote measurement of physical magnitudes and the sending information towards the operator system. It was developed in 1915, in the middle of the First World War, by German Osterhein Kris and the Italian Di Francesco Buonnano to measure how far found artillery objectives. It is used in large systems, such as spaceships or chemical plants, because it facilitates automatic monitoring and recording of measurements and sending alerts, in order that the operation is safe and efficient.

The project uses telemetry 3DR kit, the same that can be configured for several software in this occasion we used 3DR Radio Config software with which it configured all the parameters of operation of the radios, including this: the transmission rate and reception, maximum frequency and minim, air speed, channel number, power transmission, format, number of baud rate, etc.. This allowed us to set up two radio telemetry kit, transmitter and receiver.

This was achieved by monitoring the temperature and humidity where the transmitting radio allowed sending the data temperature and environmental humidity to long distances.

For the monitoring of temperature and humidity used a Atmega AVR 8 copilot the same as in program in BASCOM, this program aims to make a serial communication being key point of this digital sensor SHT15 communication, the sensor sends the data to the transmitting radio for this simultaneously sent to the receiving radio.

The radio receiver is USB that will be connected to a computer. Through the Labview software visualize the data sent from the transmitting radio, for this must take into account the COM port and baud rate of the two radios.

Finally to obtain a powerful two antennas used RP-SMA 900MHz 2dB, which is one per radio, with these two antennas are able to achieve a range of 2Km.

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1. ANTECEDENTES

Para la realización de este proyecto se hace uso de las necesidades que tiene el Instituto y por ende la Carrera de Electrónica; llegando a la conclusión que con el desarrollo de nuevas tecnologías en dispositivos telemétricos era necesario realizar una investigación y una comparación de equipos actuales con los que cuenta el laboratorio de Instrumentación Virtual, los mismos que han sido adquiridos hace tiempo atrás y que con el avance de la tecnología día a día, van mejorando las características y capacidad de funcionamiento.

El Laboratorio de Instrumentación Virtual, cuenta con kits de telemetría XBEE DIGI MESH, que son utilizados para prácticas de comunicación inalámbrica, realizadas en la materia de Instrumentación Virtual de la carrera de Electrónica. Con la adquisición de los nuevos kit de telemetría, se podrá realizar el monitoreo de diferentes variables físicas (temperatura, humedad, voltaje, corriente, etc.) en este caso la temperatura y humedad del ambiente a una distancia de 1.6Km. Con esto se realizara el proyecto de la mejor manera y se conocerá nuevos métodos de alcance en una comunicación inalámbrica.

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La telemetría es un excelente medio que permite a los estudiantes interactuar con las diferentes tecnologías con el objetivo de encontrar la solución a los problemas de comunicación a larga distancia, que se presentan en las prácticas realizadas para el laboratorio de Instrumentación Virtual.

Siendo una forma interesante de contribuir en el aprendizaje de alumnos en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico y en especial de los estudiantes de la carrera de Electrónica Mención en Instrumentación y Aviónica; en donde la demanda es cada vez mayor, ya que con los kit de telemetría que cuenta actualmente el laboratorio no son suficientes para que el desarrollo de las prácticas sean eficientes y se obtenga resultados positivos en lo posterior.

Por tal razón los kit de telemetría 3DR tienen como propósito realizar prácticas de monitoreo de variables físicas como puede ser temperatura, humedad, presión, voltaje, corriente, etc. Y visualizarlas por medio del software Labview.

La principal y única razón y por la que se tomó la decisión de adquirir los kit de telemetría 3DR fue la de ir a la par con la tecnología y que el alcance de estos dispositivos es cada vez mejor, siendo más eficaces que los que posee actualmente el laboratorio.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

Monitorear la temperatura y humedad utilizando el kit de telemetría 3DR y el sensor digital SHT15.

1.3.2. ESPECÍFICOS

- ❖ Recopilar información del sensor digital SHT15 y del kit de telemetría 3DR.
- ❖ Explicar las características y alcance del transmisor y receptor del kit de telemetría.
- ❖ Realizar una práctica en el laboratorio de Instrumentación Virtual para observar las variables físicas de temperatura y humedad, mediante el software gráfico Labview.

1.4. ALCANCE

El presente proyecto permite realizar un monitoreo de temperatura y humedad utilizando el sensor digital SHT15 y verificar el alcance que hay entre los módulos de transmisión y recepción del kit de telemetría 3DR.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. SENSOR DIGITAL SHT15

Es un sensor de humedad relativa y temperatura compacto, de la familia Sensirion. “El sensor digital SHT15 de temperatura y humedad está totalmente calibrado, proporciona una salida digital y ofrece una alta precisión. La excelente estabilidad a largo plazo ha sido muy bien percibida y el consumo de energía baja ha convertido a este sensor en la elección perfecta para cualquier aplicación remota.

La tecnología digital CMOS integra 2 sensores y circuitería de lectura en un único chip¹. Este sensor es realmente impresionante, muy sensible y fácil de utilizar.



Figura 2.1: Sensor Digital SHT15

Fuente: <https://www.sparkfun.com/products/8227>

¹ <https://www.sparkfun.com/products/8227>

“Además ofrece la ventaja de que los datos se recuperan mediante el bus I2C con lo que podemos usarlo fácilmente con cualquier microcontrolador como PIC, AVR, BasicStamp, Propeller etc.”²

2.1.1 CARACTERÍSTICAS

“Las características de este sensor digital son:

- 2 sensores calibrados de fábrica para humedad relativa y temperatura
- Digital 2-hilos de interfaz.
- Cálculo del punto de rocío.
- Rango de medida: 0-100% RH.
- RH precisión absoluta: + / - 2% HR (10-90% HR).
- Repetitividad RH: + / - 0,1% de HR.
- Precisión de temperatura: + / - 0,3 ° C a 25 ° C.
- Tiempo rápido de respuesta <4 seg.
- Bajo consumo de energía (típico 30 mW).
- Bajo costo.
- Sensor de alta precisión a bajo costo.
- Tecnología líder para CMOS.
- La estabilidad es superior a largo plazo.”³

² <http://www.bricogeek.com/shop/36-sensor-de-humedad-y-temperatura-sht15.html>

³ <https://www.sparkfun.com/products/8227>

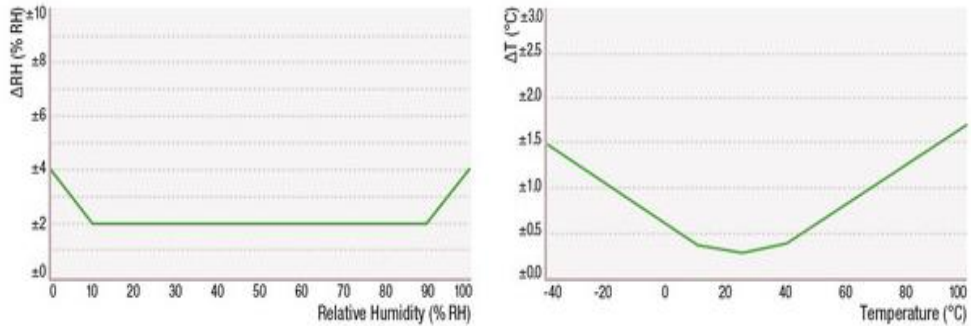


Figura 2.2: Límites máximos de precisión para la humedad relativa y temperatura.
Fuente: <http://www.sensirion.com/en/products/humidity-temperature/humidity-sensor-sht15>

2.1.2 APLICACIONES

- Registro de datos precisos.
- Transmisores
- Automatización y control de procesos
- Edificio de control y HVAC
- Prueba y medición
- Aplicaciones médicas

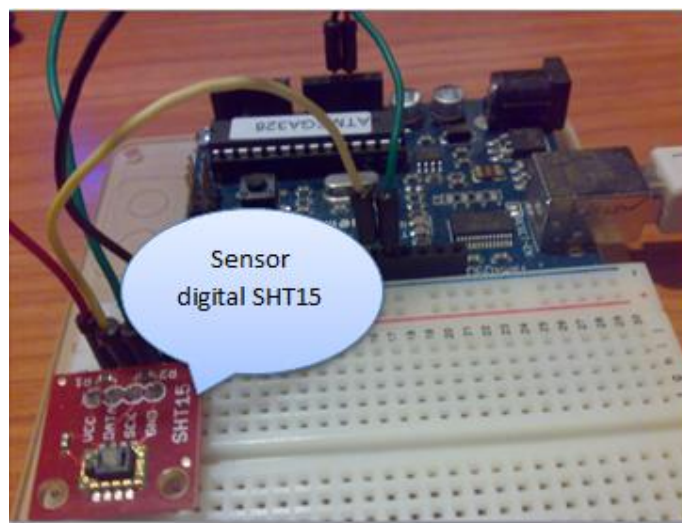


Figura 2.3: SHT15 utilizado en la práctica de Arduino.
Fuente: http://www.sensirion.com/01_humidity_sensor/03_humidity_sensor_sht15.htm

2.2. TELEMETRÍA

2.2.1 CONCEPTO

“La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema. Se utilizó por primera vez en 1915, a mediados de la primera guerra mundial, por el alemán Khris Osterhein y el italiano Francesco Di Buonanno para medir a qué distancia se encontraban objetivos de artillería.

La palabra telemetría procede de las palabras griegas (tele), que quiere decir a distancia, y la palabra (metron), que quiere decir medida.

El envío de información hacia el operador en un sistema de telemetría se realiza típicamente mediante comunicación inalámbrica, aunque también se puede realizar por otros medios (teléfono, redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, etcétera). Los sistemas de telemetría reciben las instrucciones y los datos necesarios para operar desde el Centro de Control”⁴

⁴ <http://es.wikipedia.org/wiki/Telemetr%C3%Ada>

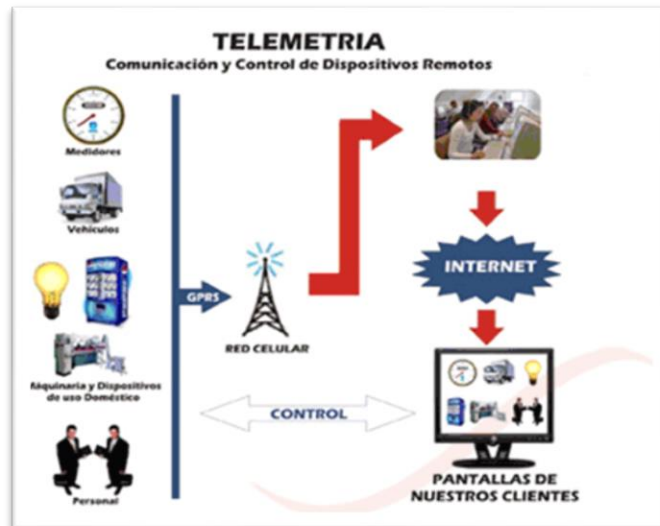


Figura 2.4: Comunicación y control de dispositivos remotos
Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Interfaz>

2.3. SISTEMA DE RADIO TELEMETRÍA 3DR- 915 MHZ

“El sistema de radio telemetría 3DR está diseñado como un conjunto de fuente abierta Xbee radio de reemplazo, que ofrece un precio más bajo, más largo alcance y un rendimiento superior a las radios Xbee. Está disponible en 915MHz (EE.UU.) y 433MHz (Europa y otros países que no permiten 915MHz), y en las siguientes configuraciones: Tarjeta serie (por el aire) y USB (para el suelo).

El sistema proporciona una comunicación full-duplex mediante la utilización de módulos HopeRF de HM-TRP que funcionan con un firmware de código abierto. La interfaz con el módulo estándar es a través de 5V TTL serial y utiliza un cable USB FTDI serie.

El firmware SiK incluye un gestor de arranque que permite actualizaciones de firmware de radio a través del interfaz de serie y firmware de radio con

parámetros configurables. Las actualizaciones de firmware y configuración es posible a través de la Radio configurador 3DR y comandos AT.”⁵



Figura 2.5: Kit de radio telemetría 3DR.

Fuente: https://store.diydrones.com/3DR_RadioTelemetry_Kit_915_Mhz_p/kt-telemetry-3dr915.htm

2.3.1 CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES DEL HARDWARE

- “Tamaño muy pequeño
- Peso ligero (menos de 4 gramos sin antena)
- Disponible en 900 MHz o 433 MHz variantes
- Sensibilidad del receptor a -121 dBm
- La potencia de transmisión de hasta 20dBm (100mW)
- Enlace serial transparente
- La velocidad de datos de aire es hasta 250kbps
- MAVLink protocolo de elaboración y presentación de informes de estado

⁵ https://store.diydrones.com/3DR_RadioTelemetry_Kit_915_Mhz_p/kt-telemetry-3dr915.htm

- Propagación de salto de frecuencia de espectro (FHSS)
- Apto para multiplexar datos por división de tiempo (TDM)
- Apoyo a LBT y AFA
- Ciclo de trabajo configurable
- Posee código de corrección de errores (se puede corregir hasta un 25% los errores de bits de datos)
- Rango demostrada de varios kilómetros con una pequeña antena omni
- Se puede utilizar con un amplificador bidireccional para aumentar el alcance.
- Comandos AT para la configuración de la radio
- RT comandos para la configuración de radio control remoto
- Control de flujo adaptativo cuando se utiliza con APM
- Sobre la base de módulos de radio HM-TRP, con SI1000 8051 micro-controlador y el módulo de radio Si4432”⁶

2.4. CARÁCTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES

2.4.1. 3DR RADIO 915 MHZ "AIR" MÓDULO

“El módulo de Radio 3DR “Air” es parte del nuevo sistema de telemetría que ofrece Robotics 3D, trabaja junto con el módulo “Solo” (tierra) y otro módulo de aire, conectado con un cable FTDI, haciendo que le papel del módulo de tierra sea proporcionar un sistema de comunicación inalámbrica bidireccional medio-duplex.

Su diseño se basa en módulos de HopeRF HM-TRP, junto con un firmware completamente nuevo para optimizar su rendimiento.”⁷

⁶ https://store.diydrones.com/3DR_RadioTelemetry_Kit_915_Mhz_p/kt-telemetry-3dr915.htm

⁷ http://www.ardupilot.com.br/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=40&category_id=7&option=com_virtuemart&Itemid=231&vmcchk=1&Itemid=231



Figura 2.6: Módulo de aire del kit de telemetría 3DR

Fuente: http://www.ardupilot.com.br/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=40&category_id=7&option=com_virtuemart&Itemid=231&vmcchk=1&Itemid=231

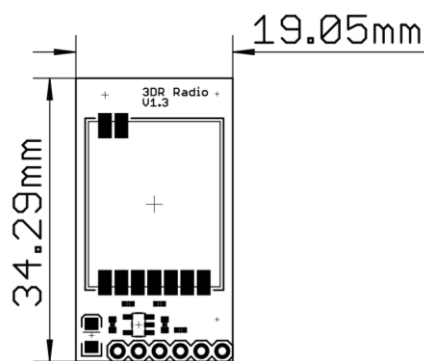


Figura 2.7: Dimensiones del módulo aire.

Fuente: <http://stuff.storediydrones.com/3DR-Radio-915-v13.pdf>

2.4.1.1 MÓDULOS DE hopeRF HM-TRP

2.4.1.1.1 GENERALIDADES:

“El módulo HM-TRP es un transmisor-receptor transparente de modulación FSK (Modulación por desplazamiento de frecuencia) de alto rendimiento que funciona con frecuencias de 433/470/868/915 MHz. Presenta un tamaño pequeño, tiene una potencia de salida alta, sensibilidad alta, distancia de transmisión larga y alta tarifa de datos de

comunicación con la disposición auto para el cambio de la comunicación, recepción y transmisión de los datos de control.”⁸

Mediante la interfaz de receptor/transmisor asíncrono universal (UART), es fácil darse cuenta de la transmisión inalámbrica de datos con sólo el abastecimiento de los datos UART. Es flexible para que los usuarios fijen la velocidad del UART, la tarifa de la frecuencia, la potencia de salida, de datos, desviación de frecuencia, ancho de banda de recepción parámetros de velocidad, frecuencia, número de canal, etc. Es una buena elección ideal para diseñar productos inalámbricos de transmisión de datos que pueden ser ampliamente usados en campo inalámbrico de transmisión de datos

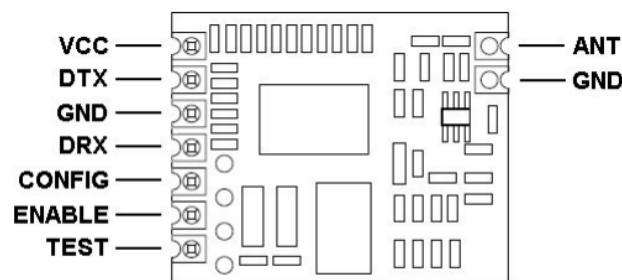


Figura 2.8 HM-TRP (DIP)

Fuente: http://www.hoperf.com/upload/rf_app/HM-TRP.pdf

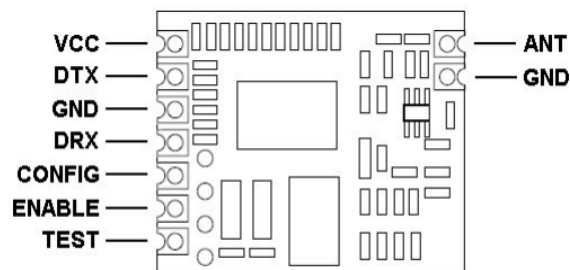


Figura 2.9: HM-TRP (SMD)

Fuente: http://www.hoperf.com/upload/rf_app/HM-TRP.pdf

⁸ http://www.hoperf.com/upload/rf_app/HM-TRP.pdf

2.4.1.1.2 CARACTERÍSTICAS

- “Bajo costo, alto rendimiento, alta confiabilidad.
- La modulación del FSK, comunicación semidúplex bidireccional, anti interferencias.
- Salida máxima potencia es 100mW (20dBm), ajustable entre 1-20dBm
- Sensibilidad -117dBm
- Corriente de la fuente para Tx 100mA@20dBm, 40mA@14dBm
- Corriente de la fuente para Rx 25mA
- Modo de sueño de poca intensidad 1uA
- Interfaz de TTL UART, extensibles estándar al RS232 o a otro interfaz
- La velocidad 1.2Kbps -115.2Kbps de la comunicación, se puede modular a través del software.
- Función de RSSI
- Posee indicación del LED
- Una distancia de transmisión más larga, sobre el 1Km en aire abierto
- Adaptación libre⁹

2.4.1.1.3 MEDIOS DE APLICACIÓN

- Sistema de medida teledirigido, remoto;
- Metro inalámbrico
- Control de acceso
- Sistema de identificación
- Recopilación de datos

⁹ http://www.hoperf.com/upload/rf_app/HM-TRP.pdf

- Aparato electrodoméstico de las TIC
- Sistema de vigilancia del bebé

2.4.1.1.4 LED DE ESTADO

Las radios 3DR tienen 2 LEDs de estado, uno rojo y otro verde. El significado de los diferentes estados de los LED es el siguiente:

- LED verde parpadea - en busca de otra radio
- LED verde sólido - vínculo se establece con otra radio
- LED rojo intermitente - la transmisión de datos
- LED rojo sólido - en modo de actualización del firmware

2.4.2. 3DR RADIO 915 MHZ MÓDULO USB "SOLO"

“El 3DR radio-915 MHZ módulo USB “solo” es parte del nuevo sistema de telemetría que ofrece Robotics 3D, trabaja junto con el módulo “Solo” (tierra) y otro módulo de aire, conectado con un cable FTDI, haciendo que el papel del módulo de tierra sea proporcionar un sistema de comunicación inalámbrica bidireccional medio-duplex. Su diseño se basa en módulos de HopeRF HM-TRP, junto con un firmware completamente nuevo para optimizar su rendimiento.”¹⁰

¹⁰http://www.ardupilot.com.br/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=40&category_id=7&option=com_virtuemart&Itemid=231&vmcchk=1&Itemid=231



Figura 2.10 3DR radio 915 MHz módulo USB "SOLO"

Fuente: http://www.ardupilot.com.br/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=41&category_id=7&option=com_virtuemart&Itemid=231&vmcchk=1&Itemid=231

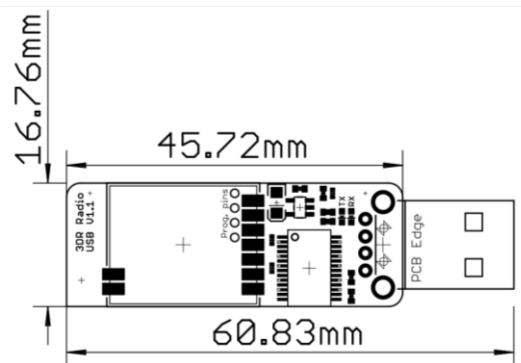


Figura 2.11: Dimensiones del módulo tierra

Fuente: <http://stuff.storediydrones.com/3DR-Radio-USB-915-v11.pdf>

2.4.3 CABLE DE TELEMETRÍA PARA 1.X Y 2.0 APM

Con este cable personalizado puede conectarse a la radio 3DR configurando para el puerto de telemetría en el "oil paint" o 2,0 IMU APM sin tener que utilizar varios cables de puente.



Figura 2.12: Cable de telemetría.

Fuente: https://store.diydrones.com/productdetails_popup.asp?productcode=KT-Telemetry-Cable

2.4.4 ANTENA RP- SMA 900MHz 2dBi

“Esta antena trabaja en 868 - 928 MHz de 2dBi, tiene una intensidad de recepción residencial, que solamente abarca un espacio determinado, es una antena regular tipo omnidireccional que tiene un conector RPSMA RF.”¹¹ Es una antena ideal para utilizar con la radio telemetría 3DR, la misma que puede ser utilizada con el módulo de tierra o aire.



Figura 2.13: Antena RP- SMA 900MHz 2dBi

Fuente: https://store.diydrones.com/productdetails_popup.asp?productcode=WI-W1063-900mhz-2dbi

¹¹ https://store.diydrones.com/productdetails_popup.asp?productcode=WI-W1063-900mhz-2dbi

Tabla 2.1: Especificaciones de la antena RP- SMA 900MHz 2dBi

ESPECIFICACIONES	
Frecuencia de trabajo	868 - 928 MHz
Conector de antena	RP-SMA
Tipo	Látigo
Azote	1/8 látigo
Ganancia	3.1dBi
Polarización	Vertical
VSWR	2
Color	Negro
Tamaño	169mm
Impedancia	50 ohmios

Fuente: <https://www.sparkfun.com/products/9143>

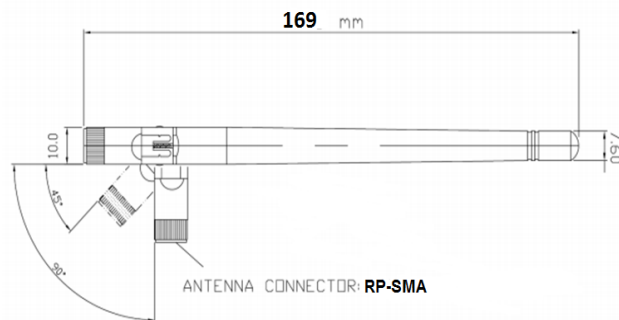


Figura 2.14: Dimensiones de la antena RP- SMA 900MHz 2dBi

Fuente: <http://tienda.tdrobotica.co/download/GSM-09.pdf>

2.4.5 CABLE DE EXTENSIÓN USB, TIPO A

El cable de extensión USB es ideal para conectar la radio de telemetría 3DR a una computadora, este cable tiene una longitud de 1 metro.



Figura 2.15: Cable de extensión USB, Tipo A

Fuente: https://store.diydrones.com/productdetails_popup.asp?productcode=USBA-USBEXT

2.5 FIRMWARE 3DR RADIO CONFIGURADOR

El firmware 3DR Radio Config de una variante de las HAYES AT, comando modem configurado para una buena configuración.

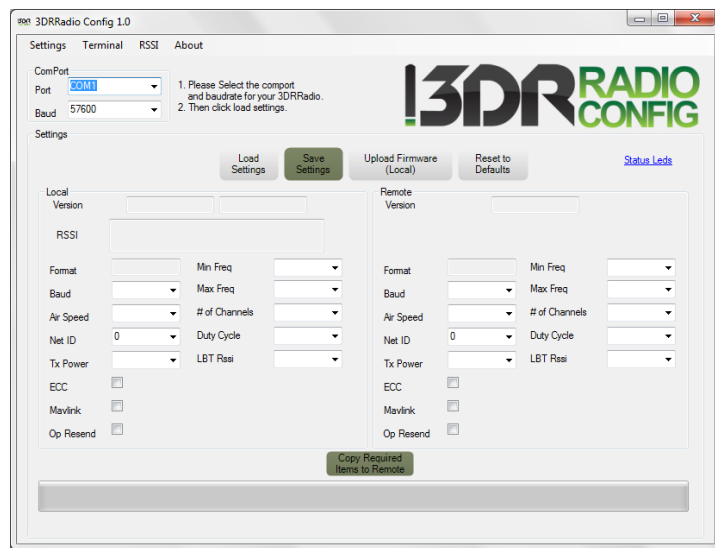


Figura 2.16: Firmware 3DR Radio Config

Fuente: <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

2.5.1 COMANDOS AT

Los comandos AT disponibles en las radios son:

- ATI - Versión programa de radio.
- AT12 -Tipo de espectáculo bordo.
- AT13 - Frecuencia espectáculo bordo.
- AT14 - Show versión bordo.
- AT15 - Muestra todos los parámetros configurables por el usuario EEPROM.
- AT16 - Presentación del informe de temporización TDM.
- AT17 - Pantalla RSSI señal de informe.
- ATO - Salir en modo comando.
- ATSn? - Pantalla de la radio parámetro de número 'n'.
- ATSn = X - radio parámetro de número 'n' a la 'X'.
- ATZ - Reiniciar la radio.
- AT & W - Escribir parámetros actuales en la memoria EEPROM.
- AT & F - Reajustar todos los parámetros a los valores de fábrica.
- AT & T = RSSI -Información de depuración enable RSSI.
- AT & T = TDM - Información de depuración enable TDM.
- AT & T - deshabilitar el informe de depuración.

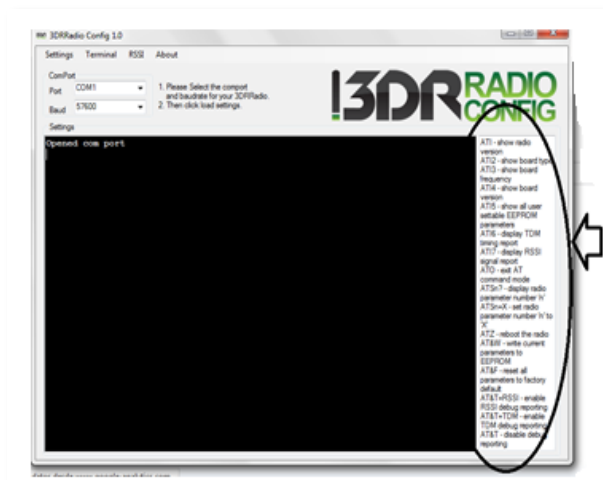


Figura 2.17: Comandos AT

Fuente: <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

Todos estos comandos, excepto por ATO, puede ser utilizado en una radio remoto conectado mediante la sustitución de "AT" con "RT".

2.5.2 COMANDO AT15

Quizá el comando más útil es 'AT15' que muestra todos los parámetros configurables de usuario EEPROM. El comando ATO muestra los siguientes parámetros: FORMATO, SERIAL_, AIR_SPEED, NETID, Txpower, ECC, MAVLINK, MIN_FREQ, MAX_FREQ, NUM_CHANNELS, DUTY_CYCLE y LBT_RSSI.

“El patrón habitual se fija utilizando el código 'AT & W' para escribir los parámetros en la memoria EEPROM, y luego se reinicia mediante el código "ATZ". “¹²

2.5.3 SIGNIFICADO DE LOS PARÁMETROS DE AJUSTE

2.5.3.1 FORMATO - Esta es la versión en formato EEPROM. El formato no debe cambiarse.



Figura 2.18: Parámetro-formato

Fuente: <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

¹² <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

2.5.3.2 AIR_SPEED – “Es la velocidad de datos del aire en 'forma de un byte'.

Este es el parámetro clave que controla el rango de las radios. El valor predeterminado es 64 (que es de 64 kbps) le dará una gama de más de un kilómetro con pequeñas antenas omnidireccionales. Cuanto más bajo sea el AIR_SPEED es más largo su rango, aunque bajando el AIR_SPEED también reduce la cantidad de datos que puede enviarse por el enlace.

El firmware de radio sólo puede soportar 13 tipos posibles Fecha de Emisión, que son 2, 4, 8, 16, 19, 24, 32, 48, 64, 96, 128, 192 y 250. Si su aplicación necesita un caudal de aire diferente por alguna razón, entonces potencialmente puede agregar a las tablas de registro. Si usted elige un caudal de aire sin apoyo entonces la siguiente tarifa más alta de la lista de apoyo será elegido.”¹³

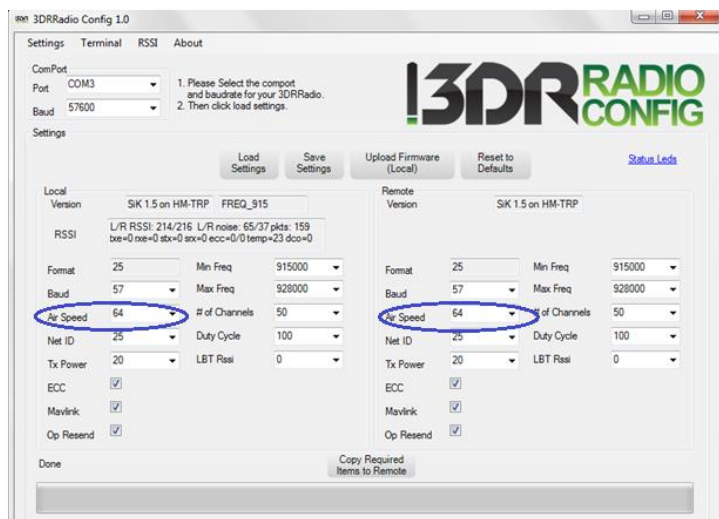


Figura 2.19: Parámetro-Air_Speed

Fuente: <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

¹³ <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

2.5.3.3 NET-ID - Este es el identificador de red. Debe ser el mismo para la radio de aire y de tierra.

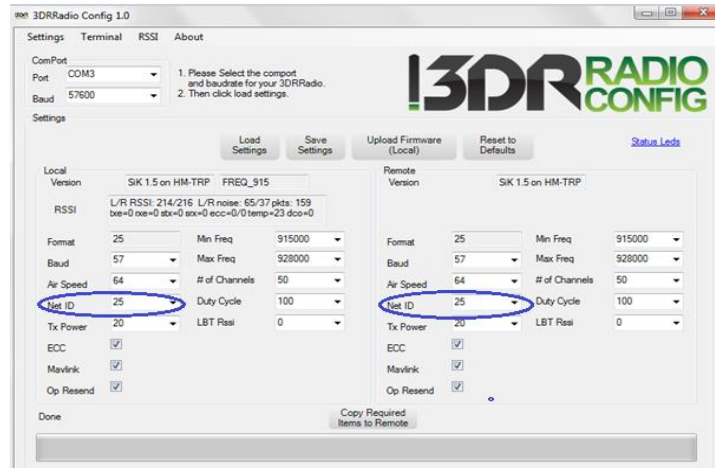


Figura 2.20: Parámetro-Net Id

Fuente: <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

2.5.3.4 Tx-power - “Son los niveles de potencia de transmisión en dBm que puede usar las radios. La radio no puede soportar niveles arbitrarios de poder. Solo puede soportar los niveles de potencia indicados en la tabla 2.2, eso dependerá a los límites de potencia legales de cada país. El máximo es de 20 dBm.”¹⁴

Tabla 2.2: Niveles de potencia

dBm	Potencia(mW)
1	1.3
2	1.6
5	3.2
8	6.3
11	12.5
14	25
17	50
20	100

Fuente: <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

¹⁴ <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

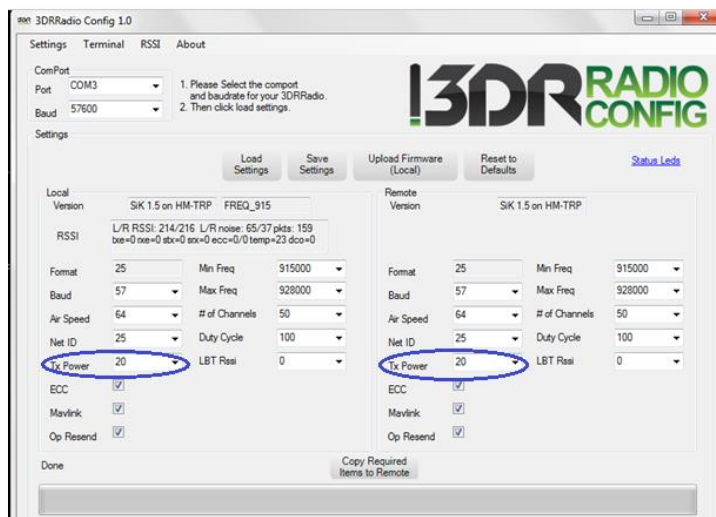


Figura 2.21: Parámetro-Tx power

Fuente: <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

2.5.3.5 ECC – “Este activa o desactiva el código de corrección de error Golay.

Las radios apoyan un código de 12/24 Golay, código de corrección de error si se establece el parámetro ECC a 1. Esto significa que por cada 12 bits de datos, la radio enviará 24 bits. El proceso se invierte en el extremo receptor, y permite a la radio corregir los errores de bits de hasta 3 bits en cada 12 bits (es decir, 25% de tasa de error de bit).

La desventaja de la opción de ECC es que se reduce a la mitad el ancho de banda de datos disponible, pero en la mayoría de los casos esto vale la pena, ya que son capaces de mantener un vínculo fiable sobre distancias más largas. Además se tendrá mucho menos "ruido" de la modalidad serie.”¹⁵

¹⁵ <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>



Figura 2.22: Parámetro-ECC

Fuente: <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

2.5.3.5.1 CÓDIGO GOLAY

“En las matemáticas y en la informática el **código binario de Golay** es un tipo de código corrector de errores usado en las comunicaciones digitales. El código binario de Golay, junto con el código terciario de Golay tiene una particularidad y conexión interesante con la teoría de los grupos esporádicos finitos en matemáticas. El código lleva el nombre en honor a Marcel J.E Golay.

Hay dos tipos de códigos Golay que están relacionados entre sí. El primero es el código Golay extendido binario que codifica 12 bits de datos en una palabra de 24 bits de tal manera que cualquier error de 3 bits puede ser corregido y cualquier error de 4 bits puede ser detectado. El otro es el código binario perfecto de Golay tiene palabras código de longitud 23 bits, y es obtenido directamente del código binario extendido de Golay al suprimir una posición de coordenadas, de otra manera se

puede decir que el código binario extendido de Golay se obtiene a partir del código binario perfecto al añadir un bit de paridad.”¹⁶

2.5.3.6 MAVLINK – Este parámetro activa o desactiva la elaboración y presentación de informes MAVLink.

MAVLink encuadre

“Al encuadrar MAVLink la radio tratará de alinear los paquetes de radio con los límites del paquete MAVLink. Esto significa que si se pierde un paquete por una mala transmisión, basta con la mitad de un paquete MAVLink para ser visto por el receptor. Ese paquete parcial aparecería como ruido para ser visualizado en la estaciones de recepción. Todo esto ocurre cuando MAVLink se activa.”¹⁷

El tamaño más grande del paquete de la radio es de 252 bytes.

MAVLink informes

“Si MAVLINK pone a 1, entonces el firmware de radio también buscará mensajes de latido MAVLink provenientes de la conexión en serie. Si ve un mensaje HEARTBEAT entonces sabe que el protocolo MAVLink está en uso, y comenzará a inyectar paquetes 'Radio' MAVLink de estado en la corriente de la serie.

Los paquetes de radio contienen información acerca de la RSSI (Indicador de intensidad de la señal recibida) de nivel de ambos extremos del enlace, permitiendo que la estación de tierra pueda

¹⁶http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_Binario_de_Golay

¹⁷ <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

tomar medidas de la calidad de enlace cuando esta cae demasiado bajo.”¹⁸

Los paquetes de radiocomunicaciones también contienen información acerca de las tasas de error, y lo llena el búfer de transmisión de serie es como un porcentaje.

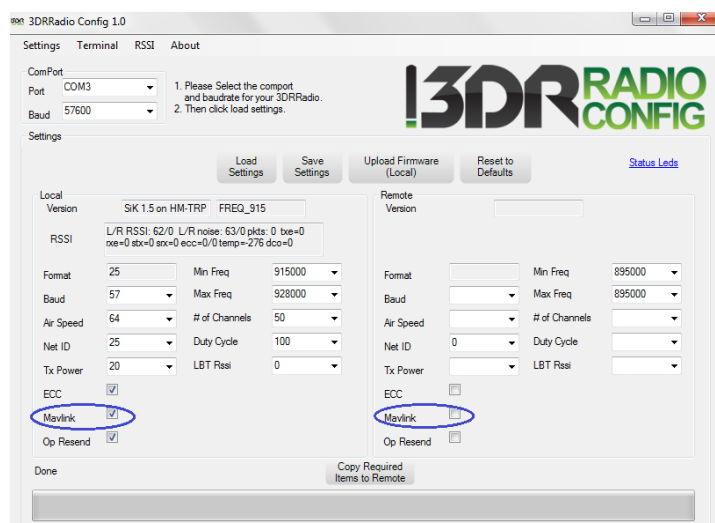


Figura 2.23: Parámetro- MAVLink

Fuente: <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

2.5.3.7 MIN_FREQ – Es la mínima frecuencia en kHz con la cual puede funcionar la radio en un determinado país.

2.5.3.8 MAX_FREQ – Es la máxima frecuencia en kHz con la cual puede funcionar la radio en un determinado país.

2.5.3.9 NUM_CHANNELS – Es el número de canales de salto de frecuencia.

¹⁸ <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

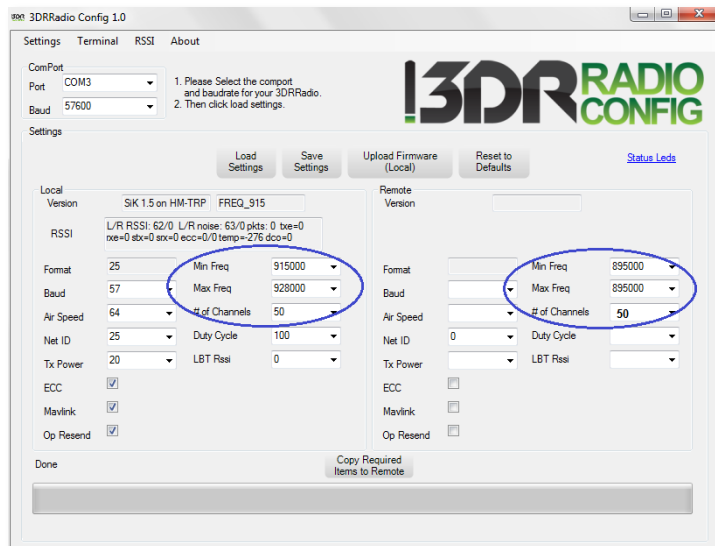


Figura 2.24: Parámetros - MAX/MIN Frecuencia y # de canal
Fuente: <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

Soporte para diferentes países del mundo

Es muy importante conocer cuáles son las regulaciones locales de frecuencia en cada país, salto de canales, niveles de potencia y configuración de las radios 3DR.

Información general de las radios 3DR:

Tabla 2.3: Información general de la radio 3DR.

Región	Radio Modelo	Configuración	Estándar
EE.UU.	3DR 900	MIN_FREQ = 902000 = 928000 MAX_FREQ NUM_CHANNELS = 50	FCC 15,247
Canadá	3DR 900	MIN_FREQ = 902000 = 928000 MAX_FREQ NUM_CHANNELS = 50	RSS-210 Anexo 8.1
Australia	3DR 900	MIN_FREQ = 915000 = 928000 MAX_FREQ NUM_CHANNELS > = 20	LIPD-2000 punto 52
Europa (la mayoría de los países)	3DR 433	MIN_FREQ = 434040 = 434790 MAX_FREQ txpower <= 8 NUM_CHANNELS > = 30	ETSI EN300 220 7.2.3
Europa (la mayoría de los países)	3DR 433	MIN_FREQ = 433050 = 434790 MAX_FREQ txpower <= 8 = 10 DUTY_CYCLE	ETSI EN300 220 7.2.3
Reino Unido	3DR 433	MIN_FREQ = 433050 = 434790 MAX_FREQ txpower <= 8 = 10 DUTY_CYCLE	IR2030/1/10
Nueva Zelandia	3DR 433	MIN_FREQ = 433050 = 434790 MAX_FREQ	Notificación de 2007, Anexo 1
Brasil	3DR 433	MIN_FREQ = 433000 = 435000 MAX_FREQ txpower <= 8	Resolución ANATEL n ° 506/2008
Brasil	3DR 900	MIN_FREQ = 902000 MAX_FREQ = 907500 NUM_CHANNELS > = 11	Resolución ANATEL n ° 506/2008
Argentina	3DR 900	MIN_FREQ = 902000 = 928000 MAX_FREQ	Comisión Nacional de Comunicaciones
Ecuador	3DR 900	MIN_FREQ = 902000 MAX_FREQ = 928000 NUM_CHANNELS = 50	La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones-SENATEL

Fuente: <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

2.5.3.10 DUTY_CYCLE – Es el porcentaje máximo de tiempo que la radio transmite paquetes.

2.5.3.11 LBT_RSSI – “Es un sistema que requiere la radio para escuchar

durante un periodo de tiempo y no ver ninguna señal de otras radios antes de que se le permita transmitir. Mediante el uso de un valor distinto de cero LBT_RSSI en el equipo, al ser este más "educado", por esperar a que todo el mundo deje de transmitir antes de comenzar su transmisión.

Para habilitar LBT en la radio se debe establecer el umbral LBT_RSSI. Esta es la fuerza de la señal que la radio considera que es una indicación de que el canal está ocupado.”¹⁹

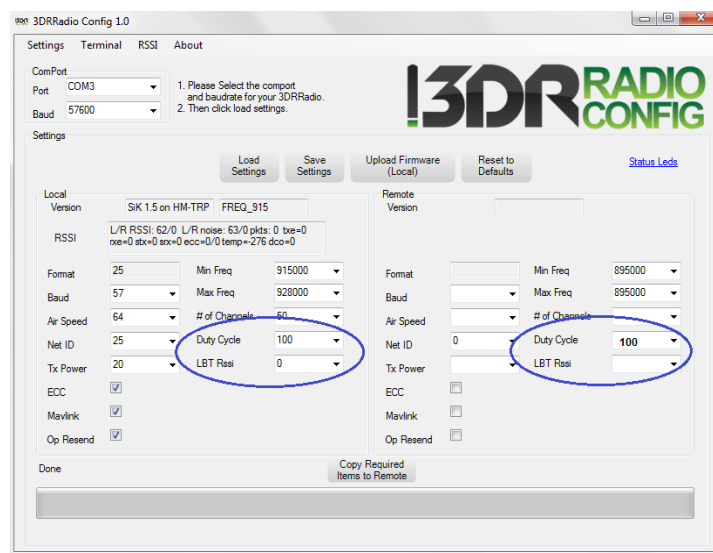


Figura 2.25: Parámetros - DUTY_CYCLE y LBT_RSSI
Fuente: <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

2.5.3.12 BAUD – Es la unidad de la velocidad en la transmisión de los datos igual a un bit por segundo.

¹⁹ <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

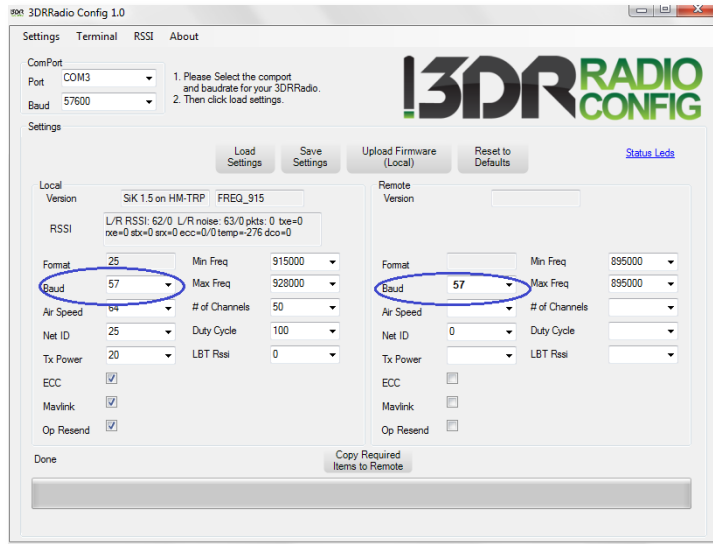


Figura 2.26: Parámetros - BAUD
Fuente: <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

2.3.5.13 PARÁMETRO TERMINAL

En este parámetro se visualizó los datos de recepción que se está estableciendo en el radio enlace.

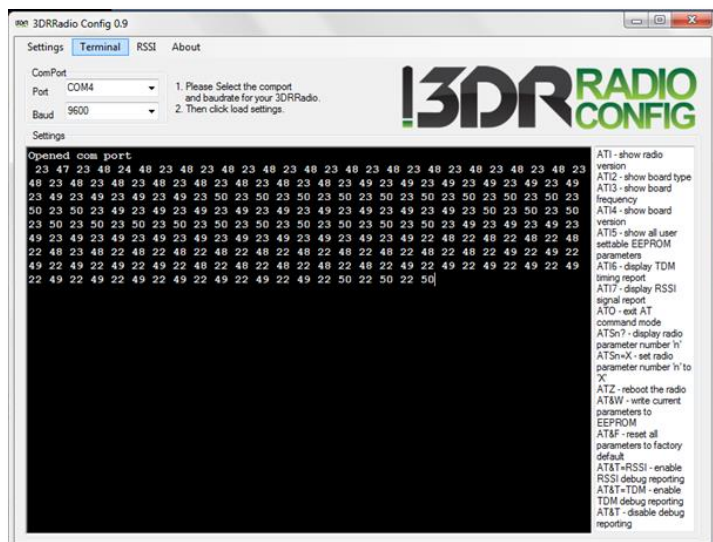


Figura 2.27: Datos de RX de un radio enlace.
Fuente: María José Alajo.

2.5.3.14 PARÁMETRO RSSI (INDICADOR DE INTENSIDAD DE SEÑAL RECIBIDA)

“Se utiliza el soporte MAVLink en las radios 3DR para monitorear la calidad del enlace durante la comunicación de radio.

Los dos parámetros principales de mensajes de intensidad de señal son RADIO-RSSI y RADIO-REMRSSI. El primero es el RSSI (intensidad de la señal) que es el nivel de la radio local que está recibiendo en la comunicación. El parámetro REMRSSI es el RSSI que la radio remota está recibiendo de la comunicación.”²⁰

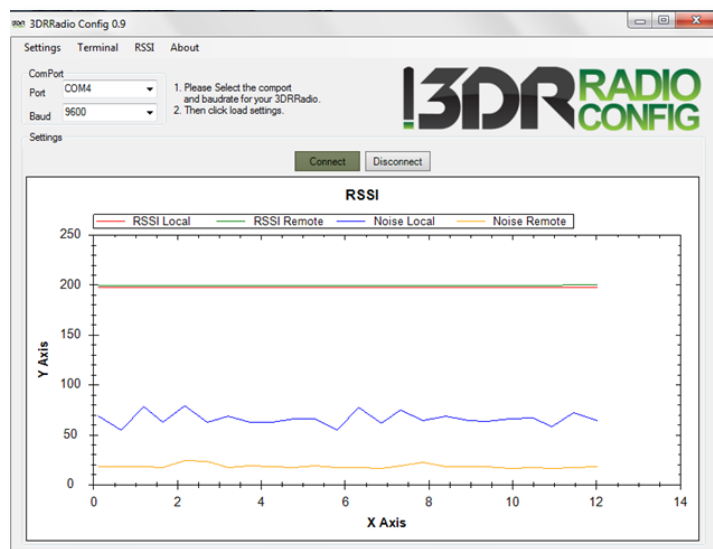


Figura 2.28: Parámetros RSSI
Fuente: María José Alajo.

2.6 MICROCONTROLADOR ATMEGA 8

“El Atmega 8 es un Microcontrolador de la familia Atmega, contiene una arquitectura tipo RISC, sus instrucciones se ejecutan en solo un ciclo de

²⁰ <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/3DRadio>

máquina, su estructura elimina la necesidad de usar componentes externos ya que internamente tiene: osciladores, USART, SPI, resistencias pull-up, modulación por ancho de pulsos (PWM), convertidor ADC, comparador analógico y cronometro,²¹ siendo alguna de las características de este dispositivo.

Su programación es posible de realizar en lenguaje C, assembly o básico. Todo el sistema del microcontrolador está depositado en una sola pastillita.



Figura 2.29: Atmega 8

Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-417185383-atmega8-microcontrolador-avr-_JM?redirectedFromParent=MLM413146324

El Atmega 8 tiene las siguientes características:

- Utiliza arquitectura RISC
 - 130 instrucciones, las más simples se ejecutan en un solo ciclo de reloj.
 - Interfaz serial SPI
 - Reloj en tiempo real
 - 8 Kbyte de Memoria Flash
- ISP: Programable en sistema
- Capacidad read-while-white, (leer mientras escribe). Duración: 1000 ciclos de escritura/borrado.

²¹ <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1955/1/CD-0193.pdf>

- 512 bytes de memoria EEPROM
 - Duración:100000 ciclos de escritura/lectura
- 1 Kbyte de memoria SRAM
- Tiene un seguro de programación para la seguridad del software
- 32x8 registro de trabajo de propósito general
- 23 líneas de entrada 7 salida de propósito general.
- USART (universal synchronous asynchronous receiver transmitter) programmable.
- Vcc: 4.5 – 5.5 V
- Frecuencia de funcionamiento 0 – 16 MHz
- 3 timer/counter
- Interrupciones internas y externas
- Interfaz serial 2-wire
- 6 canales ADC, donde 4 tienen 10 bits de exactitud y 2 tienen 8 bits de exactitud.
- 1 Timer Watchdog programable con oscilador interno.
- 5 modos de ahorro de energía, seleccionados por software.
 - El modo **Idle** (ocioso) detiene la CPU, mientras permite que la memoria SRAM, los timer 7 counter, el puerto SPI e interrupciones del sistema continúen funcionando.
 - Modo **Power-down** (baja energía), guarda el contenido del registro, pero congela el oscilador, inhabilitando el resto de funciones del chip hasta la siguiente interrupción o hasta que se realice un reset de hardware.
 - El **Power save** (modo economizador), el controlador de tiempo asincrónico continúa funcionando, permitiendo al usuario mantener una base de tiempo, mientras el resto de dispositivos continúan en reposo.
 - En el modo de reducción de nivel de ruidos ADC, detiene la CPU y todos los módulos de entrada y salida excepto el controlador asíncrono

y el conversor analógico digital (ADC), para reducir al mínimo el ruido de conmutación durante la conversión ADC.

En **standby** (modo de espera) el oscilador cristal/resonador sigue funcionando, mientras el resto de dispositivos sigue en reposo. Esto permite el reinicio muy rápido combinado con el consumo baja de energía.

“El microcontrolador AVR tiene y combina un amplio sistema de instrucciones, con 32 registros de propósito general. Las operaciones ALU entre registros son ejecutadas en el archivo de registro. Las operaciones son divididas en tres categorías: aritmética, lógica y funciones de bit. La arquitectura que resulta es más eficiente, y alcanza rendimientos de procesamiento de hasta diez veces más rápido que los microcontroladores con tecnología CISC.

La memoria flash ISP (programable en sistema) permite que la memoria del programa del chip sea programada en el propio sistema a través de la interfaz SPI o mediante un programador de memoria convencional. Combinando una tecnología RISC de 8 bits con un CPU con memoria flash, el Atmega 8 resulta un poderoso microcontrolador que proporciona una alta flexibilidad en los diseños, a bajo costo aportando una solución muy efectiva para la mayoría de las aplicaciones de control.”²²

El Atmega 8 está apoyado por un completo juego de programas y sistemas de desarrollo, incluyendo: compiladores, simuladores, emuladores en circuito y kits de evaluación.

²² <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1955/1/CD-0193.pdf>

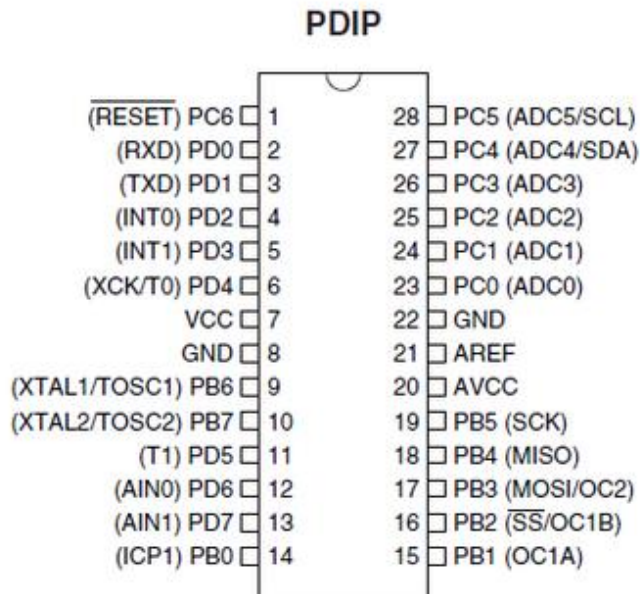


Figura 2.30: Distribución de pines del Atmega 8

Fuente: <http://www.unrobotica.com/manuales/Aplicaciones%20electronicas%20con%20microcontroladores%20bascom.pdf>

2.5 LABVIEW

“**LabVIEW** (Acrónimo de Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.”²³

Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación pueden hacer programas relativamente

²³ <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>

complejos, imposibles para ellos hacer con lenguajes tradicionales. “Los programas en LabView son llamados Instrumentos Virtuales (VIs).”²⁴

Presenta facilidades para el manejo de:

- Interfaces de comunicaciones:
 - Puerto serie
 - Puerto paralelo
 - GPIB
 - PXI
 - VXI
 - TCP/IP, UDP, DataSocket
 - Irda
 - Bluetooth
 - USB
 - OPC
- Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones:
 - DLL: librerías de funciones
 - NET
 - ActiveX
 - Multisim
 - Matlab/Simulink
 - AutoCAD, SolidWorks, etc
- Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales.
- Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.
- Adquisición y tratamiento de imágenes.
- Control de movimiento
- Tiempo Real estrictamente hablando.

²⁴ <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>

- Programación de FPGAs para control o validación.
- Sincronización entre dispositivos.

2.7.1 PANEL FRONTAL

Se trata de la interfaz gráfica del VI con el usuario. Esta interfaz recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa. Un panel frontal está formado por una serie de botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc. Cada uno de ellos puede estar definido como un control o un indicador. Los primeros sirven para introducir parámetros al VI, mientras que los indicadores se emplean para mostrar los resultados producidos, ya sean datos adquiridos o resultados de alguna operación.

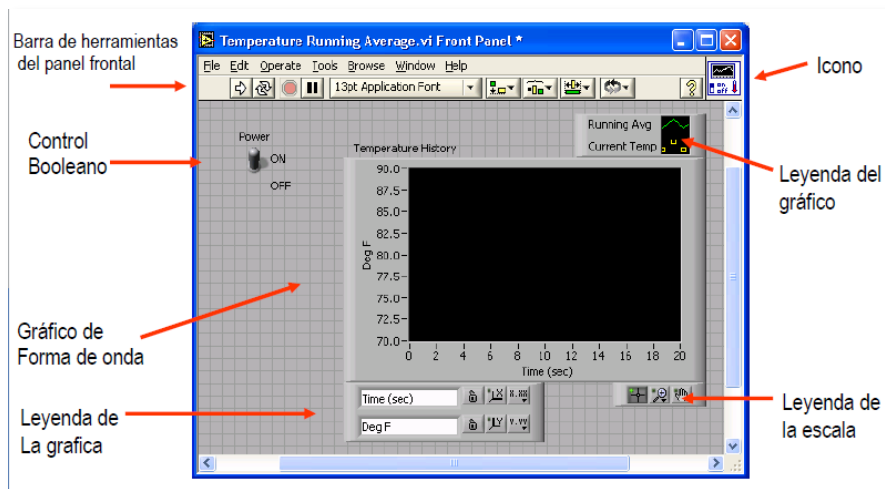


Figura 2.31: Panel Frontal

Fuente: <http://perso.wanadoo.es/jovilve/tutoriales/016tutorlabview.pdf>

2.7.2 DIAGRAMA DE BLOQUES

El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesamiento de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal.

El diagrama de bloques incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora LabVIEW. En el lenguaje G las funciones y las estructuras son nodos elementales. Son análogas a los operadores o librerías de funciones de los lenguajes convencionales.

Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el Panel Frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales. A continuación se presenta un ejemplo de lo recién citado:

El diagrama de bloques se construye conectando los distintos objetos entre sí, como si de un circuito se tratara. Los cables unen terminales de entrada y salida con los objetos correspondientes, y por ellos fluyen los datos.

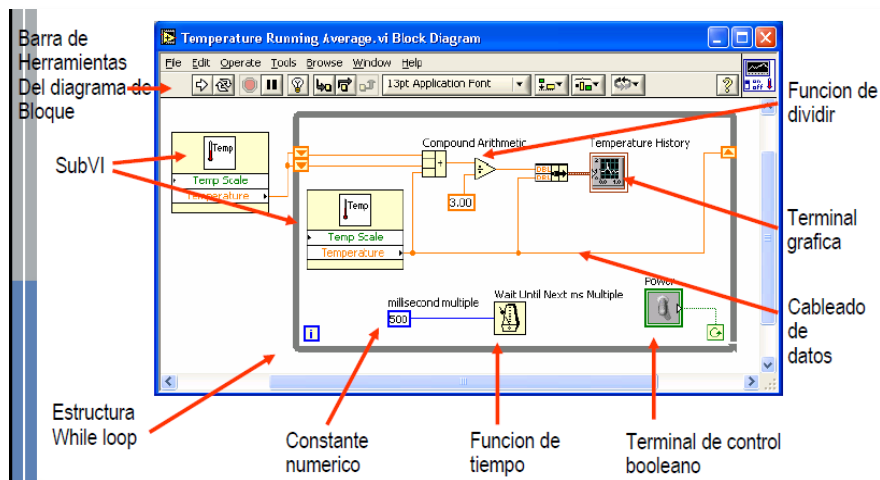


Figura 2.32: Diagrama de bloques

Fuente: <http://perso.wanadoo.es/jovilve/tutoriales/016tutorlabview.pdf>

2.7.3 EL ENTORNO LABVIEW

Los elementos básicos en el entorno LabVIEW son los menús (en la parte superior de las ventanas del panel frontal y diagrama de bloques) la barra de herramientas y las paletas flotantes que se pueden colocar en cualquier parte de la pantalla.

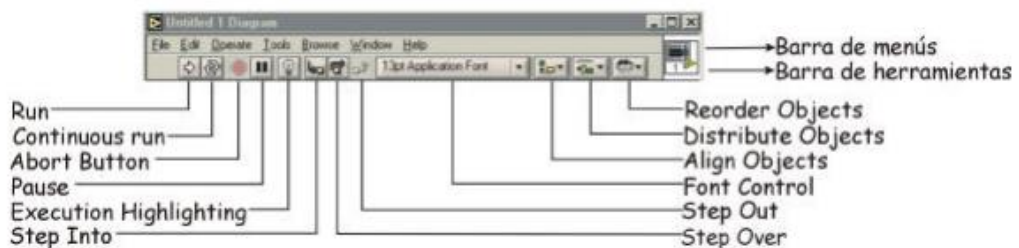


Figura 2.33: Barra de Menús

Fuente: http://es.wikibooks.org/wiki/LabVIEW_2009

En la barra de menús existen las siguientes opciones:

- **File:** Las opciones de este menú son para realizar las operaciones estándar con archivos como Abrir, Guardar, Imprimir, Salir.
- **Edit:** Operaciones de edición en el VI, como Cortar, Copiar, Pegar, Búsqueda...
- **Operate:** Control de la ejecución del archivo activo, como Ejecutar, Parar, Cambiar a Modo de Ejecución...
- **Tools:** Varias utilidades como Guía de Soluciones DAQ, Historial del VI.
- **Browse:** Menú para ver diversos aspectos del VI actual, como archivos que llaman al VI, los subVIs que utiliza este VI, Puntos de Ruptura.

- **Window:** Acceso y personalización de diferentes vistas del VI, como Ver Diagrama, Ver Lista de Errores, y opciones para las paletas y ventanas
- **Help:** Acceso a varios tipos de ayuda como Ayuda LV, ejemplos de VIs y enlaces a los recursos de ayuda de National Instruments en internet.
- **Run:** Ejecución del VI.
- **Continuous run:** Ejecución continuada del VI.
- **Abort Button:** Parada en mitad de la ejecución del VI.
- **Pause:** Parada momentánea en la ejecución del VI.
- **Execution Highlighting:** Esta opción se utiliza durante la depuración del VI para ver cómo fluyen los datos de nodo a nodo.
- **Step Into:** Ejecución paso a paso en la depuración que entra dentro de un diagrama de bloques de cualquier nodo (subVI, estructuras) para ejecutarlo también paso a paso.
- **Step Over:** Ejecución paso a paso que ejecuta completamente un nodo sin entrar en él.
- **Step Out:** Salir de la ejecución paso a paso en el modo de depuración.
- **Font Control:** Menú desplegable para controlar las fuentes del VI.
- **Align Objects:** Menú desplegable para alinear componentes seleccionados en el panel frontal o diagrama de bloques.
- **Distribute Objects:** Menú desplegable para distribuir componentes seleccionados en el panel frontal o diagrama de bloques.

- **Reorder Objects:** Menú desplegable para reordenar componentes seleccionados en el panel frontal o diagrama de bloques.

2.7.4 PALETA DE HERRAMIENTAS (Tools Palette):

La paleta de herramientas está disponible tanto en el panel de control como en el diagrama de bloques para modificar sus contenidos. Se llama herramienta a un modo especial de operación del puntero del ratón. El cursor toma el aspecto del icono de la herramienta seleccionada en la paleta. Se utilizan las herramientas para operar y modificar los contenidos del panel de control y del diagrama de bloques.

Al habilitarse la selección automática de herramienta, cuando se mueve el cursor sobre los diferentes objetos en el panel frontal o diagrama de bloques, LabVIEW selecciona automáticamente la herramienta correspondiente de la paleta. Cada icono de la paleta cambia el comportamiento del cursor en LabVIEW, con lo que se puede posicionar, operar y editar las diferentes tareas de los VIs.



Figura 2.34: Paletas de Herramientas

Fuente: Investigación de Campo.

2.7.5. PALETA DE CONTROLES (Controls Palette):

Para generar el panel frontal se colocan controles e indicadores de la paleta de controles. Cada icono representa una subpaleta, la cual contiene controles para colocar en el panel frontal. Un control es un objeto que utiliza el usuario para interactuar con el VI, al introducir datos o al momento de controlar el proceso. Unos ejemplos sencillos de controles son los botones, controles deslizantes, diales, cuadros de texto. Un indicador es un objeto del panel frontal que muestra datos al usuario. Se pueden citar como ejemplos: gráficas, termómetros, medidores analógicos y digitales. Cuando se coloca un control o indicador en el panel frontal, automáticamente aparece un terminal en el diagrama de bloques.



Figura 2.35: Paletas de Controles

Fuente: Investigación de Campo.

2.7.6. PALETA DE FUNCIONES (Functions Palette):

Para construir el diagrama de bloques se usan los terminales generados en el panel de control por los controles e indicadores, y los VIs, funciones y estructuras de la paleta de funciones. Cada icono de la

paleta representa una subpaleta, la cual contiene Vis y funciones para colocar en el diagrama de bloques. Las estructuras, VIs y funciones (llamados en conjunto nodos) de la paleta de funciones proporcionan la funcionalidad al VI. Cuando se añaden nodos a un diagrama de bloques, se pueden conectar entre si y a los terminales generados por los controles e indicadores del panel de control mediante la herramienta de conexión (Wiring Tool) de la paleta de herramientas. Al final, un diagrama de bloques completo se asemeja a un diagrama de flujo.



Figura 2.36: Paletas de Funciones

Fuente: Investigación de Campo.

2.7.7 VISA CONFIGURE SERIAL PORT

Configura el puerto serie con todos los parámetros.

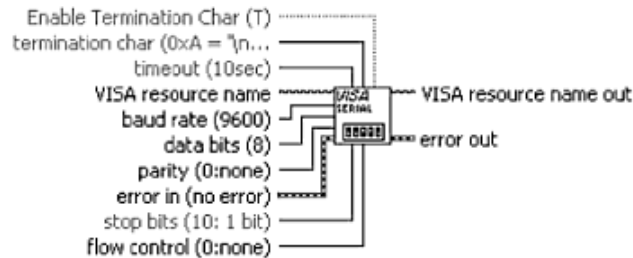


Figura 2.37: VISA configure serial port

Fuente: Investigación de Campo.

Características de los parámetros:

- **“Nº bits:** número de bits necesarios para comenzar la comunicación serie. Su valor está comprendido, normalmente entre 5 y 8. El valor automático de este parámetro que asigna LabVIEW es 8 bits.
- **Paridad (dato opcional):** Es una forma sencilla de verificar si hay errores en la transmisión serial. La opción de no usar paridad alguna también está disponible. Para paridad par e impar, el puerto serial fijará el bit de paridad (el último bit después de los bits de datos) a un valor para asegurarse que la transmisión tenga un número par o impar de bits en estado alto lógico.
- **Bits stop:** Usado para indicar el fin de la comunicación de un solo paquete. Los valores típicos son 1, 1.5 o 2 bit.
- **Velocidad de transmisión del puerto serie:** Indica el número de bits por segundo que se transfieren, y se mide en baudios (bauds). Por ejemplo, 300 baudios representa 300 bits por segundo. Cuando se hace referencia a los ciclos de reloj se está hablando de la velocidad de transmisión.
- **Protocolo de control de flujo:** establece el tipo de control utilizado para transferir datos. Existen dos posibilidades de control de flujo de

datos con la RS232: Una hardware mediante las líneas RTS/CTS y otro software XON/XOFF.”²⁵

2.7.8 VISA BYTES AT SERIAL PORT

Obtiene los bytes que hay en el buffer del puerto esperando a ser leídos.

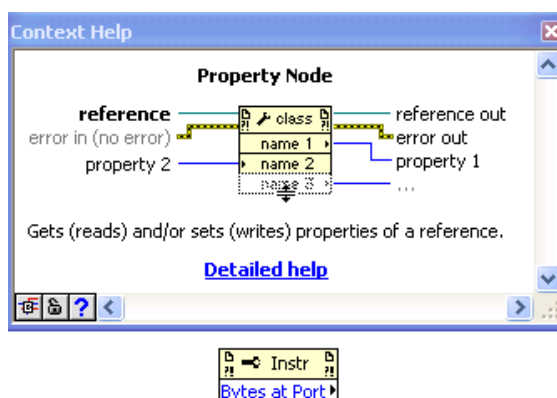


Figura 2.38: Visa bytes at serial port.

Fuente: Investigación de Campo.

2.7.9 VISA READ

“Lee los datos que le envía el otro dispositivo que participa en la comunicación. Para que su funcionamiento sea correcto hay que indicarle el número de bytes que debe leer del subbuffer (byte count), para darle un valor a este parámetro suele usarse la salida de la propiedad VISA Bytes at Serial Port.”²⁶

²⁵ http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/13563/1/PFC_Jose_Rosado_Medina.pdf

²⁶ http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/13563/1/PFC_Jose_Rosado_Medina.pdf

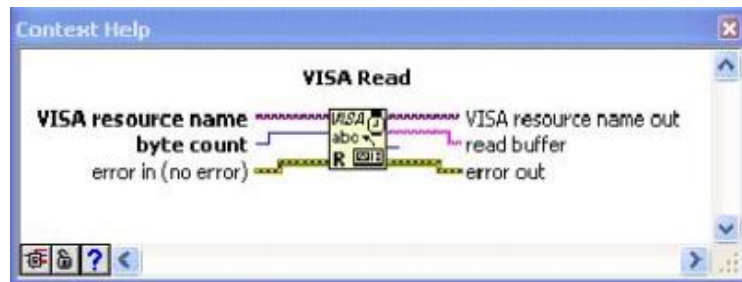


Figura 2.39: Visa read.

Fuente: Investigación de Campo.

2.7.10 VISA CLOSE

Cierra una sesión del dispositivo u objeto que está simulando.

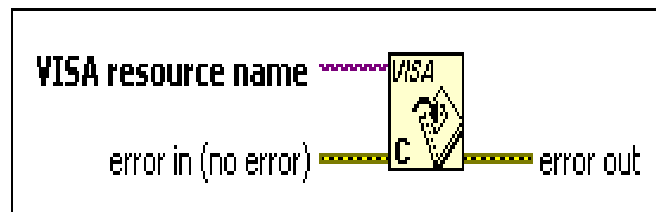


Figura 2.40: Visa close.

Fuente: Investigación de Campo.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 PRELIMINARES

En el presente capítulo se detalla paso a paso la implementación del software y hardware que se utilizó en el monitoreo de temperatura y humedad mediante el kit de telemetría 3DR. También la visualización de los datos que adquiere el sensor digital SHT15 en el software llamado Labview.

Mediante el software Labview, se puede observar de una forma clara los datos provenientes del sensor.

Además se explica cómo realizar este monitoreo de temperatura y humedad en un departamento del Instituto, en donde los datos se visualizaran a través de un LCD.

3.2 IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE

Para el desarrollo de este proyecto se realizó dos programas en lenguaje C, estos programas están encaminados al monitoreo de temperatura y humedad. El primer programa se utilizó en un módulo que se dejó en el bloque 42 y el otro programa es el que se utilizó en la comunicación inalámbrica con el kit de telemetría 3DR. Para ello se explicará detalladamente cada uno de estos programas.

3.2.1 SOFTWARE PARA EL MÓDULO DEL BLOQUE 42

3.2.1.1 PROGRAMA EN PIC C COPIER

Para este módulo se empleó el programa PIC C COPIER, en este se ejecutó una serie de pasos que permitieron monitorear la temperatura y humedad del Bloque 42 del Instituto y a la vez se visualizó los datos en un LCD.

Los pasos a seguir para este programa son:

1. Se abrió el programa PIC C, se eligió una nueva hoja y se guardó en una carpeta.
2. Para iniciar el programa se eligió la librería del PIC a usar, la elección del PIC dependerá de la configuración de los puertos y los bytes que se necesiten. En este caso es el PIC 16F628A.

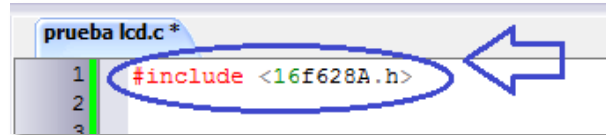


Figura 3.1: Elección del PIC.

Fuente: Investigación de campo

3. Se activó los fusibles que se utilizaron en este programa entre ellos está: INTRC_IO, NOWDT, PUT, NOMCLR, NOBROWNOUT.

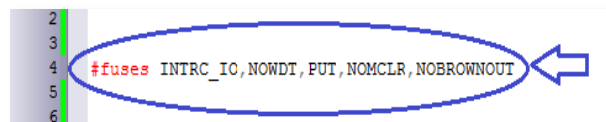


Figura 3.2: Elección de los fusibles del programa.

Fuente: Investigación de campo

- Se fijó la velocidad del reloj que se utilizó en el programa, para ello se consultó el datasheet del pic.

```
6  
7 #use delay (clock=4M)  
8
```

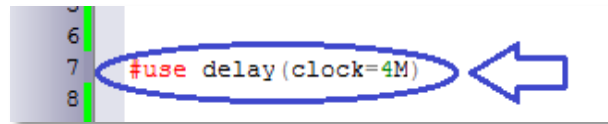


Figura 3.3: Velocidad del reloj.

Fuente: Investigación de campo

- Se incluyó en el programa la librería del sensor digital SHT15.

```
9  
10 #include <shtxx.h>  
11  
12
```

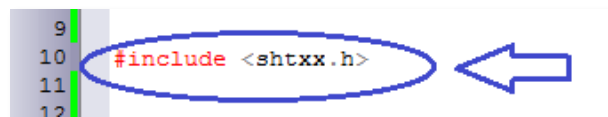


Figura 3.4: Librería del sensor.

Fuente: Investigación de campo

- Se activó la librería del LCD que se utilizó en la práctica.

```
12  
13 #include <lcd420.c>  
14  
15
```

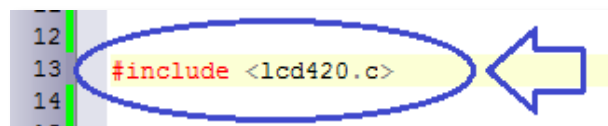


Figura 3.5: Librería del LCD.

Fuente: Investigación de campo

7. Se seleccionó la función principal del programa.

```
7  
8 void main()  
9
```

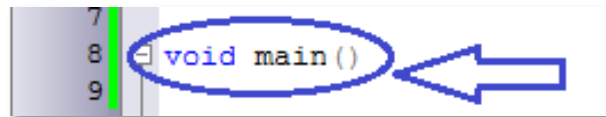


Figura 3.6: Función principal.

Fuente: Investigación de campo

8. Se escogió el tipo de datos que se utilizó en el programa, en esta ocasión fueron FLOAT que permitió declarar el tipo de datos de las variables.

```
10 {  
11 FLOAT temp, hum;  
12
```

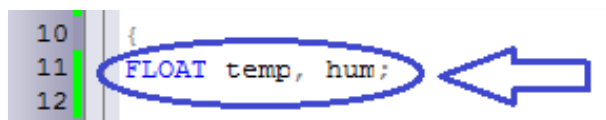


Figura 3.7: Selección del tipo de dato a utilizar.

Fuente: Investigación de campo

9. Se escogió el nombre de las variables locales que se utilizaron en el programa.

```
12  
13 int temp1;  
14 int hum1;  
15
```

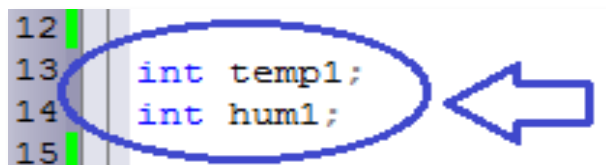


Figura 3.8: Variables locales.

Fuente: Investigación de campo

10. Se inició el sensor SHT15.

```
15 |  
16 | shtxx_init();  
17 |
```

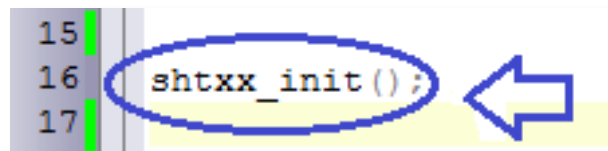


Figura 3.9: Inicio el sensor SHT15.

Fuente: Investigación de campo

11. Se inició el funcionamiento del LCD.

```
17 |  
18 | lcd_init();  
19 |
```

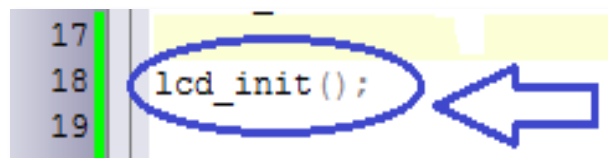


Figura 3.10: Inicio del LCD.

Fuente: Investigación de campo

12. Se escogió una subfunción para el desarrollo del programa.

```
19 |  
20 | while (true)  
21 |
```

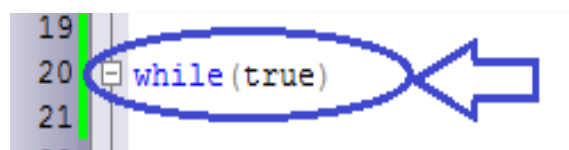


Figura 3.11: Subfunción

Fuente: Investigación de campo

13. Se realizó las líneas de programación que permiten visualizar el encabezado del programa principal que se necesita ver en el LCD para la presentación.

```
23  
24 lcd_gotoxy(1,1);  
25 printf(lcd_putc,"ITSA-ELECTRONICA");  
26 lcd_gotoxy(2,2);  
27 printf(lcd_putc," SENSOR SHT15");  
28  
29
```

Figura 3.12: Líneas de programación para el LCD

Fuente: Investigación de campo

14. Se inició la función de lectura del sensor.

```
28  
29 read_shtxx(temp, hum);  
30
```

Figura 3.13: Lectura del sensor.

Fuente: Investigación de campo

15. Se realizó cálculos para obtener los datos exactos de la medición de temperatura y humedad y a vez estos datos visualizarlos en el LCD.

```
26  
27  
28 lcd_gotoxy(1,3);  
29 temp1=temp*1;  
30 printf(lcd_putc,"Temp = %u",temp1);  
31 lcd_gotoxy(1,4);  
32 hum1=hum;  
33 printf(lcd_putc,"RH = %u",hum1);  
34  
35
```

Figura 3.14: Cálculos y visualización de datos.

Fuente: Investigación de campo

16. Se eligió un tiempo de espera para el programa.

```
41  
42 delay_ms(500);  
43
```

Figura 3.15: Tiempo de espera.
Fuente: Investigación de campo

17. Como se inició el programa también se lo debe cerrar.

```
preba.kd.c  
1 #include <16F628A.h>  
2 #fuses INTRC_IC, NOWDT, PUT, NOCLK, NOBROWNOUT  
3 #use delay(clock=4M)  
4 #include <shxx.h>  
5 #include <led420.c>  
6 void main()  
7 {  
8     float temp, hum;  
9     int temp1;  
10    int hum1;  
11    shxx_init(); // Inicio del sensor: Sensirion  
12    led_init();  
13    while(true)  
14    {  
15        led_getoxy(1,1);  
16        printf(led_putc, "ITSA-ELECTRONICA");  
17        led_getoxy(2,2);  
18        printf(led_putc, " SENSOR SHT15");  
19        read_shxx(temp, hum);  
20        led_getoxy(1,3);  
21        temp1=temp*1;  
22        printf(led_putc, "Temp = %u", temp1);  
23        led_getox  
24        y(1,4);  
25        hum1=hum;  
26        printf(led_putc, "RH = %u", hum1);  
27        delay_ms(500);  
28    }  
29 }  
30 }  
31 }
```

Figura 3.16: Inicio y final del programa
Fuente: Investigación de campo

18. Al final del se obtuvo el siguiente programa para ser simulado en PROTEUS luego de ser copiado y no tener ningún error.

```
prueba lcd.c *
1  #include <16f628A.h>
2  #fuses INTRC_IO, NOWDT, PUT, NOMCLR, NOBROWNOUT
3  #use delay (clock=4M)
4  #include <shtxx.h>
5  #include <lcd420.c>
6  void main ()
7
8  {
9  FLOAT temp, hum;
10 int temp1;
11 int hum1;
12 shtxx_init(); // Inicio del sensor: Sensirion
13 lcd_init();
14 while (true)
15 {
16 {
17 lcd_gotoxy (1,1);
18 printf (lcd_putc, "ITSA-ELECTRONICA");
19 lcd_gotoxy (2,2);
20 printf (lcd_putc, " SENSOR SHT15");
21 read_shtxx (temp, hum);
22 lcd_gotoxy (1,3);
23 temp1=temp*1;
24 printf (lcd_putc, "Temp = %u", temp1);
25 lcd_gotox
26 y (1,4);
27 hum1=hum;
28 printf (lcd_putc, "RH = %u", hum1);
29 delay_ms (500);
30 }
31 }
```

Figura 3.17: Programa final.

Fuente: Investigación de campo

3.2.2 SOFTWARE PARA LA SIMULACIÓN DEL PROGRAMA EN PIC C

A través del programa ISIS PROFESSIONAL se realizó una simulación para el programa realizado en PIC C, en este se colocó el PIC 16F628A, el sensor SHT15 y el LCD conectado de acuerdo a las necesidades del programa.

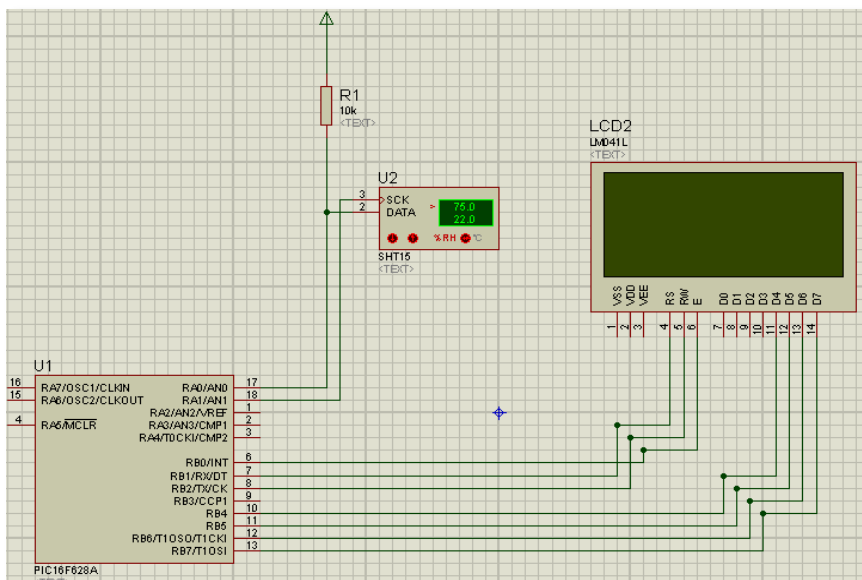


Figura 3.18: Programa para la simulación.

Fuente: Investigación de campo

En el PIC se instaló el programa para la simulación, con las características iguales a las del programa en PIC C.

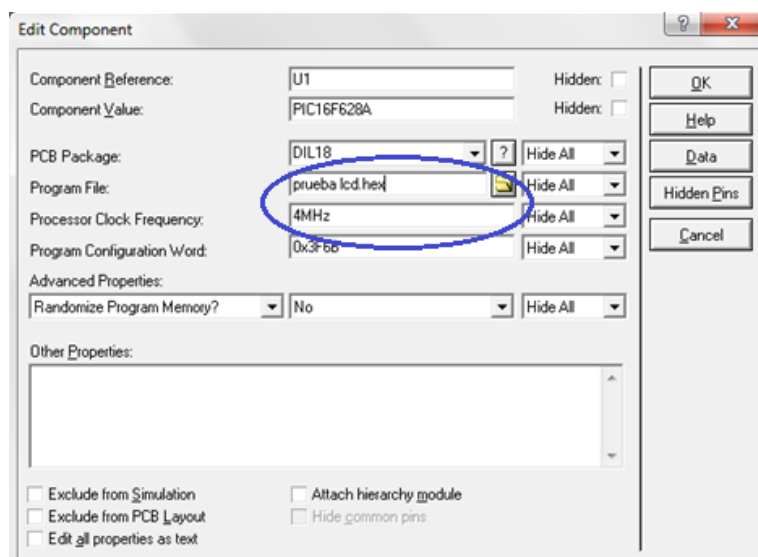


Figura 3.19: Parámetros a establecer en ISIS.

Fuente: Investigación de campo

Luego de esto se procedió a la simulación, si en la simulación todo está correcto y no hay ninguna falla, se elaboró la placa respectiva.

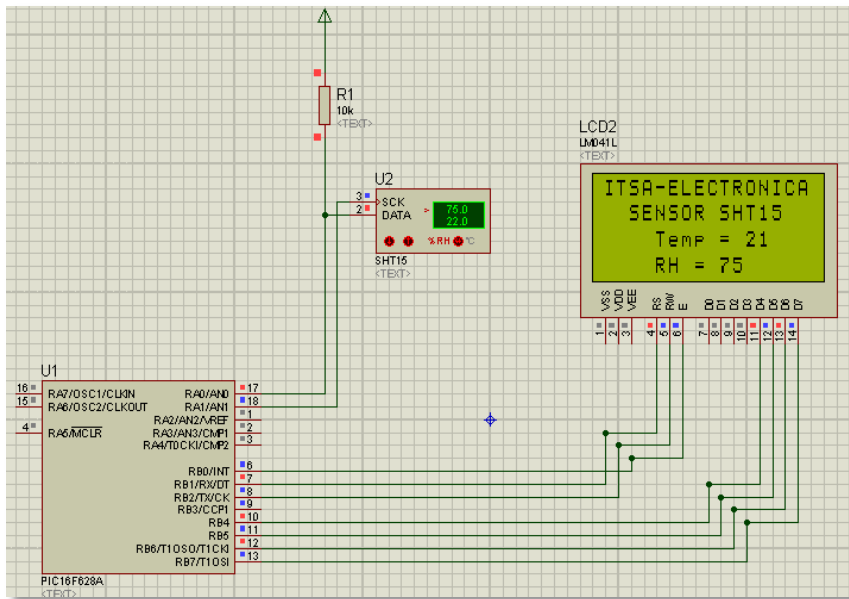


Figura 3.20: Simulación del programa.

Fuente: Investigación de campo

3.2.3 SOFTWARE PARA LA COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

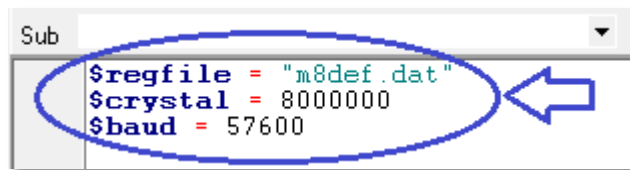
Para la comunicación inalámbrica se ocupó un Atmega 8 pues la velocidad de trasmisión del PIC16F628A no era la suficiente para una correcta comunicación entre las dos radio 3DR y esto provocaba que las dos radios no se comuniquen.

Al usar el ATMEGA 8 la comunicación mejoró notablemente permitiendo realizar las pruebas necesarias para comprobar el alcance del kit de telemetría 3DR.

Para ello primero se realizó el programa en BASCOM-AVR, que es un software de lenguaje C.

Para lo cual se realizó los siguientes pasos:

1. Se escogió el AVR a utilizar, la frecuencia interna del micro y la velocidad de transmisión de los datos.



```
Sub
$regfile = "m8def.dat"
$crystal = 8000000
$baud = 57600
```

Figura 3.21: AVR a trabajar, frecuencia y velocidad.

Fuente: Investigación de campo

2. Se seleccionó las dimensiones de almacenamiento de las variables a utilizar.

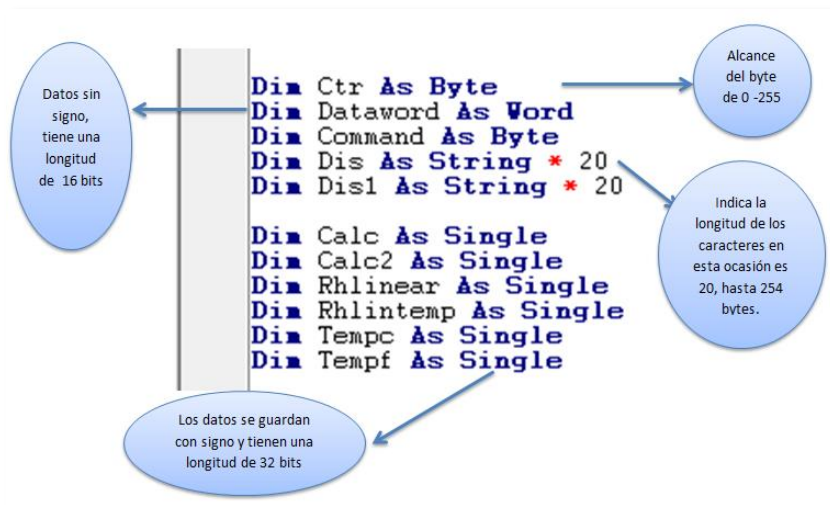


Figura 3.22: Dimensión de las variables.

Fuente: Investigación de campo

3. Se declaró las constantes a utilizar en el programa, las mismas que no requieren espacio en la memoria del programa. Al momento de programar todas las constantes serán remplazadas por el valor asignado.

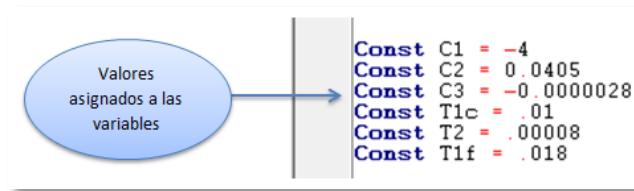


Figura 3.23: Valores de las variables.

Fuente: Investigación de campo

- Se define un nombre alternativo a los pines que se va a utilizar en la programación permitiendo que el programa sea más comprensible.



Figura 3.24: Variable referenciada con otro nombre.

Fuente: Investigación de campo

- Se declaró una subrutina para el programa con la finalidad de que todos los pines del puerto B sean solo salidas.

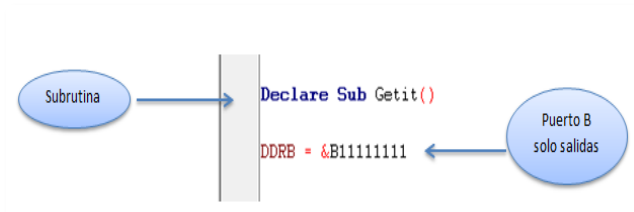


Figura 3.25: Subrutina y puerto de salida.

Fuente: Investigación de campo

- Se configuró el PIN B0 para salida del reloj (SCK) y el PIN B1 para salida de los datos (DATA) del sensor SHT15.

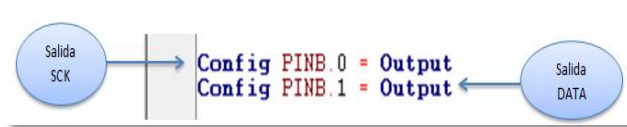


Figura 3.26: Salida SCK y DATA del sensor SHT15.

Fuente: Investigación de campo

- Se puso en 1 los datos de salida del sensor, ejecutado un número determinado de veces de un bloque, en 1 SCK, determina un tiempo de espera, en 0 SCK, espera un tiempo y se cierra el lazo de repetición del bloque.

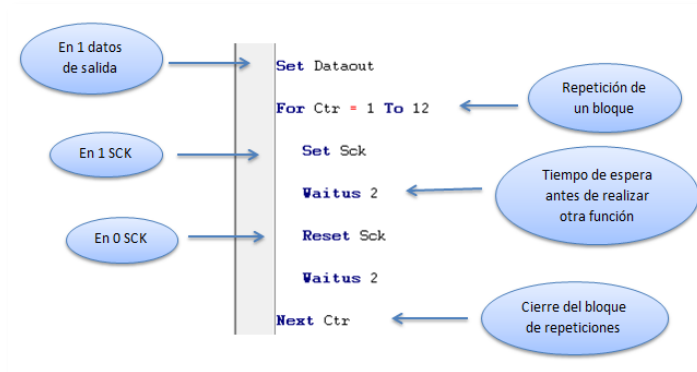


Figura 3.27: Lazo FOR - NEXT

Fuente: Investigación de campo

- Se realizó un bloque de programación en donde las instrucciones se repitan siempre y cuando la condición sea verdadera.
 - Inicio del lazo de repetición.
 - 2 pines del puerto B se los utiliza para entradas.
 - Se llamó y ejecutó una subrutina.

- Se calculó los datos de temperatura para grados centígrados mediante la utilización de la fórmula: $(0.1 * 8\text{bit}) - 40$.
- El valor de la T se formateó a punto flotante.
- Se cambió la configuración de los pines del puerto B.
- A la subrutina se llamó y ejecutó.
- Para obtener los valores de humedad se realizó unos cálculos: $\{[(0.0405 * 8\text{bits}) + (4)] + [(8\text{bits} + 8\text{bits}) * 0.0000028] + [(0.00008 * 8\text{bits}) + 0.01 * (-25)]\}$.
- Se formateo el valor de la humedad para obtener los datos con valores decimales.
- Se tuvo que enviar y escribir sobre el puerto serie asíncrono los datos de temperatura y humedad, para la comunicación inalámbrica.
- Se debió esperar un tiempo
- Y por último se cerró el lazo de repetición DO-LOOP

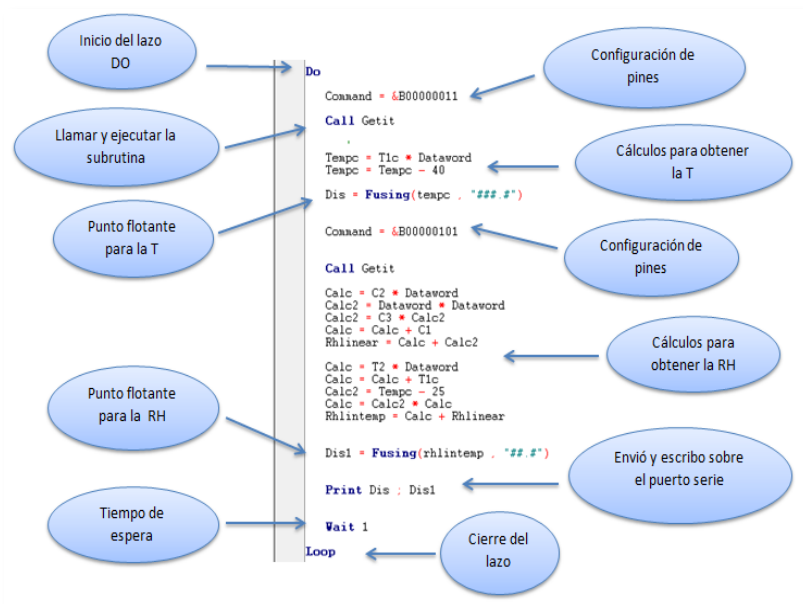


Figura 3.28: Lazo DO-LOOP.

Fuente: Investigación de campo

9. Para seguir con las líneas de programación se definió una subrutina y dimensionó nuevas variables locales para un subprograma.

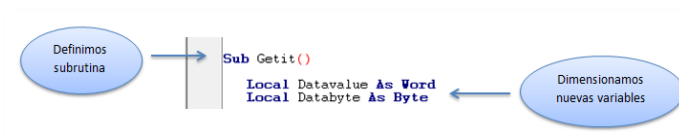


Figura 3.29: Define subrutina y nuevas variables.

Fuente: Investigación de campo

10. Para la trasmisión se realizó las siguientes líneas de programación:

- En 1 SCK
- Borrar los datos de salida del sensor
- Borrar los datos SCK
- Iniciar SCK
- En 1 los datos de salida
- Resetear SCK

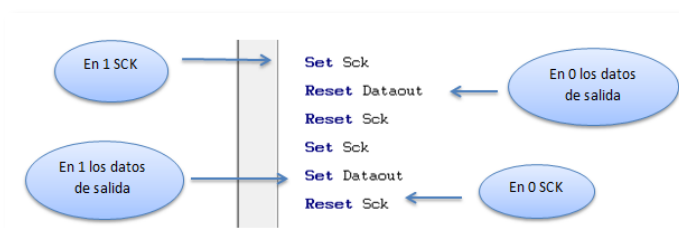


Figura 3.30: Inicio de la trasmisión

Fuente: Investigación de campo

11. Los datos del comando se enviaron en forma de un tren de bits seriales, sincronizada a una señal de reloj. Para ello se realizó estos pasos:

- Envío los datos de salida del sensor, la señal de reloj y el comando.
- Configuró los pines del puerto B para entradas.
- Configuró el PIN B1 para que sea entrada.
- 1 SCK
- Reseteó SCK
- Esperó un tiempo
- Esperó hasta que un bit cambie set o reset.

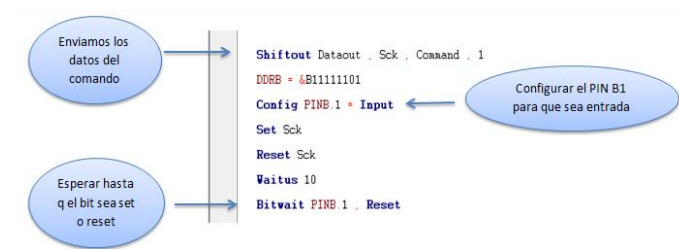


Figura 3.31: Envío del comando

Fuente Investigación de campo

12. Se eligió el bit más significativo (MSB) siguiendo estas instrucciones:

- Recibe los datos de entrada, el SCK y la nueva variable mencionada.
- Iguala las dos nuevas variables.
- Configura el puerto B para que sean salidas.
- Configura el PIN B1 para que trabaje como salida.
- Borra los datos de salida.
- Inicia el reloj, se pone en 1.
- Borra los datos de SCK
- Configura de nuevo el puerto B.
- Configura el PIN B1 para que sea entrada.

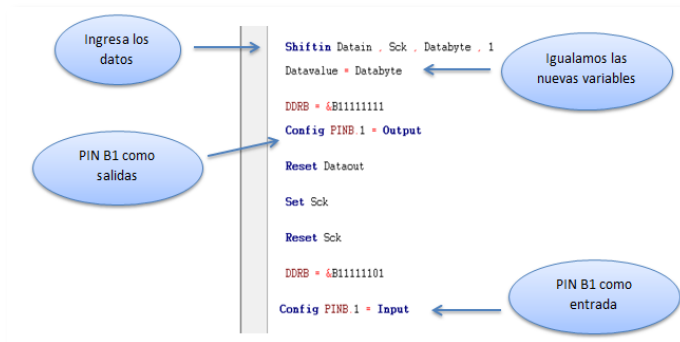


Figura 3.32: Obtener el MSB

Fuente: Investigación de campo

13. Para hallar el bit menos significativo (LSB) se debió seguir estos pasos:

- Recibió los datos de entrada, el SCK y la nueva variable mencionada.
- Desplaza la variable `datavalue` 8 espacios a la izquierda.
- Iguala las dos nuevas variables.
- Configura el puerto B para que sean salidas.
- Configura el PIN B1 para que trabaje como salida.
- Borra los datos de salida.
- Inicia el reloj en 1.
- Borra los datos de SCK
- Configura de nuevo el puerto B.
- Configura el PIN B1 para que sea entrada.

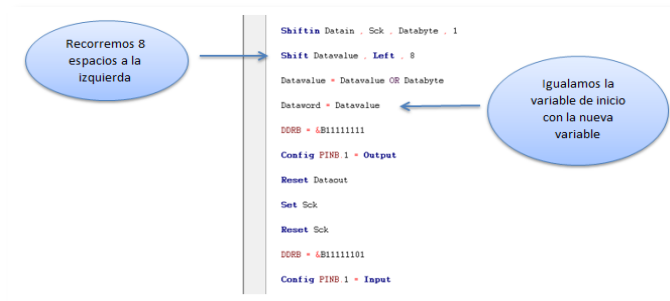


Figura 3.33: Obtener el LSB

Fuente: Investigación de campo

14. Para finalizar el programa se siguió estas instrucciones:

- Recibe los datos de entrada, el SCK y la nueva variable mencionada.
- Configura el puerto B para que sean salidas.
- Configura el PIN B1 para que trabaje como salida.
- Inicia los datos de salida.
- Se inicia el reloj en 1.
- Borra los datos de SCK.
- Finaliza la subrutina.
- Y por último se finaliza el programa.

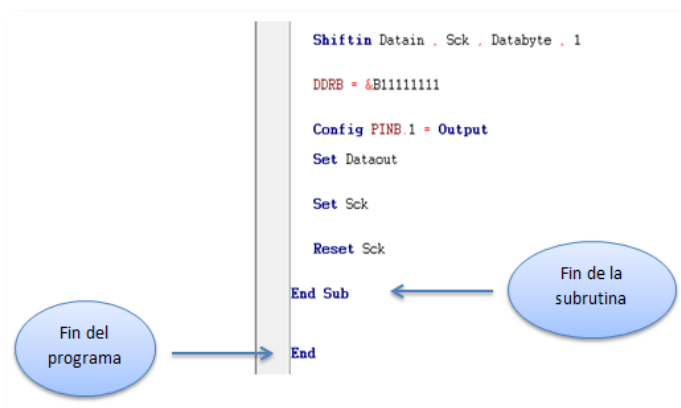


Figura 3.34: Final de la subrutina y del programa

Fuente: Investigación de campo

3.2.4 SOFTWARE PARA LA SIMULACIÓN DEL PROGRAMA EN BASCOM

AVR

Para la simulación se realizó un programa en ISIS PROFESSIONAL en donde se utilizó un ATMEGA 8, el sensor SHT15 y un puerto virtual para ver la comunicación serial. Una vez obtenido estos elementos del programa se procede a conectar los cables de acuerdo a la programación en BASCOM AVR.

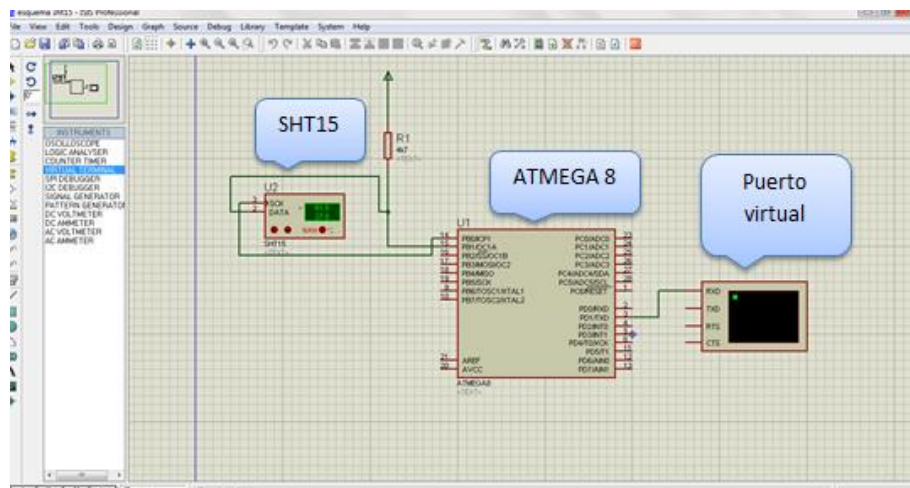


Figura 3.35: Programa para la simulación en BASCOM.

Fuente: Investigación de campo

Luego de este paso se procedió a programar el archivo de BASCOM en el ATMEGA 8 con los parámetros iguales al de la programación.

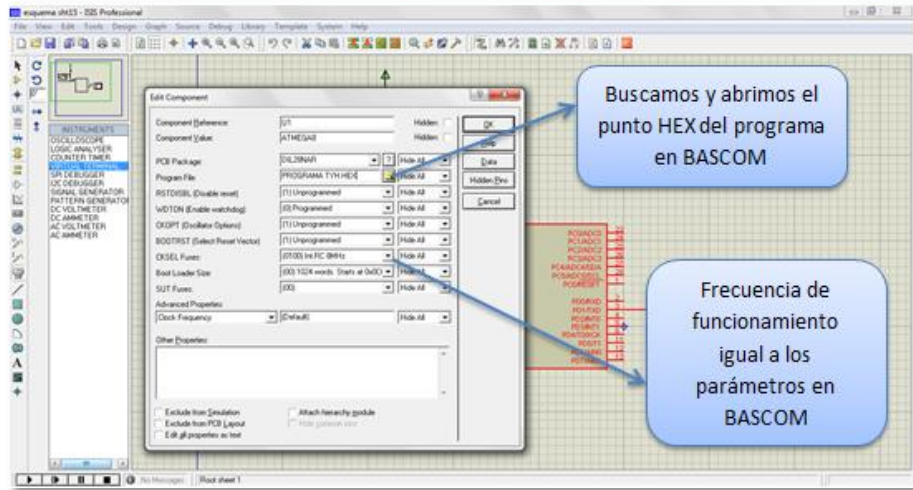


Figura 3.36: Editamos el componente.

Fuente: Investigación de campo

Y por último se inició la simulación en ISIS, si todo está correcto se procede a armar en el protoboard y una vez realizadas las pruebas respectivas hacer la placa correspondiente.

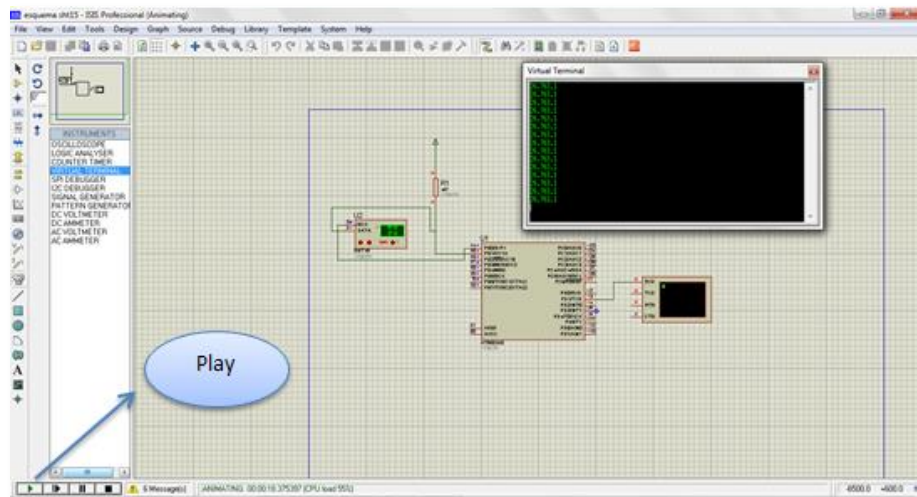


Figura 3.37: Inicio de la simulación

Fuente: Investigación de campo

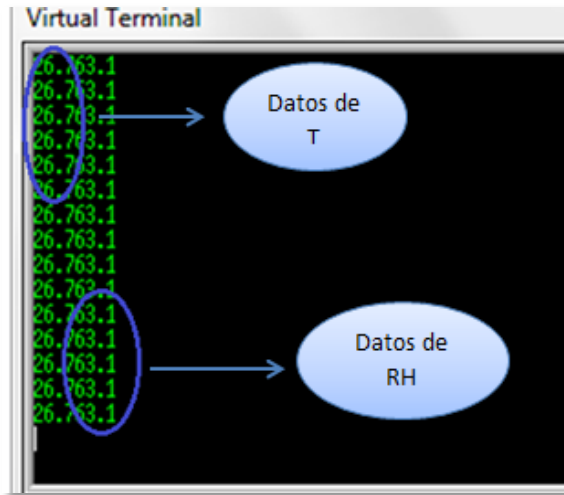


Figura 3.38: Datos del sensor
Fuente: Investigación de campo

3.2.5 SOFTWARE LABVIEW

Se utilizó el software LABVIEW para visualizar las dos variables enviadas por el sensor SHT15, para lo cual se elaboró un programa que permite tener una comunicación serial para ello se realizó estos pasos:

1. LABVIEW, black VI
2. En el diagrama de bloques se da clic derecho y se escogió instrument I/O y serial

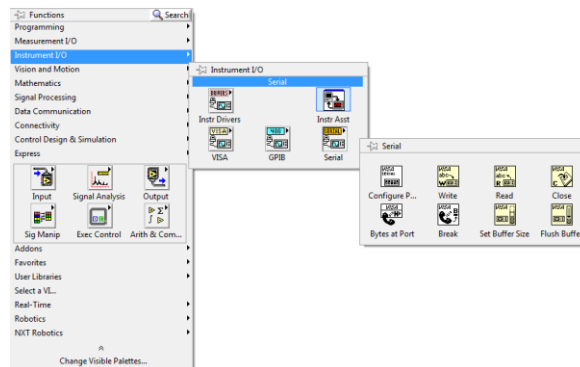


Figura 3.39: Instrument I/O
Fuente: Investigación de campo

3. Dentro de la paleta serial se escoge VISA configure serial port, se elige el icono al diagrama de bloques y dentro de este icono hay una serie de parámetros pero solo se utiliza baud rate y VISA resource name y se crea una constante.

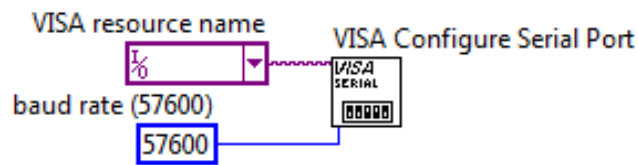


Figura 3.40: Visa Configure Serial Port

Fuente: Investigación de campo

4. Como siguiente paso se utiliza Property Node y se debe iniciar el bloque anterior.

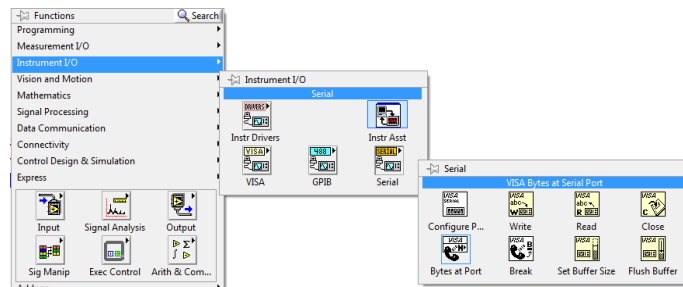


Figura 3.41: Property Node

Fuente: Investigación de campo

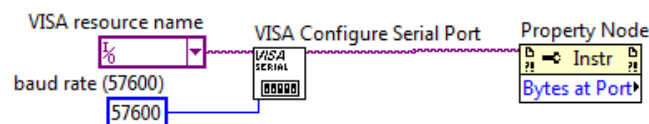


Figura 3.42: Bloque de programación de Property Node

Fuente: Investigación de campo

5. A continuación se escogió Visa read y se une al bloque anterior de programación.

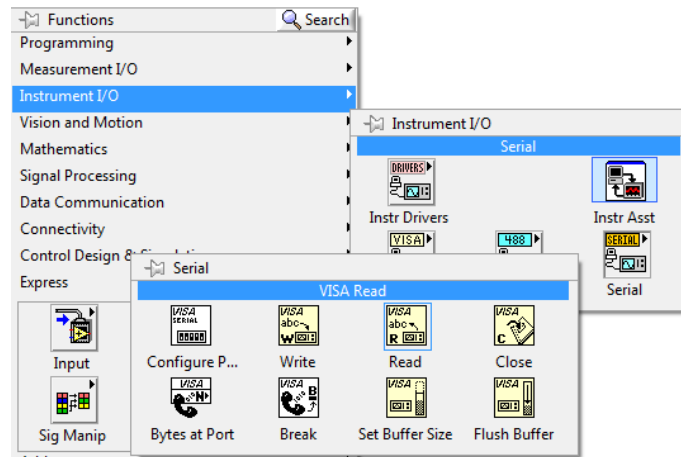


Figura 3.43: Visa read

Fuente: Investigación de campo

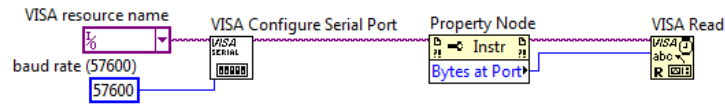


Figura 3.44: Bloque de programación de Visa read

Fuente: Investigación de campo

6. Se debe cerrar este bloque con Visa close

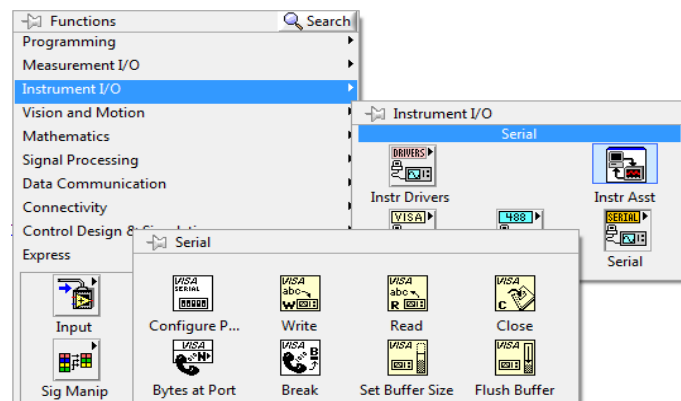


Figura 3.45: Visa close

Fuente: Investigación de campo

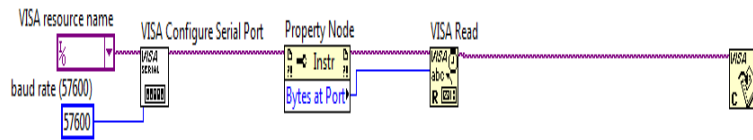


Figura 3.46: Bloque de programación de VISA close

Fuente: Investigación de campo

- Al encerrar el bloque Property Node y VISA read en un while loop, permite ejecutar una función hasta que la condición final del ciclo se cumpla.

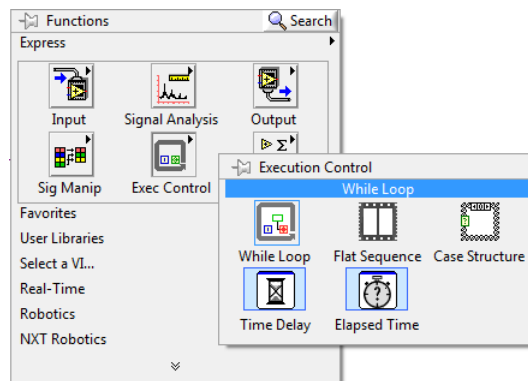


Figura 3.47: While Loop

Fuente: Investigación de campo

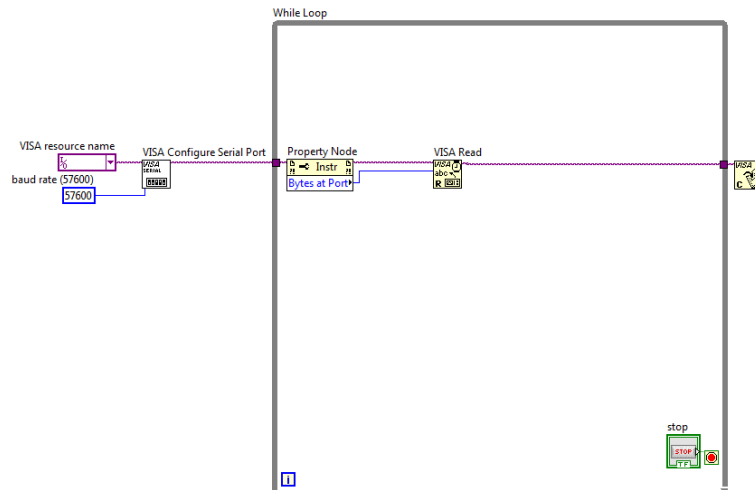


Figura 3.48: Bloque de programación de While Loop

Fuente: Investigación de campo

8. Dentro de una estructura case se debió encerrar el bloque Visa read que permitió ejecutar el contenido que hay dentro de la estructura, esto depende del valor que se conecte al selector. Esta estructura tiene 2 subdiagramas (True y False). En la parte false del diagrama se debe unir los dos puntos morados para cerrar el ciclo case.

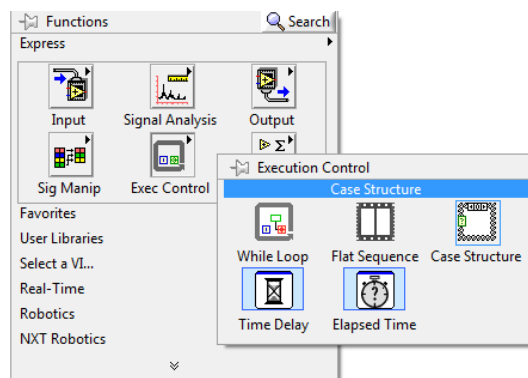


Figura 3.49: Case Structure

Fuente: Investigación de campo

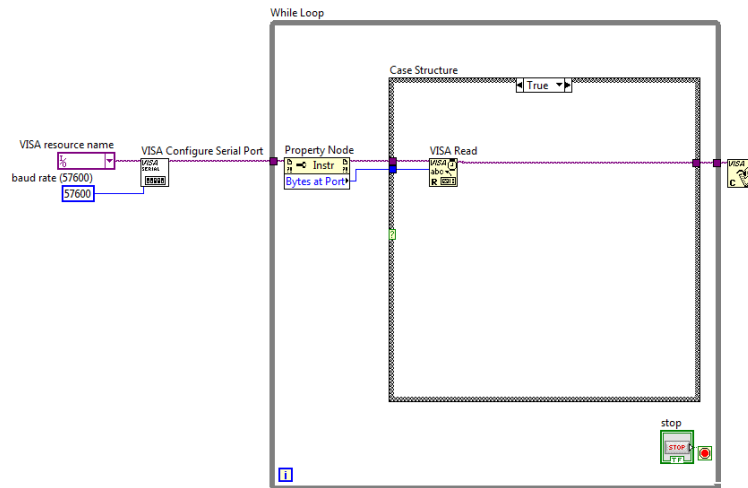


Figura 3.50: Bloque de programación de Case Structure

Fuente: Investigación de campo

9. En el bloque Visa read en el parámetro read buffer se crea un indicador y a la vez utiliza dos String Subset que tienen la función de devolver un substring del string original comenzando en el valor del offset y con la longitud determinada por length.

En el primer String subset en offset se pone cero y en length 4 y en él según se pone en offset 4 y en length 6. Con estos parámetros el primer String Subset indicará los valores de temperatura y a través del segundo String Subset se visualizarán los valores de humedad.

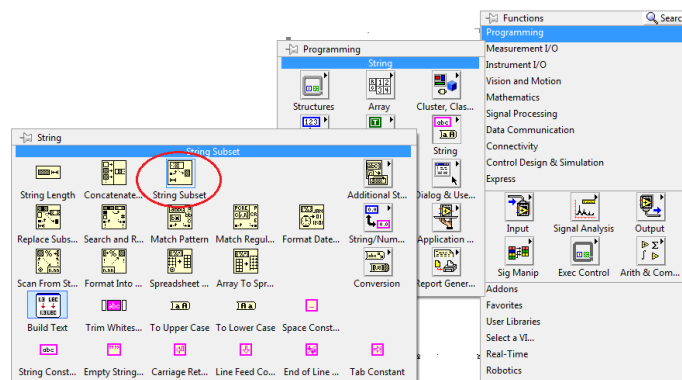


Figura 3.51: String subset

Fuente: Investigación de campo

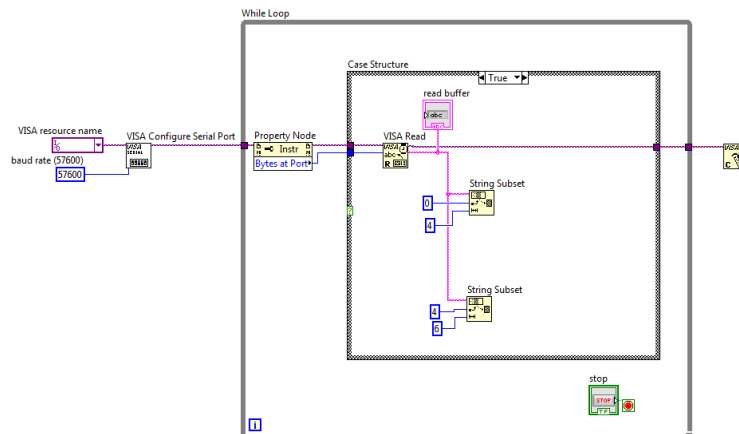


Figura 3.52: Bloque de programación de String subset

Fuente: Investigación de campo

- Se ocupó la función Decimal String To Number que convierte los caracteres numéricos en cadena, empezando en el desplazamiento, a un entero decimal y lo devuelve en número.

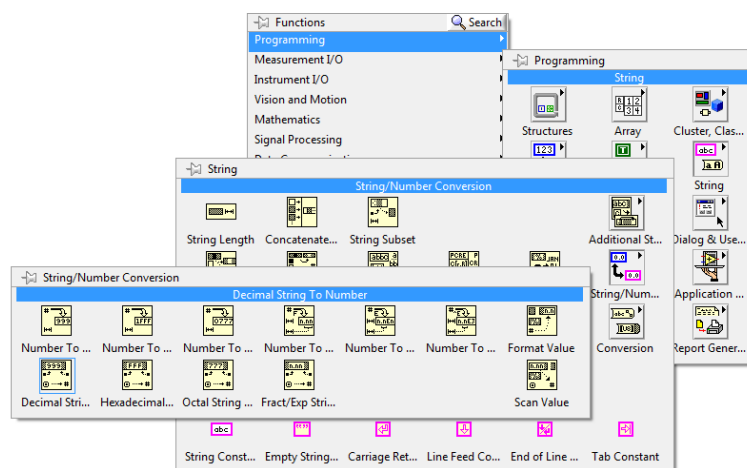


Figura 3.53: Decimal String To Number

Fuente: Investigación de campo

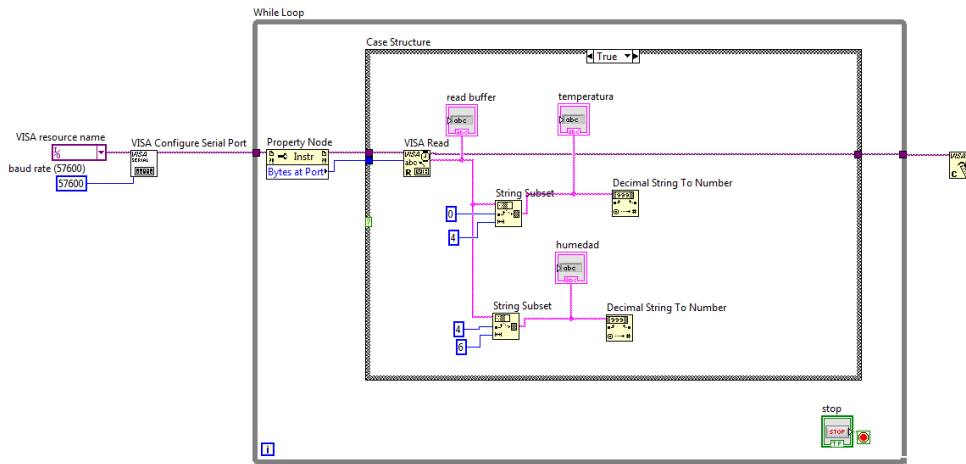


Figura 3.54: Bloque de programación de Decimal String To Number

Fuente: Investigación de campo

11. Para ver de mejor manera los datos en el panel frontal se escogió dos indicadores numéricos, en este caso en forma de termómetro. Y el indicador se une a Decimal String To Number.

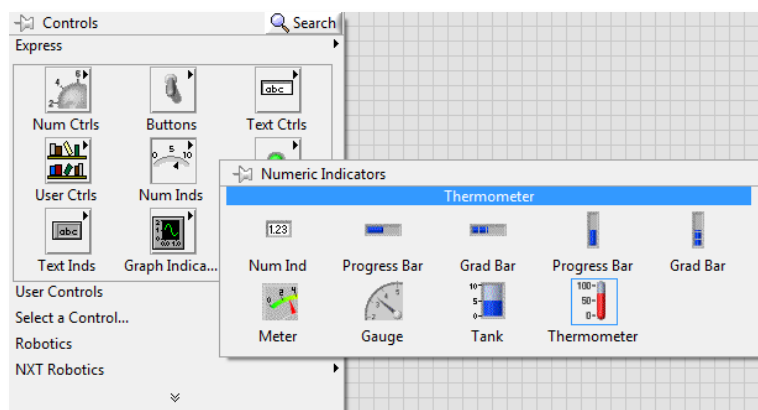


Figura 3.55: Indicadores numéricos

Fuente: Investigación de campo

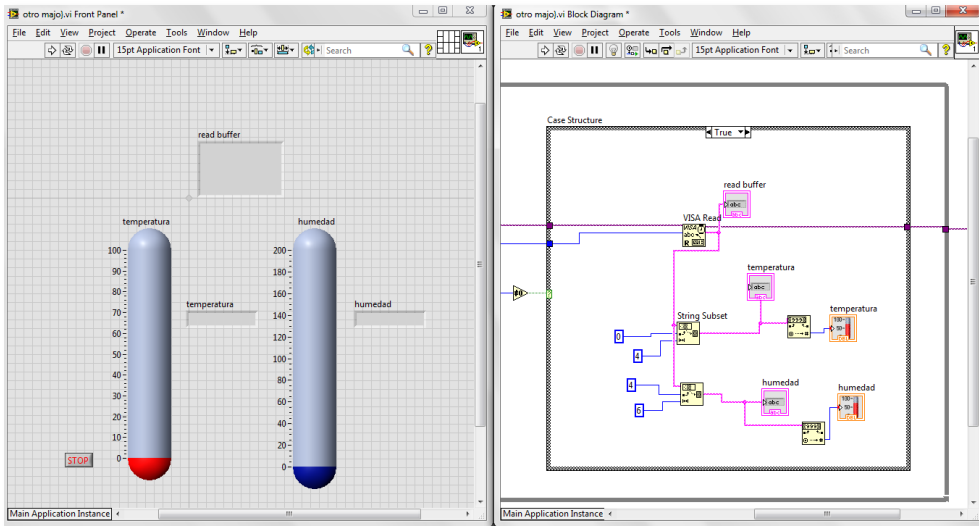


Figura 3.56: Bloque de programación de los indicadores numéricos

Fuente: Investigación de campo

12. Luego de esto se utilizó Not Equal To 0 que devuelve TRUE si x no es igual a 0. De lo contrario, esta función devuelve FALSO. Con esto el programa principal está terminado y lo único que falta son los arreglos para la presentación.

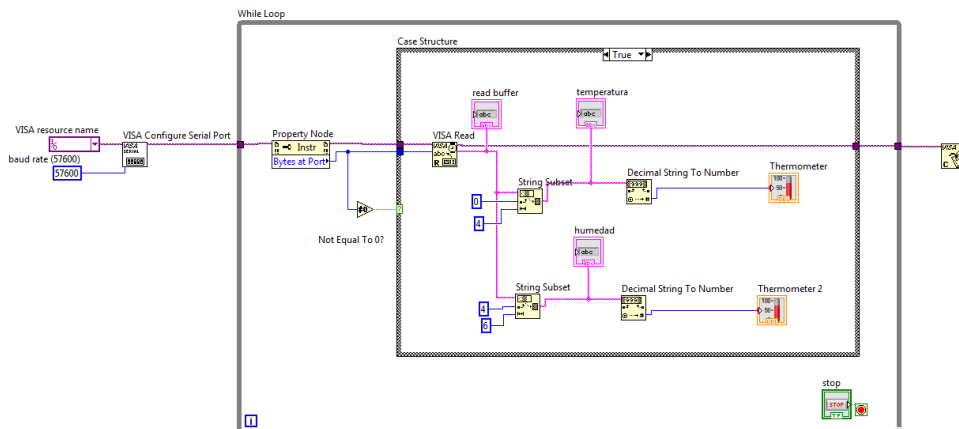


Figura 3.57: Bloque de programación de Not Equal To 0

Fuente: Investigación de campo

13. Por último se arregló la presentación en el panel frontal el mismo que permitirá observar de mejor manera.

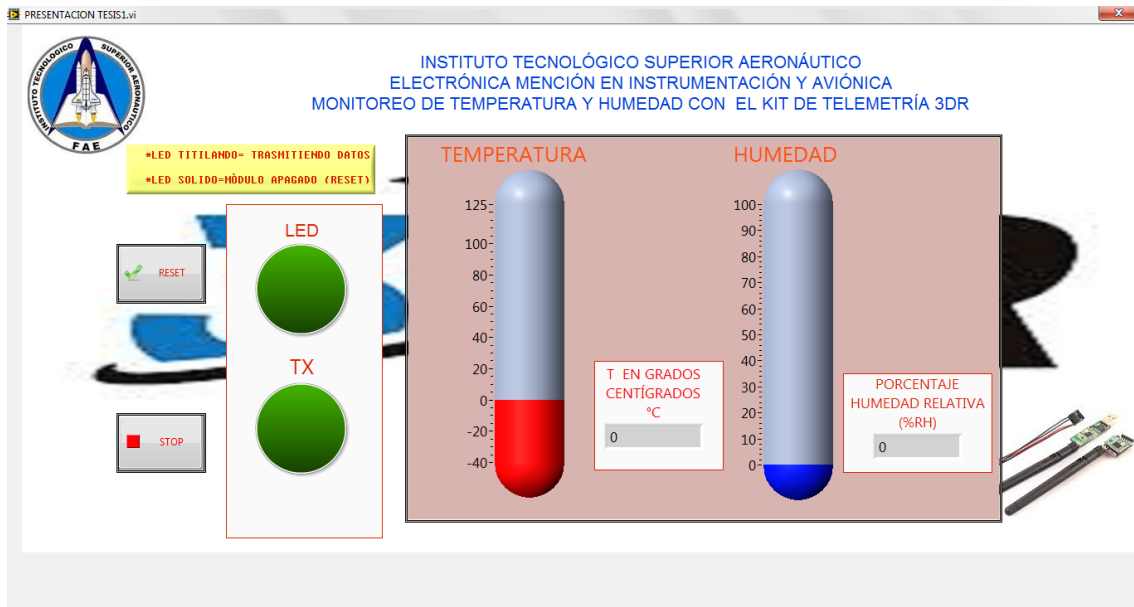


Figura 3.58: Presentación del programa final
Fuente: Investigación de campo

3.3 IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE

3.3.1 HARDWARE PARA EL MÓDULO DEL BLOQUE 42

Una vez que se realizó el software para el módulo del bloque 42 se procedió armar la simulación en una protoboard. Una vez armado en el protoboard se alimenta con una fuente de 5V pues los elementos funcionan con este voltaje máximo.

Se realizan las pruebas de medición de temperatura y humedad y una vez de comprobar que todo funciona bien se procede a realizar las placas respectivas.

Para este caso se realizaron 2 placas siendo la una para la visualización y la otra para la alimentación.

Para la elaboración de las placas se realizó los siguientes pasos:

1. Luego de las pruebas respectivas se procede a ordenar el programa de la simulación en ISIS y se coloca todos los elementos que se utilizaron en el protoboard.

Placa para la alimentación

Los materiales que se utilizaron para la placa de visualización son:

- LCD 20X4
- PIC 16F628A
- Sensor SHT15
- 2 resistencias de 330Ω
- 1 resistencia de $10K\Omega$

En el programa de simulación en ISIS se reemplazó al LCD por 16 pines, en vez del sensor se colocó un tboock de 4 y para la alimentación se utilizó un tboock de 2.

Placa para la fuente de 5V

- En ISIS se realizó un circuito para la realización de una fuente de 5V para esta fuente se utilizó:
 - Un transformador de 115V a 9 V
 - Un puente de diodos
 - Un condensador cerámico de $0.1\mu F$
 - Un condensador electrolítico de $470\mu F$
 - Una resistencia de 330Ω
 - Un regulador de voltaje L7805
 - Led rojo de alto brillo
 - Bornes

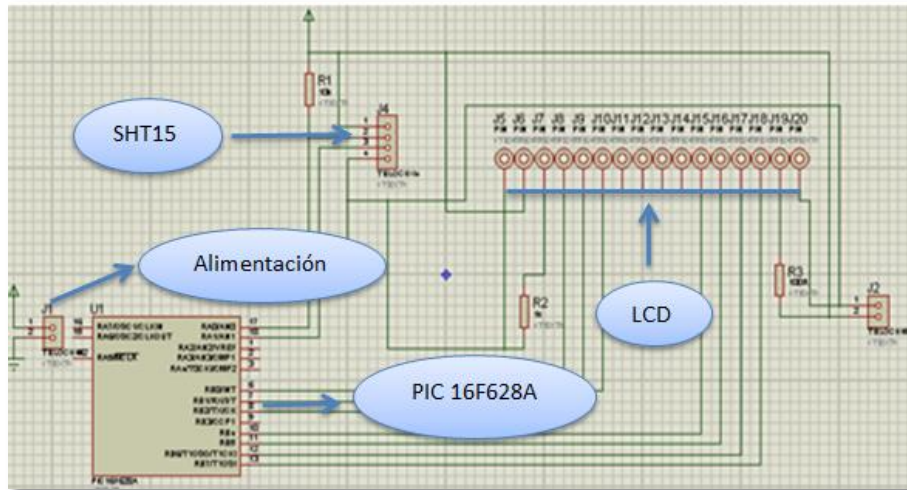


Figura 3.59: Programa de la placa de visualización en ISIS.

Fuente: Investigación de campo

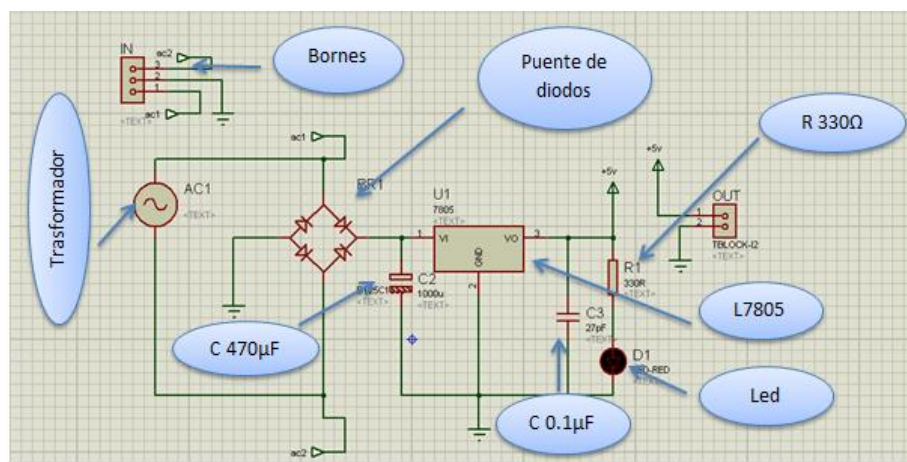


Figura 3.60: Programa de la placa de alimentación en ISIS

Fuente: Investigación de campo

2. Luego del armado correcto en ISIS de las 2 placas se traslada al software ARES.

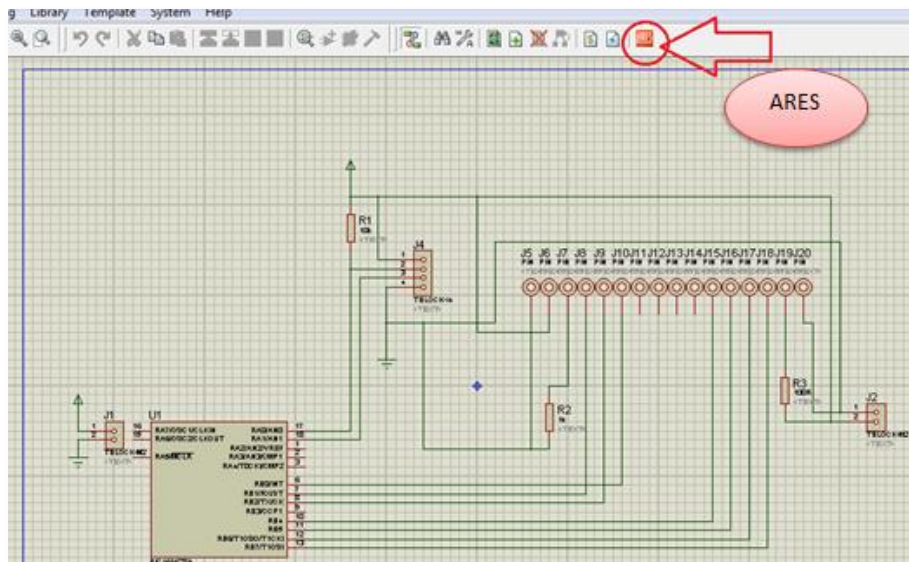


Figura 3.61: Traslado de ISIS a ARES

Fuente: María José Alajo

3. En ARES aparecieron todos los dispositivos que se utilizan para la elaboración del circuito que va ser impreso.

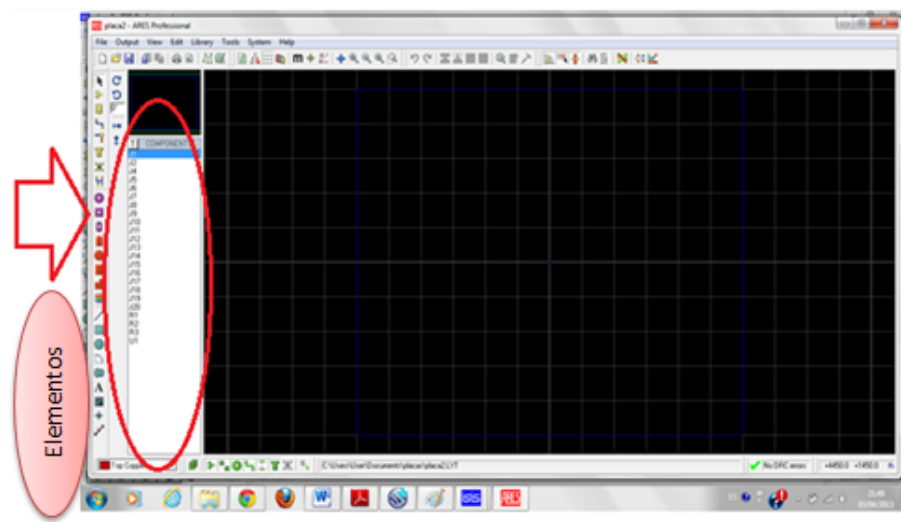


Figura 3.62: Elementos en ARES

Fuente: María José Alajo

4. En el software ARES se elige la función métrica y el espacio de un milímetro que es lo más recomendable.

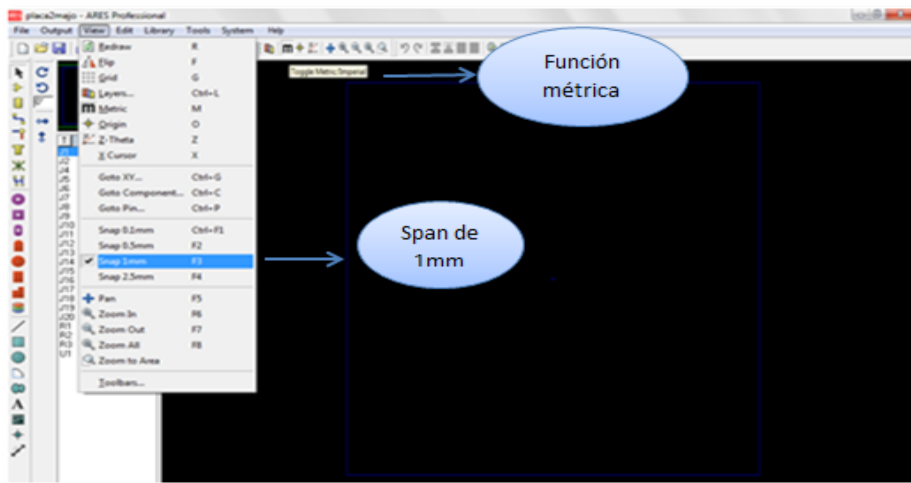


Figura 3.63: Función métrica y Span

Fuente: Investigación de campo

5. En la parte derecha del programa se escoge 2D GRAPHICS BOX MODE que es en otras palabras la board y se escoge BOARD EDGE, esto permite graficar el entorno de la placa.

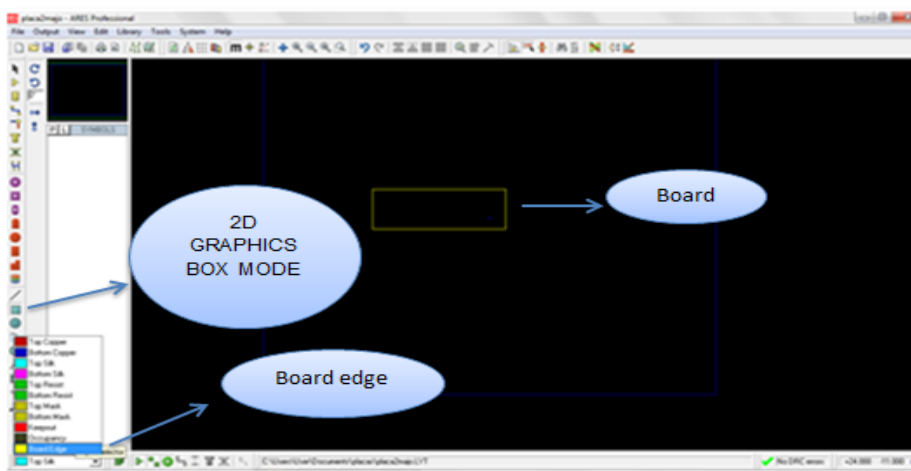


Figura 3.64: 2D GRAPHICS BOX MODE

Fuente: Investigación de campo

6. Como paso siguiente se da clic en TOOL y seleccionar AUTO PLACER que colocan de manera automática los elementos dentro de la board.

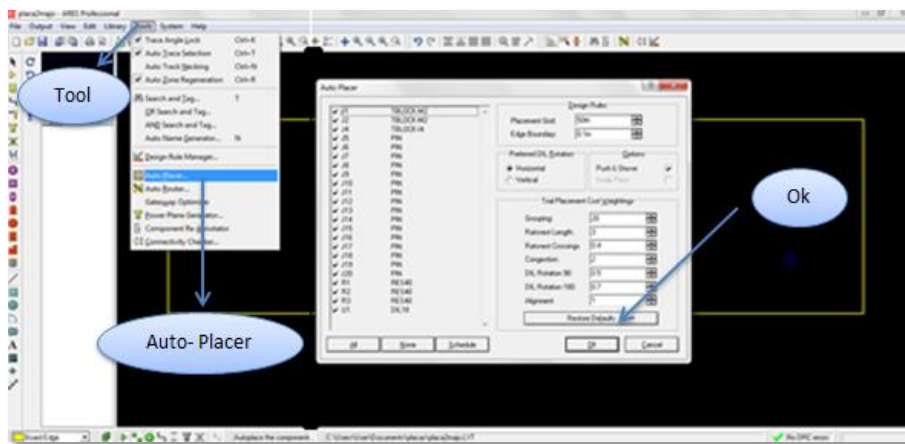


Figura 3.65: Función auto-placer

Fuente: Investigación de campo

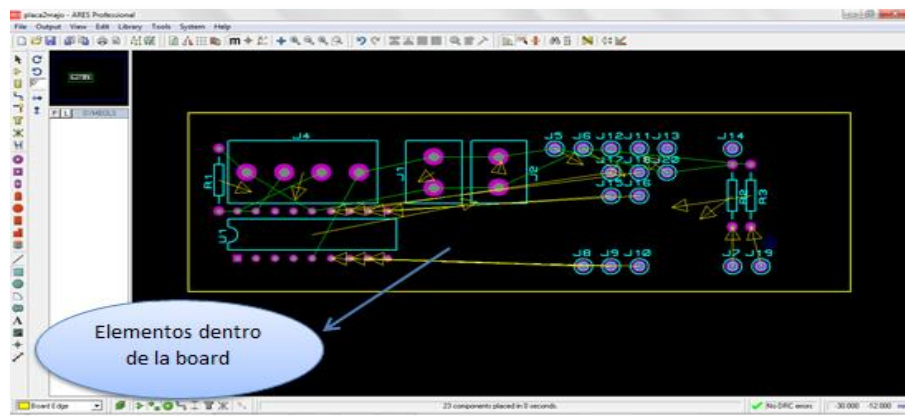


Figura 3.66: Elementos dentro de la board

Fuente: Investigación de campo

7. Lo siguiente es configurar el ARES para eso se realizó:
- Clic en system
 - Escoge set layer usage
 - Deshabilita toda la selección pues vamos hacer una sola capa y ok.
 - Luego dentro system se escoge edit layer pairs

- Y se ve que todos estén en bottom copper

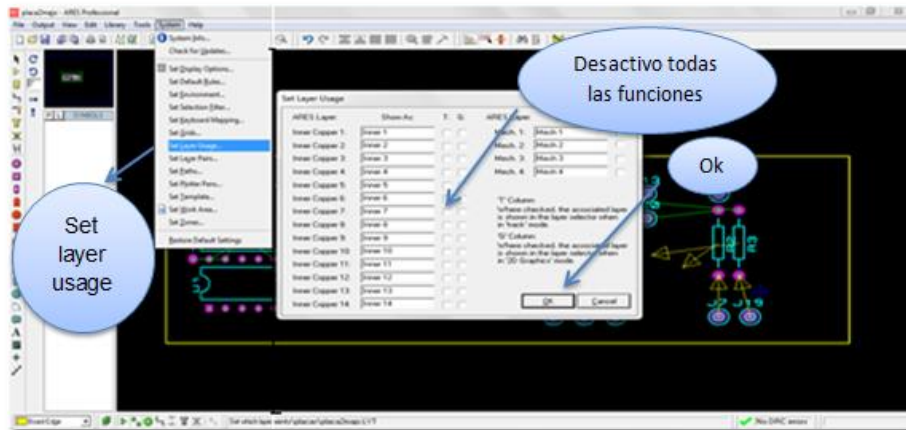


Figura 3.67: Función Set layer usage

Fuente: Investigación de campo

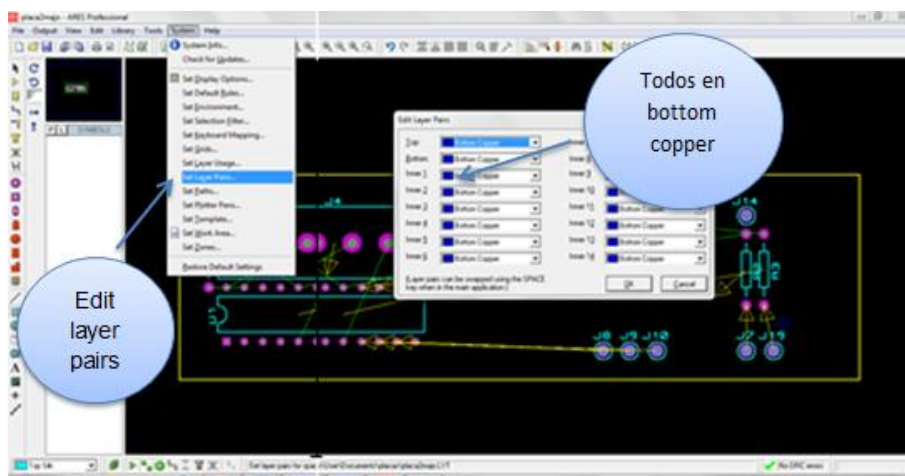


Figura 3.68: Función Edit layer pairs

Fuente: Investigación de campo

8. Se escoge Tool y se selecciona desing ruler manager y aquí se establecen estos parámetros:

- Los tres primeros pad deben estar en 20
- Seleccionar net classes
- En pair poner en bottom copper para power

- De igual manera se realiza para signal

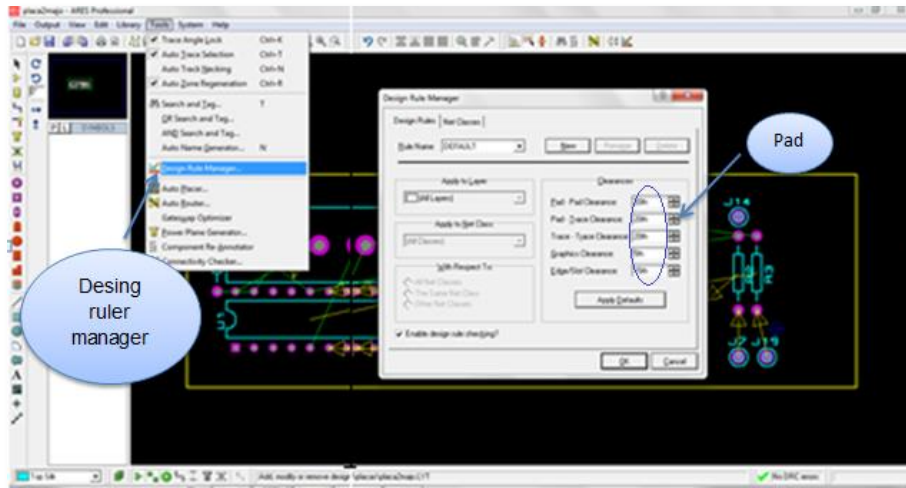


Figura 3.69: Función Desing ruler manager

Fuente: Investigación de campo

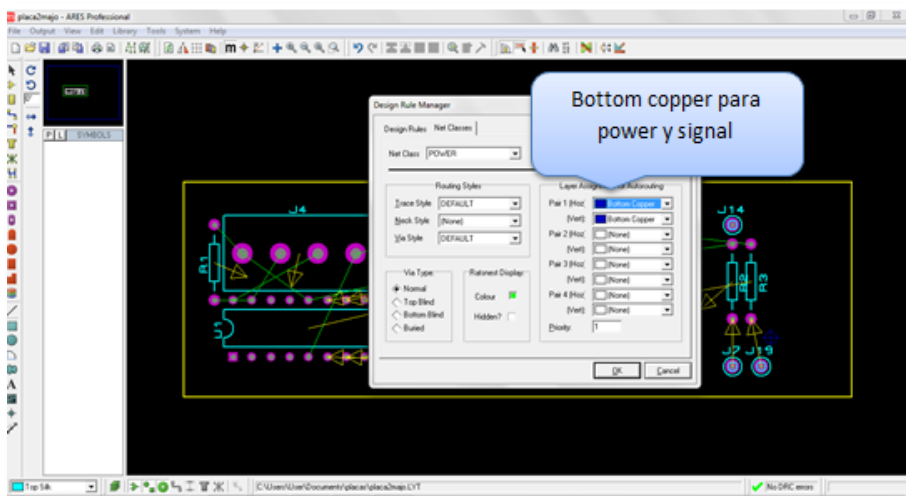


Figura 3.70: Bottom Copper

Fuente: Investigación de campo

9. Para tener unas pistas gruesas dar clic en:

- Track mode
- Seleccionar E
- En edit trace style poner el ancho en 35 que es lo más recomendable.

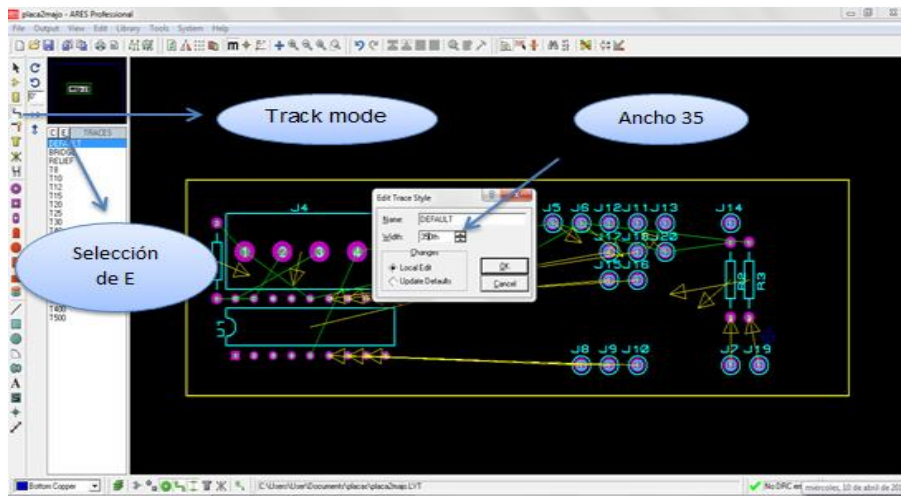


Figura 3.71: Track Mode

Fuente: Investigación de campo

10. Y se empieza el auto-router

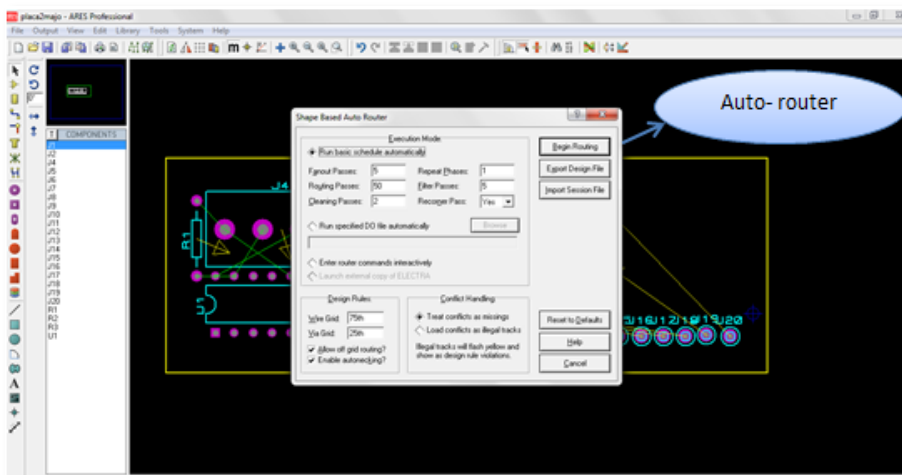


Figura 3.72: Inicio de auto-router

Fuente: Investigación de campo

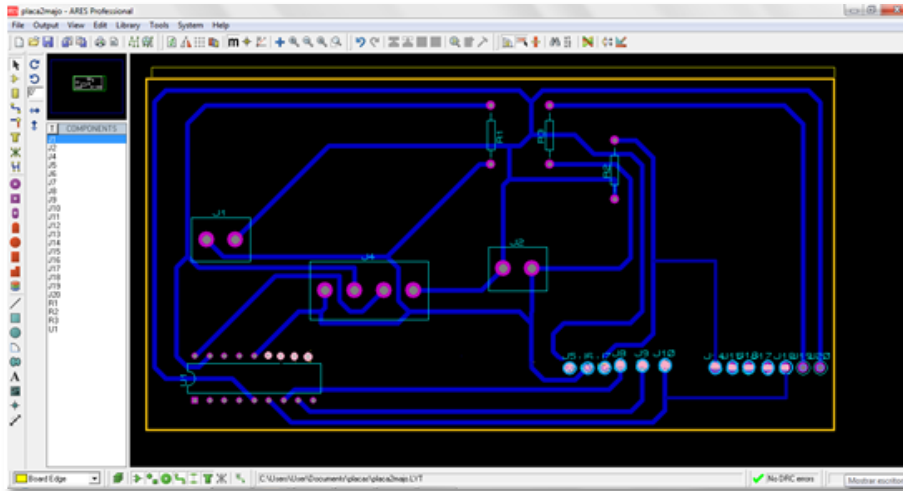


Figura 3.73: Pistas de la placa de visualización

Fuente: Investigación de campo

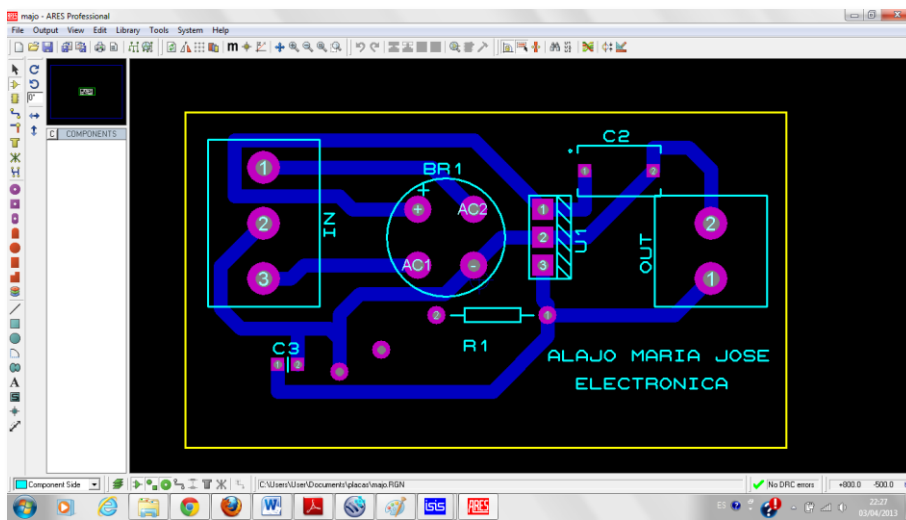


Figura 3.74: Pistas de la placa de la fuente de 5V

Fuente: Investigación de campo

11. Se selecciona en la parte derecha dimensión mode y ver cuál es el tamaño de la placa a utilizar.

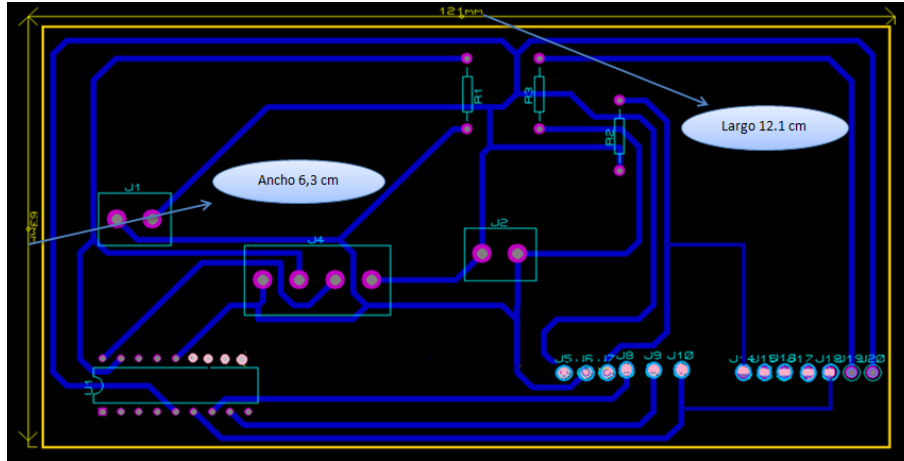


Figura 3.75: Dimensiones de la placa de visualización

Fuente: Investigación de campo

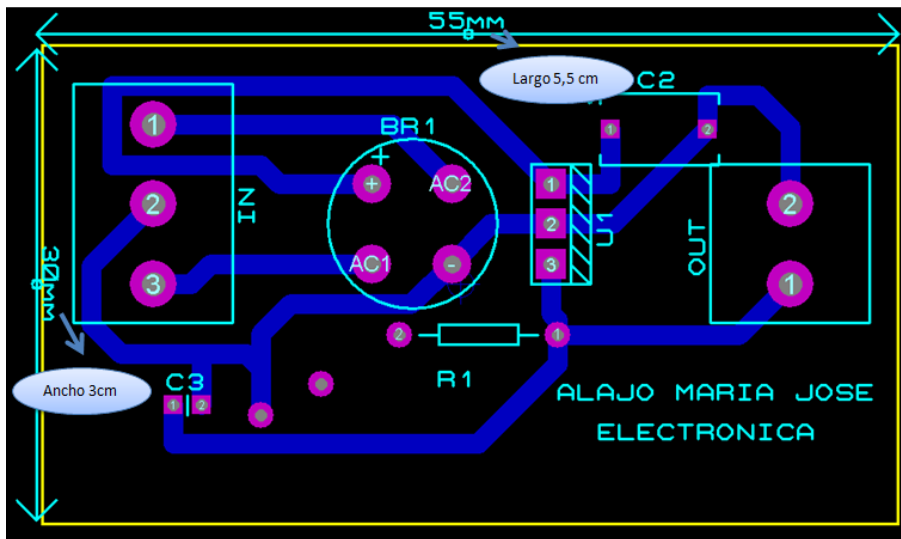


Figura 3.76: Dimensiones de la placa de la fuente de 5V

Fuente: Investigación de campo

12.A continuación los archivos de la placa de visualización y la placa de alimentación se guardan en archivo PDF.

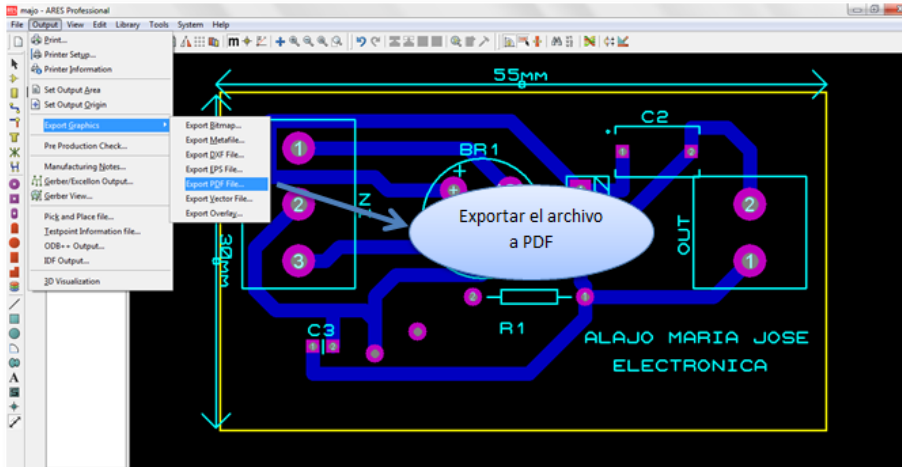


Figura 3.77: Exportar el archivo a PDF

Fuente: Investigación de campo

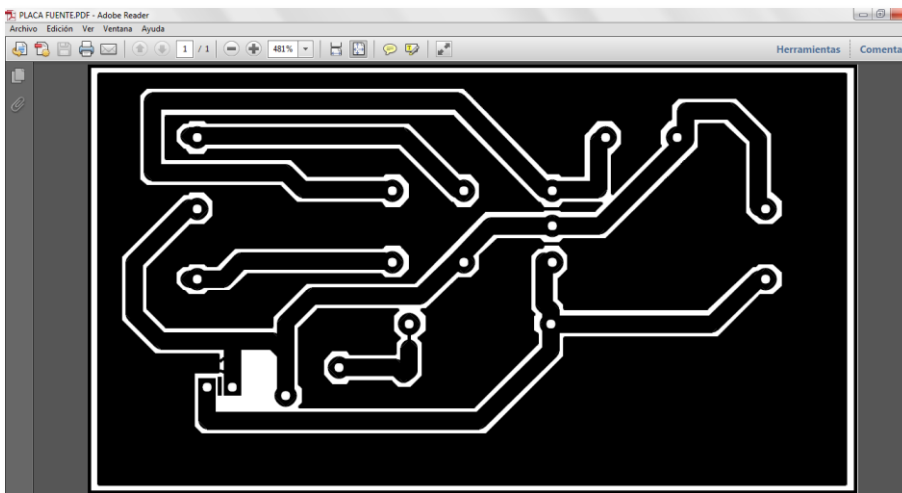


Figura 3.78: Archivo PDF de la fuente de 5V.

Fuente: Investigación de campo

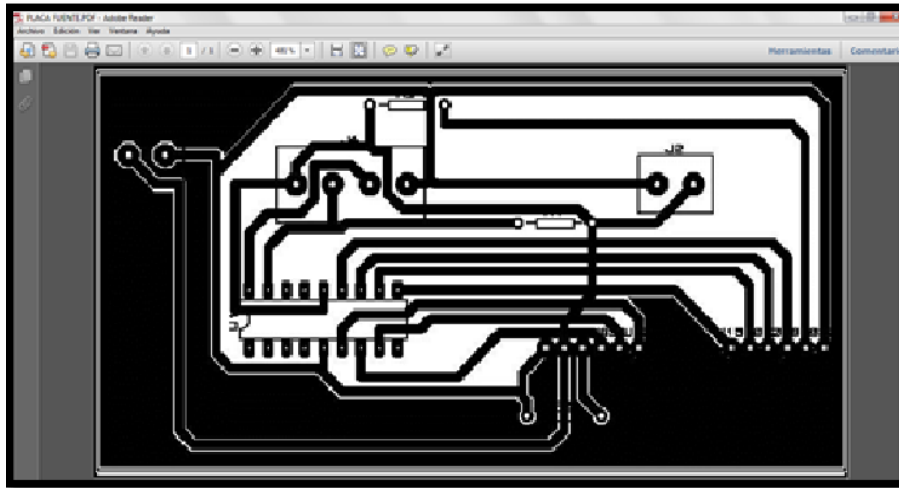


Figura 3.79: Archivo PDF de la placa de visualización.

Fuente: Investigación de campo

13. El archivo guardado en PDF se lo pasa a Word y se modifica el tamaño a los valores de las dimensiones del archivo de ARES.

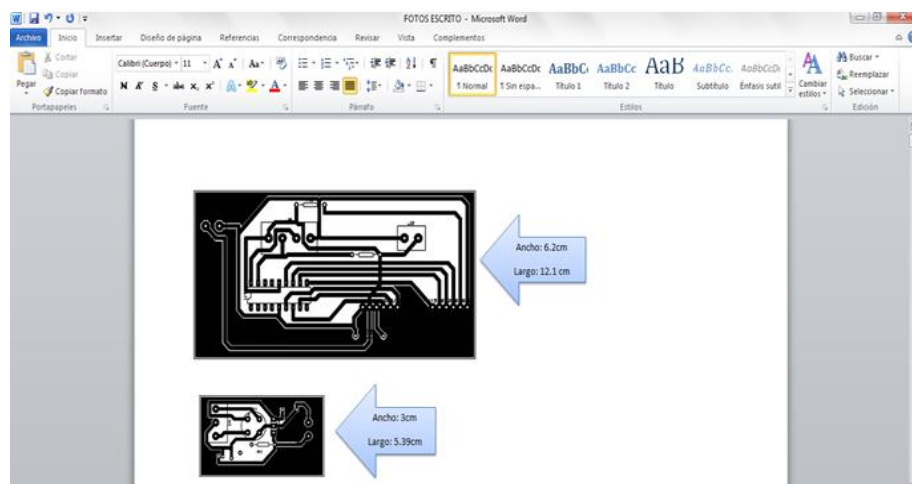


Figura 3.80: Archivo para imprimir

Fuente: Investigación de campo

14. El archivo de Word se imprime en papel fotográfico, en una impresora láser.
15. El siguiente paso fue cortar la baquelita al mismo porte que la gráfica impresa en el papel fotografía.



Foto 3.1: Cortar la baquelita
Fuente: Investigación de campo

16. La baquelita cortada se limpia y se lustre hasta que este brillando, se evita tocar con los dedos la parte interna y se procede a secar.

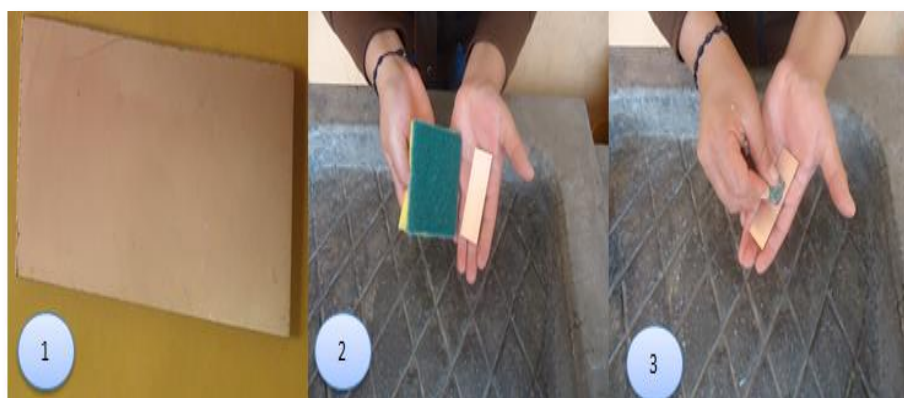


Foto 3.2: Sacar brillo a la baquelita
Fuente: Investigación de campo

17. Se coloca el papel fotografía encima de la baquelita, se asegura con cinta adhesiva y lo siguiente es pasar la plancha por un lapso de 15 minutos.

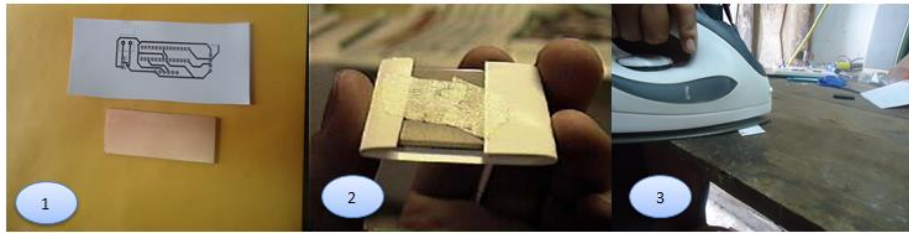


Foto 3.3: Pasar la plancha en la baquelita

Fuente: Investigación de campo

18. Luego de esto:

- Se pone dentro de un recipiente con agua la placa por 10 minutos.
- Se lava la baquelita notando que no quede ningún pedacito de papel fotografía.

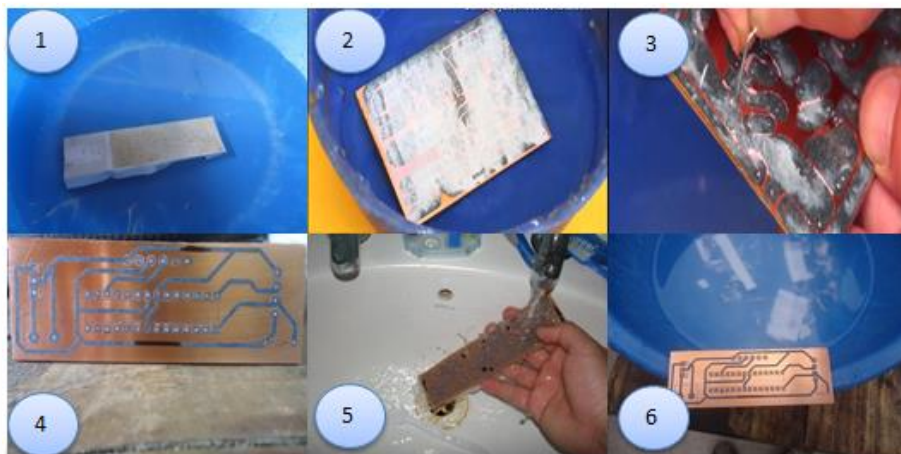


Foto 3. 4: Lavar la baquelita

Fuente: Investigación de campo

19. Una vez cumplido todos estos pasos:

- Se pone un sobre de ácido férrico
- Se colocó agua hirviendo en un recipiente plástico
- Se introduce la baquelita
- Se mueve continuamente hasta que salga todo cobre.



Foto 3.5: Baquelita en ácido férrico

Fuente: Investigación de campo

20. Se saca la baquelita para lavarla con acetona para que salga todo el color de la tinta que deja el papel fotográfico.



Foto 3.6: Lavar la placa con acetona

Fuente: Investigación de campo

21. Se procedió a realizar los huecos en la baquelita de acuerdo al circuito impreso en papel fotográfico con un taladro y una broca fina.



Figura 3.81: Huecos en la baquelita

Fuente: <http://johnzam96.blogspot.com/2012/09/implementarlo-en-la-baquelita.html>

22. Se suelda todos los elementos en las placas respectivas.



Foto 3.7: Soldando los elementos en la placa.

Fuente: Investigación de campo

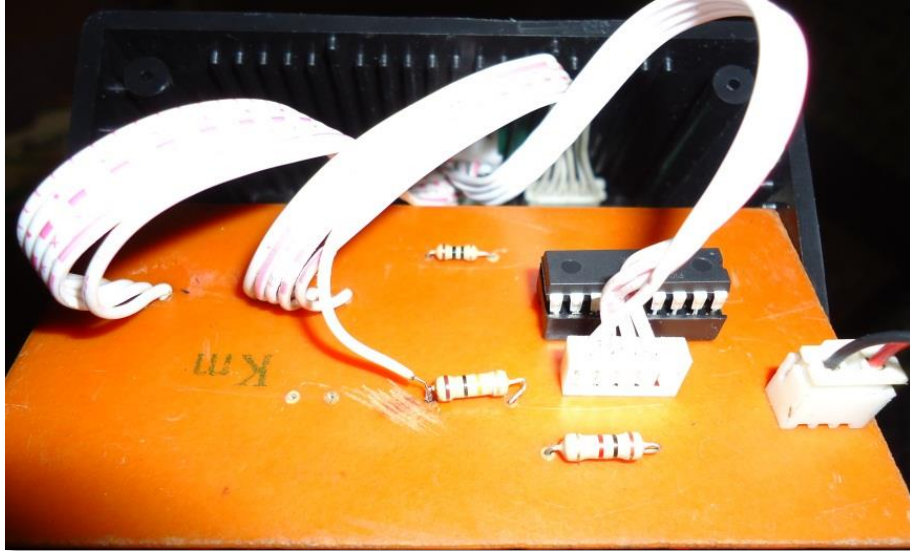


Foto 3.8: Placa de visualización.
Fuente: Investigación de campo



Foto 3.9: Fuente de 5V
Fuente: Investigación de campo

23. Y por último se une las dos placas dentro de una caja, se coloca todos los elementos y se ponen las respectivas etiquetas.

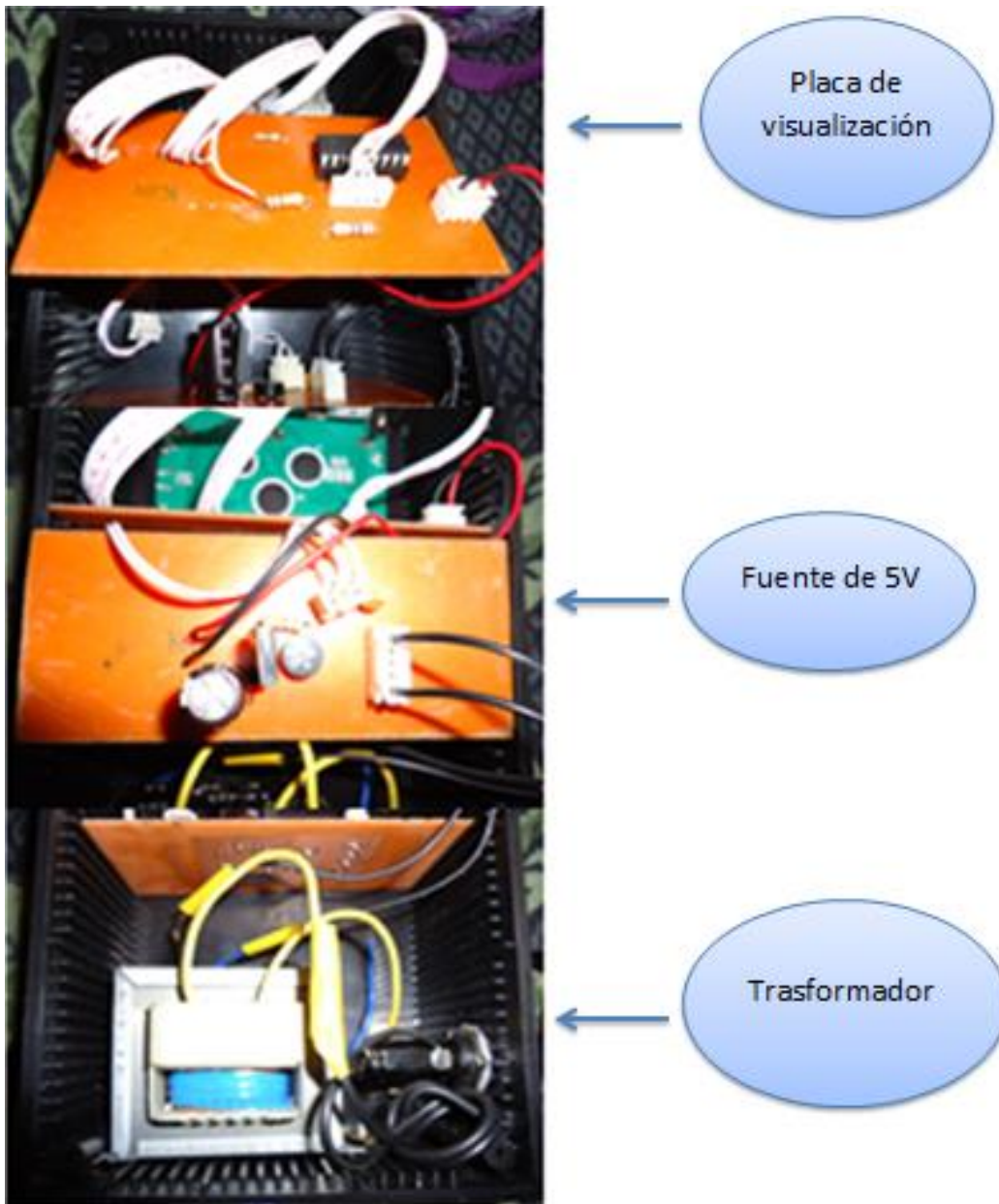


Foto 3.10: Unión de todos los componentes

Fuente: Investigación de campo



Foto 3.11: Módulo terminado
Fuente: Investigación de campo

24. Se realizó una caja de metal para mayor seguridad del módulo.



Foto 3.12: Caja de metal

Fuente: Investigación de campo



Foto 3.13: Módulo dentro de la caja de metal

Fuente: Investigación de campo

3.3.2 HARDWARE PARA EL MÓDULO DE LA COMUNICACIÓN

INALÁMBRICA

Para el módulo de comunicación inalámbrica se utilizó estos elementos:

- Sensor SHT15
- Atmega 8
- Resistencia de 10KΩ
- Regulador de voltaje L7805
- Batería
- Cargador de batería

Para ello se realizaron todos los pasos anteriores, cambiando únicamente el modelo del circuito impreso.

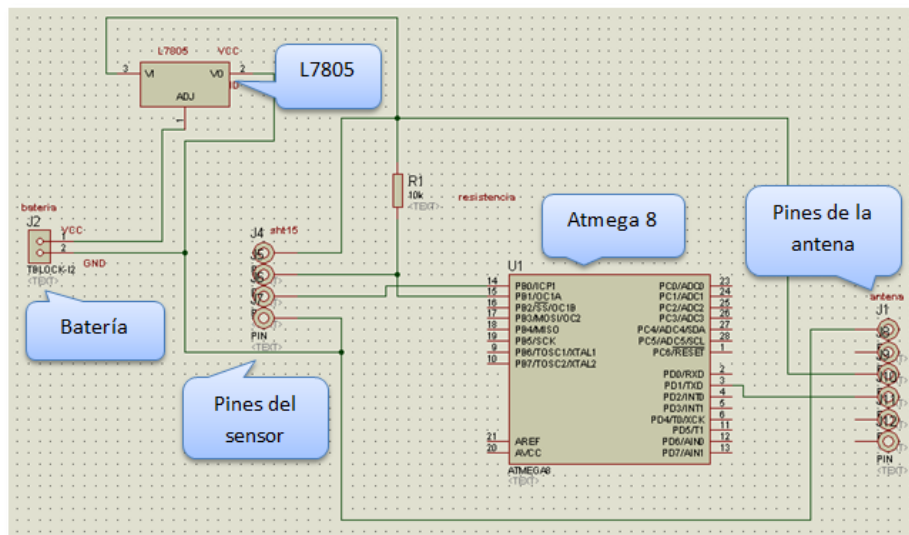


Figura 3.82: Circuito de la placa de comunicación en ISIS

Fuente: Investigación de campo

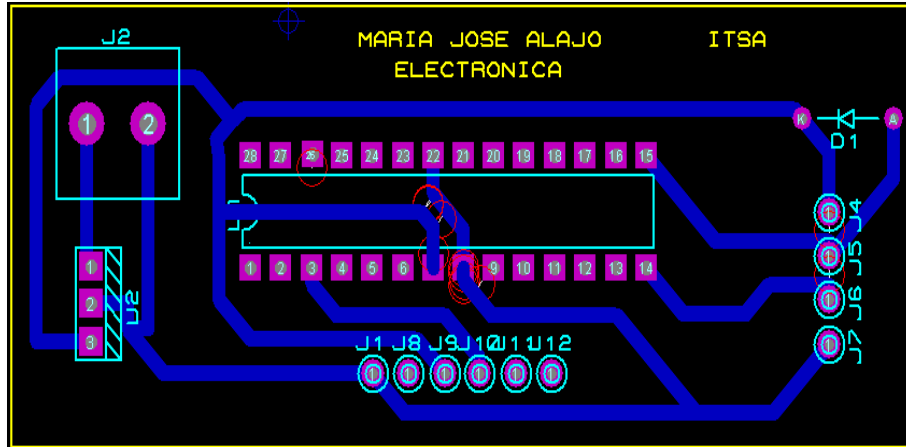


Figura 3.83: Circuito de la placa de comunicación en ARES
Fuente: Investigación de campo

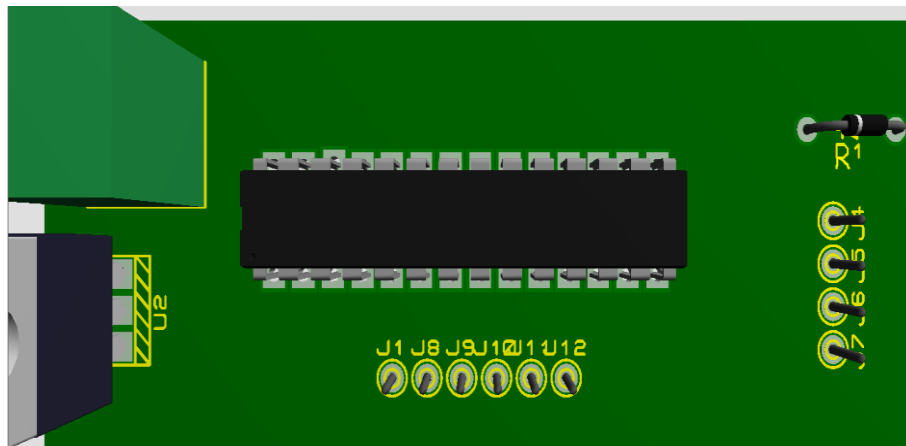


Figura 3.84: Circuito de la placa de comunicación en 3D
Fuente: Investigación de campo

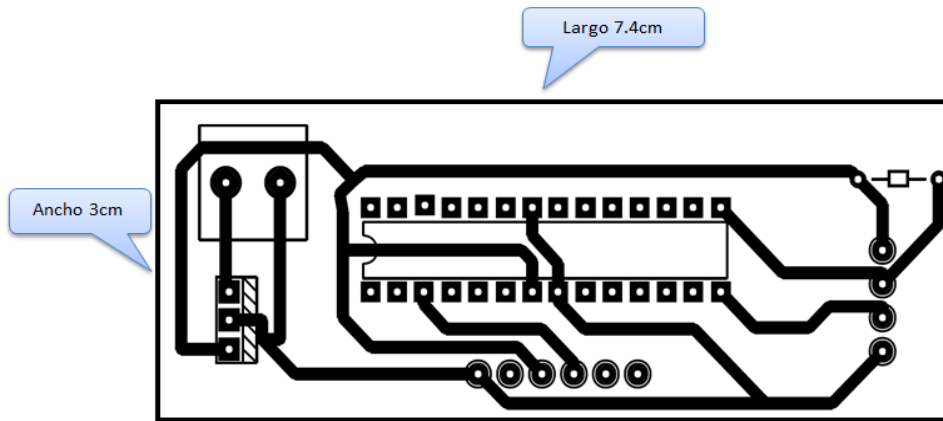


Figura 3.85: Archivo PDF del a placa de comunicación

Fuente: Investigación de campo

Para el diseño de las placas seguimos los pasos que se utilizaron en las placas para el bloque 42.



Foto 3.14: Soldando los componentes

Fuente: Investigación de campo



Foto 15: Pasos para la construcción del módulo de comunicación

Fuente: Investigación de campo

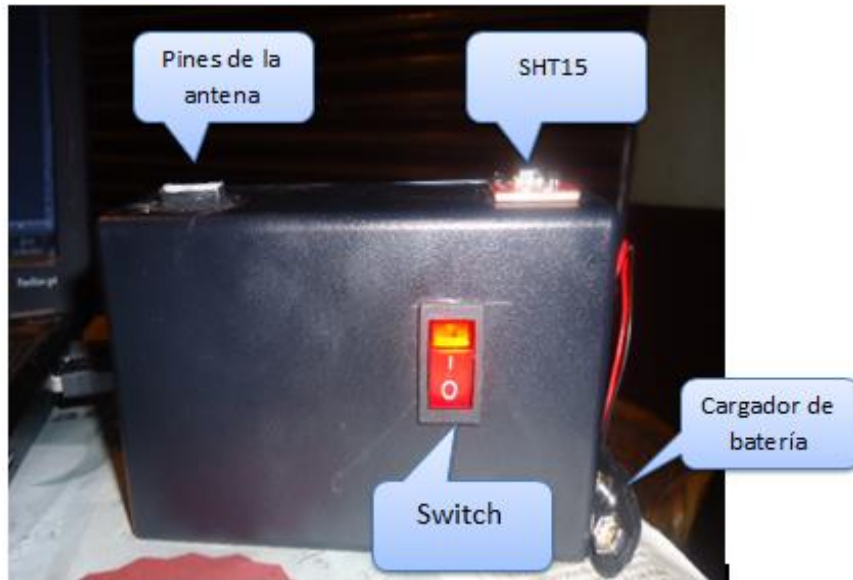


Foto 3.16: Módulo de comunicación terminado

Fuente: Investigación de campo

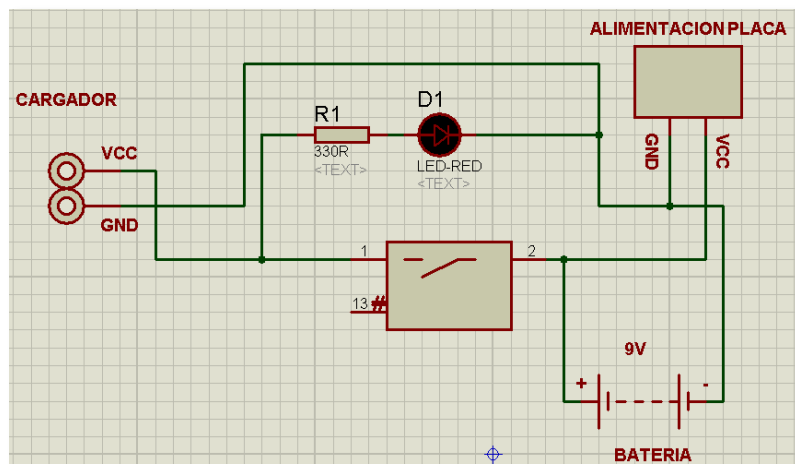


Figura 3.86: Circuito de la conexión del cargador y la batería

Fuente: Investigación de campo

3.4 PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para realizar las pruebas de funcionamiento primero se calculó la Zona de Fresnel y el Alcance de las antenas, para ello se utilizó estas fórmulas:

Zona de Fresnel

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{D}{4F}}$$

r = Radio en metros

D = Distancia de enlace en Km

F = Frecuencia en GHZ

$$r = 17.32 \sqrt{\frac{1,6km}{4(0.915GHz)}}$$

$$r = 11.45m$$

Una vez calculado la Zona de Fresnel se realizó las primeras pruebas en el lado Este del aeropuerto, en la calle Quijano y Ordoñez. Para esta prueba el alcance máximo del kit es de una milla según las especificaciones, teniendo en cuenta que una milla es 1.6 Km.

Para estas pruebas se utilizaron baterías normales de 9V y se utilizó una velocidad de 9600 Kbps, en esta primera prueba se obtuvo como resultado un alcance de 250 a 300m, estos datos no llenaron las expectativas deseadas.



Foto 3.17: Alcance de la primera prueba

Fuente: <https://maps.google.com.ec/maps?hl=es-419&tab=wl>

Luego de esto se cambió la velocidad a 57600 Kbps y se realizó una segunda prueba, en donde se obtuvo un alcance de 300 a 390 m de igual manera no se logró el propósito planteado.



Foto 3.18: Alcance de la segunda prueba

Fuente: <https://maps.google.com.ec/maps?hl=es-419&tab=wl>

Luego de comprender que la Zona de Fresnel es el área en donde se difunde una onda luego de ser emitida por una antena. Mientras menos obstáculos haya en esa área, mejor será transmitida la onda. Entonces se entendió que por la calle Quijano y Ordoñez pasan los carros y a

cada instante despejan los aviones del aeropuerto emitiendo cantidades fuertes de ruido, que en comunicaciones es causante fundamental de pérdidas en las transmisiones inalámbricas, pues estas son muy sensibles y propensas a pérdidas, la existencia de las paredes del aeropuerto y la zona que no es completamente plana, se decide cambiar de lugar.

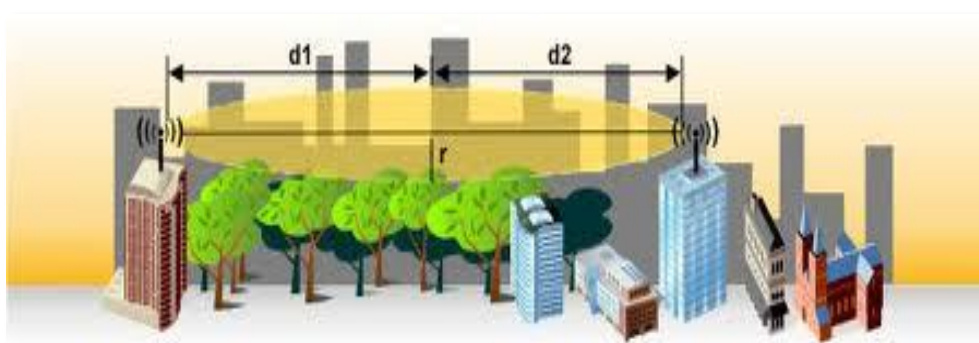


Figura 3.86: Zona de Fresnel

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Difracci%C3%B3n_de_Fresnel

El lugar que se escogió para la tercera prueba es Cruz Loma ubicado a 15 minutos del Barrio La Laguna. Cruz Loma es el lugar donde se quedara la computadora con la antena receptora, desde ahí se partirá con el circuito de la antena transmisora. La prueba se realizó a las 3 de la tarde con ayuda de un vehículo para que transporte la antena transmisora.

Una vez empezada la prueba cada 300m se comprobaba si la transmisión era correcta, para ello se debía subir y bajar la temperatura del sensor, si los datos variaban en la computadora todo estaba correcto, caso contrario existía error en la comunicación.

Como en los primeros 300m no existió error alguno se continuó con la prueba, teniendo como resultado que el kit de telemetrías tiene un alcance de 2 kilómetros superando el alcance que da las especificaciones del kit. Estos 2Km se cubre desde Cruz Loma hasta el

inicio de Culaguango Alto, en este trayecto la comunicación es impecable.

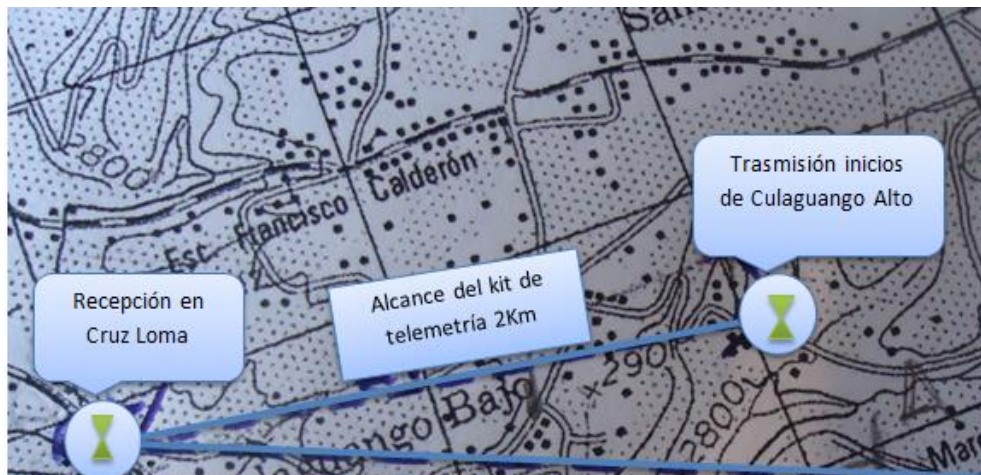


Foto 3.19: Alcance del kit de telemetría

Fuente: Investigación de campo



Foto 3.20: Enlace de comunicación inalámbrica

Fuente: Investigación de campo



Foto 3.21: Recepción de los datos de temperatura y humedad
Fuente: Investigación de campo

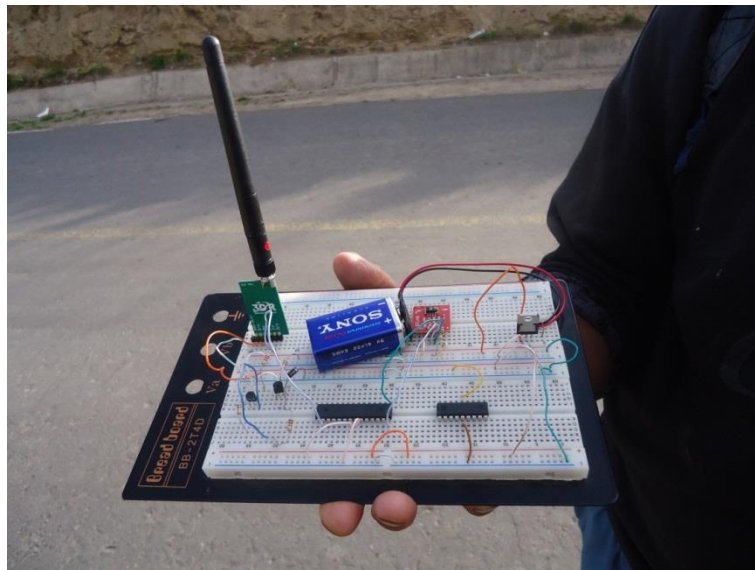


Foto 3.22: Trasmisión de los datos de temperatura y humedad
Fuente: Investigación de campo

Por último se realizó una prueba más a dentro del Instituto, en donde la antena receptora se ubicaría en el laboratorio de Instrumentación Virtual y con el módulo de trasmisión se saldría a ver hasta donde se puede

comunicar, temiendo como resultado una comunicación de 40m pero en esta prueba no se está empleando la Zona de Fresnel, pues la comunicación inalámbrica traspasa un edificio del Instituto y la comunicación es impecable. Los 40m es el alcance máximo para una buena comunicación.

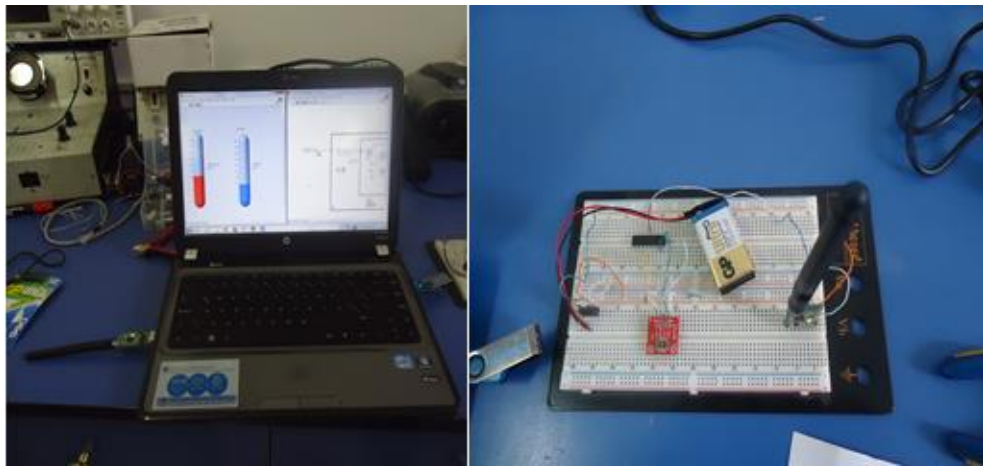


Foto 3.23: Prueba de trasmisión y recepción en el Instituto

Fuente: Investigación de campo

Para estas dos últimas pruebas se utilizó baterías recargables las mismas que tienen un tiempo de duración de 5,6 horas, este tiempo se obtuvo de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$\textit{T tiempo de descarga} = \frac{\textit{carga eléctrica batería}}{\textit{consumo eléctrico dispositivo}}$$

$$\textit{T tiempo de descarga} = \frac{170\text{mAh}}{30\text{mA}}$$

$$\textit{T tiempo de descarga} = 5,6\text{h}$$

Luego de realizar estos cálculos se prosiguió a verificar el tiempo de descarga de la batería, para ello se encendió el módulo a las 10 de la mañana y se apagó el módulo a las 3 de la tarde. Con esta prueba tenemos un tiempo de

descarga de 5 horas, esto es debido a que el consumo de eléctrico del módulo es muy bajo, midiendo 30 mA.

Nota: Antes de utilizar la batería ponerla a cargar. De la primera carga de la batería depende el tiempo de vida.



Foto 3.24: Batería recargable y cargador

Fuente: Investigación de campo



Foto 3.25: prueba de descarga de la batería

Fuente: Investigación de camp

3.5 GASTOS REALIZADOS

3.5.1 GASTOS PRIMARIOS

Los costos primarios para el desarrollo del trabajo de grado se detallan a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 3.1. Costos Primarios

EQUIPOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Kit de telemetría 3DR	3	90	270
Sensor SHT15	4	63	252
ATMEGA 8	3	6	18
PIC 16F628A	1	5	5
LCD 20X5	1	30	30
Total:			575USD

Fuente: María José Alajo

- **Montaje e instalación**

Tabla 3.2. Costos Primarios de Instalación.

ELEMENTOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cable UTP	1m	0.35	0.35
Implementación de la placa para los módulos de transmisión	1	10.00	10.00
Caja de plástico para los módulos	3	5.00	15.00
Cargador de batería	1	15.00	15.00
Batería recargable de 170mAh	3	13.00	13.00
Implementación de la placa para el módulo de visualización	1	5.00	5.00
Implementación de la placa de la fuente de 5V	1	15.00	15.00
Estructura de metal para el modulo del laboratorio de mecánica	1	20.00	20.00
Pintura de la estructura de metal	1	5.00	5.00
Total:			98.35USD

Fuente: María José Alajo

3.5.2 GASTOS SECUNDARIOS

Tabla 3.3. Gastos Secundarios.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR
Derecho de asesor	1	120
Obtención de información de Internet (horas)	25	45
Tinta de impresiones	2	20
Gastos varios (materiales de papelería)	varios	50
Total:		235.00 USD

Fuente: María José Alajo

3.5.3 GASTO TOTAL

El valor total del presupuesto es igual a la suma de los costos primarios más los costos secundarios.

Tabla 3.4. Gasto Total.

Costo Primario	673.35
Costo Secundario	235.00
TOTAL	908.35

Fuente: María José Alajo

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El sensor SHT15 fue de gran ayuda para el monitoreo de temperatura y humedad ya que es totalmente calibrado y ofrece precisión alta y excelente estabilidad, cuenta también en su interior con un calefactor para evitar condensaciones en el interior de la cápsula de medida para condiciones de niebla o similares donde exista condensación. Para la humedad se tiene una precisión de +/- 2(%RH), y para la temperatura tenemos una precisión de +/- 0.4 a 5-40 °C.
- El kit de radio telemetría 3DR fue diseñado con el propósito de reemplazar las radio XBEE. Las radios 3DR son de código abierto, poseen un mayor alcance y tienen un menor precio.
- Al ser las radios 3DR de código abierto permiten ser configuradas por varios firmware entre ellos está, el Planificador de Misión APAM, el conjunto de comandos AT y el firmware propio de las radio 3DR llamado 3DR RADIO CONFIG.
- Las radios trabajaron en comunicación simplex, pues solo se está enviando los datos de temperatura y humedad del sensor y estos datos se están visualizando en un programa de Labview.
- En las características del kit de telemetría este posee un alcance de una milla, que equivale a 1,6 Km. Pero después de realizar las prácticas correspondiente este alcance es superado a 2Km, utilizando unas pequeñas antenas de 900 MHz RP-SMA 2dBi.
- Para comprobar el alcance de las antenas se realizaron varias pruebas, en donde se tomó muy en cuenta la Zona de Fresnel, pues por este pequeño pero importante concepto las dos primeras pruebas fueron fallidas y se debió realizar otras investigaciones.

- Con los cálculos de la Zona de Fresnel se obtuvo un radio de 11,45 metros, el mismo que nos indica que las antenas deben estar ubicadas a esa altura para tener una correcta comunicación inalámbrica y evitar pérdidas en el espacio.
- La comunicación inalámbrica entre Cruz Loma y el puente de Culaguango Alto fue impecable, pues existió una línea de vista directa. Para ello el módulo de recepción está ubicado a 250 metros de altura y el módulo de transmisión se encontraba en la carretera teniendo como resultado una hipotenusa de línea de vista directa.
- La prueba que se realizó en el Instituto tiene un alcance de 40m, el alcance de las antenas disminuye porque no se está utilizando la Zona de Fresnel. Además la comunicación traspasa el edificio del Instituto y no tienen línea de vista directa.
- El módulo de transmisión va a utilizar una batería recargable que permite que se fácil de transportar.

4.2 RECOMENDACIONES

- Antes de empezar a utilizar las radios configurarlas de acuerdo a las necesidades de la práctica a realizar y del país donde se encuentre.
- Leer bien las especificaciones de los módulos de radio telemetría pues en ello lo más importante de considerar es la alimentación, porque son muy propensos a dañarse.
- Calcular los valores de la Zona de Fresnel con las frecuencias que se está trabajando caso contrario existirá errores en los cálculos.
- Configurar la misma velocidad para las radios y el programa a realizarse en Labview, caso contrario no existirá una comunicación.
- Para obtener un mayor alcance de las radio 3DR se puede utilizar un amplificador bidireccional.
- Antes de utilizar las baterías recargables ponerlas a cargar, pues de la primera carga depende el tiempo de vida de las baterías.
- Para alargar el tiempo de vida de las baterías esperar que se descargue completamente y después cargarla hasta que el LED rojo se apague.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **ADC:** Conversor Analógico Digital que permite convertir una entrada analógica en un valor binario.
- **ASÍNCRONA:** No se necesita una conexión para la señal de reloj, los relojes del transmisor y del receptor son independientes.
- **Bus I2C:** Inter Integrated Circuit es un bus de comunicación serial síncrono de dos líneas, que permite la comunicación entre múltiples dispositivos, todos conectados paralelamente a las dos líneas. La transferencia de datos se realiza entre dos dispositivos en una relación maestro – esclavo.
- **CISC:** Complex Instruction Set Computer, en español Computador con Conjunto de Instrucciones Complejas. Es un modelo de arquitectura de computadora que promueve el uso de un gran número de instrucciones.
- **dBi:** Ganancia isotrópica radiada.
- **DLL:** Es una biblioteca que contiene el código y los datos que se pueden utilizar por más de un programa al mismo tiempo.
- **Estabilidad:** Con la temperatura de un instrumento, indica el cambio que sufre la precisión absoluta del instrumento por cada °C a la que es sometido.
- **FPGAS:** Field Programmable Gate Array es un dispositivo semiconductor que contiene bloques de lógica cuya interconexión y funcionalidad puede ser configurada mediante un lenguaje de descripción especificada.
- **GPIB:** Es un estándar bus de datos digital de corto rango para conectar dispositivos de test y medida con dispositivos que los controlen como un ordenador.
- **IP:** Protocolo de Internet es un protocolo de comunicación de datos digitales clasificado funcionalmente en la Capa de Red según el modelo internacional OSI.
- **ISP:** Proveedor de servicio de internet.

- **LSB:** Bit menos significativo.
- **MSB:** Bit más significativo.
- **OPC:** Es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales, basado en una tecnología Microsoft, que ofrece un interfaz común para comunicación que permite que los componentes de software individuales interactúen y compartan datos.
- **OSI:** Open System Interconnection. Es un marco de referencia para la definición de arquitecturas en la interconexión de los sistemas de comunicaciones.
- **Precisión:** Es la capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones.
- **PWM:** Pulse-Width Modulation traducido al español es Modulación por Ancho de Pulsos.
- **PXI:** Es una plataforma basada en PC que ofrece una solución de despliegue de alto rendimiento y bajo costo para sistemas de medida y automatización.
- **RH:** Es la humedad relativa
- **RSSI:** Received Signal Strength Indication en español Indicador de Fuerza de Señal Recepción. Se utiliza para medir la potencia de las señales recibidas en las redes inalámbricas
- **SÍNCRONA:** Necesita una conexión adicional para la señal de reloj.
- **RISS:** Reduced Instruction Set Computer, en español Computador con Conjunto de Instrucciones Reducidas. Es un modelo de arquitectura de computadora que promueve conjuntos pequeños y simples de instrucciones.

- **SPI:** Es un bus de interfaz de periféricos serie estándar para controlar casi cualquier dispositivo electrónico digital que acepte un flujo de bits serie regulado por un reloj.
- **SRAM:** Static Random Access Memory o Memoria Estática de Acceso Aleatorio.
- **TPC:** Protocolo de Control de Transmisión es uno de los protocolos fundamentales en Internet.
- **USART:** Universal Synchronous / Asynchronous Receiver Transmitter, que incorporan la mayoría de los PIC's de la gama media y alta. Con este módulo hardware se puede implementar una comunicación serie del tipo síncrona o asíncrona.
- **VDP:** Impresión de datos variables es una forma de impresión digital, en la que elementos como el texto, los gráficos y las imágenes se pueden cambiar de un impreso sin parar o ralentizar el proceso de impresión.
- **VME:** Es un estándar de bus informático, desarrollado originalmente para la línea de microprocesadores.
- **VXI:** Es una plataforma de estándar abierto para la prueba automatizada basada en el bus VME.

BIBLIOGRAFÍA

<http://www.aquihayapuntes.com/indice-practicas-pic-en-c/comunicacion-serie-asincrona-entre-dos-pics-con-la-usart.html>

http://es.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface

http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_ancho_de_pulsos

http://es.wikipedia.org/wiki/Conversor_anal%C3%B3gico-digital

[http://enciclopedia.us.es/index.php/ISP_\(inform%C3%A1tica\)](http://enciclopedia.us.es/index.php/ISP_(inform%C3%A1tica))

<http://es.wikipedia.org/wiki/SRAM>

http://es.wikipedia.org/wiki/Complex_instruction_set_computing

http://es.wikipedia.org/wiki/Reduced_instruction_set_computing

<http://www.ni.com/white-paper/4811/es>

<http://es.wikipedia.org/wiki/GPIB>

<http://es.wikipedia.org/wiki/VME>

http://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_Internet

http://es.wikipedia.org/wiki/Transmission_Control_Protocol

http://en.wikipedia.org/wiki/Variable_data_printing

<http://es.wikipedia.org/wiki/OPC>

<http://support.microsoft.com/kb/815065/es>

http://es.wikipedia.org/wiki/Field_Programmable_Gate_Array

<http://www.cursomicros.com/avr/bus-i2c/protocolo-bus-i2c.html>

http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_OSI

<http://es.wikipedia.org/wiki/Precisi%C3%B3n>

http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/instrumentacionindustrial/default4.asp

ANEXO A

SENSIRION
THE SENSOR COMPANY

Datasheet SHT1x (SHT10, SHT11, SHT15) Humidity and Temperature Sensor

- Fully calibrated
- Digital output
- Low power consumption
- Excellent long term stability
- SMD type package – reflow solderable



Product Summary

SHT1x (including SHT10, SHT11 and SHT15) is Sensirion's family of surface mountable relative humidity and temperature sensors. The sensors integrate sensor elements plus signal processing on a tiny foot print and provide a fully calibrated digital output. A unique capacitive sensor element is used for measuring relative humidity while temperature is measured by a band-gap sensor. The applied CMOSens® technology guarantees excellent reliability and long term stability. Both sensors are seamlessly coupled to a 14bit analog to digital converter and a serial interface circuit. This results in superior signal quality, a fast response time and insensitivity to external disturbances (EMC).

Each SHT1x is individually calibrated in a precision humidity chamber. The calibration coefficients are programmed into an OTP memory on the chip. These coefficients are used to internally calibrate the signals from the sensors. The 2-wire serial interface and internal voltage regulation allows for easy and fast system integration. The tiny size and low power consumption makes SHT1x the ultimate choice for even the most demanding applications.

SHT1x is supplied in a surface-mountable LCC (Leadless Chip Carrier) which is approved for standard reflow soldering processes. The same sensor is also available with pins (SHT7x) or on flex print (SHTA1).

Dimensions

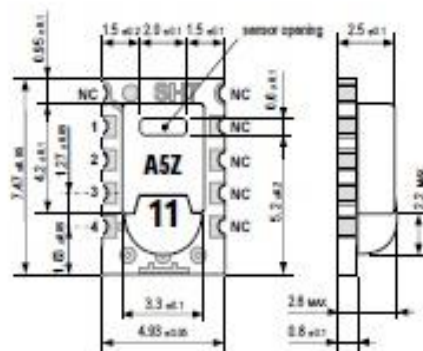


Figure 1: Drawing of SHT1x sensor packaging, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). Sensor label gives '11' for SHT11 as an example. Contacts are assigned as follows: 1:GND, 2:DATA, 3:SCK, 4:VDD.

Sensor Chip

SHT1x V4 – for which this datasheet applies – features a version 4 Silicon sensor chip. Besides the humidity and temperature sensors the chip contains an amplifier, A/D converter, OTP memory and a digital interface. V4 sensors can be identified by the alpha-numeric traceability code on the sensor cap – see example 'ASZ' code on Figure 1.

Material Contents

While the sensor is made of a CMOS chip the sensor housing consists of an LCP cap with epoxy glob top on an FR4 substrate. The device is fully RoHS and WEEE compliant, thus it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(6+), PBB and PBDE.

Evaluation Kits

For sensor trial measurements, for qualification of the sensor or even experimental application (data logging) of the sensor there is an evaluation kit EK-H4 available including SHT71 (same sensor chip as SHT1x) and 4 sensor channels, hard and software to interface with a computer. For other evaluation kits please check www.sensirion.com/humidity.

Sensor Performance

Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.4	0.05	0.05	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy ² SHT10	typical		±4.5		%RH
	maximal		see Figure 2		
Accuracy ² SHT11	typical		±3.0		%RH
	maximal		see Figure 2		
Accuracy ² SHT15	typical		±2.0		%RH
	maximal		see Figure 2		
Repeatability			±0.1		%RH
Hysteresis			±1		%RH
Non-linearity	linearized		<<1		%RH
Response time ³ τ (63%)			8		s
Operating Range		0		100	%RH
Long term drift ⁴	normal		< 0.5		%RH/yr

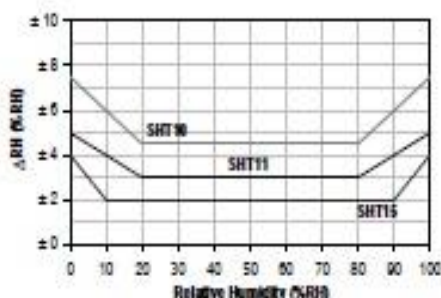


Figure 2: Maximal RH-tolerance at 25°C per sensor type.

Electrical and General Items

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Source Voltage		2.4	3.3	5.5	V
Power Consumption ⁵	sleep		2	5	μW
	measuring		3		mW
	average		90		μW
Communication	digital 2-wire interface, see Communication				
Storage	-10 – 50°C (0 – 125°C peak), 20 – 60%RH				

¹ The default measurement resolution of is 14bit for temperature and 12bit for humidity. It can be reduced to 12bit by command to status register.

² Accuracies are tested at Outgoing Quality Control at 25°C (77°F) and 3.3V. Values include hysteresis and are applicable to non-condensing environments only.

³ Time for reaching 63% of a step function, valid at 25°C and 1 m/s airflow.

Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Accuracy ² SHT10	typical		±0.5		°C
	maximal		see Figure 3		
Accuracy ² SHT11	typical		±0.4		°C
	maximal		see Figure 3		
Accuracy ² SHT15	typical		±0.3		°C
	maximal		see Figure 3		
Repeatability			±0.1		°C
Operating Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time ³ τ (63%)		5		30	s
Long term drift			< 0.04		°C/yr

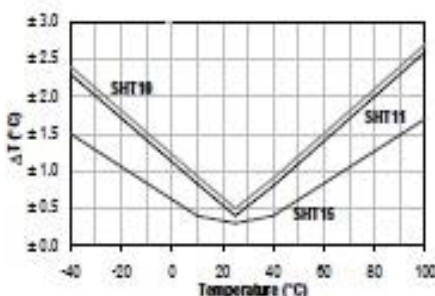


Figure 3: Maximal T-tolerance per sensor type.

Packaging Information

Sensor Type	Packaging	Quantity	Order Number
SHT10	Tape & Reel	2000	1-100218-04
SHT11	Tape & Reel	100	1-100051-04
	Tape & Reel	400	1-100098-04
	Tape & Reel	2000	1-100524-04
SHT15	Tape & Reel	100	1-100085-04
	Tape & Reel	400	1-100093-04

This datasheet is subject to change and may be amended without prior notice.

⁴ Value may be higher in environments with high contents of volatile organic compounds. See Section 1.3 of Users Guide.

⁵ Values for VDD=3.3V at 25°C, average value at one 12bit measurement per second.

⁶ Response time depends on heat capacity of and thermal resistance to sensor substrate.

following conditions: Temperature shall be in the range of 10°C – 50°C (0 – 125°C for limited time) and humidity at 20 – 60%RH (sensors that are not stored in ESD bags). For sensors that have been removed from the original packaging we recommend to store them in ESD bags made of metal-in PE-HD⁸.

In manufacturing and transport the sensors shall be prevented of high concentration of chemical solvents and long exposure times. Out-gassing of glues, adhesive tapes and stickers or out-gassing packaging material such as bubble foils, foams, etc. shall be avoided. Manufacturing area shall be well ventilated.

For more detailed information please consult the document "Handling Instructions" or contact Sensirion.

1.4 Reconditioning Procedure

As stated above extreme conditions or exposure to solvent vapors may offset the sensor. The following reconditioning procedure may bring the sensor back to calibration state:

- Baking: 100 – 105°C at < 5%RH for 10h
- Re-Hydration: 20 – 30°C at ~ 75%RH for 12h⁹.

1.5 Temperature Effects

Relative humidity reading strongly depends on temperature. Therefore, it is essential to keep humidity sensors at the same temperature as the air of which the relative humidity is to be measured. In case of testing or qualification the reference sensor and test sensor must show equal temperature to allow for comparing humidity readings.

If the SHT1x shares a PCB with electronic components that produce heat it should be mounted in a way that prevents heat transfer or keeps it as low as possible. Measures to reduce heat transfer can be ventilation, reduction of copper layers between the SHT1x and the rest of the PCB or milling a slit into the PCB around the sensor (see Figure 8).

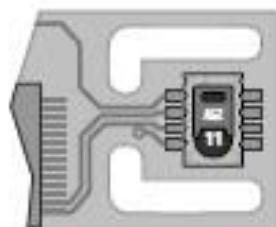


Figure 8: Top view of example of mounted SHT1x with slits milled into PCB to minimize heat transfer.

Furthermore, there are self-heating effects in case the measurement frequency is too high. Please refer to Section 3.3 for detailed information.

1.6 Light

The SHT1x is not light sensitive. Prolonged direct exposure to sunshine or strong UV radiation may age the housing.

1.7 Membranes

SHT1x does not contain a membrane at the sensor opening. However, a membrane may be added to prevent dirt and droplets from entering the housing and to protect the sensor. It will also reduce peak concentrations of chemical vapors. For optimal response times the air volume behind the membrane must be kept minimal. Sensirion recommends and supplies the SF1 filter cap for optimal IP54 protection (for higher protection – i.e. IP67 - SF1 must be sealed to the PCB with epoxy). Please compare Figure 9.

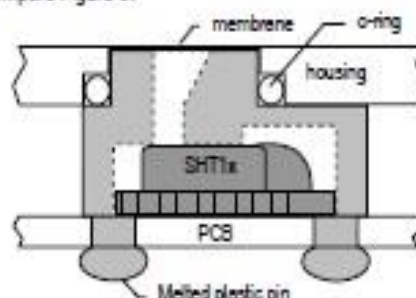


Figure 9: Side view of SF1 filter cap mounted between PCB and housing well. Volume below membrane is kept minimal.

1.8 Materials Used for Sealing / Mounting

Many materials absorb humidity and will act as a buffer increasing response times and hysteresis. Materials in the vicinity of the sensor must therefore be carefully chosen. Recommended materials are: Any metals, LCP, POM (Delrin), PTFE (Teflon), PE, PEEK, PP, PB, PPS, PSU, PVDF, PVF.

For sealing and gluing (use sparingly): Use high filled epoxy for electronic packaging (e.g. glob top, underfill), and Silicone. Out-gassing of these materials may also contaminate the SHT1x (see Section 1.3). Therefore try to add the sensor as a last manufacturing step to the assembly, store the assembly well ventilated after manufacturing or bake at >50°C for 24h to outgas contaminants before packing.

1.9 Wiring Considerations and Signal Integrity

Carrying the SCK and DATA signal parallel and in close proximity (e.g. in wires) for more than 10cm may result in cross talk and loss of communication. This may be

⁸ For example, 5l antistatic bag, product "1910" with zipper.
⁹ 75%RH can conveniently be generated with saturated NaCl solution. 100 – 105°C correspond to 212 – 221°F, 20 – 30°C correspond to 68 – 86°F

resolved by routing VDD and/or GND between the two data signals and/or using shielded cables. Furthermore, slowing down SCK frequency will possibly improve signal integrity. Power supply pins (VDD, GND) must be decoupled with a 100nF capacitor if wires are used. Capacitor should be placed as close to the sensor as possible. Please see the Application Note 'ESD, Latch-up and EMC' for more information.

1.10 ESD (Electrostatic Discharge)

ESD immunity is qualified according to MIL STD 883E, method 3015 (Human Body Model at ±2 kV).

Latch-up immunity is provided at a force current of ±100mA with $T_{amb} = 80^{\circ}C$ according to JEDEC78A. See Application Note 'ESD, Latch-up and EMC' for more information.

2 Interface Specifications

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial Data, bidirectional
3	SCK	Serial Clock, input only
4	VDD	Source Voltage
NC	NC	Must be left unconnected

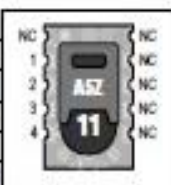


Table 1: SHT1x pin assignment, NC remain floating.

2.1 Power Pins (VDD, GND)

The supply voltage of SHT1x must be in the range of 2.4 – 5.5V, recommended supply voltage is 3.3V. Power supply pins Supply Voltage (VDD) and Ground (GND) must be decoupled with a 100 nF capacitor – see Figure 10.

The serial interface of the SHT1x is optimized for sensor readout and effective power consumption. The sensor cannot be addressed by I²C protocol; however, the sensor can be connected to an I²C bus without interference with other devices connected to the bus. The controller must switch between the protocols.

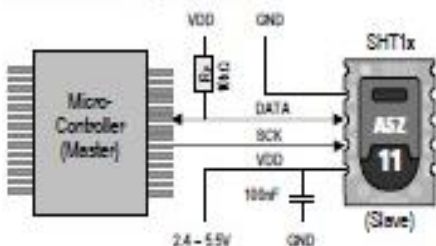


Figure 10: Typical application circuit, including pull up resistor R_p and decoupling of VDD and GND by a capacitor.

2.2 Serial clock input (SCK)

SCK is used to synchronize the communication between microcontroller and SHT1x. Since the interface consists of fully static logic there is no minimum SCK frequency.

2.3 Serial data (DATA)

The DATA tri-state pin is used to transfer data in and out of the sensor. For sending a command to the sensor, DATA is valid on the rising edge of the serial clock (SCK) and must remain stable while SCK is high. After the falling edge of SCK the DATA value may be changed. For safe communication DATA valid shall be extended T_{SD} and T_{HD} before the rising and after the falling edge of SCK, respectively – see Figure 11. For reading data from the sensor, DATA is valid T_v after SCK has gone low and remains valid until the next falling edge of SCK.

To avoid signal contention the microcontroller must only drive DATA low. An external pull-up resistor (e.g. 10kΩ) is required to pull the signal high – it should be noted that pull-up resistors may be included in I/O circuits of microcontrollers. See Table 2 for detailed I/O characteristic of the sensor.

2.4 Electrical Characteristics

The electrical characteristics such as power consumption, low and high level input and output voltages depend on the supply voltage. Table 2 gives electrical characteristics of SHT1x with the assumption of 5V supply voltage if not stated otherwise.

Parameter	Conditions	min	typ	max	Units
Power supply DC ⁽¹⁾		2.4	3.3	5.5	V
Supply current	measuring		0.55	1	mA
	average ⁽²⁾	2	28		µA
	sleep		0.3	1.5	µA
Low level output voltage	$I_L < 4 \text{ mA}$	0		250	mV
High level output voltage	$R_p < 25 \text{ k}\Omega$	90%		100%	VDD
Low level input voltage	Negative going	0%		20%	VDD
High level input voltage	Positive going	80%		100%	VDD
Input current on pads				1	µA
Output current	on			4	mA
	Tri-stated (off)		10	20	µA

Table 2: SHT1x DC characteristics. R_p stands for pull up resistor, while I_L is low level output current.

⁽¹⁾ Recommended voltage supply for highest accuracy is 3.3V, due to sensor calibration.

⁽²⁾ Minimum value with one measurement of 8bit resolution without OTP reload per second. Typical value with one measurement of 12bit resolution per second.

Absolute maximum ratings for VDD versus GND are +7V and -0.3V. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect the sensor reliability (e.g. hot carrier degradation, oxide breakdown). For proper communication with the sensor it is essential to make sure that signal design is strictly within the limits given in Table 3 and Figure 11.

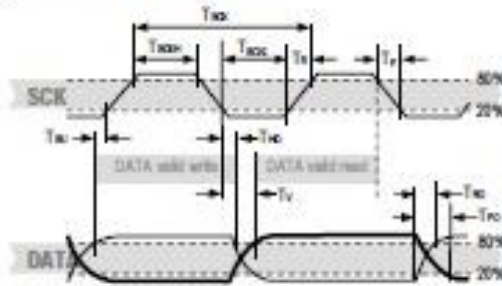


Figure 11: Timing Diagram, abbreviations are explained in Table 3. Bold DATA line is controlled by the sensor, plain DATA line is controlled by the micro-controller. Note that DATA valid read time is triggered by falling edge of anterior toggle.

	Parameter	Conditions	min	typ	max	Units
F _{SCK}	SCK Frequency	VDD > 4.5V	0	0.1	5	MHz
		VDD < 4.5V	0	0.1	1	MHz
T _{ack}	SCK hi/low time		100			ns
T _{sk} /T _{skl}	SCK rise/fall time		1	200	*	ns
T _{ro}	DATA fall time	OL = 5pF	3.5	10	20	ns
		OL = 100pF	30	40	200	ns
T _{rd}	DATA rise time		**	**	**	ns
T _v	DATA valid time		200	250	***	ns
T _{su}	DATA setup time		100	150	***	ns
T _{hd}	DATA hold time		10	15	****	ns

* $T_{sk,max} + T_{skl,max} = (F_{SCK})^{-1} - T_{ack} - T_{ackl}$
 ** T_{rd} is determined by the $R_p \cdot C_{bus}$ time-constant at DATA line
 *** $T_{v,max}$ and $T_{su,max}$ depend on external pull-up resistor (Rp) and total bus line capacitance (Cbus) at DATA line
 **** $T_{hd,max} = T_v - min(T_{sk}, T_{skl})$

Table 3: SHT1x I/O signal characteristics, OL stands for Output Load, entries are displayed in Figure 11.

3 Communication with Sensor

3.1 Start up Sensor

As a first step the sensor is powered up to chosen supply voltage VDD. The slew rate during power up shall not fall below 1V/ms. After power-up the sensor needs 11ms to get to Sleep State. No commands must be sent before that time.

3.2 Sending a Command

To initiate a transmission, a Transmission Start sequence has to be issued. It consists of a lowering of the DATA line while SCK is high, followed by a low pulse on SCK and raising DATA again while SCK is still high – see Figure 12.

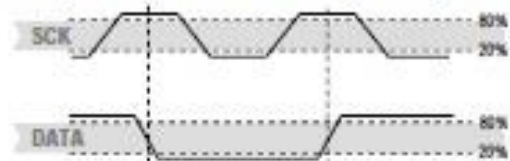


Figure 12: "Transmission Start" sequence

The subsequent command consists of three address bits (only '000' is supported) and five command bits. The SHT1x indicates the proper reception of a command by pulling the DATA pin low (ACK bit) after the falling edge of the 8th SCK clock. The DATA line is released (and goes high) after the falling edge of the 9th SCK clock.

Command	Code
Reserved	0000x
Measure Temperature	00011
Measure Relative Humidity	00101
Read Status Register	00111
Write Status Register	00110
Reserved	0101x-1110x
Soft reset, resets the interface, clears the status register to default values. Wait minimum 11 ns before next command	11110

Table 4: SHT1x list of commands

3.3 Measurement of RH and T

After issuing a measurement command ('00000101' for relative humidity, '00000011' for temperature) the controller has to wait for the measurement to complete. This takes a maximum of 20/80/320 ms for a 8/12/14bit measurement. The time varies with the speed of the internal oscillator and can be lower by up to 30%. To signal the completion of a measurement, the SHT1x pulls data line low and enters Idle Mode. The controller must wait for this Data Ready signal before restarting SCK to readout the data. Measurement data is stored until readout, therefore the controller can continue with other tasks and readout at its convenience.

Two bytes of measurement data and one byte of CRC checksum (optional) will then be transmitted. The micro controller must acknowledge each byte by pulling the DATA line low. All values are MSB first, right justified (e.g. the 5th SCK is MSB for a 12bit value, for a 8bit result the first byte is not used).

Bit	Type	Description	Default
7		reserved	0
6	R	End of Battery (low voltage detection) '0' for VDD > 2.47 '1' for VDD < 2.47	X No default value, bit is only updated after a measurement
5		reserved	0
4		reserved	0
3		For Testing only, do not use	0
2	R/W	Heater	0 off
1	R/W	no reload from OTP	0 reload
0	R/W	'1' = 8bit RH / 12bit Temp. resolution '0' = 12bit RH / 14bit Temp. resolution	0 12bit RH 14bit Temp.

Table 5: Status Register Bits

Measurement resolution: The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8bit. This is especially useful in high speed or extreme low power applications.

End of Battery function detects and notifies VDD voltages below 2.47V. Accuracy is ±0.05V.

Heater: An on chip heating element can be addressed by writing a command into status register. The heater may increase the temperature of the sensor by 5 – 10°C¹² beyond ambient temperature. The heater draws roughly 8mA @ 5V supply voltage.

For example the heater can be helpful for functionality analysis: Humidity and temperature readings before and after applying the heater are compared. Temperature shall increase while relative humidity decreases of the same time. Dew point shall remain the same.

Please note: The temperature reading will display the temperature of the heated sensor element and not ambient temperature. Furthermore, the sensor is not qualified for continuous application of the heater.

OTP_reload: With this operation the calibration data is uploaded to the register before each measurement. This may be deactivated for reducing measurement time by about 10ms.

4 Conversion of Signal Output

4.1 Relative Humidity

For compensating non-linearity of the humidity sensor – see Figure 18 – and for obtaining the full accuracy of the sensor it is recommended to convert the humidity readout

(SO_{RH}) with the following formula with coefficients given in Table 6:

$$RH_{true} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^2 \quad (\%RH)$$

SO _{RH}	c ₁	c ₂	c ₃
12 bit	-2.0468	0.0367	-1.5955E-6
8 bit	-2.0468	0.5872	-4.0845E-4

Table 6: V4 humidity conversion coefficients

The values given in Table 6 are optimized coefficients for V4 sensors. The parameter set for V3 sensors, which has been proposed in earlier datasheets, still applies and is provided by Sensirion upon request.

Values higher than 99% RH indicate fully saturated air and must be processed and displayed as 100%RH¹³. Please note that the humidity sensor has no significant voltage dependency.

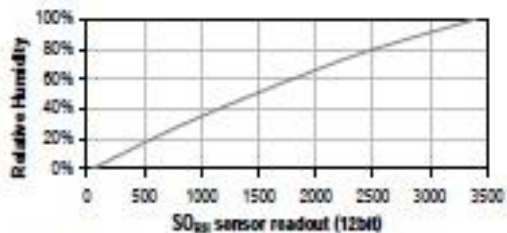


Figure 18: Conversion from SO_{RH} to relative humidity

4.2 Temperature compensation of Humidity Signal

For temperatures significantly different from 25°C (~77°F) the humidity signal requires temperature compensation. The temperature correction corresponds roughly to 0.12%RH/°C @ 50%RH. Coefficients for the temperature compensation are given in Table 7.

$$RH_{true} = (T_{LC} - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot SO_{RH}) + RH_{true}$$

SO _{RH}	t ₁	t ₂
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

Table 7: Temperature compensation coefficients¹⁴

4.3 Temperature

The band-gap PTAT (Proportional To Absolute Temperature) temperature sensor is very linear by design.

¹² Corresponds to 9 – 18°F

¹³ If wetted excessively (strong condensation of water on sensor surface), sensor output signal can drop below 100%RH (even below 0%RH in some cases), but the sensor will recover completely when water droplets evaporate. The sensor is not damaged by water immersion or condensation.

¹⁴ Coefficients apply both to V3 as well as to V4 sensors.

Datasheet SHT1x

Use the following formula to convert digital readout (SO₇) to temperature value, with coefficients given in Table 8:

$$T = d_1 + d_2 \cdot SO_7$$

VDD	d ₁ (°C)	d ₁ (°F)	SO ₇	d ₂ (°C)	d ₂ (°F)
5V	-40.1	-40.2	14bit	0.01	0.018
4V	-39.8	-39.6	12bit	0.04	0.072
3.5V	-39.7	-39.5			
3V	-39.6	-39.3			
2.5V	-39.4	-38.9			

Table 8: Temperature conversion coefficients¹⁵.

4.4 Dew Point

SHT1x is not measuring dew point directly, however dew point can be derived from humidity and temperature readings. Since humidity and temperature are both measured on the same monolithic chip, the SHT1x allows superb dew point measurements.

For dew point (T_d) calculations there are various formulas to be applied, most of them quite complicated. For the temperature range of -40 – 50°C the following approximation provides good accuracy with parameters given in Table 9:

$$T_d(RH, T) = T_n \cdot \frac{\ln\left(\frac{RH}{100\%}\right) + \frac{m \cdot T}{T_n + T}}{m - \ln\left(\frac{RH}{100\%}\right) - \frac{m \cdot T}{T_n + T}}$$

Temperature Range	T _n (°C)	m
Above water, 0 – 50°C	243.12	17.62
Above ice, -40 – 0°C	272.62	22.46

Table 9: Parameters for dew point (T_d) calculation.

Please note that "ln(...)" denotes the natural logarithm. For RH and T the linearized and compensated values for relative humidity and temperature shall be applied.

For more information on dew point calculation see Application Note "Introduction to Humidity".

5 Environmental Stability

If sensors are qualified for assemblies or devices, please make sure that they experience same conditions as the reference sensor. It should be taken into account that response times in assemblies may be longer, hence

¹⁵ Temperature coefficients have slightly been adjusted compared to datasheet SHT1x version 3.01. Coefficients apply to V3 as well as V4 sensors.



enough dwell time for the measurement shall be granted. For detailed information please consult Application Note "Qualification Guide".

The SHT1x sensor series were tested according to AEC-Q100 Rev. G qualification test method. Sensor specifications are tested to prevail under the AEC-Q100 temperature grade 2 test conditions listed in Table 10¹⁶. Sensor performance under other test conditions cannot be guaranteed and is not part of the sensor specifications. Especially, no guarantee can be given for sensor performance in the field or for customer's specific application.

Please contact Sensirion for detailed information.

Environment	Standard	Results ¹⁷
HTSL	125°C, 1000 hours	Within specifications
TC	-50°C - 125°C, 1000 cycles Acc. JEDEC22-A104-C	Within specifications
UHST	130°C / 85%RH / ≈2.3bar, 96h	Within specifications
THU	85°C / 85%RH, 1000h	Within specifications
ESD immunity	MIL STD 883E, method 3015 (Human Body Model at ±2kV)	Qualified
Latch-up	force current of ±100mA with T _{amb} = 80°C, acc. JEDEC 17	Qualified

Table 10: Qualification tests: HTSL = High Temperature Storage Lifetime, TC = Temperature Cycles, UHST = Unbiased Highly accelerated Stress Test, THU = Temperature Humidity Unbiased

6 Packaging

6.1 Packaging type

SHT1x are supplied in a surface mountable LCC (Leadless Chip Carrier) type package. The sensor housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.8mm FR4 substrate. The device is fully RoHS and WEEE compliant – it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(6+), PBB and PBDE.

Device size is 7.47 x 4.93 x 2.5 mm (0.29 x 0.19 x 0.1 inch), see Figure 1, weight is 100 mg.

6.2 Traceability Information

All SHT1x are marked with an alphanumeric, three digit code on the chip cap (for reference: V3 sensors were labeled with numeric codes) – see "ASZ" on Figure 1. The lot numbers allow full traceability through production,

¹⁶ Sensor operation temperature range is -40 to 105°C according to AEC-Q100 temperature grade 2.

¹⁷ According to accuracy and long term drift specification given on Page 2.

Communication terminates after the acknowledge bit of the CRC data. If CRC-8 checksum is not used the controller may terminate the communication after the measurement data LSB by keeping ACK high. The device automatically returns to Sleep Mode after measurement and communication are completed.

Important: To keep self heating below 0.1°C, SHT1x should not be active for more than 10% of the time – e.g. maximum one measurement per second at 12bit accuracy shall be made.

3.4 Connection reset sequence

If communication with the device is lost the following signal sequence will reset the serial interface: While leaving DATA high, toggle SCK nine or more times – see Figure 13. This must be followed by a Transmission Start sequence preceding the next command. This sequence resets the interface only. The status register preserves its content.

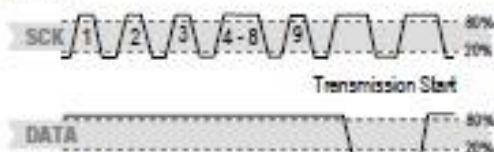


Figure 13: Connection Reset Sequence

3.5 CRC Checksum calculation

The whole digital transmission is secured by an 8bit checksum. It ensures that any wrong data can be detected and eliminated. As described above this is an additional feature of which may be used or abandoned. Please consult Application Note ‘CRC Checksum’ for information on how to calculate the CRC.

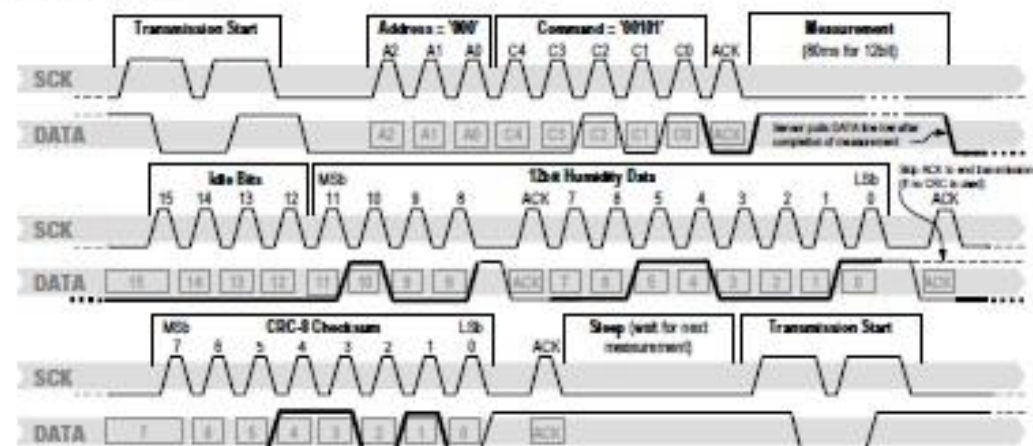


Figure 17: Example RH measurement sequence for value ‘0000010000110001’ = 1073 = 35.50%RH (without temperature compensation). DATA valid times are given and referenced in boxes on DATA line. Bold DATA lines are controlled by sensor while plain lines are controlled by the micro-controller.

3.6 Status Register

Some of the advanced functions of the SHT1x such as selecting measurement resolution, end-of-battery notice, use of OTP reload or using the heater may be activated by sending a command to the status register. The following section gives a brief overview of these features.

After the command Status Register Read or Status Register Write – see Table 4 – the content of 8 bits of the status register may be read out or written. For the communication compare Figure 14 and Figure 15 – the assignment of the bits is displayed in Table 5.



Figure 14: Status Register Write



Figure 15: Status Register Read

Examples of full communication cycle are displayed in Figure 16 and Figure 17.

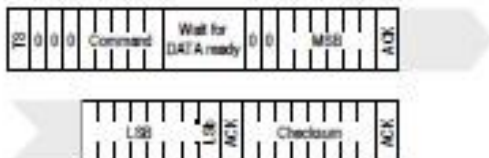


Figure 16: Overview of Measurement Sequence. TS = Transmission Start, MSB = Most Significant Byte, LSB = Last Significant Byte, LSb = Last Significant Bit.

Revision History

Date	Version	Page(s)	Changes
July 2008	4.0	1 – 11	New release, rework of datasheet
September 2008	4.1	3, 4	Adjustment of normal operating range and recommendation for antistatic bag
April 2009	4.2	2, 7	Amended foot note 2, communication diagram updated (Figure 17).
May 2010	4.3	1 – 11	Various errors corrected and additional information given (ask for change protocol).

Important Notices

Warning, Personal Injury

Do not use this product as safety or emergency stop devices or in any other application where failure of the product could result in personal injury. Do not use this product for applications other than its intended and authorized use. Before installing, handling, using or servicing this product, please consult the data sheet and application notes. Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.

If the Buyer shall purchase or use SENSIRION products for any unintended or unauthorized application, Buyer shall defend, indemnify and hold harmless SENSIRION and its officers, employees, subsidiaries, affiliates and distributors against all claims, costs, damages and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if SENSIRION shall be allegedly negligent with respect to the design or the manufacture of the product.

ESD Precautions

The inherent design of this component causes it to be sensitive to electrostatic discharge (ESD). To prevent ESD-induced damage and/or degradation, take customary and statutory ESD precautions when handling this product.

See application note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

Warranty

SENSIRION warrants solely to the original purchaser of this product for a period of 12 months (one year) from the date of delivery that this product shall be of the quality, material and workmanship defined in SENSIRION's published specifications of the product. Within such period, if proven to be defective, SENSIRION shall repair and/or replace this product, in SENSIRION's discretion, free of charge to the Buyer, provided that:

- notice in writing describing the defects shall be given to SENSIRION within fourteen (14) days after their appearance;

- such defects shall be found, to SENSIRION's reasonable satisfaction, to have arisen from SENSIRION's faulty design, material, or workmanship;
- the defective product shall be returned to SENSIRION's factory at the Buyer's expense; and
- the warranty period for any repaired or replaced product shall be limited to the unexpired portion of the original period.

This warranty does not apply to any equipment which has not been installed and used within the specifications recommended by SENSIRION for the intended and proper use of the equipment. EXCEPT FOR THE WARRANTIES EXPRESSLY SET FORTH HEREIN, SENSIRION MAKES NO WARRANTIES, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, WITH RESPECT TO THE PRODUCT. ANY AND ALL WARRANTIES, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ARE EXPRESSLY EXCLUDED AND DECLINED.

SENSIRION is only liable for defects of this product arising under the conditions of operation provided for in the data sheet and proper use of the goods. SENSIRION explicitly disclaims all warranties, express or implied, for any period during which the goods are operated or stored not in accordance with the technical specifications.

SENSIRION does not assume any liability arising out of any application or use of any product or circuit and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. All operating parameters, including without limitation recommended parameters, must be validated for each customer's applications by customer's technical experts. Recommended parameters can and do vary in different applications.

SENSIRION reserves the right, without further notice, (i) to change the product specifications and/or the information in this document and (ii) to improve reliability, functions and design of this product.

Copyright © 2009, SENSIRION.
CMOSens is a trademark of Sensirion
All rights reserved

Headquarter and Sales Offices

Headquarter

SENSIRION AG
Lauterbrunnstr. 50
CH-3712 Staflin ZH
Switzerland

Phone: +41 44 308 40 00
Fax: +41 44 308 40 30
info@sensirion.com
<http://www.sensirion.com/>

Sales Office USA:

SENSIRION Inc.
2801 Towngate Rd., Suite 204
Westlake Village, CA 91361
USA

Phone: +1 805 409 4800
Fax: +1 805 435 0467
usa@sensirion.com
<http://www.sensirion.com/>

Sales Office Japan:

SENSIRION JAPAN Co. Ltd.
Postal Code: 108-0074
Shinjyugawa Station Bldg. 7F,
4-23-5, Takasawa, Minato-ku
Tokyo, Japan

Phone: +81 3 3444 4840
Fax: +81 3 3444 4830
info@sensirion.co.jp
<http://www.sensirion.co.jp>

Sales Office Korea:

SENSIRION KOREA Co. Ltd.
#414, Anyang Construction Tower (S/O),
1110-1, Baan-dong, Anyang-city
Gyeonggi-Province
South Korea

Phone: +82 31 440 9025-27
Fax: +82 31 440 9027
info@sensirion.co.kr
<http://www.sensirion.co.kr>

Sales Office China:

Sensirion China Co. Ltd.
Room 2411, Main Tower
Jin Zhong Huan Business Building,
Fudan District, Shenzhen,
Postal Code 518048
PR China

phone: +86 755 8252 1501
fax: +86 755 8252 1580
info@sensirion.com.cn
www.sensirion.com.cn

Find your local representative at: <http://www.sensirion.com/info>

ANEXOS

CURRICULUM VITAE

DATOS PERSONALES

NOMBRE: María José Alajo Masapanta

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

FECHA DE NACIMIENTO: 26 de Julio de 1991

CEDULA DE CIUDADANÍA: 0503786170

TELÉFONOS: (03) 2809869/ 0983390466

CORREO ELECTRÓNICO: jose_alajo18@hotmail.es

DIRECCIÓN: C. Putzalahua y Sangay, N^o 62-236



ESTUDIOS REALIZADOS:

Primaria:

- ESCUELA “ONCE DE NOVIEMBRE”- LATACUNGA

Secundaria:

- INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR “VICTORIA VASCONEZ CUVI” - LATACUNGA

Superior:

- INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO - Egresada

TÍTULOS OBTENIDOS:

- BACHILLER EN CIENCIAS “FÍSICO- MATEMÁTICO”
- TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA
- SUFICIENCIA EN INGLÉS

CURSOS REALIZADOS:

- SUFICIENCIA EN EL IDIOMA INGLÉS

EXPERIENCIAS LABORALES:

Centro de Mantenimiento Aeronáutico “CEMA” – Latacunga.

Escuadrón de Mantenimiento Aeronáutico – Ala 23 – Manta.

ACEPTACIÓN DEL USUARIO

Latacunga, 23 de Mayo del 2013

Yo, ING PABLO PILATASIG en calidad de encargado del Laboratorio de Instrumentación Virtual del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, me permito informar lo siguiente:

El proyecto de graduación elaborado por la Srta. **ALAJO MASAPANTA MARÍA JOSÉ**, con el tema: **“MONITOREO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD MEDIANTE EL KIT DE TELEMETRÍA”** ha sido efectuado de forma satisfactoria en las dependencias de mi cargo y que la misma cuenta con todas las garantías de funcionamiento, por lo cual extiendo este aval que respalda el trabajo realizado por el mencionado estudiante.

Por tanto me hago cargo de todas las instalaciones realizadas por el Señor estudiante.

Atentamente

ING. PABLO PILATASIG

ENCARGADO DEL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE RESPONSABILIZA
EL AUTOR**

María José Alajo Masapanta

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

**Ing. Pablo Pilatasig Director Carrera de Electrónica Mención
Instrumentación & Aviónica**

Latacunga, Mayo 23 del 2013

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, **ALAJO MASAPANTA MARÍA JOSÉ**, Egresada de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación & Aviónica, en el año 2012 con Cédula de Ciudadanía N° **050378617-0**, autora del Trabajo de Graduación **Monitoreo de temperatura y humedad mediante el kit de telemetría**, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

Alajo Masapanta María José

CI. 050378617-0

Latacunga, Mayo 23 del 2013

