



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Electrónica

**IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA ELECTRONICO PARA
EL MONITOREO METEOROLOGICO REMOTO Y LA
CAPTACION DE FLUJO NUBOSO EN LA PARROQUIA DEL
CAÑAR CANTON CAÑAR**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A
LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO ELECTRONICO.**

**AUTORES:
DÍAZ CÓRDOVA WELLINGTON
ORELLANA GONZALEZ DANIEL**

**DIRECTOR
ING. LEONEL PEREZ**

**CUENCA, ECUADOR
2011**

DEDICATORIA

Wellington Díaz

Este trabajo realizado con mucho esfuerzo y ahincó se lo dedico a mi Madre Eulalia Córdova, a mi Esposa Sara Vintimilla, a mis Hijos Leslie y José Díaz y a Dios, puesto que es por ellos que a pesar de los problemas el cansancio y las presiones del trabajo, siempre encontré en mis seres queridos la fuerza, la energía y el impulso que me ha llevado a la culminación de una carrera larga pero muy fructífera.

DEDICATORIA

Daniel Orellana

El presente trabajo de graduación se lo dedico principalmente a Dios por ser el que me ayudado a lo largo de toda mi carrera universitaria brindándome su ayuda en todo momento.

También dedico esta tesis a mis padres ya que me apoyaron con su cariño y paciencia brindándome siempre lo necesario para poder culminar mi carrera con éxito y satisfacción.

RESUMEN

El trabajo de tesis que se ha desarrollado, consiste en el diseño e implementación de una malla captadora de flujo nuboso para la recolección de agua de consumo humano sin necesidad de aporte de energía, se ha incluido una estación meteorológica para estimar las condiciones del medio ambiente en las que la malla es capaz de recolectar la mayor cantidad de agua, esta estación cuenta con sensores diseñados para medir los cambios de: velocidad de viento, temperatura, humedad, dirección de viento, cantidad de agua recolectada y presión atmosférica, en períodos uniformes de tiempo real.

ABSTRACT

This thesis is based on the design and implementation of a cloud scavenging mesh to collect drinking water without the use of energy. A meteorological station has been included to estimate the environmental conditions in which the mesh is capable of collecting as much water possible. This station has sensors designed to measure changes in the wind, temperature, humidity, wind direction, amount of water collected and atmospheric pressure, during real-time uniform periods.

Índice de Contenidos

DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y FIGURAS	vi

INTRODUCCIÓN	1
---------------------------	---

CAPITULO 1

MALLAS DE CAPTACIÓN DE FLUJO NUBOSO Y METEOROLOGÍA

1.1 Mallas colectoras de agua de la neblina.....	2
1.1.1 Introducción.....	2
1.1.2 Distribución global de agua.....	3
1.1.3 El agua.....	4
1.1.4 Nubes.....	5
1.1.4.1 Nubes de nivel alto.....	5
1.1.4.2. Nubes de nivel medio.....	7
1.1.4.3. Nubes de nivel bajo.....	8
1.1.5. Métodos de captación.....	10
1.1.5.1. Reseña histórica.....	10
1.1.5.2. Diseño y estructura de una malla de captación.....	11
1.1.5.3. El captador.....	14
1.1.5.4. Elementos estructurales.....	15
1.1.5.5. Elementos constructivos de un captador.....	16
1.1.5.6. Calculo de superficie de captación.....	19
1.1.5.7. Modelos de mallas de captación.....	23
1.2 Meteorología.....	28
1.2.1. Historia de la meteorología.....	28

1.2.2. Ramas de la meteorología.....	30
1.2.3. Instrumentos meteorológicos.....	31
1.2.4. Estaciones meteorológicas.....	32
1.2.5. Variables meteorológicas.....	34
1.2.5.1. Temperatura.....	34
1.2.5.2. Humedad	55
1.2.5.3. Presión.....	64
1.2.5.4. Dirección y velocidad el viento.....	72
1.2.6. Técnicas digitales.....	76

CAPITULO 2

DISEÑO DE LA MALLA DE CAPTACIÓN

2.1. Introducción.....	77
2.2. Malla de captación	78
2.3. Soporte.....	78
2.3.1. Perforaciones.....	78
2.3.2. Postes.....	79
2.3.3. Tensores.....	79
2.4. Armazón.....	80
2.4.1. Sujeción.....	81
2.4.2. Canal.....	82
2.5. Construcción.....	83
2.5.1. Ubicación.....	83
2.5.2. Parada y retacado de postes.....	84
2.5.3. Marco de alambre.....	84
2.6. Malla.....	85

CAPITULO 3**DISEÑO DEL HARDWARE Y DEL FIRMWARE DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA**

3.1	Introducción.	86
3.2	Estación meteorológica.	87
3.2.1	Sensores en la estación meteorológica.	88
3.2.1.1	Sensor de humedad.	88
3.2.1.2	Sensor de velocidad de viento.	91
3.2.1.3	Sensor de dirección de viento.	94
3.2.1.4	Sensor de temperatura.	97
3.2.1.5	Sensor de presión atmosférica.	100
3.2.1.6	Sensor de tensión en cables de soporte de la malla.	104
3.2.1.7	Sensor de cantidad de agua recolectada.....	107
3.2.2	Sistema electrónico de la estación meteorológica.....	109

CAPITULO 4**CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA DE CAPTACIÓN Y ESTACIÓN METEOROLÓGICA**

4.1	Construcción de la malla de captación de flujo nuboso.....	112
4.1.1	Emplazamiento del montaje de la malla.....	113
4.1.2	Construcción de la estructura de soporte.....	114
4.1.3	Construcción del armazón de sostén.....	116
4.1.4	Montaje de la malla.....	118
4.1.5	Canal de recolección.....	119
4.1.6	Tanque de almacenamiento.....	120
4.2	Construcción de la estación meteorológica.....	121
4.2.1	Sensores y circuitos de interface.....	121
4.2.1.1	Construcción del sensor de humedad.	122
4.2.1.2	Construcción del sensor de velocidad de viento.....	124
4.2.1.3	Construcción del sensor de dirección de viento.....	127

4.2.1.4	Construcción del sensor temperatura.....	129
4.2.1.5	Construcción del sensor de presión atmosférica.....	130
4.2.1.6	Construcción del sensor de cantidad de agua.....	133
4.2.1.7	Construcción del sensor de tensión en cables.....	134
4.2.2	Lectura de datos de los sensores y transmisión a la pc.....	137
4.3	Diseño y programación del software.....	140
4.3.1	Diseño.....	140
4.3.2	Programación.....	141

CAPITULO 5

RECOLECCIÓN DE DATOS DURANTE LAS PRUEBAS FUNCIONALES

5.1	Introducción.....	146
5.2	Datos recogidos.	146
5.2.1	Velocidad del viento.....	147
5.2.2	Temperatura.	147
5.2.3	Humedad.....	148
5.2.4	Dirección del viento.....	149
5.2.5	Cantidad de agua.....	150
5.2.6	Presión atmosférica.....	150
5.2.7	Tensión en cables de soporte.....	151

CONCLUSIONES	152
---------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	154
---------------------------	-----

Índice de Tablas y Figuras

Tabla # 1: Formulas para las conversiones de unidades de temperatura.....	36
Tabla # 2: Equivalencias de medidas del clima.....	55
Tabla # 3: Unidades de medida de la presión.....	65
Tabla # 4: Características de los elementos electromecánicos.....	70
Tabla # 5: Escala Beafort de la fuerza del viento.....	71
Tabla # 6: Especificaciones técnicas del sensor de humedad.....	88
Tabla # 7: Especificaciones técnicas del sensor de velocidad de viento.....	90
Tabla # 8: Especificaciones técnicas del sensor de dirección del viento.....	94
Tabla # 9: Especificaciones técnicas del sensor de temperatura.....	97
Tabla # 10: Relación de Presión Vs. Altura.....	99
Tabla # 11: Especificaciones técnicas del sensor de presión atmosférica.....	100
Tabla # 12: Valores de resistencia del sensor de tensión.....	103
Tabla # 13: Especificaciones técnicas del sensor cantidad de agua.....	105
Tabla # 14: Resultados del sensor de dirección del viento.....	147
Figura #1: Métodos antiguos de captación.....	2
Figura #2: Porcentaje de agua dulce en el planeta.....	3
Figura #3: Dimensiones de una molécula de agua.....	4
Figura #4: Relación de tamaño entre molécula, partícula y gota de agua.....	4
Figura #5: Formación típica de una nube Cirrus.....	6
Figura #6: Formación típica de una nube Cirrocúmulo.....	6
Figura #7: Formación típica de una nube Cirrostratos.....	7
Figura #8: Formación típica de una nube Altocúmulos.....	7
Figura #9: Formación típica de una nube Altostratos.....	8
Figura #10: Formación típica de una nube Nimbostratos.....	8
Figura #11: Formación típica de una nube Estratocúmulos.....	9
Figura #12: Formación típica de una nube Estratos o Niebla.....	9
Figura #13: Primeras mallas colocadas en las costas Chilenas.....	10
Figura #14: Modelo estándar de las mallas de captación.....	11
Figura #15: Mallas ubicadas en sectores rurales del Perú.....	13
Figura #16: Módulos de captación en disposición lateral.....	14

Figura #17: Diseño básico de una malla de captación.....	15
Figura #18: Ilustración de la disposición de los soportes y tensores en un módulo múltiple.....	16
Figura #19: Sujeción de la canal de conducción de agua en la malla.....	18
Figura #20: Poblaciones encargadas del mantenimiento de las mallas.....	19
Figura #21: Módulos en disposición vertical.....	20
Figura #22: Modelo abeto con materiales metálicos.....	23
Figura #23: Modelo unilateral con tensores.....	23
Figura #24: Modelo duplo con tensores.....	24
Figura #25: Modelo abeto con tensores.....	24
Figura #26: Modelo agro con tensores.....	25
Figura #27: Esquema para equipos circulares y poliédricos.....	25
Figura #28: Varias unidades de captación colocadas una junto a la otra.....	26
Figura #29: La primera imagen televisiva de la Tierra desde el espacio.....	29
Figura #30: Termómetros de mercurio tipo August.....	38
Figura #31: Termómetros de mercurio.....	39
Figura #32: Termómetro de máxima y termómetro de mínima.....	40
Figura #33: Termómetro Gaseoso.....	41
Figura #34: Campos de Medida de diferente Instrumentos.....	42
Figura #35: Estructura física de sensores.....	44
Figura #36: Recubrimientos de los sensores.....	44
Figura #37: Curva característica de los metales.....	45
Figura #38: Montaje a 2 hilos.....	46
Figura #39: Montaje a 3 hilos.....	47
Figura #40: Puente de Wheastone para sonda de resistencia.....	48
Figura #41: Esquema del montaje a 4 hilos.....	48
Figura #42: Símbolo del termistor PTC y NTC.....	49
Figura #43: Curvas característica de termistores.....	50
Figura #44: Termopar industrial con vaina.....	51
Figura #45: Efecto Seebeck de la unión de 2 metales.....	51
Figura #46: Composición básica de un termómetro infrarrojo.....	53
Figura #47: Termómetro infrarrojo.....	53
Figura #48: Psicómetro.....	56
Figura #49: Estructura del sensor capacitivo de humedad.....	58

Figura #50: Sensor de humedad resistivo.....	59
Figura #51: Sensor de humedad capacitivo.....	59
Figura #52: Modulo SHT11.....	60
Figura #53: Instrumento industrial para medir humedad.....	62
Figura #54: Transductor resistivo de presión.....	66
Figura #55: Transductor de inductancia variable.....	67
Figura #56: Transductor de inductancia variable.....	68
Figura #57: Transductor capacitivo de presión.....	69
Figura #58: Transductor piezoeléctrico.....	70
Figura #59: Veleta para medir la dirección del viento.....	72
Figura #60: Anemómetro Totalizador.....	73
Figura #61: Modelo de una malla de captación.....	75
Figura #62: Excavación para fijar los postes.....	76
Figura #63: Poste de madera tratada.....	77
Figura #64: Varilla enterrada en dirección de la malla.....	78
Figura #65: Fijación del marco de acero al poste.....	80
Figura #66: Canal de colección hacia el reservorio.....	81
Figura #67: Colina a 2300 metros sobre el nivel del mar.....	82
Figura #68: Sujeción de la malla a los tensores.....	83
Figura #69: Malla tipo Rashchel al 35%.....	83
Figura #70: Malla recolectora y ubicación de los sensores de la estación meteorológica.....	85
Figura #71: Curva característica del sensor de humedad.....	87
Figura #72: Medidas del sensor de humedad.....	87
Figura #73: Circuito de interface para el sensor de humedad.....	88
Figura #74: Fotografía del sensor de humedad.....	89
Figura #75: Curvas correspondientes al sensor de velocidad de viento.....	91
Figura #76: Medidas del Anemómetro.....	91
Figura #77: Circuito de interface para el Anemómetro.....	92
Figura #78: Fotografía del sensor de velocidad de viento.....	92
Figura #79: Veleta de metal y plástico.....	93
Figura #80: Especificaciones técnicas del sensor de dirección del viento.....	94
Figura #81: Medidas del sensor de dirección de viento.....	95
Figura #82: Fotografía del sensor de dirección de viento.....	96

Figura #83: Curva característica del sensor de temperatura.....	96
Figura #84: Medidas estándares del sensor de temperatura LM35.....	97
Figura #85: Circuito de interface para el sensor de temperatura.....	98
Figura #86: Fotografía del sensor de temperatura.....	99
Figura #87: Curvas característica del sensor de presión atmosférica.....	100
Figura #88: Dimensiones del sensor de presión atmosférica.....	101
Figura #89: Circuito de interface para el sensor de presión atmosférica.....	101
Figura #90: Esquema de conexión del sensor al conversor A/D.....	101
Figura #91: Fotografía del sensor de presión atmosférica.....	102
Figura #92: Componentes del sensor de tensión en cables.....	104
Figura #93: Curva correspondiente al sensor de tensión.....	104
Figura #94: Circuito de interface del sensor de tensión en los templeones.....	106
Figura #95: Curva correspondiente al sensor de cantidad de agua.....	106
Figura #96: Circuito de interface para el sensor de presión en templeones.....	107
Figura #97: Fotografía del sensor de presión atmosférica.....	110
Figura #98: Montaje de la malla piloto.....	111
Figura #99: Chorocopte parroquia del Cañar.....	112
Figura #100: Levantamiento de los postes de soporte.....	113
Figura #101: Tensor del poste al piso en una varilla de anclaje.....	113
Figura #102: Excavaciones para los postes de sostén.....	114
Figura #103: Tensor mecánico superior.....	114
Figura #104: Tensores mecánicos de la parte inferior.....	115
Figura #105: Montaje de la malla en los postes.....	116
Figura #106: Tensionado de la malla.....	117
Figura #107: Montaje de la canal de recolección.....	117
Figura #108: Canal de recolección sujeta a la malla.....	118
Figura #109: Desfogue en el tanque de almacenamiento y estructura de soporte del tanque.....	118
Figura #110: Construcción de la estructura de soporte del tanque.....	121
Figura #111: Forma física del sensor de humedad.....	121
Figura #112: Circuito de interface del sensor de humedad.....	122
Figura #113: Componentes de un sensor de velocidad de viento.....	123
Figura #114: Vista física del Anemómetro.....	124
Figura #115: Montaje de los sensores en uno de los postes.....	124

Figura #116: Circuito de interface para el Anemómetro.....	125
Figura #117: Construcción del sensor de dirección de viento.....	126
Figura #118: Montaje del sensor de dirección de viento.....	127
Figura #119: Sensor de temperatura LM35.....	128
Figura #120: Circuito de interface para el sensor de temperatura.....	129
Figura #121: Sensor de presión atmosférica.....	129
Figura #122: Primer circuito de interface para el sensor de presión atmosférica	130
Figura #123: Segundo circuito de interface para sensor de presión atmosférica	130
Figura #124: Montaje de los sensores de presión, temperatura y humedad.....	131
Figura #125: Sensor de nivel.....	132
Figura #126: Circuito de interface para el sensor de cantidad de agua.....	133
Figura #127: Materiales del sensor de tensión.....	134
Figura #128: Montaje del sensor de tensión en cables.....	134
Figura #129: Circuito de interface del sensor de tensión.....	136
Figura #130: Circuito esquemático de circuitos de interface.....	137
Figura #131: PCB de los circuitos de interface.....	137
Figura #132: Circuito esquemático de recolección y envío de datos.....	138
Figura #133: PCB del circuito de adquisición y mando de datos.....	139
Figura #134: Adquisición de datos.....	140
Figura #135: Visualización de del histórico de la velocidad de viento.....	140
Figura #136: Visualización de del histórico de la temperatura.....	141
Figura #137: Visualización de del histórico de la humedad.....	141
Figura #138: Visualización de del histórico de la dirección de viento.....	142
Figura #139: Visualización de del histórico de la cantidad de agua.....	142
Figura #140: Visualización de del histórico de la presión atmosférica.....	143
Figura #141: Visualización de del histórico de la tensión en los cables.....	145
Figura #142: Grafica de velocidades del viento en un día.....	146
Figura #143: Grafica de temperaturas de un día.....	146
Figura #144: Cantidad de agua recogida en un día.....	148
Figura #145: Grafica de la presión atmosférica de un día.....	149
Figura #146: Grafica de las tensiones en templones de un día.....	149

Díaz Córdova Wellington José
Orellana González Daniel Alejandro
Trabajo de Graduación
Ing. Leonel Pérez R.
Mayo 2011

**IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA ELECTRONICO PARA EL
MONITOREO METEOROLOGICO REMOTO Y LA CAPTACION DE
FLUJO NUBOSO EN LA PARROQUIA DEL CAÑAR CANTON CAÑAR.**

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de tesis se pretende implementar un conjunto de sensores que permiten medir las variantes en el medio ambiente formando así una estación meteorológica.

Una estación meteorológica es la unión de varios instrumentos de medición climática que puede estimar el comportamiento del medioambiente y sus cambios.

La estación meteorológica está en capacidad de evaluar las mediciones realizadas en: velocidad de viento, temperatura, humedad, dirección del viento, cantidad de agua recolectada y presión atmosférica, en periodos uniformes de tiempo real.

Además se pretende incluir una malla captadora de flujo nuboso presente en los páramos y regiones montañosas del la región andina, para obtener agua que podría servir para el consumo humano sin necesidad de aporte de energía puesto que la malla se basa en principios físicos de la naturaleza de las nubes bajas, estimando la cantidad de recolección mediante la estación meteorológica instalada en la parroquia de Chorocopte del cantón Cañar.

Con este proyecto de tesis se pretende incluir una nueva forma de recolección de agua en el austro, siendo un gran aporte para los pueblos de escasos recursos hídricos.

CAPITULO 1

MALLAS DE CAPTACIÓN DE FLUJO NUBOSO Y METEOROLÓGIA

1.1. Mallas colectoras de agua de la neblina.

1.1.1. Introducción.

Desde tiempos antiguos el hombre ha tenido que buscar formas de conseguir agua de manera que estén cerca de su aldea, animales y cultivos; Y se sabe que pueblos como El Hierro sobrevivían sequías de un año con la ayuda de árboles de abeto que retenían agua de la neblina al pasar por las costas.

De la misma manera pueblos como Chile homologaron estas antiguas técnicas usando materiales más resistentes y ubicando las nuevas mallas en lugares estratégicos donde se conoce existe flujos de neblina y obteniendo muy buenos resultados.

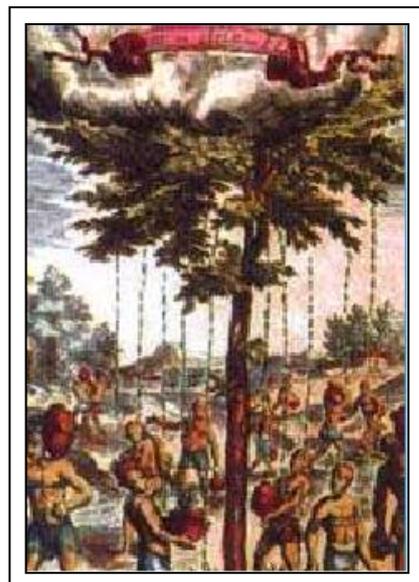


Figura #1: Métodos antiguos de captación

Fuente: SÁNCHEZ Carlos. 2007. Natural Aqua. España. Disponible en:
<http://www.naturalaqua.es/Antigua/en/index.html>

1.1.2. Distribución global de agua

En la Tierra hay $1,5 \times 10^9 \text{ km}^3$ de agua aproximadamente, la mayor parte de ella en los océanos (97%) constituyendo lo que denominamos agua salada (pues es el depósito que va acumulando las sales arrastradas por el agua fluyente; dado que las sales no se evaporan). El otro 3% aproximadamente lo constituye la llamada agua dulce, que en su mayor proporción (~79%) está helada en los casquetes polares (más glaciares, etc.). Del resto, el 20% es agua subterránea, que fluye lentamente hacia el mar o permanece estancada por períodos largos, y va rellenándose con lo que permea de las precipitaciones, y un 1%, que equivale a 370.000 km^3 , constituye el agua superficial. De ésta, algo más del 50% está contenida en lagos, un 1% en organismos vivos, un 8% en la atmósfera (como vapor de agua 29600) y el resto fluye por la superficie terrestre, aunque de ella, no toda, sino una pequeña parte (algo superior al 2% de la superficial) se puede considerar encauzada en ríos.

De lo que solo podemos aprovechar para la condensación de nubes es el porcentaje tabulado entre otros que corresponde a el agua en animales, plantas y evaporado, siendo este un 0.9% del agua dulce.

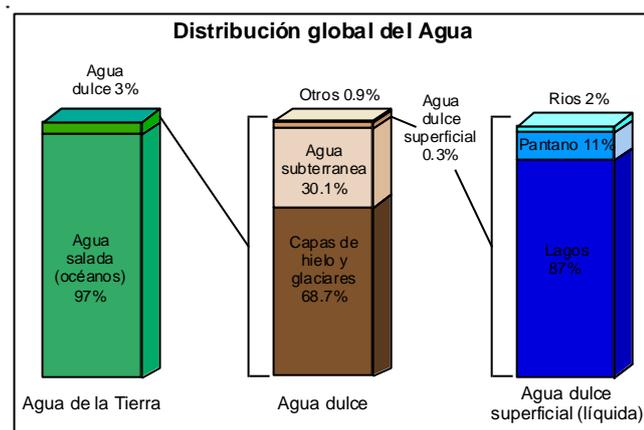


Figura #2: Porcentaje de agua dulce en el planeta

1.1.3. El agua

A El agua está formada por moléculas con tres átomos: dos de hidrógeno y uno de oxígeno. En estado líquido estas moléculas están apiñadas en forma desordenada. Se pueden mover libremente pero se mantienen adheridas unas a otras por fuerzas atómicas; Con energía como el calor del sol aumenta la velocidad promedio de las moléculas.

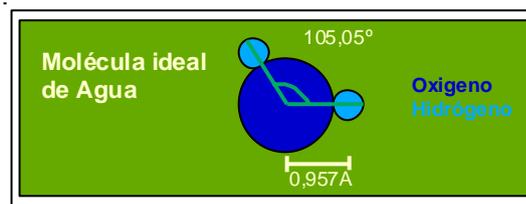


Figura #3: Dimensiones de una molécula de agua

Decimos que entonces subió la temperatura en el líquido, A mayor temperatura, mayor velocidad en promedio, Agitara las moléculas del líquido, sobre todo las más superficiales; Imagine ahora la superficie de nuestro líquido calentada por el Sol. Una molécula muy abundante en el aire, por ejemplo el nitrógeno, choca con la superficie del agua a esas enormes velocidades.

Así golpeadas, las moléculas de agua pueden ser arrancadas del seno del líquido y quedar libre de la atracción de las otras. A esa molécula libre la llamamos vapor de agua.

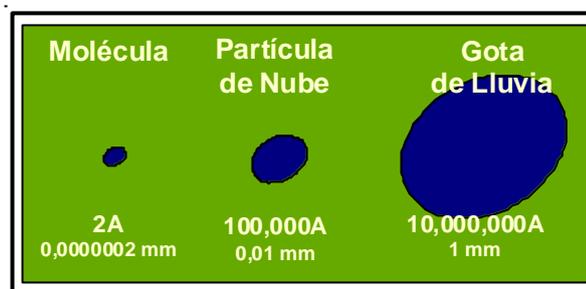


Figura #4: Relación de tamaño entre molécula, partícula y gota de agua

1.1.4. Nubes

Una nube es un hidrometeoro que consiste en una masa visible formada por cristales de nieve o gotas de agua microscópicas suspendidas en la atmósfera. Las nubes dispersan toda la luz visible, y por eso se ven blancas. Sin embargo, a veces son demasiado gruesas o densas como para que la luz las atraviere, y entonces se ven grises o incluso negras. Las nubes son gotas de agua sobre polvo atmosférico. Luego dependiendo de unos factores sus gotitas pueden convertirse en: lluvia, granizo o nieve.

Las diferencias entre formaciones nubosas se deben, en parte, a las diferentes temperaturas de condensación. Cuando se produce a temperaturas inferiores a la de congelación, las nubes suelen estar formadas por cristales de hielo; las que se forman en aire más cálido suelen contener gotitas de agua.

El movimiento de aire asociado al desarrollo de las nubes también afecta a su formación. Las nubes que se crean en aire en reposo tienden a aparecer en capas o estratos, mientras que las que se forman entre vientos o aire con fuertes corrientes verticales presentan un gran desarrollo vertical.

Hay varias clases de nubes, que podemos clasificar en tres grupos: nubes altas, nubes medias y nubes bajas.

1.1.4.1. Nubes de nivel alto

Cirros

Son nubes blancas, transparentes y sin sombras internas que presentan un aspecto de filamentos largos y delgados. Estos filamentos pueden presentar una distribución regular en forma de líneas paralelas, ya sean rectas o sinuosas. Ocasionalmente los filamentos tienen una forma embrollada. La apariencia general es como si el cielo hubiera sido cubierto a brochazos. Cuando los cirros invaden el cielo puede estimarse que en las próximas 24 h. habrá un cambio brusco del tiempo; con descenso de la temperatura.



Figura #5: Formación típica de una nube Cirrus

Fuente: UCAR COMMUNITY. 2002. University Corporation for Atmospheric Research. USA. Disponible en: <http://www2.ucar.edu>

Cirrocúmulos

Forman una capa casi continua que presenta el aspecto de una superficie con arrugas finas y formas redondeadas como pequeños copos de algodón. Estas nubes son totalmente blancas y no presentan sombras. Cuando el cielo está cubierto de Cirrocúmulos suele decirse que está aborregado. Los Cirrocúmulos frecuentemente aparecen junto a los Cirros y suelen indicar un cambio en el estado del tiempo en las próximas 12 h. Este tipo de nubes suele preceder a las tormentas.



Figura #6: Formación típica de una nube Cirrocúmulo

Fuente: UCAR COMMUNITY. 2002. University Corporation for Atmospheric Research. USA. Disponible en: <http://www2.ucar.edu>

Cirrostratos

Tienen la apariencia de un velo, siendo difícil distinguir detalles de estructura, presentando ocasionalmente un estriado largo y ancho. Sus bordes tienen límites definidos y regulares. Este tipo de nubes suele producir un halo en el cielo alrededor del Sol o de la Luna. Los Cirrostratos suelen suceder a los Cirros y preludian la llegada de mal tiempo por tormentas o frentes cálidos.

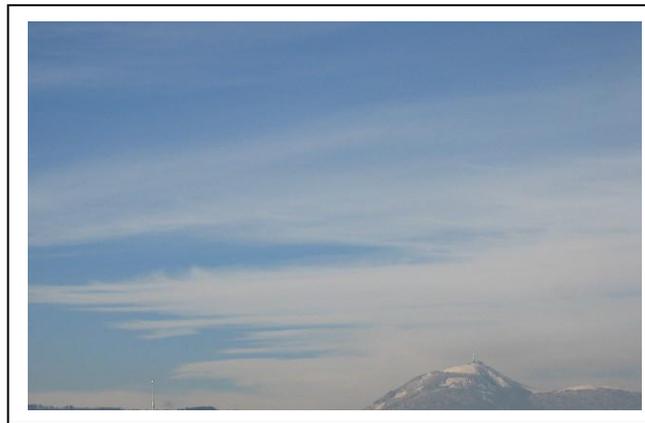


Figura #7: Formación típica de una nube Cirrostratos

Fuente: UCAR COMMUNITY. 2002. University Corporation for Atmospheric Research. USA.

Disponible en: <http://www2.ucar.edu>

1.1.4.2. Nubes de nivel medio

Alto cúmulos

Parecen copos de tamaño mediano y estructura irregular, con sombras entre los copos. Presentan ondulaciones o estrías anchas en su parte inferior. Los Alto cúmulos suelen preceder al mal tiempo producido por lluvias o tormentas.



Figura #8: Formación típica de una nube Alto cúmulos

Fuente: UCAR COMMUNITY. 2002. University Corporation for Atmospheric Research. USA.

Disponible en: <http://www2.ucar.edu>

Altostratos

Capas delgadas de nubes con algunas zonas densas. En la mayoría de los casos es posible visualizar el Sol a través de la capa de nubes. El aspecto que presentan los Altostratos es el de una capa uniforme de nubes con manchones irregulares. Los Altostratos generalmente presagian lluvia fina y pertinaz con descenso de la temperatura.



Figura #9: Formación típica de una nube Altostratos

Fuente: UCAR COMMUNITY. 2002. University Corporation for Atmospheric Research. USA.

Disponible en: <http://www2.ucar.edu>

1.1.4.3. Nubes de nivel bajo

Nimbostratos

Tienen el aspecto de una capa regular de color gris oscuro con diversos grados de opacidad. Con cierta frecuencia es posible observar un aspecto ligeramente estriado que corresponde a diversos grados de opacidad y variaciones del color gris. Son nubes típicas de lluvia de primavera y verano y de nieve durante el invierno.



Figura #10: Formación típica de una nube Nimbostratos

Fuente: UCAR COMMUNITY. 2002. University Corporation for Atmospheric Research. USA.

Disponible en: <http://www2.ucar.edu>

Estratocúmulos

Presentan ondulaciones amplias parecidas a cilindros alargados, pudiendo presentarse como bancos de gran extensión. Estas nubes presentan zonas con diferentes intensidades de gris. Los Estratocúmulos rara vez aportan lluvia, salvo cuando se transforman en Nimbostratos.



Figura #11: Formación típica de una nube Estratocúmulos

Fuente: UCAR COMMUNITY. 2002. University Corporation for Atmospheric Research. USA.

Disponible en: <http://www2.ucar.edu>

Estratos

Tienen la apariencia de un banco de neblina grisáceo sin que se pueda observar una estructura definida o regular. Presentan manchones de diferente grado de opacidad y variaciones de la coloración gris. Durante el otoño e invierno los Estratos pueden permanecer en el cielo durante todo el día dando un aspecto triste al cielo. Durante la primavera y principios del verano aparecen durante la madrugada dispersándose durante el día, lo que indica buen tiempo. Se desarrollan horizontalmente, de forma opuesta a los cúmulos que se originan verticalmente. Pueden formarse a sólo unos pocos metros de distancia del suelo. Además, un estrato a nivel del suelo no es ni más ni menos que niebla.



Figura #12: Formación típica de una nube Estratos o Niebla

Fuente: UCAR COMMUNITY. 2002. University Corporation for Atmospheric Research. USA.

Disponible en: <http://www2.ucar.edu>

1.1.5. Métodos de captación

Para obtener agua a partir de la humedad que se presenta en nubes bajas de tipo *estratos* se han utilizado muchos métodos en todas partes del mundo pero para este estudio detallaremos las *mallas de captación o atrapa niebla*.

1.1.5.1. Reseña histórica

El Desierto de Atacama es uno de los más secos del mundo, sin embargo, en sus costas, masas de aire húmedo del Océano Pacífico forman neblinas matinales, llamadas localmente camanchacas. Desde los 1960s diversos investigadores habían concebido el aprovechamiento del agua en las camanchacas. Destacan, sobre todo, los trabajos hechos por Carlos Espinosa Arancibia, físico de la Universidad de Chile que obtuvo una patente de invención (N° 18.424) por un aparato destinado a “captar agua contenida en las nieblas o camanchacas”. El equipo era un cilindro de 0,7m de diámetro en que estaban dispuestos 1.300 monofilamentos de perlón de 0,5mm de diámetro y 2m de largo. Al fondo de este sistema se encontraba un embudo metálico y un estanque de acumulación de agua. Luego vinieron una serie de mejoras y a nivel mundial Carlos Espinosa Arancibia es reconocido como uno de los padres de esta invención.



Figura #13: Primeras mallas colocadas en las costas Chilenas

Fuente: VILLARROEL Gilberto. 2009. Atrapanieblas: de Chile para el mundo. Chile.
Disponible en: <http://f2r2.blogspot.com/>

Los atrapa nieblas que se usan en los pueblos del norte chileno fueron desarrollados en conjunto con científicos israelíes. Están formados por un pedestal metálico en que hay un gran marco, de unos 6m de largo por 4m de alto. Este marco contiene una malla plástica que facilita la condensación de la neblina. En su parte inferior hay una canaleta y un estanque colector.

Estos dispositivos se instalan en sitios altos, que se hallen expuestos a la camanchaca y están conectados por tuberías a estanques de depósito de agua.

1.1.5.2. Diseño y estructura de una malla de captación

Un elemento captador artificial, como los que se han empleado en el proyecto chileno, consiste en una malla plana, que es ubicada en forma perpendicular a la dirección del viento predominante.

Durante el proceso de captación del agua contenida en la nube, las gotitas que son atrapadas por la malla, se agrupan allí hasta formar una gota de mayor tamaño que se desliza por gravedad hasta ser colectada por una canaleta dispuesta en el borde inferior del panel.



Figura #14: Modelo estándar de las mallas de captación

Fuente: VILLARROEL Gilberto. 2009. Atrapanieblas: de Chile para el mundo. Chile. Disponible en: <http://f2r2.blogspot.com/>

Se estima que se requiere coleccionar cerca de 10 millones de gotitas contenidas en la neblina, para formar una gota del tamaño de la cabeza de un fósforo.

De lo anterior se desprende que el captador artificial es un elemento completamente pasivo ya que el agua atrapada es drenada sólo por flujo gravitacional hasta el punto donde será usada.

La producción de agua de un sistema de paneles captadores, o "atrapa nieblas", dependerá del contenido líquido y características físicas de la nube, expresadas como tamaño de la gota y velocidad del viento que conduce a la nube, por una parte, y por la otra, de la naturaleza y características de la superficie de captación, expresadas como su área útil de intercepción y su eficiencia de producción. La duración de cada evento de neblina, también es una variable determinante del volumen total de producción.

El panel atrapa niebla empleado en las experiencias realizadas en Chile, tiene como elemento de captación una malla que comúnmente es usada en la agricultura.

La malla es elaborada en base a un tejido de filamentos planos de polipropileno negro de 1 mm de ancho por 0,1 mm de espesor. Comercialmente se denomina RASCHEL y es producida en distintas densidades de tejido, las cuales son expresadas como porcentaje de sombra.

En los paneles del proyecto chileno se ha elegido, luego de haber ensayado su eficiencia de producción, una malla de 35% de sombra, la cual está dispuesta en doble paño.

El sistema de paneles atrapa nieblas es instalado en sitios previamente elegidos por su potencial de producción de agua y por sus características topográficas apropiadas. Las unidades captadoras son interconectadas por tuberías que conducen el agua hasta un estanque de almacenamiento. Desde allí podrá ser entregada a los usuarios en distintas formas, dependiendo esto del uso que se le dará al recurso y del costo que tendrá el sistema de distribución.



Figura #15: Mallas ubicadas en sectores rurales del Perú

Fuente: HUERTA Miguel. 2007. Más sobre atrapanieblas. Chile. Disponible en: <http://josemiguelhuerta.blogspot.com> <http://f2r2.blogspot.com/>

El diseño de este sistema atrapa nieblas fundamenta su ejecución en los conceptos de la tecnología apropiada, ya que por estar estos proyectos principalmente orientados a los sectores rurales, se debe concebir la creación de una estructura que solucione el problema de obtención de agua a bajo costo, utilizando elementos eficientes y disponibles en un amplio mercado.

El montaje del sistema es a base de elementos pasivos y estáticos que son de fácil construcción o ensamblaje en la obra.

La instalación de cada panel y su interconexión es rápida y simple, no requiriéndose gran cantidad de mano de obra para su ejecución. Debido a lo simple del diseño del sistema, no se requiere de personal altamente calificado para su construcción.

Además, por ser la conducción del agua un flujo gravitacional, ésta no emplea mecanismos que usen energía para su funcionamiento y/o que sean complejos de operar y reparar.

La tecnología de captación de agua atmosférica, es particularmente ventajosa en proyectos que por su tamaño relativamente pequeño, no justifican inversiones de gran magnitud.

1.1.5.3. El captador

En términos simples, el panel captador consiste en dos postes, distanciados a 5 metros, entre los cuales va dispuesta la doble malla de 4 metros de altura.

Sin embargo, el atrapa niebla incluye varios elementos que en conjunto le dan las características de funcionamiento.

Estos paneles atrapa nieblas pueden ser módulos simples, es decir conformados por una sola malla de captación, sostenida por dos postes (20 m^2), o pueden ser módulos múltiples, es decir compuestos por varias mallas de captación, sostenidas por postes comunes (40 m^2 , 60 m^2 , etc) manteniendo la orientación de los paneles en forma perpendicular a la dirección del viento.

El criterio para seleccionar el número y tipo de módulos a construir (paneles simples, dobles, etc.) será determinado fundamentalmente por la topografía del terreno. Además puede influir en esta decisión la calidad de los materiales empleados en la construcción del panel captador.



Figura #16: Módulos de captación en disposición lateral

Fuente: HUERTA Miguel. 2007. Más sobre atrapanieblas. Chile. Disponible en: <http://josemiguelhuerta.blogspot.com> <http://f2r2.blogspot.com/>

Esta característica de modularidad del sistema, establece que el costo de cada subunidad de un panel múltiple sea inferior al costo de cada panel simple. Además, ello establece que la producción de agua se limitará sólo a la adición de unidades captadoras, lo cual se puede adecuar en el tiempo al crecimiento de la demanda.

Otra característica importante del sistema es la baja probabilidad de interrupción del proceso de producción de agua, ya que el daño causado por siniestros naturales esperados nunca afectará a la totalidad del sistema de captación instalado.

1.1.5.4. Elementos estructurales

Antes de describir la arquitectura del panel, se debe considerar que el esfuerzo más importante es solicitado por el viento. Por ello, en la elección de los materiales y en el diseño de Ingeniería de detalles es imprescindible tener presente lo siguiente:



Figura #17: Diseño básico de una malla de captación

Fuente: VILLARROEL Gilberto. 2009. Atrapanieblas: de Chile para el mundo. Chile. Disponible en: <http://f2r2.blogspot.com/>

- El panel captador debe estar diseñado y construido en base a elementos cuya resistencia soporte la demanda estructural solicitada por el viento, la humedad, el roce entre piezas y la oxidación química y/o galvánica.

- En tal sentido, la estructura nunca debe ser rígida, de modo tal que los elementos tengan cierto grado de libertad (movimiento) que les permita distribuir las fuerzas de trabajo sin fatigarse.
- Sin embargo, ante un eventual colapso en la estructura, el daño deberá ser parcial y, además, predecible en sus efectos. Para ello se diseñó una estructura en que los elementos de sustentación vertical son distintos de los elementos de sostén de la malla captadora, basado en que los primeros son de mayor costo y mayor dificultad de reposición.
- Ya que la malla recibe y transmite la fuerza del viento, se planifica su operación de modo tal, que frente a vientos de gran magnitud el daño será absorbido por ella sin ocasionar la pérdida total del captador. Cabe mencionar que la pérdida total de la malla incide en un 3.78% del costo de un atrapa niebla. Además, si el daño es menor, este puede ser reparado.

1.1.5.5. Elementos constructivos de un captador

El panel captador, está compuesto por los siguientes elementos:

Estructura de soporte

A Esta estructura está conformada por dos o más pilares, que en este caso son postes de Eucalipto impregnado de 7 metros de altura y 5" de diámetro en la punta superior. La cantidad de postes depende del número de subunidades que compongan el panel captador. Además, componen esta estructura los cables de sostén de los postes, que se sujetan al suelo por medio de anclajes prefabricados.



Figura #18: Ilustración de la disposición de los soportes y tensores en un módulo múltiple

Fuente: MERINO Alfredo. 2008. Atrapanieblas. España. Disponible en: <http://www.elmundo.es /elmundo /2008/02/01 /ecologia/1201864289.html>

Elemento de captación

La superficie captadora está compuesta por una doble malla, de 5 x 4 metros (aprox. 80 m² de material), la cual va cosida a un grupo de cables de sostén y sujeta a los postes por un conjunto de barras de anclaje.

Luego, los elementos que componen el sistema de captación son:

- **Cables de sostén**

Existen dos grupos de cables que cumplen distintas funciones:

- a) Elemento de sustentación vertical:** Está compuesto por dos cables de acero de 3/16" de diámetro (superior e inferior) cuyo rol es soportar verticalmente la malla. Dado que la malla se ha definido como el elemento de sacrificio frente a un siniestro mayor, los cables en su punto de anclaje llevan un "fusible de seguridad" constituido por un tramo pequeño hecho con un cable de menor resistencia.
- b) Elemento de sustentación horizontal:** Dado que la fuerza del viento produce una catenaria en la malla, lo que ocasiona una pérdida significativa del agua captada, se optó por subdividirla en tres paños discretos de las mismas dimensiones. Para

ello se dispuso entre los cables superior o Inferior, dos líneas de alambres galvanizados y plastificados de 5.11 mm de diámetro.

- **Barras de anclaje**

Ellas están compuestas por dos o más pares de tablillas de pino tratado para prevenir el ataque de hongos, en las que se envuelven los extremos de la malla.

Estas barras, que van adosadas a cada poste permiten traccionar la malla en forma pareja y a la vez le otorgan un cierto grado de rigidez.

- **Canaleta colectora y drenaje**

En el cable inferior de la malla colectora se cuelga una canaleta por medio de alambres galvanizados, ésta recibe las aguas que escurren por gravedad en la malla y las conducen hacia una aducción que se conecta a una cañería matriz o estanque de acumulación. En la experiencia chilena se ha usado, como canaleta, una tubería de PVC de 110 mm de diámetro, cortada longitudinalmente en parte de su sección.



Figura #19: Sujeción de la canal de conducción de agua en la malla

Fuente: CRUZ Cristian. 2008. Atrapanieblas. Chile. Disponible en: http://www.flickr.com/photos/cruz_fr/3349248391/

1.1.5.6. Calculo de superficie de captación

La superficie de captación está definida por el área útil de intercepción, esta superficie corresponde a la malla que va dispuesta entre los postes de Eucalipto. En un proyecto de captación y suministro de agua atmosférica, para determinar la superficie de captación necesaria para abastecer una población humana, se deben considerar tres factores determinantes, estos son:

- El tamaño de la población objetivo,
- La dotación mínima, considerada necesaria para satisfacer la demanda de la Comunidad, y
- El volumen potencial de captación (propio de cada sitio), expresado en litros/m²/día.

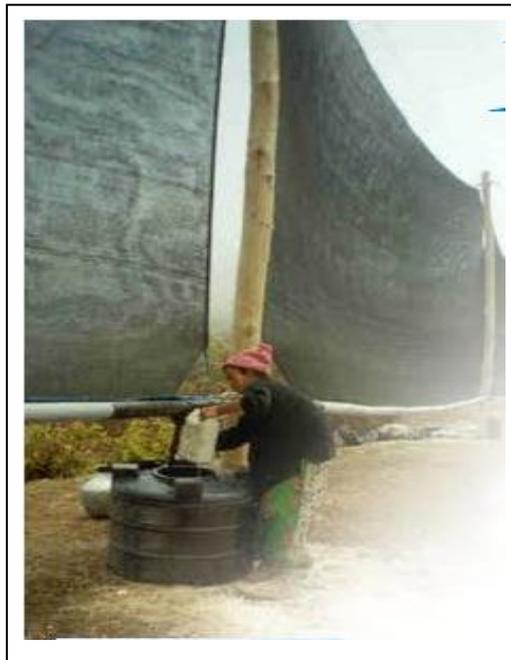


Figura #20: Poblaciones encargadas del mantenimiento de las mallas

Fuente: ARQUITECTURA ADAPTATIVA. 2009. Adaptaniebla. Perú. Disponible en: http://adaptaniebla-nt.blogspot.com/2009/06/atrapaniebla_16.html

Las variables citadas definirán, en términos básicos, el tamaño de una obra de captación del agua contenida en las neblinas. Sin embargo, en Cañar, al aplicar esta tecnología a un lugar determinado, será necesario tener presente las siguientes consideraciones:

- a) Según ha sido determinado por estudios realizados en algunas comunidades de esta región, los habitantes de estos lugares consideran que una dotación de 25 litros/persona/día es suficiente para cubrir todas sus necesidades de uso de agua.
- b) De acuerdo a lo estimado, por estudios teóricos. Para neblinas, como las presentes en el sector de Aguarongopata, con un contenido líquido de $0,35 \text{ g/m}^{-3}$, el proyecto permite abastecer con 40 litros por persona al día, a comunidades pequeñas, con un máximo de 2.000 habitantes.
- c) Las limitaciones a la aplicación de la tecnología, en términos del costo de la obra, están fundamentalmente determinadas por el largo de la tubería de conducción. Es decir, mientras más cercana se encuentre la comunidad al punto de captación, menores serán los costos de inversión de la obra.
- d) Al instalar un sistema de captación la elección del tipo de captador a emplear (simple, doble o triple) será determinada por las características topográficas del terreno elegido. Sin embargo, por razones de costo unitario de construcción, es recomendable el empleo de estructuras múltiples.
- e) Los cálculos de este informe se han realizado en base al volumen de captación mínimo estimado para Aguarongopata. Este es de $4 \text{ litros/m}^2/\text{día}$, cifra que parece ser suficientemente conservadora, como para que pueda ser extrapolada a otros lugares de las montañas Cañarís.
- f) Por último, un factor fundamental a determinar en el estudio de la factibilidad técnica del proyecto y en la optimización del sistema de captación será la frecuencia de ocurrencia y la estacionalidad del fenómeno. Como referencia, en el caso de Aguarongopata se ha dimensionado el proyecto en base a una

permanencia de la nube de un 82% del año, distribuida en forma homogénea. Dicho de otro modo, se estiman períodos máximos de no captación de los días.



Figura #21: Módulos en disposición vertical

Fuente: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. 2009. Atrapanieblas: de Chile. Chile. Disponible en:
<http://almacosta.wordpress.com/2009/04/27/atrapanieblas-de-chile-para-el-mundo/>

De acuerdo a las consideraciones anteriores, para estimar la superficie de captación necesaria para satisfacer la demanda de una comunidad dada se deberá realizar el siguiente cálculo:

VARIABLES

S = Superficie de captación a instalar (M²)

Su = Superficie de captación expresada como cantidad de unidades de 20m²

D = Dotación demandada (litros/persona/día)

C_p = Volumen potencial de captación (litros/m²/día)

P_d = Producción diaria básica

P_D = Producción diaria total

N = Número de personas que debe abastecer el proyecto

F = Factor de seguridad de suministro

Donde:

$$P_d = D * N$$

Para el caso de una comunidad de 500 personas con una demanda de 35 litros/persona/día, ello representa la necesidad de contar con una producción diaria (P_d) de 17.500 litros.

Utilizando un factor de seguridad de suministro (F) de 30%, el volumen de producción diaria total será de:

$$P_D = D * N * F$$

Por lo tanto, para el ejemplo práctico, la producción total diaria (P_D) será de 70.000 litros.

Para estimar la superficie total de captación que se necesitará construir, previamente se deberá disponer de la estimación del volumen potencial de captación para el sitio elegido. Para el caso de las instalaciones de Aguarongopata, el promedio anual de captación es de 4 litros/m²/día. Por lo tanto, la superficie total se expresará como:

$$S = \frac{P_D}{C_P}$$

Es decir, para una demanda de 11.375 litros por día, se requiere construir 3.792 m² de superficie de captación. Sin embargo, como se ha definido al captador como una

unidad o un conjunto de subunidades de 48 m² cada una. El valor anterior debe ser expresado en número de subunidades de 48 m², aproximando el resultado al entero superior.

$$S_U = \frac{S}{48} \text{ m}^2$$

Del cálculo anterior, se obtiene que para abastecer la demanda de una población de 350 habitantes con un promedio de 25 litros/persona/día, se deberán construir 79 subunidades colectoras de 48 m² cada una. El ordenamiento y la estructuración de estas subunidades en módulos simples o múltiples, como se expresa en el párrafo d) estarán definidos por la superficie de terreno disponible y por su topografía.

1.1.5.7. Modelos de mallas de captación

Las mallas pueden tomar varias formas partiendo de la malla base estándar, estas variaciones dependerán del medio ambiente en donde se instalen las mallas, además de la planificación para óptima condensación.

Estas variantes se basan principalmente en adjuntar una serie de bandejas. Este método consiste en armar mallas pequeñas del mismo ancho que la malla base pero de unos pocos metros de alto estas mallas se adjuntarán a la malla base con una inclinación de 30° para que así se pueda coleccionar el agua lluvia y potenciar la captación del flujo nuboso.

Los modelos existentes fueron desarrollados por los científicos de todo el mundo que adaptaron las mallas a las condiciones de sus países. Los modelos son:

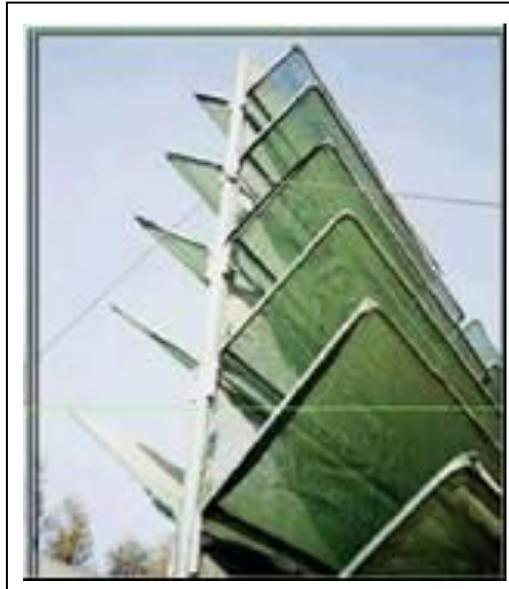


Figura #22: Modelo abeto con materiales metálicos

Fuente: SÁNCHEZ Carlos. 2007. Natural Aqua. España. Disponible en:
<http://www.naturalaqua.es/Antigua/en/index.html>

Modelo unilateral

Este modelo es muy resistente al viento y de bajos costos de fabricación. Consiste en colocar algunas bandejas a un lado de la malla base, se colocaran en el lado contrario al que recibe el viento, este modelo es adecuado para lugares que presentan fuertes vientos o se encuentran descubiertos.

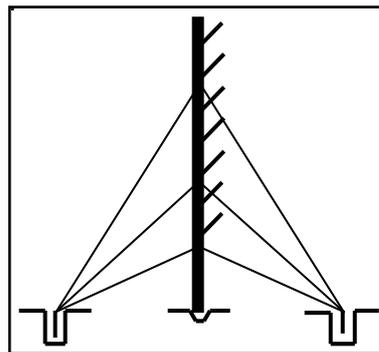


Figura #23: Modelo unilateral con tensores

Modelo duplo

Este modelo se basa en el anterior pero tiene bandejas a ambos lados de la malla base y es apropiado para lugares con menos viento presentando un muy buen nivel de captación. Las bandejas tienen una dimensión de 5m por 60cm con doble capa de material como la malla base.

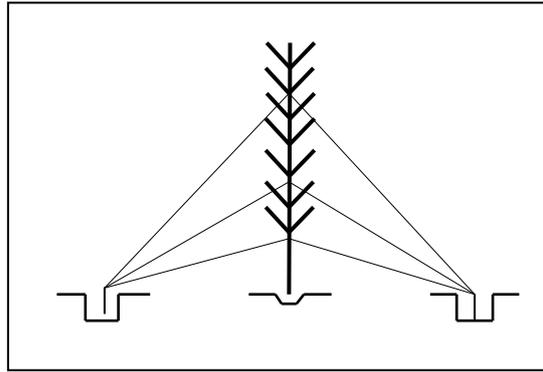


Figura #24: Modelo duplo con tensores

Modelo abeto

Consiste en construir las bandejas de diferentes tamaños, los más grandes en la base de la malla base y se colocan gradualmente hasta ubicar los más pequeños en la parte superior. Este modelo es adecuado para lugares con poco viento y cerca de lugares con vegetación o accidentes geográficos, presentando un excelente nivel de captación.

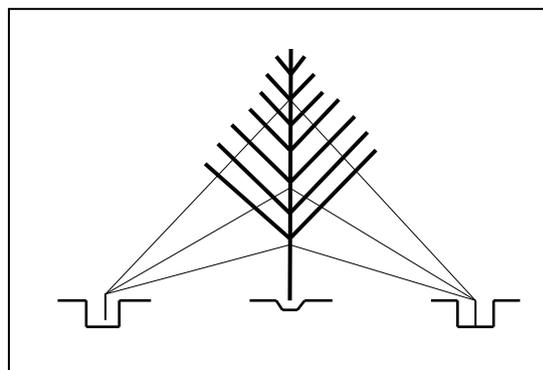


Figura #25: Modelo abeto con tensores

Modelo agro

Con un diseño destinado a huertas agrícolas, su punto de giro permite utilizarlo como captador de agua, difusor de vientos, sombreado reductor de insolación, controlador de evaporación y reductor de los efectos de las heladas para los cultivos que se encuentran a la sombra de estas mallas.

El efecto se consigue al inclinar la malla unilateral con respecto a la vertical protegiendo así a los cultivos que se encuentran debajo del lado que no tiene bandejas.

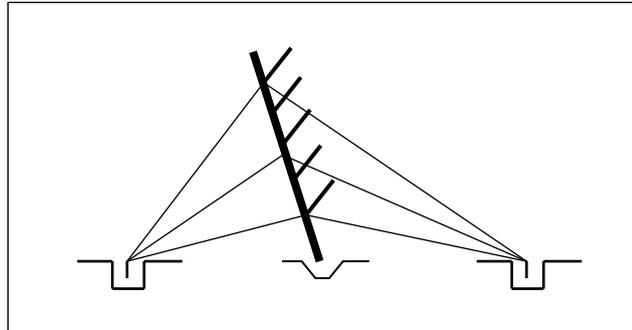


Figura #26: Modelo agro con tensores

Equipos circulares y poliédricos

Estos están diseñados específicamente para zonas donde la bruma es intensa, los vientos suaves y cambiantes de dirección, su estructura permite que actúe sea cual sea la dirección de llegada de la bruma con altos índices de colección de llovizna y lluvia pero no adecuados para zonas de vientos fuertes.

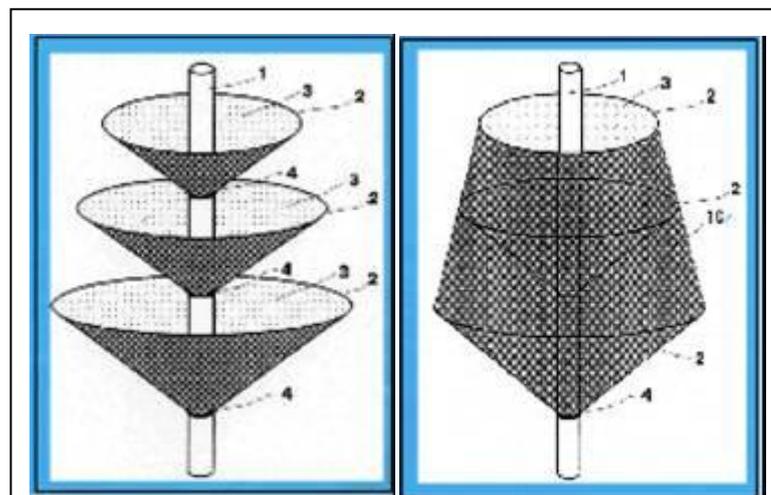


Figura #27: Esquema para equipos circulares y poliédricos

Fuente: SÁNCHEZ Carlos. 2007. Natural Aqua. España. Disponible en:

<http://www.naturalaqua.es/Antigua/en/index.html>

Estaciones captadoras

Están formadas por un número determinado de mallas para optimizar su efectividad y además para lograr un cálculo estimativo de el índice de captación de agua, se instalan modulo a modulo uno seguido de otro usando estructuras de soporte compartidas y recipientes de acumulación en grupos de unidades, de esta manera se economizan costos y tiempos de ejecución, además se logra niveles de captación muy altos por malla.



Figura #28: Varias unidades de captación colocadas una junto a la otra

Fuente: SÁNCHEZ Carlos. 2007. Natural Aqua. España. Disponible en:

<http://www.naturalaqua.es/Antigua/en/index.html>

1.2. Meteorología.

La meteorología es la ciencia que estudia los fenómenos climáticos que ocurren a corto plazo en las capas bajas de la atmósfera en donde se desarrolla la vida de plantas, animales y seres humanos. La meteorología estudia los cambios atmosféricos que se producen a cada momento, utilizando parámetros como: temperatura del aire, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad viento, precipitaciones entre otros.

Los meteorólogos científicos estudian las condiciones atmosféricas y pueden llegar a predecir el estado del tiempo con un margen mínimo de error.

Con ayuda de nuevos instrumentos de meteorología y la tecnología científica, los estudiosos han descubierto que los cambios del tiempo se deben principalmente al movimiento de las grandes acumulaciones de aire llamados masas de aire.

Recordemos que las masas de aire frío se desplazan desde las regiones frías (polares) hacia el Ecuador y las masas de aire caliente se desplazan del Ecuador hacia los polos. Cuando estas masas de aire diferentes se encuentran, chocan y ocurren cambios en el tiempo, los cuales tienen lugar precisamente en el límite donde se contactan estas masas de aire (frente).

Estos cambios pueden ser en la temperatura, en la presión atmosférica, formación de lluvias, vientos fuertes, etc.

Concepto de meteorología.

La meteorología es la ciencia interdisciplinaria, fundamentalmente una rama de la Física de la atmósfera, que estudia el estado del tiempo, el medio atmosférico, los fenómenos allí producidos y las leyes que lo rigen.

1.2.1. Historia de la meteorología

Desde la antigüedad se tiene constancia de la observación de los cambios en el clima, asociando el movimiento de los astros con las estaciones del año y con los fenómenos atmosféricos.

A continuación se citan las fechas y sucesos más importantes de la historia de la meteorología.

- 340 a. C Aristóteles escribe el libro *Meteorológica* que presenta observaciones mixtas y especulaciones sobre el origen de los fenómenos atmosféricos y celestes.
- 1607 se desarrollaran nuevos instrumentos, más precisos. Galileo construye un termómetro.
- 1643 invención del barómetro por parte de Evangelista Torricelli.
- Descubrimiento de la dependencia de la presión atmosférica en relación a la altitud por Blaise Pascal y René Descartes.
- 1667 construcción del anemómetro, que mide la velocidad del viento por Robert Hooke.
- 1780 Horace de Saussure desarrolla uno los más importantes instrumentos meteorológicos el higrómetro a cabello, que mide la humedad del aire.
- 1735 George Hadley define modo correcto la circulación atmosférica global.
- En el siglo XIX se comprende la causa del movimiento de las masas de aire a lo largo de las isobaras.
- 1802 Luke Howard y Francis Beaufort introducen un sistema de clasificación de las nubes.

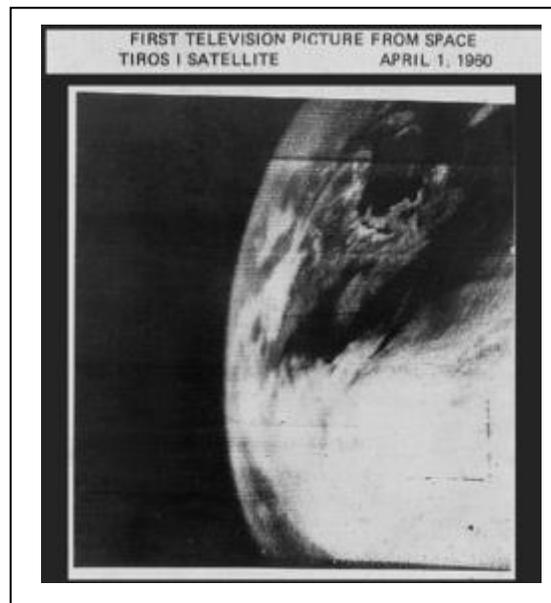


Figura #29: La primera imagen televisiva de la Tierra desde el espacio.

Fuente: NASA. 1980. satélite TIROS-1. USA. Disponible en: www.wikipedia.org

- 1922 Vilhelm Bjerknes introduce la idea del frente meteorológico y de las subdivisiones de las masas de aire.
- 1923 Tor Bergeron comprende el mecanismo de formación de la lluvia.
- 1960 Edward Lorenz comprende la naturaleza caótica de la atmósfera.
- 1960 lanzamiento del TIROS-1, primer satélite meteorológico.

Los satélites meteorológicos, junto a otros satélites de observación múltiple llegaron a ser instrumentos indispensables para el estudio de una gran variedad de fenómenos, incluyendo incendios forestales y el fenómeno de El Niño. En los años recientes, se han estado desarrollando modelos climáticos a alta resolución, usados para estudiar los cambios a largo plazo, sobre todo el actual cambio climático.

1.2.2. Ramas de la meteorología

Meteorología teórica.- estudia los fenómenos meteorológicos a través de teorías científicas.

Meteorología física.- estudia las características y propiedades físicas de la atmósfera.

Meteorología Dinámica.- estudia la atmósfera desde el punto de vista de las leyes dinámicas que gobiernan los sistemas meteorológicos.

Meteorología experimental.- estudia los fenómenos y procesos meteorológicos en laboratorios y campos de experimentación.

Meteorología aplicada.- en su aplicación a todas las actividades sociales, económicas y, en general, a todas las actividades humanas.

Meteorología Sinóptica.- se ocupa de los fenómenos atmosféricos sobre la base de análisis de cartas en la que previamente se han asentado observaciones sinópticas con el propósito de hacer un diagnóstico o un pronóstico de condiciones meteorológicas.

Meteorología Aeronáutica.- estudia el efecto que los fenómenos meteorológicos tienen sobre las aeronaves y todo lo concerniente a la aeronavegación.

Hidrometeorología.- Rama de la Meteorología que se relaciona con Hidrología.

Meteorología Agrícola (Agrometeorología).- estudia el impacto de los fenómenos meteorológicos sobre todo lo que se relaciona con la agricultura.

Meteorología Marítima.- que consta a su vez de dos áreas:

- a) **Meteorología oceánica.-** estudia la interacción entre la atmósfera y el mar.
- b) **Estrictamente Meteorología marítima.-** se ocupa de suministrar servicios, desde el punto de vista meteorológico, a todas las actividades marinas.

Meteorología Médica.- Meteorología relacionada con la salud humana.

Micrometeorología.- estudia las condiciones meteorológicas a pequeña escala. Este tipo de estudio normalmente implica mediciones de parámetros meteorológicos y estudios cuidadosos de cerca de superficie en períodos cortos de tiempo.

Mesometeorología.- estudia las condiciones meteorológicas a escala media. El tamaño del área que cubren estos fenómenos es desde algunos km² hasta decenas de km².

Macrometeorología.- estudia las condiciones meteorológicas a gran escala. El área que ocupan estos fenómenos meteorológicos se relaciona con amplias regiones geográficas, tales como parte de un continente, un continente completo o, incluso, el planeta entero.

1.2.3. Instrumentos meteorológicos

En general, cada ciencia tiene su propio conjunto de equipamiento e instrumental de laboratorio. Sin embargo, la meteorología es una disciplina corta en equipos de laboratorio y amplia en los equipos de observación en campo. En algunos aspectos esto puede parecer bueno, pero en realidad puede hacer que simples observaciones se desvíen hacia una afirmación errónea.

Para medir los distintos cambios climáticos en la atmósfera se utilizan los instrumentos meteorológicos ya que proporcionan información de la medida del parámetro.

Características de los Instrumentos Meteorológicos

- Precisión de lectura: menor división de la unidad de escala de medición que se puede leer.
- Índice de error: error residual de un instrumento de medición.
- Tolerancia: máximo índice de error permisible en un instrumento.

Existen errores que puede cometer el observador y estos son: el error al aproximar los valores y el error de paralaje. Este último se produce cuando la vista del observador no cae perpendicularmente al instrumento.

1.2.4. Estaciones meteorológicas

El lugar en donde se realiza la evaluación de uno o varios instrumentos meteorológicos se denomina Estación Meteorológica.

Una estación meteorológica es una instalación dedicada a medir y registrar de manera regular diversas variables meteorológicas. Estos datos sirven tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas o para estudios climáticos.

Las estaciones meteorológicas se clasifican en varios tipos según los objetivos y los parámetros que se desee medir, entre las principales podemos citar las siguientes:

- Climatológicas
- Agrometeorológicas
- Sinópticas (de superficie y en altitud)
- Aeronáuticas
- Especiales

Las estaciones meteorológicas se establecen en la superficie de la tierra, el mar y deben estar espaciadas de tal manera que garantice una cobertura meteorológica

adecuada. Para el espaciamiento óptimo de estaciones de observación se consideran los siguientes parámetros:

- El costo en función al objetivo de uso de los datos.
- La variabilidad temporal y espacial del elemento meteorológico observado.
- La naturaleza de la topografía de la región.

Con el objeto de obtener resultados comparables de los puntos de observación de la red meteorológica, además de un programa unificado de observación, es necesario tener un cierto grado de uniformidad con respecto a los parámetros de los instrumentos de medición. Deben utilizarse instrumentos con características operacionales y exactitud análogas con enfoques uniformes en lo que respecta al mantenimiento y calibración.

Los programas de observaciones deben ser los mismos en todo el globo terrestre usando una sola escala de tiempo (Tiempo Medio de Greenwich, GTM). Razón por la cual existe un Organismo que norma y reglamenta las actividades meteorológicas que es la Organización Meteorológica Mundial OMM.

Todos los instrumentos de medición directos, según su forma en que indican la información se clasifican en:

- a) Instrumentos de medición analógica
- b) Instrumentos de medición digital



El instrumento meteorológico digital proporciona una representación del valor de la cantidad de medida en una forma numérica discreta.

b)



1.2.5. Variables meteorológicas

Existen muchas variables meteorológicas las más importante son:

- Temperatura
- Humedad
- Presión
- Dirección y velocidad el viento

1.2.5.1. Temperatura

La magnitud o medida que hace referencia a las nociones comunes de caliente o frío se la denomina temperatura. Por lo general, un objeto más "*caliente*" tendrá una temperatura mayor, y si fuere frío tendrá una temperatura menor. Físicamente es una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico. Más específicamente, está relacionada directamente con los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida que es mayor el movimiento de las partículas de un sistema se observa que está más "*caliente*" es decir, que su temperatura es mayor.

En función de la temperatura, muchas propiedades fisicoquímicas de los materiales o las sustancias como por ejemplo su estado (sólido, líquido, gaseoso, plasma), su volumen, la solubilidad, la presión de vapor, su color o la conductividad eléctrica. Así mismo es uno de los factores que influyen en la velocidad a la que tienen lugar las reacciones químicas.

La temperatura se mide con termómetros, los cuales pueden ser calibrados de acuerdo a una multitud de escalas que dan lugar a unidades de medición de la temperatura. Existen tres escalas comúnmente usadas actualmente para medir la

temperatura: la escala Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), la escala Celsius ($^{\circ}\text{C}$), y la escala Kelvin (K). Cada una de estas escalas usa una serie de divisiones basadas en diferentes puntos de referencia.

Fahrenheit

Estableció una escala en la que la temperatura de una mezcla de hielo-agua-sal estaba fijada a 0 grados. La temperatura de una mezcla de hielo-agua (sin sal) estaba fijada a 30 grados y la temperatura del cuerpo humano a 96 grados. Usando esta escala, Fahrenheit midió la temperatura del agua hirviendo a 212°F en su propia escala. Más tarde, Fahrenheit ajustó el punto de congelamiento del agua hirviendo de 30°F a 32°F , haciendo que el intervalo entre el punto de ebullición y el de congelamiento del agua fuera de 180 grados (y haciendo que la temperatura del cuerpo fuese la familiar de 98.6°F). Hoy en día, la escala Fahrenheit sigue siendo comúnmente usada en Estados Unidos.

Celsius

Escogió el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua como sus dos temperaturas de referencia para dar con un método simple y consistente de un termómetro de calibración. Celsius dividió la diferencia en la temperatura entre el punto de congelamiento y de ebullición del agua en 100 grados (de ahí el nombre centi, que quiere decir cien, y grado). Después de la muerte de Celsius, la escala centígrada fue llamada escala Celsius y el punto de congelamiento del agua se fijó en 0°C y el punto de ebullición del agua en 100°C . La escala Celsius toma precedencia sobre la escala Fahrenheit en la investigación científica porque es más compatible con el formato basado en los decimales del Sistema Internacional (SI) del sistema métrico. Además, la escala de temperatura Celsius es comúnmente usada en la mayoría de países en el mundo, aparte de Estados Unidos.

Kelvin

La escala Kelvin está basada en la idea del cero absoluto, la temperatura teórica en la que todo el movimiento molecular se para y no se puede detectar ninguna energía. En teoría, el punto cero de la escala Kelvin es la temperatura más baja que existe en el universo: -273.15°C . La escala Kelvin usa la misma unidad de división que la escala Celsius. Sin embargo vuelve a colocar el punto cero en el cero absoluto: -273.15°C . Es así que el punto de congelamiento del agua es 273.15 Kelvin (las graduaciones

son llamadas Kelvin en la escala y no usa ni el término grado ni el símbolo °) y 373.15 K es el punto de ebullición del agua. La escala Kelvin, como la escala Celsius, es una unidad de medida estándar del SI, usada comúnmente en las medidas científicas. Puesto que no hay números negativos en la escala Kelvin (porque teóricamente nada puede ser más frío que el cero absoluto), es muy conveniente usar la escala Kelvin en la investigación científica cuando se mide temperatura extremadamente baja.

Cada una de las tres escalas de temperatura anteriores nos permite medir la energía del calor de una manera ligeramente diferente. Una medida de la temperatura en cualquiera de estas escalas puede ser fácilmente convertida a otra escala usando estas simples fórmulas.

De	hacia Fahrenheit	hacia Celsius	hacia Kelvin
°F	F	$(^{\circ}\text{F} - 32)/1.8$	$(^{\circ}\text{F}-32)*5/9+273.15$
°C	$(^{\circ}\text{C} * 1.8) + 32$	C	$^{\circ}\text{C} + 273.15$
K	$(\text{K}-273.15)*9/5+32$	$\text{K} - 273.15$	K

Tabla # 1: Formulas para las conversiones de unidades de temperatura.

Medida de la temperatura

El termómetro es el instrumento que mide la temperatura según una escala térmica previamente determinada. Existen varias escalas y tipos de termómetros.

Tipo de termómetros:

- Termómetros Líquidos
- Termómetros Gaseosos
- Termómetros Eléctricos
- Otros.

- **Termómetros líquidos**

En meteorología se utilizan según las necesidades, termómetros de alcohol o mercurio aprovechando de que todos los cuerpos líquidos, sólidos y gaseosos se dilatan o cambian de volumen con las variaciones de temperatura. Estos termómetros hacen uso de la dilatación diferencial de un líquido puro con respecto al tubo de vidrio que lo contiene y están formados por un cuerpo térmico y un bulbo o depósito unido con el tubo capilar muy delgado en el que se refleja con gran sensibilidad las variaciones de volumen logrando que la dilatación sea más visible. Las variaciones de volumen del líquido son indicados por los cambios de longitud del líquido en el interior del capilar.

La escala térmica se graba mediante la calibración con respecto a un termómetro patrón nacional o regional. Si los termómetros van a prestar servicio en una Red de Estaciones Meteorológicas estos deberán ser contrastados con referencia a un termómetro patrón en una Cámara Termométrica y llevar consigo una tarjeta de contraste, el error no deberá ser mayor a $\pm 0.3^{\circ}$ C. El tipo de líquido termométrico que se utilice en la construcción de los diferentes termómetros va a depender del tipo de temperatura que vaya a medir.

Los líquidos que se utilizan en la construcción de termómetros para fines meteorológicos son: El mercurio, el alcohol etílico, el pentano, el tolueno, y mercurio - talio. El mercurio generalmente se utiliza en la construcción de termómetros con fines meteorológicos por:

- a) Se puede obtener la pureza perfecta
- b) Su punto de ebullición es de 360° C, de congelación $- 38.8^{\circ}$ C. Encontrándose entre estos márgenes la mayoría de temperaturas que se registran en la naturaleza.
- c) El mercurio por ser un metal líquido adquiere rápidamente la temperatura del medio ambiente que lo rodea.

Para construcción de termómetros también se utiliza el alcohol etílico específicamente en la medición de temperaturas mínimas, ya que su punto de

congelación es de -130°C y de ebullición 79°C , aunque con bajas temperaturas pierde fluidez.

El vidrio que se utiliza en la construcción de los termómetros debe tener un pequeño coeficiente de dilatación para evitar y disminuir los errores por instrumental.

En meteorología los termómetros líquidos se dividen en:

- Termómetros Normales (psicrómetro seco y húmedo)
- Termómetros de Máxima
- Termómetros de Mínima
- Geotermómetros o termómetros de subsuelo
- Termómetros de temperaturas extremas de la superficie
- Termómetros tipo Six

- **Termómetros normales**

La mayoría de termómetros son de mercurio y se utilizan principalmente para medir la temperatura ambiental y deben ir acompañados de un certificado de calibración, que especifique una precisión de $+0.1^{\circ}\text{C}$ al menos para seis puntos equidistantes en toda la gama de temperaturas, a esta clase de termómetros se los denomina psicrómetros. En las estaciones los termómetros deben ser calibrados cada uno o dos años con un termómetro patrón. Si se utilizan pares de termómetros deben elegirse de modo que las diferencias se reduzcan al mínimo entre los dos termómetros. Las tolerancias recomendadas para estas diferencias son $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ para temperaturas positivas y de $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ para temperaturas negativas.

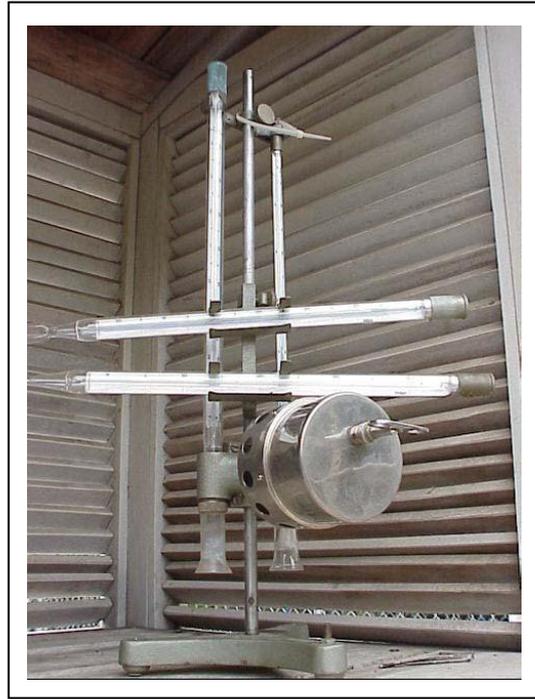


Figura #30: Termómetros de mercurio tipo August.

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. 2007.
Meteorología Básica. Ecuador. Disponible en: www.inamhi.gov.ec

El psicrómetro tipo August está formado por un par de termómetros psicrométricos: un termómetro de bulbo seco y un termómetro de bulbo húmedo el mismo que se halla recubierto de muselina. Mediante tablas psicrométricas previamente calculadas, según la presión de la estación o lugar de medición, podemos obtener valores de la humedad relativa (HR), punto de rocío (PR), y tensión de vapor (TV).

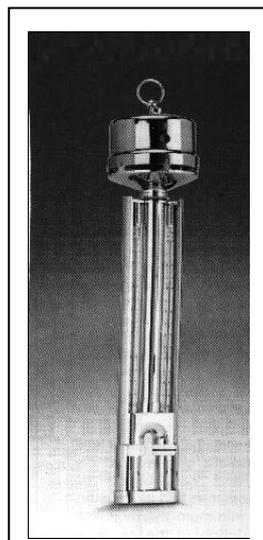


Figura #31: Termómetros de mercurio.

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. 2007.
Meteorología Básica. Ecuador. Disponible en: www.inamhi.gov.ec

Psicrómetro según Assmann puede efectuar mediciones de la humedad con exactitud de $\pm 1\%$, bajo condiciones de servicio desfavorables. Este instrumento es de manejo fácil y posee gran exactitud, tratándose de temperaturas -20°C también pueden obtenerse resultados de medición suficientemente exactos.

- **Termómetro de Máxima**

Termómetro mercurial con un estrangulamiento en el tubo capilar, entre el depósito de mercurio (bulbo) y el principio de la escala. Este estrechamiento impide a la columna de mercurio contraerse cuando la temperatura desciende. Sin embargo, el termómetro puede ponerse de nuevo en estación cuando se quiera con tan solo sujetarlo firmemente con el bulbo hacia abajo y sacudirlo hasta que el mercurio de la columna vuelva a unirse. El termómetro de máxima debe estar en el soporte formando un ángulo de uno o dos grados con respecto a la horizontal, el bulbo debe ocupar la parte más baja para garantizar que la columna de mercurio se apoye sobre el estrangulamiento sin que la gravedad lo obligue a pasar por él.

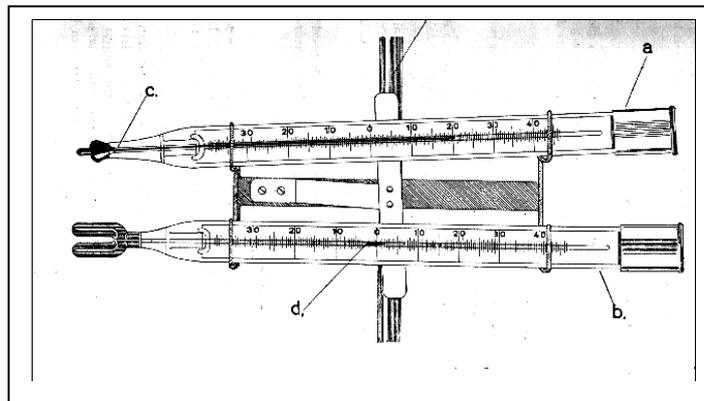


Figura #32: Termómetro de máxima y termómetro de mínima.

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. 2007.

Meteorología Básica. Ecuador. Disponible en: www.inamhi.gov.ec

- **Termómetro de Mínima.**

Termómetro de alcohol con un índice de vidrio oscuro, de unos dos centímetros de longitud, inmerso en el alcohol. El bulbo de los termómetros de mínima son en forma de “U” con el fin de almacenar mayor cantidad de líquido térmico debido a su densidad, en su extremo superior debe existir una cámara de seguridad suficientemente amplia para que el instrumento pueda soportar una temperatura de

50 C. Los termómetros de mínima deben tener un soporte similar al de los termómetros de máxima, en su posición casi horizontal.

Los defectos de los termómetros de mínima son los comunes a todos los termómetros de alcohol; el más habitual es la rotura de la columna, especialmente durante los desplazamientos, y la adherencia del alcohol al vidrio. Frecuentemente se forman gotas de alcohol por destilación en la parte superior de la columna.

En los termómetros de mínima se pueden utilizar distintos líquidos tales como alcohol etílico, el pentano y el tolueno. Es importante que el líquido sea lo más puro posible, ya que la presencia de determinadas impurezas aumenta la tendencia del líquido a polimerizarse con la exposición a la luz y con el transcurso del tiempo. Esta polimerización causa cambios de calibración.

- **Termómetros gaseosos**

Este tipo de termómetro utiliza los cambios de presión de un gas cuyo volumen se mantiene constante. El gas generalmente es hidrógeno o helio, está contenido en el depósito, la presión ejercida sobre él puede medirse mediante un manómetro abierto de mercurio. Cuando se eleva la temperatura del gas, se dilata, obligando al mercurio a descender en el tubo B y al elevarse al tubo A. Los tubos A y B están unidos por el tubo flexible de goma, D, y elevando A puede hacerse que el nivel de mercurio en B vuelva a la señal de referencia E. De este modo, el gas se mantiene a volumen constante.

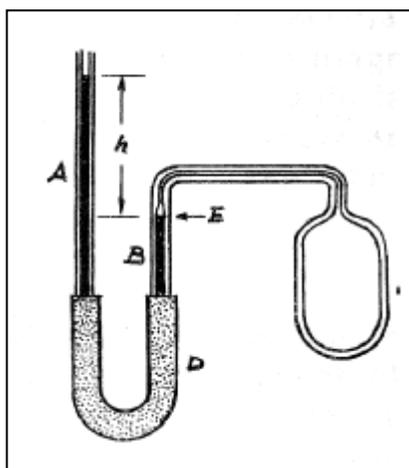


Figura #33: Termómetro Gaseoso

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. 2007.

Meteorología Básica. Ecuador. Disponible en: www.inamhi.gov.ec

- **Termómetros eléctricos.**

Para medir la temperatura en meteorología, los instrumentos eléctricos son cada vez más populares ya que su principal característica es la capacidad de dar una señal de salida adecuada para su utilización en la lectura a distancia, registro de archivo o transmisión de los datos de temperatura. Con respecto a los que funcionan por expansión térmica presentan importantes ventajas a más de las ya indicadas. Forman parte de un circuito eléctrico y pueden así ser adosados a unidad de procesamiento cuya señal es una señal digital o analógica que puede ser registrada automáticamente.

Las dimensiones de estos instrumentos de medida pueden muy pequeñas del orden de 1 cm o menos y de peso de 1 gr. lo cual los hace óptimos para ser ubicados a bordo de radiosondas, cohetes, globos de cota fija y todo sistema de medición que presenta restricciones en cuanto a su peso y tamaño. Dadas las ventajas expuestas no tienen prácticamente inercia, es decir indican instantáneamente cambios de temperatura de hasta menos un décimo de grado. Pueden ser utilizados como elementos sensibles de termógrafos.

Tipos de Termómetros Eléctricos.

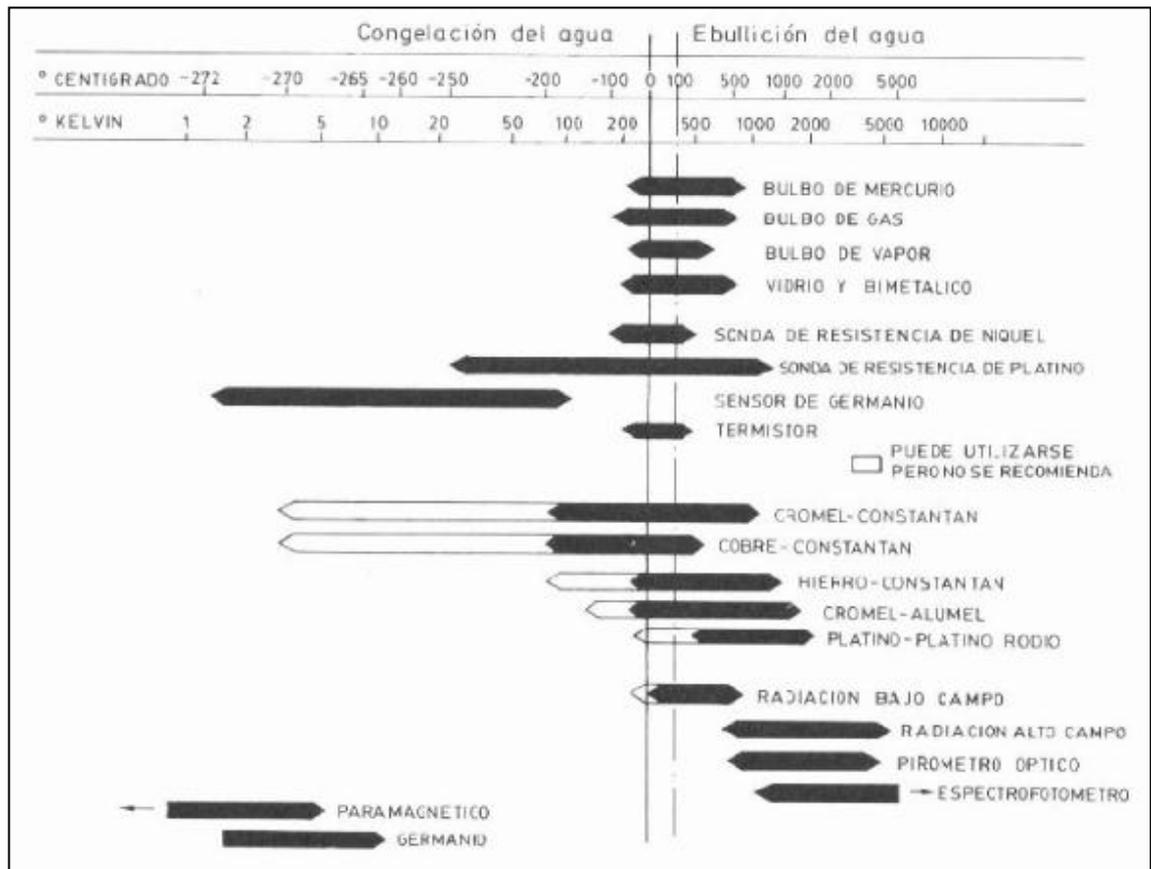


Figura #34: Campos de Medida de diferente Instrumentos

Fuente: HERRERA Julio. 1999. Sensores parte II temperatura. Uruguay. Disponible en:
www.fing.edu.uy

Fenómenos utilizados para censar temperatura:

- Cambio en volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases).
- Cambio de la resistencia de un conductor (sondas de resistencia).
- Variación de resistencia de un semiconductor (termistores).
- FEM que se crea en la unión de dos metales distintos (termopares).
- Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación).
- Etc.

Termómetros de resistencia:

- ✓ El principio de funcionamiento principalmente se basa en el flujo de electrones a través de la resistencia. Al variar la temperatura en el material resistivo, el flujo de electrones varía. Es decir la resistencia presenta una variación con la temperatura.
- ✓ El elemento está formado por un enrollamiento de hilo muy fino del conductor adecuado, bobinado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o de cerámica.
- ✓ Las bobinas que llevan arrollado el hilo de resistencia, están encapsuladas y situadas dentro de una vaina (acero inoxidable 304).

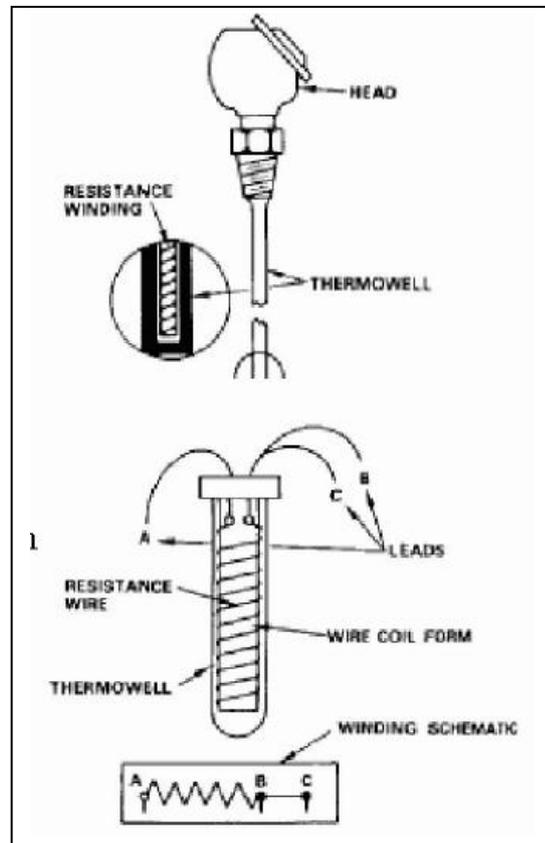


Figura #35: Estructura física de sensores.

Fuente: HERRERA Julio. 1999. Sensores parte II temperatura. Uruguay. Disponible en:

www.fing.edu.uy

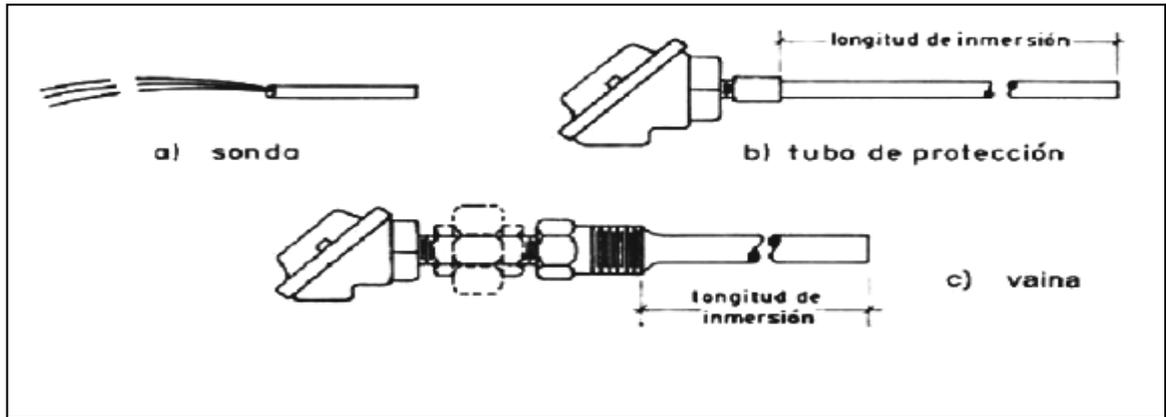


Figura #36: Recubrimientos de los sensores.

Fuente: HERRERA Julio. 1999. Sensores parte II temperatura. Uruguay. Disponible en:
www.fing.edu.uy

La ley que sigue el instrumento valida de 0 a 850°C es:

$$R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha_1 T + \alpha_2 T^2 + \dots + \alpha_n T^n)$$

Pudiéndose aproximar bajo ciertas circunstancias (región lineal) a:

$$R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha(T - T_0))$$

R_0 : resistencia a T_0 °C (Q).

R : resistencia a T °C (Q).

α : coeficiente de temperatura de la resistencia. Entre 0° C y 100° C, $\alpha = 0,003850$ 1/°C.

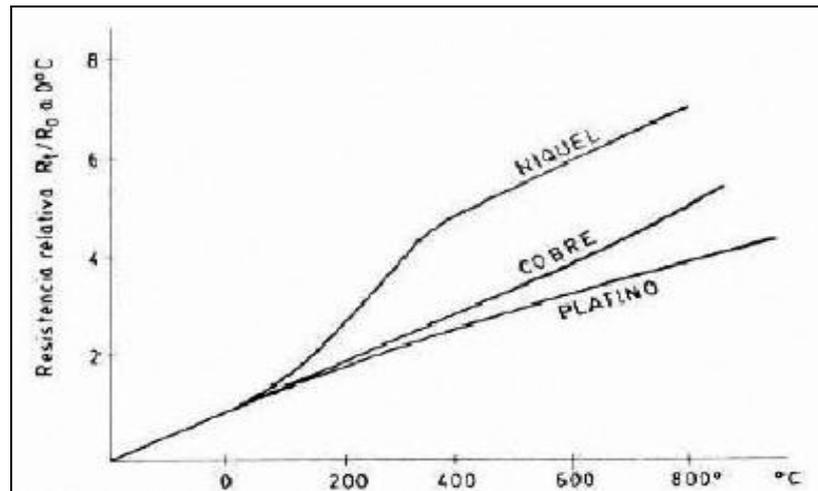


Figura #37: Curva característica de los metales.

Fuente: HERRERA Julio. 1999. Sensores parte II temperatura. Uruguay. Disponible en:
www.fing.edu.uy

El material más adecuado desde el punto de vista de precisión y de estabilidad es el platino, pero es muy costoso. A nivel de industria, la sonda más utilizada Pt100 ($R_0=100\Omega$ $T_0=0^\circ\text{C}$). La salida de estas sondas, son enviadas a un puente de Wheastone dispuesto en distintos montajes.

Montaje de dos hilos

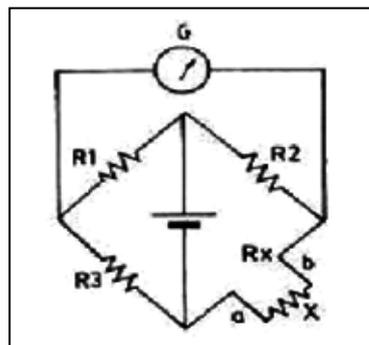


Figura #38: Montaje a 2 hilos.

Fuente: HERRERA Julio. 1999. Sensores parte II temperatura. Uruguay. Disponible en:
www.fing.edu.uy

Se varía R_3 hasta que se anula la desviación del galvanómetro, entonces se cumple:

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{X} \quad \Rightarrow \quad X = R_3 \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

X: valor de la sonda de resistencia.

Su construcción y montaje es barato y sencillo, pero la resistencia de los hilos a y b de conexión de la sonda al puente varia cuando cambia la temperatura, y esta variación falsea por lo tanto su indicación. Además, las longitudes que puede haber en campo entre la sonda y el panel donde este el instrumento receptor, añaden una cierta resistencia.

La ecuación corregida seria:

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{X + K \cdot (a + b)}$$

- K: coeficiente de temperatura por unidad de longitud.
- a y b: longitudes de los hilos.

Por lo tanto, este tipo de montaje se utiliza cuando la lectura no necesita ser demasiado exacta.

Montaje de 3 hilos

En este circuito la sonda está conectada mediante 3 hilos al puente.

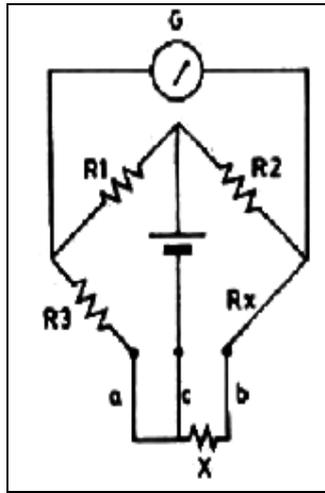


Figura #39: Montaje a 3 hilos.

Fuente: HERRERA Julio. 1999. Sensores parte II temperatura. Uruguay. Disponible en:
www.fing.edu.uy

De esta manera con la ayuda del montaje a 3 hilos, la medida no es afectada por la longitud de los conductores ni por la temperatura, ya que esta influye a la vez en dos brazos adyacentes del puente, siendo la única condición que la resistencia de los hilos a y b sea exactamente la misma.

$$\Rightarrow \frac{R_1}{R_3 + K.a} = \frac{R_2}{X + K.b}$$

Como $K.a = K.b$, haciendo $R_2/R_1 = 1$, R_3 puede ajustarse a un valor igual a X para que el galvanómetro no indique tensión. Para una medición automática con este tipo de termómetro, se lleva a cabo mediante instrumentos auto equilibrado que utilizan un circuito de puente de Wheastone.

Para la medición automática de la resistencia y por lo tanto de la temperatura se lleva a cabo mediante instrumentos auto calibrados.

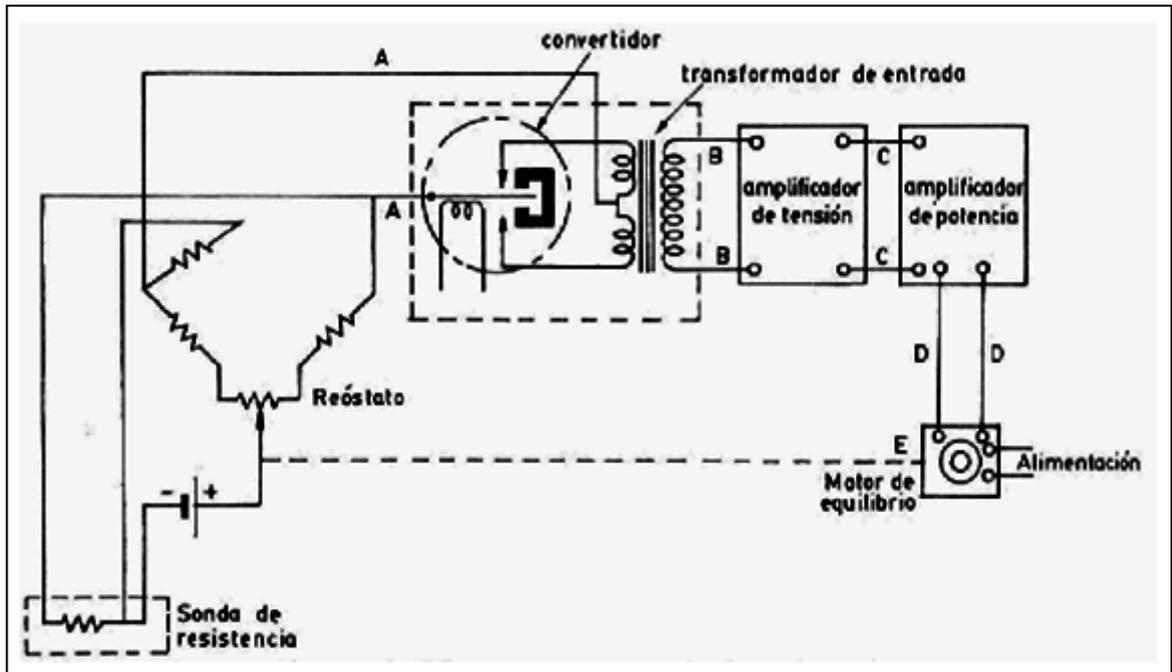


Figura #40: Puente de Wheastone para sonda de resistencia

Fuente: HERRERA Julio. 1999. Sensores parte II temperatura. Uruguay. Disponible en: www.fing.edu.uy

Como vemos en la figura, la sonda está conectada al puente mediante un circuito de 3 hilos. Si el puente esta desequilibrado, la señal de error en forma de tensión continua que aparece en AA, es convertida a una tensión alterna BB y amplificada en tensión CC y potencia DD, para excitar el motor de equilibrio E.

Este se mueve en la dirección adecuada para equilibrar el puente a través del brazo móvil del reóstato que al mismo tiempo acciona los mecanismos asociados de indicación, registro y control.

Montaje a 4 hilo

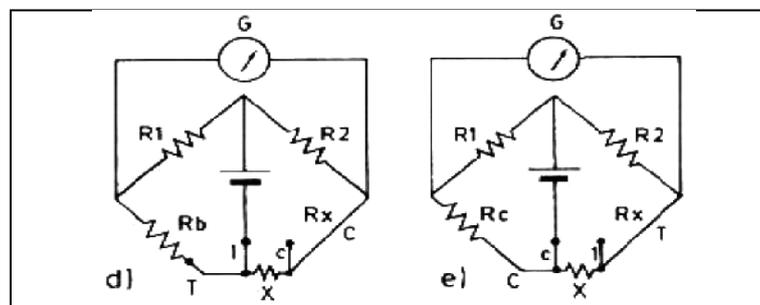


Figura #41: Esquema del montaje a 4 hilos

Fuente: HERRERA Julio. 1999. Sensores parte II temperatura. Uruguay. Disponible en: www.fing.edu.uy

- **Termistores**

Son elementos semiconductores con un coeficiente de temperatura de resistencia negativo (o positivo) de valor elevado, por lo que presentan unas variaciones rápidas y extremadamente grandes para los cambios relativamente pequeños en la Temperatura.

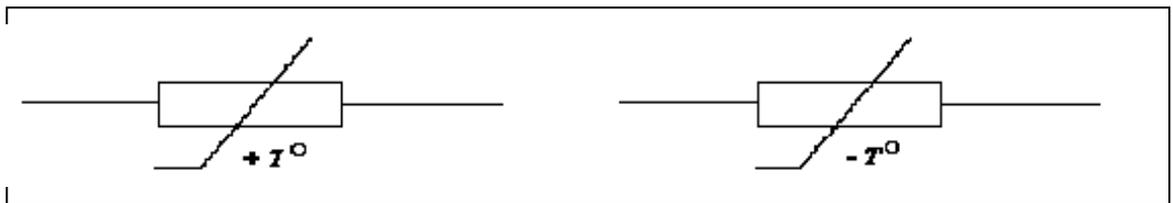


Figura #42: Símbolo del termistor PTC y NTC.

Fuente: HERRERA Julio. 1999. Sensores parte II temperatura. Uruguay. Disponible en:
www.fing.edu.uy

Los materiales usados: óxidos de níquel, manganeso, hierro, cobalto, etc.

La ley que gobierna el fenómeno es:

$$R_t = R_0 \cdot e^{\beta \left(\frac{1}{T_t} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

R_0 : resistencia a $T_{ref}=T_0$ (absoluta).

β : cte. dentro de un intervalo moderado de temperaturas.

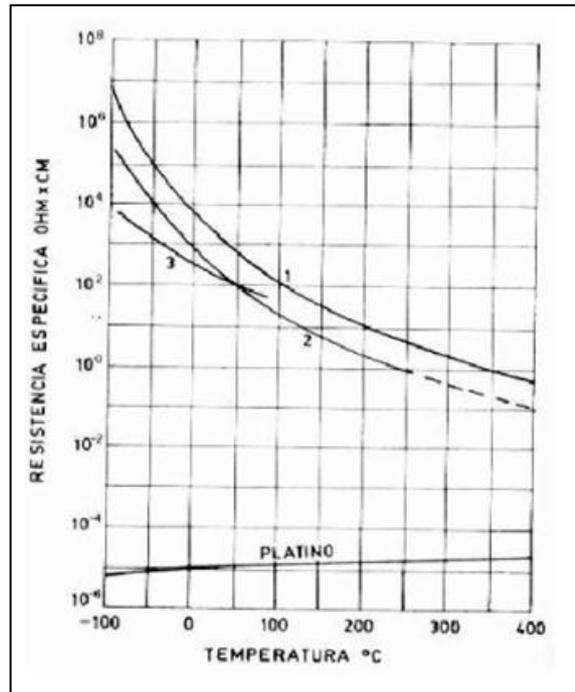


Figura #43: Curvas característica de termistores.

Fuente: HERRERA Julio. 1999. Sensores parte II temperatura. Uruguay. Disponible en:
www.fing.edu.uy

- Sus salidas se conectan a circuitos de puente de Wheatone convencionales.
- Son pequeños y su tiempo de respuesta depende de la capacidad térmica y de la masa del termistor.
- La distancia entre el termistor y el instrumento de medida puede ser considerable siempre que el elemento posea una alta resistencia comparada con la de los cables de unión.
- La corriente que circula por el termistor a través del circuito de medida debe ser baja para garantizar que la variación de resistencia del elemento sea debida exclusivamente a los cambios de temperatura del proceso.

- **Termopares:**

Son uno de los sensores más sencillos y de los más utilizados en las industrias para determinar la temperatura de un proceso. Este sensor está constituido por la unión de dos metales, la cual es sometida a la temperatura a ser medida.

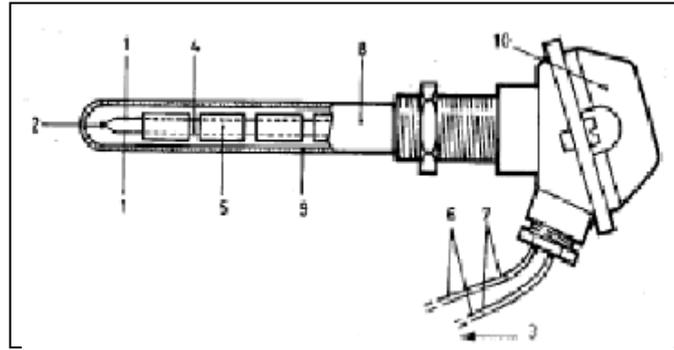


Figura #44: Termopar industrial con vaina

Fuente: HERRERA Julio. 1999. Sensores parte II temperatura. Uruguay. Disponible en:
www.fing.edu.uy

- 1.- Conductores diferenciales
- 2.- Unión de medida
- 3.- Unión de referencia
- 4.- Hilos de termopar sin aislar
- 5.- Hilos de termopar aislados
- 6.- Cables de extensión iguales a termopar.
- 7.- Cables de compensación diferentes a los del termopar
- 8.- Caña pirométrica
- 9.- Protector (cubierta externa)
- 10.- Cabeza de la caña.

Efecto Seebeck

El efecto Seebeck consiste en que la circulación de corriente por un circuito formado por 2 metales diferentes cuyas uniones (unión de medida o caliente y unión de referencia o fría) se mantienen a distinta temperatura.

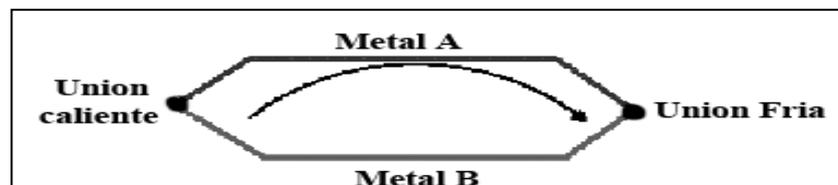


Figura #45: Efecto Seebeck de la unión de 2 metales

Fuente: HERRERA Julio. 1999. Sensores parte II temperatura. Uruguay. Disponible en:
www.fing.edu.uy

En este efecto la circulación de corriente obedece a 2 efectos termoeléctricos combinados, el efecto Peltier que provoca la liberación o absorción de calor en la unión de 2 metales distintos cuando una corriente circula a través de la unión y el efecto Thompson que consiste en la liberación o absorción de calor cuando una corriente circula a través de un metal homogéneo en el que existe un gradiente de temperatura.

Ventajas:

- Determinación puntual de la temperatura.
- Respuesta rápida a las variaciones de temperatura.
- No necesita alimentación.
- Rango de temperaturas grande: $- 270^{\circ}\text{C}$ t 3000°C .
- Para bajas temperaturas tienen mayor exactitud que las Pt 100.
- Estabilidad a largo plazo aceptable y gran fiabilidad.

Inconvenientes

- Mantener la unión de referencia a una temperatura constante y conocida
- Respuesta no lineal.
- La temperatura mínima que alcance el termopar debe ser inferior a su temperatura de fusión.
- El medio donde se va a medir no ataca a los metales de la unión.
- La corriente por el termopar debe ser muy pequeña para desprestigiar el efecto Joule.

Termómetros infrarrojos

Miden indirectamente la temperatura de cuerpos calientes a partir de la radiación térmica emitida en forma natural por los mismos, estos sensores son también llamados pirómetros de radiación ya que son dispositivos de no contacto. Se usa en aquellos procesos industriales, que manejan temperaturas superiores a las del punto de fusión del transductor.

Su longitud de onda característica y su energía irradiada, dependen de la temperatura de la superficie del objetivo. El microprocesador recibe las características de la radiación del objetivo y la forma de emisión. Tienen una precisión: $\pm 0,3 \%$ y la forma de medir es apuntando la posición de medición con una punta indicadora laser o una vista óptica, se presiona el disparador y el resultado de la medida se lee en un indicador.

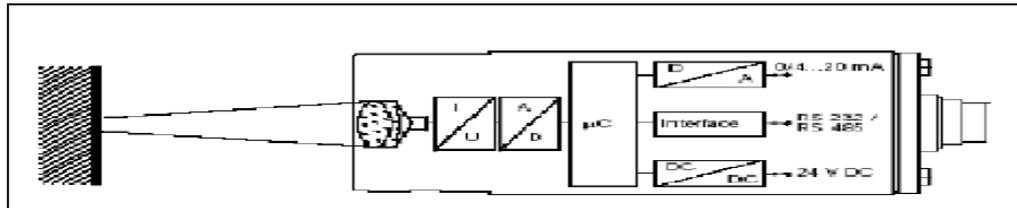


Figura #46: Composición básica de un termómetro infrarrojo

Fuente: HERRERA Julio. 1999. Sensores parte II temperatura. Uruguay. Disponible en:
www.fing.edu.uy



Figura #47: Termómetro infrarrojo.

Fuente: HERRERA Julio. 1999. Sensores parte II temperatura. Uruguay. Disponible en:
www.fing.edu.uy

1.2.5.2. Humedad

La humedad ambiental es la cantidad de presente en el aire. Se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad. La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura, por ejemplo, una humedad relativa del 70% quiere decir que de la totalidad de vapor de agua (el 100%) que podría contener el aire a esta temperatura, solo tiene el 70%.

La Humedad Relativa es la relación entre la cantidad de vapor de agua contenido realmente en el aire estudiado (humedad absoluta) y el que podría llegar a contener si estuviera saturado (humedad de saturación). Se expresa en un porcentaje. Así, por ejemplo, una humedad relativa normal junto al mar puede ser del 90% lo que significa que el aire contiene el 90% del vapor de agua que puede admitir, mientras un valor normal en una zona seca puede ser de 30%.

El vapor que se encuentra en la atmósfera procede de la evaporación del agua de los océanos, de los ríos y lagos y de los suelos húmedos. Que se evapore más o menos depende de la temperatura y del nivel de saturación del aire, pues un aire cuya humedad relativa es baja puede admitir mucho vapor de agua procedente de la evaporación, mientras que un aire próximo a la saturación ya no admitirá vapor de agua por muy elevada que sea la temperatura.

- **Humedad relativa.**

La humedad relativa es la relación entre la cantidad de vapor de agua contenido realmente en el aire estudiado (humedad absoluta) y el que podría llegar a contener si estuviera saturado (humedad de saturación). Se expresa en un porcentaje. Así, por ejemplo, una humedad relativa normal junto al mar puede ser del 90% lo que significa que el aire contiene el 90% del vapor de agua que puede admitir, mientras un valor normal en una zona seca puede ser de 30%.

El vapor que está presente en la atmósfera está formado de la evaporación del agua de los océanos, de los ríos y lagos y de los suelos húmedos. Que se evapore más o menos depende de la temperatura y del nivel de saturación del aire, pues un aire cuya

humedad relativa es baja puede admitir mucho vapor de agua procedente de la evaporación, mientras que un aire próximo a la saturación ya no admitirá vapor de agua por muy elevada que sea la temperatura.

Altura (m)	Presión (milibares)	Densidad (g · dm ⁻³)	Temperatura (°C)
0	1013	1,226	15
1000	898,6	1,112	8,5
2000	794,8	1,007	2
3000	700,9	0,910	-4,5
4000	616,2	0,820	-11
5000	540	0,736	-17,5
10000	264,1	0,413	-50
15000	120,3	0,194	-56,5

Tabla # 2: Equivalencias de medidas del clima

Medida de la humedad relativa

Laboratorios de calibración y fabricantes buscan determinar la calidad del desempeño de los dispositivos para la medición de humedad, esto es, que tanto las especificaciones como los datos de calibración reflejen la operación real de los sensores.

Podemos definir la precisión de un sensor como la desviación con respecto a un patrón de laboratorio. Esta característica es afectada por los siguientes factores:

- Temperatura y humedad a la que fue calibrado el sensor
- Dependencia de la calibración con la humedad y la temperatura, muchos sensores son no-lineales y casi todos varían con la temperatura
- Como afecta al sensor el envejecimiento y la velocidad de envejecimiento
- Que tan sensitivo es el sensor a los contaminantes
- Que precisión tiene el estándar usado para construir el sensor y su certificación

Por estas variaciones es de notar que una declaración de una precisión $\pm 1\%$ es poco representativa del desempeño efectivo en el ámbito de operación del sensor. Por ejemplo un sensor con una precisión especificada de fábrica del $\pm 1\%$ podría, después de operar durante 6 meses, caer hasta una precisión de $\pm 6\%$ mientras que otro sensor con una precisión de fábrica de $\pm 2\%$ podría, luego de operar 6 meses en la misma aplicación, tener una precisión del $\pm 2\%$.

Técnicas para la medición de humedad relativa

Las mediciones de humedad relativa puede ser hecha por sensores basados en: psicometría, desplazamiento, resistivos, capacitivos y por absorción de líquido.

Psicometría por bulbo húmedo/bulbo seco

Debido a su simplicidad e inherente bajo costo, la psicometría desde hace tiempo es uno de los métodos más populares para el monitoreo de la humedad. Un psicómetro industrial típico consiste de un par de termómetros eléctricos acoplados, uno de los cuales opera en estado húmedo. Cuando el dispositivo funciona la evaporación del agua enfría el termómetro humedecido, resultando una diferencia medible con la temperatura ambiente o la temperatura del bulbo seco. Cuando el bulbo húmedo alcanza su máxima caída de temperatura la humedad puede determinarse comparando la temperatura de los dos termómetros en una tabla psicométrica.

El psicómetro proporcionan una alta precisión en las proximidades del punto de saturación (100% RH) y es fácil de operar y reparar, por otra parte a baja humedad relativa (menos del 20%) el desempeño es pobre y el mantenimiento debe intensificarse. No puede medir la humedad a temperaturas menores de 0° y, siendo el propio psicómetro una fuente de humedad, no puede utilizarse tampoco en ambientes pequeños o cerrados.

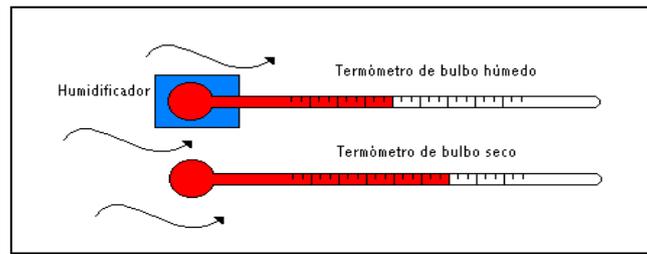


Figura #48: Psicómetro

Fuente: GUTIÉRREZ Anselmo. 2006. trabajos10 humedad. Disponible en: www.monografias.com

Sensores por desplazamiento

Es tal vez el sensor más antiguo y común, utiliza un mecanismo para medir la expansión o contracción de un cierto material que es proporcional a los cambios en el nivel de humedad relativa. Los materiales más comunes el nylon y la celulosa. Sus ventajas son el bajo costo de fabricación y es altamente inmune a la contaminación. Las desventajas son la tendencia a la descalibración en el tiempo y los efectos de histéresis significativos.

Sensor de bloque de polímero resistivo

Su estructura básica consiste en un sustrato cerámico aislante sobre el cual se deposita una grilla de electrodos. Estos electrodos se cubren con una sal sensible a la humedad embebida en una resina (polímero). La resina se recubre entonces con una capa protectora permeable al vapor de agua. A medida que la humedad permea la capa de protección, el polímero resulta ionizado y estos iones se movilizan dentro de la resina. Cuando los electrodos son excitados por una corriente alterna, la impedancia del sensor se mide y es usada para calcular el porcentaje de humedad relativa.

Ya que posee una estructura robusta, este tipo de sensores son relativamente inmunes a la contaminación superficial ya que no afecta su precisión aunque si el tiempo de respuesta. Debido a los valores extremadamente altos de resistencia del sensor a niveles de humedad menores que 20% es apropiado para los rangos altos de humedad.

Sensores capacitivos

Los sensores capacitivos (polímero orgánico capacitivo) son construidos normalmente con platos paralelos con electrodos porosos o con filamentos entrelazados en el sustrato. El material dieléctrico absorbe o elimina vapor de agua del ambiente con los cambios del nivel de humedad. Los cambios resultantes en la constante dieléctrica causa una variación en el valor de la capacidad del dispositivo por lo que resulta una impedancia que varía con la humedad. Un cambio en la constante dieléctrica de aproximadamente el 30% corresponde a una variación de 0-100% en la humedad relativa.

El material sensor es muy delgado para alcanzar grandes cambios en la señal con la humedad. Esto permite a el vapor de agua entrar y salir fácilmente y el secado rápido para la sencilla calibración del sensor.

Estos sensores son muy utilizados en ambiente de alta temperatura porque el coeficiente de temperatura es bajo y el polímero dieléctrico puede soportar altas temperaturas. Los sensores capacitivos son también apropiados para aplicaciones que requieran un alto grado de sensibilidad a niveles bajos de humedad, donde proveen una respuesta relativamente rápida. A valores de humedad superiores al 85% sin embargo el sensor tiene una tendencia a saturar y se transforma en no lineal

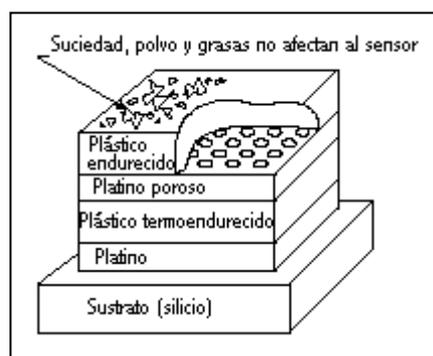


Figura 49: Estructura del sensor capacitivo de humedad

Fuente: GUTIÉRREZ Anselmo. 2006. trabajos10 humedad. Disponible en: www.monografias.com

Sensores electrónicos de humedad

Una humedad excesiva puede afectar los circuitos, y también la mecánica de la industria. Por esta razón se deben tener en cuenta una variedad de sensores de humedad disponibles, entre ellos los capacitivos y resistivos, más simples, y algunos integrados con diferentes niveles de complejidad y prestaciones.

Sensores resistivos

Los sensores de humedad resistivos están fabricados sobre una delgada tableta de un polímero capaz de absorber agua, sobre la cual se han impreso dos contactos entrelazados de material conductor metálico o de carbón.



Figura #50: Sensor de humedad resistivo

Fuente: CARLETTI Eduardo. 1992. Sensores humedad. Argentina. Disponible en:
www.axxon.com.ar

En la imagen se ve un ejemplo, fabricado por General Eastern. Tiene una longitud de unos 10 mm. Es un componente que se vende independientemente, sin la electrónica necesaria para procesar la medición.

El parámetro que se mide es la resistencia eléctrica a través del polímero, que cambia con el contenido de agua.

- **Sensor capacitivo HC201**

El HC201 es un sensor capacitivo que se usa para aplicaciones de gran escala y para el control climático de interiores.



Figura #51: Sensor de humedad capacitivo

Fuente: CARLETTI Eduardo. 1992. Sensores humedad. Argentina. Disponible en:
www.axxon.com.ar

En el rango de humedad relativa de 20–90% es posible realizar una aproximación lineal, manteniendo el error en valores menores a $\pm 2\%$ de la humedad relativa medida.

La versión con encapsulado plástico, HC201/H, facilita su montaje en placas de circuito impreso.

Características.

- Capacidad nominal (a 20 °C): 200 +/-20 pF
- Sensibilidad: 0,6pF / %RH
- Humedad, Rango de trabajo: 10 ... 95% RH
- Temperatura, Rango de trabajo: -40 ... 110 °C
- Error de linealidad (20 .. 90% RH): < +/- 2% RH

El módulo SHT11

El SHT11 de Sensirion es un sensor integrado de humedad, calibrado en fábrica y con salida digital. La comunicación se establece a través de un bus serie síncrono, usando un protocolo propio. El dispositivo posee además en su interior un sensor de temperatura para compensar la medición de humedad con respecto a la temperatura, de ser necesario. Cuenta también con un calefactor interno que evita la condensación en el interior de la cápsula de medición en condiciones de niebla o cuando existe condensación.



Figura #52: Modulo SHT11

Fuente: CARLETTI Eduardo. 1992. Sensores humedad. Argentina. Disponible en:
www.axxon.com.ar

Las características del integrado SHT11 son:

- Dos sensores: humedad relativa y temperatura
- Rango de medición: Humedad relativa 0-100%
- Precisión en humedad relativa: +/- 3%
- Precisión en temperatura: +/- 0,5 °C a 25 °C
- Salida calibra y salida digital (interfaz de dos líneas)
- Respuesta rápida: < 4 segundos
- Bajo consumo: (típico 30 μ W)
- Bajo costo
- Diseñado para aplicaciones de gran volumen de costo sensible
- Tecnología de avanzada CMOS para estabilidad superior a largo plazo
- Facilidad de uso debido a la calibración y a la interfaz digital de dos líneas

El SHT11 se puede alimentar con un rango de tensión comprendido entre 2,4 a 5V. El sensor se presenta en forma de un encapsulado para montaje superficial LCC (Lead Chip Carrier).

Como puede verse en la hoja de datos del **SHT11**, físicamente el chip dispone de 10 contactos, aunque sólo se usan cuatro de ellos. Los demás sólo se sueldan para sujetar correctamente el integrado.

Efectos de la temperatura y la humedad

La salida de todos los sensores de humedad por absorción (capacitivos, resistivos, de film resistivo etc.), se ven afectados sensiblemente por la temperatura y la humedad relativa. A causa de esto se utilizan mecanismos de compensación de temperatura en aplicaciones que demanden alto nivel de precisión o un amplio rango de temperaturas.

Cuando se compensa la temperatura de un sensor lo mejor es hacer la medición de temperatura tan cerca como sea posible de área activa del sensor, esto es en el mismo micro-ambiente. Esto es especialmente verdad cuando se combina la medición de RH y temperatura par derivar el punto de rocío

Los instrumentos de tipo industrial para medir humedad y punto de rocío incorporan una resistencia de platino (RTD) en la parte posterior del sustrato del sensor para la integridad de la compensación de la diferencia de temperaturas. Para estos sensores de alta temperatura no se proveen los circuitos electrónicos de acondicionamiento de señal.

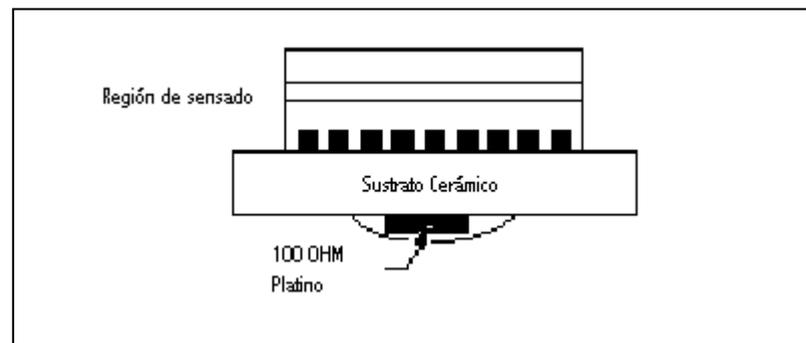


Figura #53: Instrumento industrial para medir humedad

Fuente: GUTIÉRREZ Anselmo. 2006. trabajos10 humedad. Disponible en: www.monografias.com

- Las aplicaciones típicas para los polímeros resistivos y capacitivos son
- HVAC administración de energía
- Control de salas de computadora/ambientes limpios
- Instrumentos portátiles
- Monitoreo ambiental y meteorológico

1.2.5.3. Presión

Para trabajar en condiciones de operación seguras, el control de la presión en los procesos industriales es muy importante considerarlo. Las presiones excesivas no solo pueden provocar la destrucción del equipo, si no también puede provocar la destrucción del equipo adyacente y ponen al personal en situaciones peligrosas, particularmente cuando están implícitas, fluidos inflamables o corrosivos. Para tales aplicaciones, las lecturas absolutas de gran precisión con frecuencia son tan importantes como lo es la seguridad extrema.

La presión puede tener efectos directos o indirectos en el valor de las variables del proceso (como la composición de una mezcla en el proceso de destilación). En tales casos, su valor absoluto medio o controlado con precisión de gran importancia ya que afectaría la pureza de los productos poniéndolos fuera de especificación.

La presión puede definirse como una fuerza por unidad de área o superficie, en donde para la mayoría de los casos se mide directamente por su equilibrio directamente con otra fuerza, conocidas que puede ser la de una columna líquida un resorte, un embolo cargado con un peso o un diafragma cargado con un resorte o cualquier otro elemento que puede sufrir una deformación cualitativa cuando se le aplica la presión.

- **Presión Absoluta**

Es la presión de un fluido medido con referencia al vacío perfecto o cero absoluto. La presión absoluta es cero únicamente cuando no existe choque entre las moléculas lo que indica que la proporción de moléculas en estado gaseoso o la velocidad molecular es muy pequeña. Este término se creó debido a que la presión atmosférica varía con la altitud y muchas veces los diseños se hacen en otros países a diferentes altitudes sobre el nivel del mar por lo que un término absoluto unifica criterios.

- **Presión Atmosférica**

El hecho de estar rodeados por una masa gaseosa (aire), y al tener este aire un peso actuando sobre la tierra, quiere decir que estamos sometidos a una presión (atmosférica), la presión ejercida por la atmósfera de la tierra, tal como se mide

normalmente por medio del barómetro (presión barométrica). Al nivel del mar o a las alturas próximas a este, el valor de la presión es cercano a 14.7 lb/plg^2 ($101,35 \text{ Kpa}$), disminuyendo estos valores con la altitud.

- **Presión Manométrica**

Son normalmente las presiones superiores a la atmosférica, que se mide por medio de un elemento que se define la diferencia entre la presión que es desconocida y la presión atmosférica que existe, si el valor absoluto de la presión es constante y la presión atmosférica aumenta, la presión manométrica disminuye; esta diferencia generalmente es pequeña mientras que en las mediciones de presiones superiores, dicha diferencia es insignificante, es evidente que el valor absoluto de la presión puede obtenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro.

La presión puede obtenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro.

Presión Absoluta = Presión Manométrica + Presión Atmosférica.

- **Tipos de Medidores de Presión**

Los instrumentos para medición de presión pueden ser indicadores, registradores, transmisores y controladores, y pueden clasificarse de acuerdo a lo siguiente:

Tipo de Manómetro	Rango de Operación
M. de Ionización	0.0001 a 1×10^{-3} mm Hg ABS
M. de Termopar	1×10^{-3} a 0.05 mm Hg
M. de Resistencia	1×10^{-3} a 1 mm Hg
M. Mc. Clau	1×10^{-4} a 10 mm Hg
M. de Campana Invertida	0 a 7.6 mmH ₂ O
M. de Fuelle Abierto	13 a 230 cmH ₂ O
M. de Cápsula	2.5 a 250 mmH ₂ O

M. de Campana de Mercurio	(LEDOUX) 0 a 5 m H ₂ O
M. "U"	0 a 2 Kg/cm ²
M. de Fuelle Cerrado	0 a 3 Kg/cm ²
M. de Espiral	0 a 300 Kg/cm ²
M. de Bourdon tipo "C"	0 a 1,500 Kg/cm ²
M. Medidor de esfuerzos (stren geigs)	7 a 3,500 Kg/cm ²
M. Helicoidal	0 a 10,000 Kg/cm ²

Medidas de presión

La presión es una fuerza por unidad de superficie y puede expresarse en unidades tales como pascal, bar, atmosferas, kilogramos por centímetro cuadrado y psi (libras por pulgada cuadrada). En el Sistema Internacional (S.I.) esta normalizada en pascal de acuerdo con las Conferencias Generales de Pesas y Medidas que tuvieron lugar en Paris en octubre de 1967 y 1971, y según la Recomendación Internacional número 17, ratificada en la III Conferencia General de la Organización Internacional de Metrología Legal. El pascal es 1 newton por metro cuadrado (1 N/m²), siendo el newton la fuerza que aplicada a un cuerpo.

	Psi	Pulgada c. de agua	Pulgada c. de Hg	Atmósfera	kg/cm ²	cm c. de a.	mm c. de Hg	Bar	Pa
Psi	1	27,68	2,036	0,0680	0,0703	70,31	51,72	0,0689	7142
Pulgada c. de a.	0,0361	1	0,0735	0,0024	0,0025	2,540	1,868	0,0024	256,4
Pulgada c. de Hg	0,4912	13,6	1	0,0334	0,0345	34,53	25,4	0,0333	3448
Atmósfera	14,7	406,79	29,92	1	1,033	1033	760	1,0131	1,01 × 10 ⁵
kg/cm ²	14,22	393,7	28,96	0,9678	1	1000	735,6	0,98	98100
cm c. de a.	0,0142	0,3937	0,0289	0,00096	0,0010	1	0,7355	0,0009	100
mm c. de Hg	0,0193	0,5353	0,0393	0,0013	0,0013	0,0013	1	0,00133	133
Bar	14,5	408	29,99	0,987	1,02	1024	750	1	10 ⁵
Pa	0,00014	0,0039	0,00029	0,987 × 10 ⁻⁵	0,102 × 10 ⁻⁴	0,01	0,0075	10 ⁻⁵	1

Tabla # 3: Unidades de medida de la presión.

Transductores resistivos

Consisten en un elemento elástico (tubo Bourdon o capsula) que varia la resistencia óhmica de un potenciómetro en función de la presión. El potenciómetro puede adoptar la forma de un solo hilo continuo o bien estar arrollado a una bobina siguiendo un valor lineal o no de resistencia. Existen varios tipos de potenciómetro según sea el elemento de resistencia: potenciómetros de grafito, de resistencia bobinada, de película metálica y de plástico moldeado. En la figura puede verse un transductor resistivo representativo que consta de un muelle de referencia, el elemento de presión y un potenciómetro de precisión. El muelle de referencia es el corazón del transductor ya que su desviación al comprimirse debe ser únicamente una función de la presión y además debe ser independiente de la temperatura, de la aceleración y de otros factores ambientes externos.

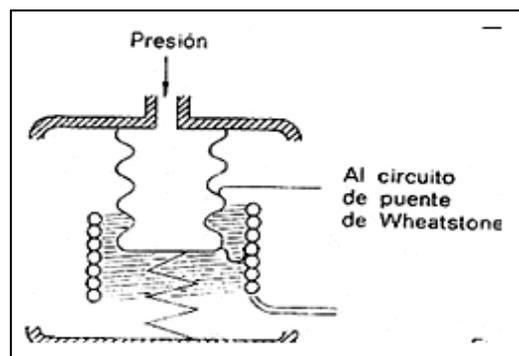


Figura #54: Transductor resistivo de presión

Fuente: GUTIÉRREZ Anselmo. 2006. trabajos10 humedad. Disponible en: www.monografias.com

La presión se transmite por el movimiento de un brazo móvil aislado que se apoya sobre el potenciómetro de precisión. Este está conectado a un circuito de puente de Wheatstone.

La señal de salida de los transductores resistivos es bastante potente como para proporcionar una corriente de salida suficiente para el funcionamiento de los instrumentos de indicación sin necesidad de amplificación. Sin embargo, son insensibles a pequeños movimientos del contacto del cursor, muy sensibles a vibraciones y presentan una estabilidad pobre en el tiempo.

El intervalo de medida de estos transmisores corresponde al elemento de, presión que utilizan (tubo Bourdon, fuelle) y varía en general de 0-0,1 a 0-300 kg/cm². La precisión es del orden de 1-2 %

Transductores magnéticos

Según el principio de funcionamiento se clasifican en dos grupos:

- a) Transductores de inductancia variable en los que el desplazamiento de un núcleo móvil dentro de una bobina aumenta la inductancia de esta en forma casi proporcional a la porción metálica del núcleo contenida dentro de la bobina.

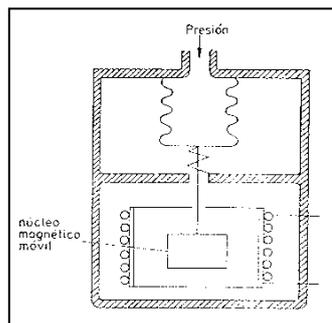


Figura #55: Transductor de inductancia variable.

Fuente: GUTIÉRREZ Anselmo. 2006. trabajos10 humedad. Disponible en: www.monografias.com

La f.e.m. de autoinducción generada se opone a la f.e.m. de, de tal modo que al ir penetrando el núcleo móvil dentro de la bobina la corriente presente en el circuito se va reduciendo por aumentar la f.e.m. de autoinducción.

El transformador de los transmisores electrónicos de equilibrio de fuerzas es también un transductor de inductancia variable, si bien, en lugar de considerar una sola bobina con un núcleo móvil, se trata de tres bobinas en las que la bobina central o primaria es alimentada con una corriente alterna y el flujo magnético generado induce tensiones en las otras dos bobinas, con la particularidad de que si el núcleo

esta en el centro, las dos tensiones son iguales y opuestas y si se desplaza a la derecha o a la izquierda, las tensiones son distintas.

Es decir, que el transformador diferencial es más bien un aparato de relación de inductancias.

Los transductores de inductancia variable tienen las siguientes ventajas: no producen rozamiento en la medición, tienen una respuesta lineal, son pequeños y de construcción robusta y no precisan ajustes críticos en el montaje. Su precisión del orden de $\pm 1\%$.

b) Los transductores de inductancia variable de imán permanente o un electroimán que crea un campo magnético dentro del cual se mueve una armadura de material magnético.

La fuerza magneto motriz constante alimenta al circuito magnético con lo cual al cambiar la posición de la armadura varía la reluctancia y por lo tanto el flujo magnético. Esta variación del flujo da lugar a una corriente inducida en la bobina que es, por tanto, proporcional al grado de desplazamiento de la armadura móvil.

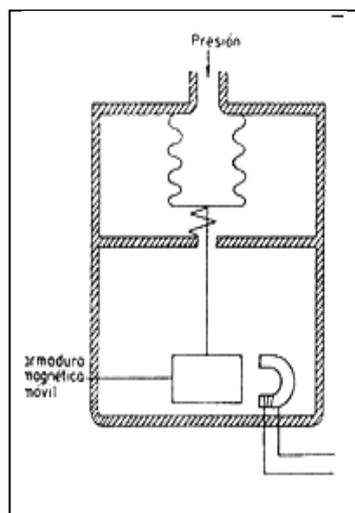


Figura #56: Transductor de inductancia variable

Fuente: GUTIÉRREZ Anselmo. 2006. trabajos10 humedad. Disponible en: www.monografias.com

El movimiento de la armadura es moderado (del orden de un grado como máximo en armaduras giratorias) sin contacto alguno con las partes fijas, por lo cual no existen rozamientos eliminándose la histéresis mecánica típica de otros instrumentos. Los

transductores de reluctancia variable presentan una alta sensibilidad a las vibraciones, una estabilidad media en el tiempo y son sensibles a la temperatura. Su precisión es del orden de $\pm 0,5 \%$.

Ambos tipos de transductores posicionan el núcleo o la armadura móviles con un elemento de presión (tubo Bourdon o espiral) y utilizan circuitos eléctricos bobinados de puente de inductancias de corriente alterna.

Transductores capacitivos

Su principio de funcionamiento se basa en la variación de capacidad que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas por la aplicación de presión. La placa móvil tiene forma de diafragma y se encuentra situada entre dos placas fijas. De este modo se tienen dos condensadores uno de capacidad fija o de referencia y el otro de capacidad variable, que pueden compararse en circuitos oscilantes o bien en circuitos de puente de Wheatstone alimentados con corriente alterna.

Los transductores capacitivos se diferencian de los demás por su pequeño tamaño y su construcción robusta, tienen un pequeño desplazamiento volumétrico y son adecuados para medidas estáticas y dinámicas. Su señal de salida es débil por lo que precisan de amplificadores con el riesgo de introducir errores en la medición. Son sensibles a las variaciones de temperatura y a las aceleraciones transversales y precisan de un ajuste de los circuitos oscilantes y de los puentes de c.a. a los que están acoplados.

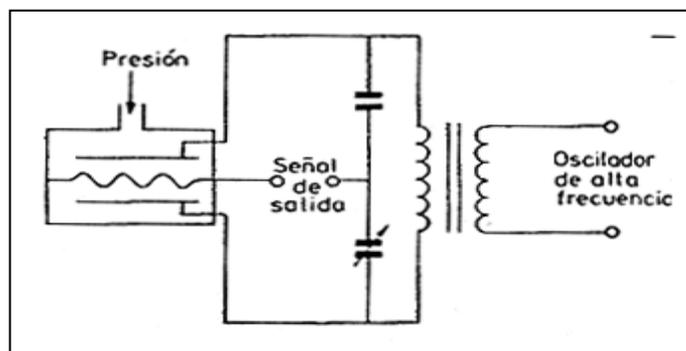


Figura #57: Transductor capacitivo de presión.

Su intervalo de medida es relativamente amplio, entre 0,05-5 a 0,5-600 bar y su precisión es del orden de $\pm 0,2$ a $\pm 0,5$ %.

Transductores piezoeléctricos

Los elementos piezoeléctricos son materiales cristalinos que, al deformarse físicamente por la acción de una presión, generan una señal eléctrica. Dos materiales típicos en los transductores piezoeléctricos son el cuarzo y el titanato de bario, capaces de soportar temperaturas del orden de 150°C en servicio continuo y de 230°C en servicio intermitente.

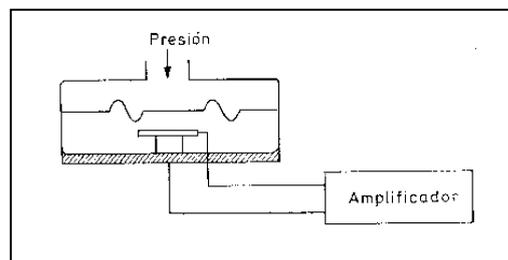


Figura #58: Transductor piezoeléctrico

Fuente: GUTIÉRREZ Anselmo. 2006. trabajos10 humedad. Disponible en: www.monografias.com

Son elementos ligeros, de pequeño tamaño y de construcción robusta. Su señal de respuesta a una variación de presión es lineal y son adecuados para medidas dinámicas, al ser capaces de respuestas de frecuencia de hasta un millón de ciclos por segundo. Tienen la desventaja de ser sensibles a los cambios en la temperatura y de experimentar deriva en el cero y precisar ajuste de impedancias en caso de fuerte choque. Asimismo, su señal de salida es relativamente débil por lo que precisan de amplificadores y acondicionadores de señal que pueden introducir errores en la medición.

En la siguiente tabla pueden verse las características de los elementos electromecánicos descritos.

	Margen en bar	Precisión en % de toda la escala	Estabilidad en el tiempo	Sobrecarga	Temp. máx. de servicio +C	Nivel señal salida	Impedancia salida	Error de cero por influencia temperat. ambiente	Resolución	Sensibilidad a vibraciones
Equilibrio de fuerzas	2-6000	0,5	Media a mala	150 %	65	10 V	600 Ω	0,9-2,3 %	Continua	Alta
Resistivos	0-0,1 a 0-300	1	Mala	150 %	80	Variac. res.	0-Res. total	0,7-3 %	0,25 %	↓
Magnéticos	Inductancia variable Reluctancia variable	0,5	Media	150 %	↓	0-5 V	2 kΩ	0,9-2,3 %	Continua	↓
		1	Media	150 %	↓	0-5 V	2 kΩ	0,6-2,4 %	↓	↓
Capacitivos	0,05-5 a 0,05-600	1	Media a buena	150 %	150	↓	5 kΩ	0,5-1,9 %	↓	Media
Galgas extensométricas	Cementadas	0-0,5 a 0-3000	0,5	Mala	↓	120	35 mV	350 Ω	0,5-2,4 %	Alta
	Sin cementar	0-0,01 a 0-600	1	Mala	200 %	↓	↓	350 Ω	↓	↓
	Silicio difundido	0-2 a 0-600	0,3	Muy buena	200 %	107	2-10 V	600 Ω	0,4-1 %	↓
Piezoelectrónicos	0,1-600	1	Mala	↓	90	600 mV/bar	1000 MΩ	1-4,8 %	1/5000	Baja

Tabla # 4: Características de los elementos electromecánicos

1.2.5.4. Dirección y velocidad el viento

La intensidad el viento es una cantidad vectorial que tiene dirección y magnitud, esta es considerada en términos de tres componentes, ubicándose dos de ellas en un plano paralelo a la superficie de la Tierra, y la tercera perpendicular a ese plano. Con fines meteorológicos la componente vertical es despreciada, considerándose por lo tanto el viento en superficie como una cantidad vectorial en dos dimensiones.

Las variaciones del viento están sujetas a variaciones tanto en período como en amplitud. Esto se debe al que el flujo del aire conocido como viento no es laminar. El viento sobre la superficie de la tierra es turbulento. La orografía de la Tierra es el principal factor que determina la estructura turbulenta del viento.

Escala Beafort de la fuerza del viento

Número Beafort	Descripción	Velocidad Viento En Nudos	Equivalente m/s	Especificaciones para observaciones en Superficie
0	Calma		0 0.2	Calma el humo sube verticalmente
1	Ventolina	1 – 3	0.3 1.5	Se define la dirección por el humo, pero no por veletas.
2	Brisa suave	4 - 6	1.6 3.3	El viento se siente en la cara; se mueven las hojas de los árboles; el viento mueve a las veletas.
3	Brisa Leve	7 - 10	3.4 5.4	Las hojas y ramas pequeñas se hallan en constante movimiento.
4	Brisa Moderada	11 - 16	5.5 7.9	Se levantan polvo y papeles sueltos se mueven las ramas pequeñas de los árboles.
5	Brisa Fresca	17 - 21	8.0 10.7	Se mueven los árboles pequeños; se forman pequeñas olas en estanques y lagunas
6	Brisa Fuerte	22 - 27	10.8 13.8	Se mueven las ramas grandes de los árboles; silban los cables telefónicos; los paraguas se utilizan con dificultad.

Tabla # 5: Escala Beafort de la fuerza del viento

Las veletas Instrumentos para medir la velocidad y dirección el viento que por normas de la OMM se lo instala a diez metros sobre la superficie del suelo, pero para otros propósitos o estudios especiales se lo puede instalar según las necesidades a diferentes alturas.

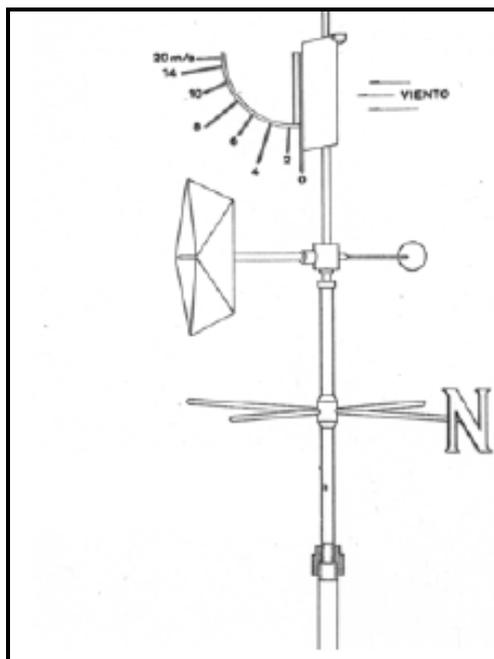


Figura #59: Veleta para medir la dirección del viento

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. 2007.
 Meteorología Básica. Ecuador. Disponible en: www.inamhi.gov.ec

Veleta o Aspa de Wild

Es un instrumento muy robusto pero no es muy preciso para la medición de la dirección y velocidad el viento mucho dependerá del observador para que las mediciones sean lo más exactas posibles.

Consta de una placa o plancha metálica, la misma que oscila como péndulo en un eje horizontal a la que va adherida la veleta propiamente dicha que consiste en dos placas verticales que siempre tienen un flanco expuesto al flujo del viento las mismas que determinan de donde proviene el viento, con la ayuda de una escala orientada con los ocho puntos cardinales. Un mucho de los casos la veleta tiene marcado únicamente el Norte con la letra N. En su parte superior y perpendicular a la plancha o veleta o placa metálica se encuentra una escala graduada en: 0; 2; 4; 6; 8; 10; 14 y 20 m/s.

Anemómetro de cazos (Totalizador)

El anemómetro de cazoletas está construido en base al molinete. Tres o cuatro cazoletas se ubican simétricamente alrededor de un eje vertical. Debido a que la fuerza del viento es mayor sobre el lado cóncavo de la cazoleta en comparación con el lado convexo, la corriente del aire hace rotar el molinete para nuestro ejemplo el anemómetro, cuya construcción se lo realiza considerando la disminución de la fricción con el emplazamiento de pistas de rulimanes o cojinetes en sus ejes.

La velocidad de rotación no depende de la dirección del viento ni del grado apreciable de densidad el aire. Con vientos ligeros funciona muy bien este instrumento, pero para vientos racheados, tiende a registrar velocidades medias más altas a las reales. Esto se debe a que la rueda de las cazoletas a causa de la inercia, acelera más rápidamente con la velocidad creciente que lo desacelera con la velocidad del viento decreciente.

Existen también anemómetros de hélice con un sensor distinto para la velocidad del viento. La teoría fue desarrollada en relación al vuelo de los aviones, el eje de la hélice debe ser paralelo a la dirección del viento. Debido a la velocidad giro relativamente alta de la hélice su aplicación está limitada a una gama de velocidad del viento de 0 a 40 m/s, al igual que el anemómetro de cazoletas el de hélice sobrevalora la velocidad media de los vientos racheados pero en menor escala.



Figura #60: Anemómetro Totalizador

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. 2007.

Meteorología Básica. Ecuador. Disponible en: www.inamhi.gov.ec

1.2.6. Técnicas digitales.

Cuando se utiliza un ordenador digital para la adquisición y procesamiento de datos procedentes de un gran número de puntos de observación, resultan entonces esenciales las técnicas digitales de medida. Los procedimientos digitales de medida se utilizan cada vez más debido a su gran precisión y a la posibilidad que ofrecen de transmisión, indicación, archivo y procedimiento.

En los métodos digitales el valor medido es cuantificado en una integral múltiple de un incremento mínimo (la resolución). El valor del incremento mínimo debe ser elegido de tal manera que no afecte demasiado a la precisión de las medidas. Un incremento de aproximadamente de un tercio de la precisión final del instrumento en general se considera que constituye una solución aceptable.

Con la medida eléctrica de la temperatura las señales de salida de los sensores son corrientes continuas, voltajes continuos o resistencias (es decir magnitudes que varían continuamente). Cuando funciona este equipo en los sistemas digitales de medida es necesario llevar a cabo la cuantificación y conversión a una forma digital codificada. Los rápidos progresos logrados en el campo de la electrónica ha llevado a la utilización de gran número de principios de conversión. Debido a su mayor inmunidad frente al ruido eléctrico, para pasar de sistemas analógicos a digitales habitualmente se utilizan convertidores integrados.

CAPITULO 2

DISEÑO DE LA MALLA DE CAPTACIÓN

2.1. Introducción

El correcto diseño de la malla de captación de agua niebla implica un cálculo claro y específico de las dimensiones de todos y cada uno de los componentes que darán soporte y formaran parte del armazón.

Para el soporte necesitamos perforaciones, postes, cables de acero, tensores, varillas, mientras que para el armazón harán falta un conjunto de materiales como politubo, alambre galvanizado y materiales de sujeción.



Figura #61: Modelo de una malla de captación

2.2. Malla de captación

Una malla de captación de agua niebla tiene por función condensar las partículas de vapor de agua en pequeñas gotas que se forman al perder energía cinética al impactarse con la malla de polietileno y transformar esa energía cinética en calor pero la malla debe estar en posición perpendicular al flujo de la corriente nubosa para lograr la mayor condensación posible, por lo que se debe estimar en promedio cual es la dirección del viento, así cuando el viento golpee la malla esta debe soportar cierto nivel de tensión, por lo que es necesario hacer una buena selección del tipo y longitud del poste que soportara a la malla, así como de la distancia de los tensores que ayudaran al sostén de la estructura.

2.3. Soporte

Para asegurar un soporte efectivo a la malla es necesario construir las perforaciones, adquirir componentes de calidad y realizar buenas instalaciones de estos componentes dejando los tensores bien plantados.

2.3.1. Perforaciones

Para que la malla pueda permanecer por largos periodos en la ubicación designada, se necesitan de una perforación por poste de un metro cuadrado por un metro sesenta centímetro de profundidad cada uno, luego se los rellena con piedras y arena para que se mantengan firmes los postes.



Figura #62: Excavación para fijar los postes

2.3.2. Postes

De muchos tipos de postes se eligieron de madera tratada de nueve metros de alto para que estos cuando reciban fuerzas desde los costados por efectos del viento se arqueen y presenten mejor resistencia a vientos fuertes, los postes deberán estar separados seis metros uno del otro para albergar a la malla.



Figura #63: Poste de madera tratada

2.3.3. Tensores

En el sentido de la malla se clavarán unas varillas de anclaje de acero galvanizado de un metro ochenta centímetros a dos metro de cada poste, desde estas varillas se colocó un cable de acero y un tensor mecánico por varilla, estos tensores evitan que los tensores de la malla incline los postes hacia el centro y ayuda a lograr una mayor tensión en la malla.



Figura #64: Varilla enterrada en dirección de la malla

2.4. Armazón

El armazón de la malla es parte fundamental para que esta malla se mantenga con una tensión superficial desde los extremos, para esto se le instala un marco de sujeción.

2.4.1. Sujeción

Como sistema de sujeción de la malla a los postes se pretende construir un marco de cables de acero de un octavo de pulgada tejido en la malla, puesto que por las pruebas realizadas en países como Chile y Perú fue el sistema oprimo luego de múltiples pruebas y ensayos, este marco se fijara en cada esquina a un tensor mecánico de ocho pulgadas y este a su vez se sujetara al poste en un tornillo tipo cáncamo cerrado de cinco octavos de pulgada por dos pulgadas de largo que se colocaran en los extremos de cada poste y cuatro metros más abajo para lograr una tensión adecuada de la malla.



Figura #65: Fijación del marco de acero al poste

2.4.2. Canal

Para la recolección del agua se colocara un tubo de cuatro pulgadas dividido a lo largo debido a que los tubos de PBC se fabrican únicamente de tres metros de longitud se necesitan de las dos mitades del tubo para cubrir los cinco metros de longitud de la malla, para que la canal ser mantenga en su posición se la asegurara con alambre galvanizado a el alambre de acero de la base de la malla y mantener una

caída hacia uno de los lados para que el agua condensada por la malla llegue sin problemas a un reservorio.

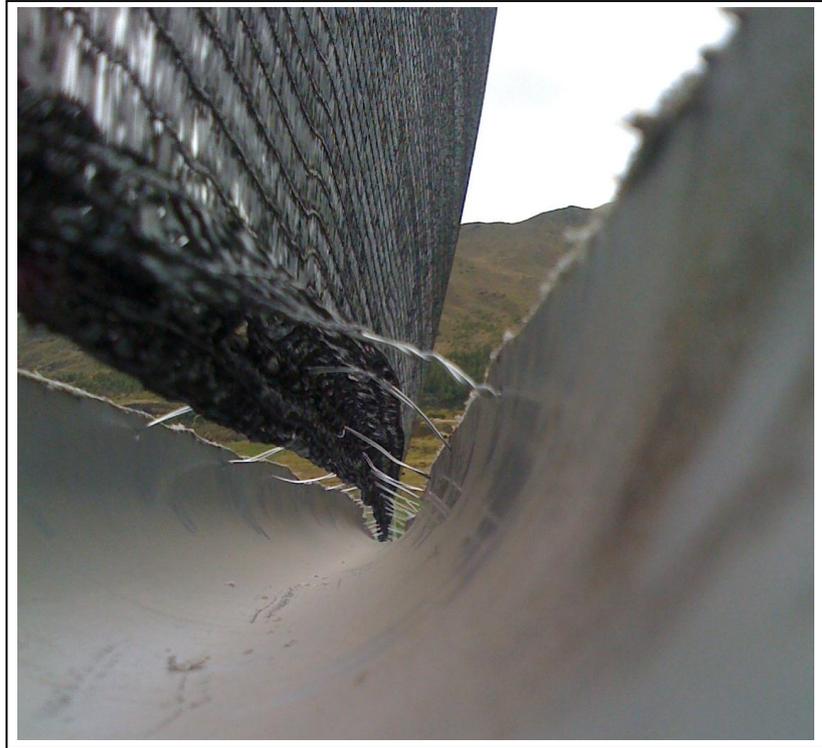


Figura #66: Canal de colección hacia el reservorio

2.5. Construcción

Para la construcción de la malla es necesario tomar en cuenta algunas condiciones físicas previas a la instalación de los componentes primarios de la malla.

2.5.1. Ubicación

Una vez que se determino que materiales se utilizaran, se deberá designar un terreno apropiado en un sector donde la humedad por neblina tenga niveles considerablemente altos y constantes, el lugar debe ser de fácil acceso y con una red eléctrica de baja tensión cercana.



Figura #67: Colina a 2300 metros sobre el nivel del mar

2.5.2. Parada y retacado de postes

Una vez que se hayan realizado las excavaciones se pararan los postes de manera vertical apoyando la base en la perforación y se mantendrá el equilibrio del poste con tres puntos de apoyo de cuerdas durante el tiempo que tome ubicar al poste y colocar las piedras en el espacio que queda entre el poste y las paredes del agujero, alternando una capa de piedras y una de arena para lograr una base firme.

2.5.3. Marco de alambre

Para que la malla tenga consistencia se colocara en cada uno de los cuatro bordes un cable de acero entretejido entre uno de tres dobleces y debe fijarse el final de la malla con alambre galvanizado la malla a un grillete de cinco octavos de pulgada, para que no se recoja con los cambios de temperatura ni cuando soporte corrientes de viento, teniendo en cada esquina la unión de dos cables, cada uno de estos cables se asegurara con grilletes mecánicos de tres octavos de pulgada para mantener fijos los cables del marco.



Figura #68: Sujeción de la malla a los tensores

2.6. Malla

Teniendo en cuenta las experiencias de campo documentados por los científicos Chilenos quienes usaron muchos tipos de mallas plásticas y metálicas concluyeron que el material más óptimo y de mayor resistencia para la recolección de agua proveniente de las corrientes nubosas es el polietileno formando un tejido tipo Rashchel, existiendo esta malla en el mercado en grandes cantidades y de muchas variedades y dimensiones; apoyados en los fundamentos teóricos se debe seleccionar la malla que proporcione un 75% de sombra y además deberá tener cuatro metros de ancho y cinco de largo, puesto que se puede encontrar este tipo de mallas en dos y cuatro metros de ancho por cien y doscientos metros de largo, se trabajará únicamente en lo largo, además en cada borde de la malla se procederá a realizar tres dobleces para formar un marco resistente que pueda albergar a un alambre de acero y la malla alcance un buen nivel de tensión para que así se obtenga la mayor cantidad posible de agua.



Figura #69: Malla tipo Rashchel al 35%

CAPITULO 3

DISEÑO DE LA MALLA DE LA ESTACIÓN METEOROLOGICA

3.1 Introducción

El diseño de toda la estructura de la estación meteorológica tanto hardware como software es de mucha importancia, ya que este nos permitirá saber cual son las mejores herramientas a utilizar y los mejores sistemas para realizar de manera correcta la estación.

Este diseño comenzara con la toma de decisiones mas acertadas en cuanto a materiales se refiere, esto involucra sensores o transductores los cuales son la parte principal en el diseño del prototipo.

Luego de haber elegido con cuidado los sensores a utilizar, se procederá a elaborar las diferentes interfaces para estos, cuidando las escalas y la precisión de cada uno.

Una vez armados los sensores con sus respectivas interfaces, se llevaran las señales de estos sensores hacia un chip micro controlador que convertirá todas estas señales analógicas en digitales para de esta manera poder transmitir las hacia la estación de monitoreo.

La transmisión se diseña teniendo en cuenta algunos factores como: distancia, toma eléctrica y telefónica, señal de celular, etc. De esta forma se analiza todas las posibilidades de transmisión de datos de un lugar a otro.

La estación de monitoreo será capaz de recolectar los datos de la estación meteorológica y procesarlos para así tener resultados medibles.

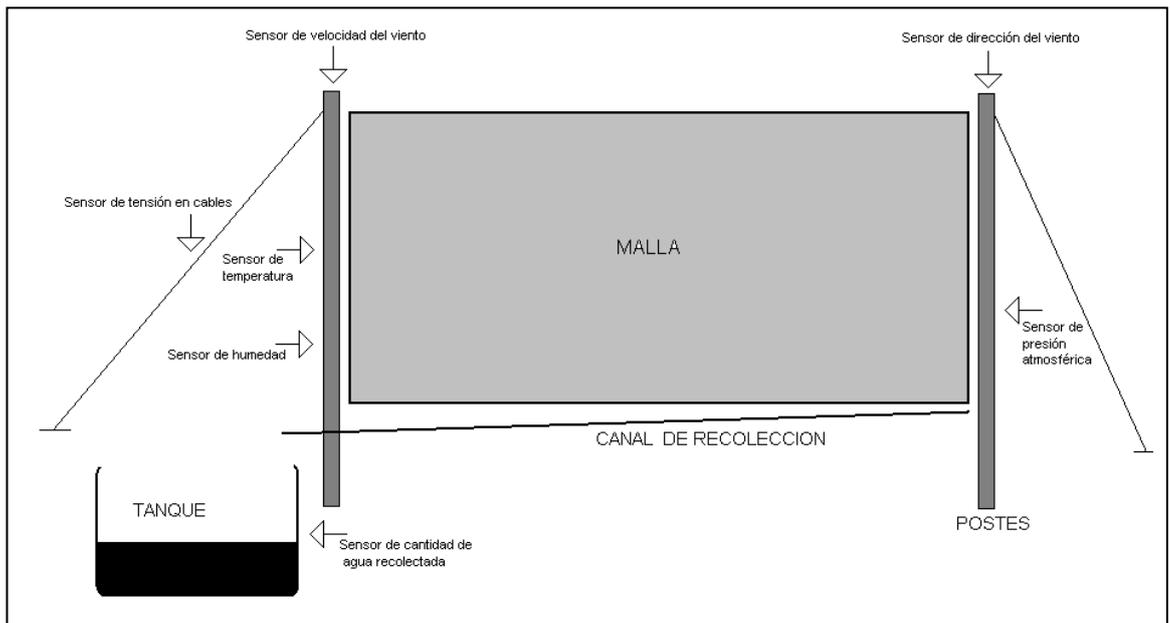


Figura # 70: Malla recolectora y ubicación de los sensores de la estación meteorológica.

3.2. Estación meteorológica

La estación meteorológica tendrá como tarea recolectar datos informativos en cuanto a: humedad relativa, velocidad de viento, dirección de viento, temperatura y presión atmosférica.

También estará en capacidad de medir la tensión en cables que sujetan la malla y cantidad de agua recolectada

El diseño de la estación meteorológica encargada de medir las variantes climáticas se divide en tres partes las cuales son:

- Sensores en la estación meteorológica.
- Sistema electrónico de la estación meteorológica

A continuación se procederá a describir cada una de estas partes que conforman la estación meteorológica.

3.2.1. Sensores en la estación meteorológica

La estación meteorológica dispondrá de algunos sensores para la medición de factores climáticos y más, los cuales son:

- Sensor de humedad.
- Sensor de velocidad de viento
- Sensor de dirección de viento
- Sensor de temperatura
- Sensor de presión atmosférica
- Sensor de tensión en cables de soporte de la malla
- Sensor de cantidad de agua recolectada.

A continuación se detallara cada uno de estos sensores a utilizar.

3.2.1.1. Sensor de humedad. (hdp-07sc)

Para el sistema de medida de la humedad relativa (HR) del ambiente, se usara un sensor de tipo resistivo el cual posee las siguientes características:

- Dispositivo relativamente pequeño
- Respuesta rápida y fiable en detección de humedad
- Económico y muy utilizado.
- Interface electrónica sencilla

El sensor se denomina HDP-07SC el cual se aplica para sensar la humedad en ambientes y equipos y es muy utilizado en la industria y demás proyectos.

Curvas características.

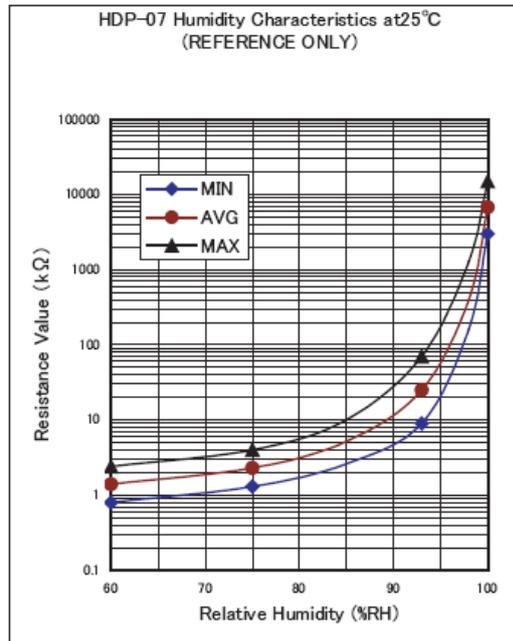


Figura # 71: Curva característica del sensor de humedad

Fuente: ALLDATASHEET. 2003. Datasheet del sensor HDP-07SC. Disponible en: <http://www.alldatasheet.com/>

Dimensiones.

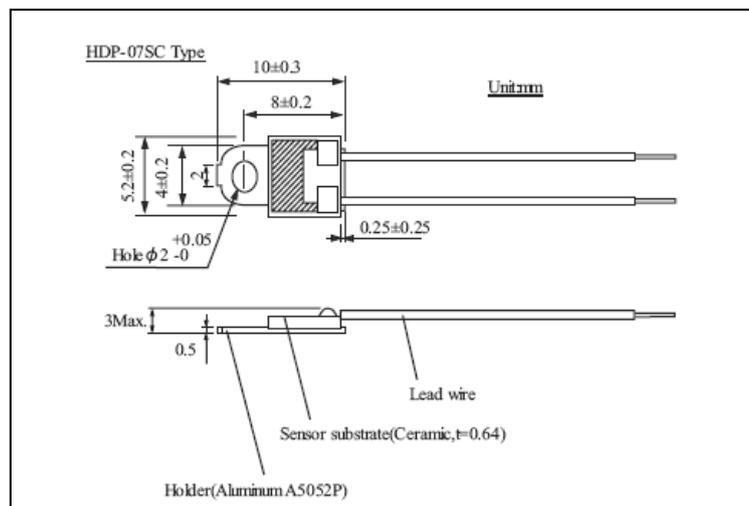


Figura # 72: Medidas del sensor de humedad.

Fuente: ALLDATASHEET. 2003. Datasheet del sensor HDP-07SC. Disponible en: <http://www.alldatasheet.com/>

Especificaciones técnicas.

Especificación	HDP-07SC	Unidad
Tamaño	5.2 x 5.2	mm
Elemento para montaje	Si	--
Temperatura de trabajo	+1 ~ +60	Grados Centígrados
Rango de Humedad	0 ~ 100	%HR
Respuesta	200K Ω min dentro de 10s	--

Tabla # 6: Especificaciones técnicas del sensor de humedad

Circuito de interface.

El sensor de humedad a utilizar es de tipo resistivo, por lo que un simple partidor de tensión será muy útil para la variación de voltaje en proporción a la humedad del medio.

Esta señal será captada por el convertor analógico-digital del microcontrolador.

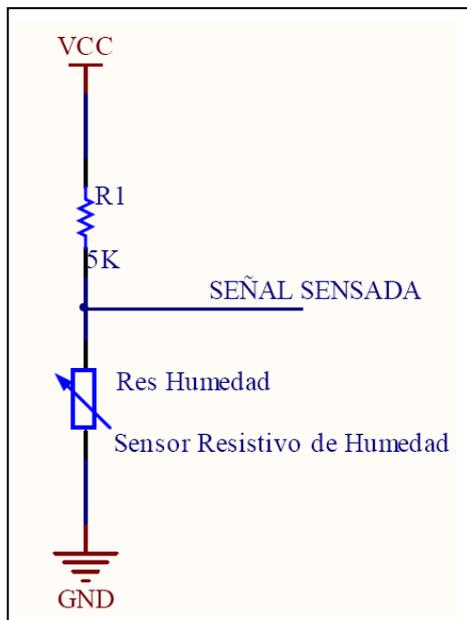


Figura # 73: Circuito de interface para el sensor de humedad.

Aspecto Físico.



Figura #74: Fotografía del sensor de humedad

3.2.1.2.Sensor de velocidad de viento (anemómetro)

El sensor de velocidad de viento conocido también como Anemómetro esta compuesto de tres o cuatro cazoletas ubicadas simétricamente alrededor de un eje rotacional, el cual será movido por el viento por la fuerza ejercida por este en el interior de cada cazoleta.

Este puede ser construido de una forma sencilla obteniendo buenos resultados de medida. Para construirlo se necesita un eje rotacional que cuando se gire produzca una variación eléctrica sea este de voltaje, corriente o resistencia que sea proporcional a la velocidad de giro.

El eje más apropiado es el de un motor de continua o un ventilador pequeño de dc, ya que este al funcionar como motor inversamente funciona como un generador y así se puede aprovechar esta diferencia de potencial para medirlo.

Cuanto más rápido gire el eje mas diferencia de potencial se tendrá a la salida, de esta forma se puede tabular los resultados y obtener un sensor medidor de velocidad de viento.

Este sensor no va ser del todo exacto, puesto q existen fuerzas no constantes que alteran la velocidad de giro del eje como la fuerza de rozamiento y la inercia.

El Anemómetro posee las siguientes características:

- La velocidad de rotación no depende de la dirección del viento ni de su densidad.
- Funciona muy bien para vientos ligeros y en vientos fuertes produce poca inercia.
- Es económico y fácil de construir.
- Es ligero y relativamente pequeño.

Tabla de resultado.

VELOCIDAD DE VIENTO (Km/hora)	VOLTAJE DC Aproximado (V)
30	0.22
35	0.4
40	0.6
45	0.72
50	0.85
55	0.93
60	1.01
65	1.1
70	1.2
75	1.35
80	1.5

Tabla # 7: Especificaciones técnicas del sensor de velocidad de viento

Curvas características.

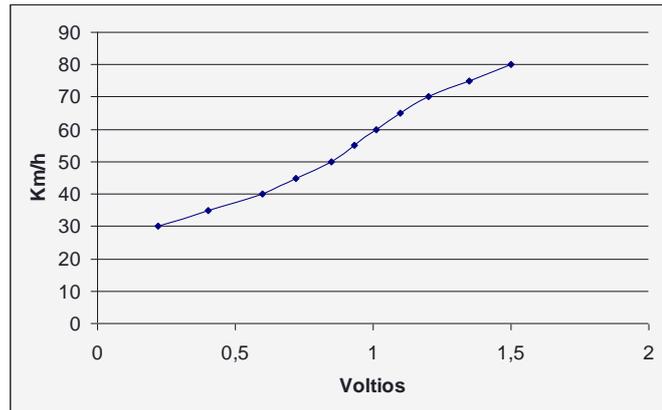


Figura #75: Curvas correspondientes al sensor de velocidad de viento

Dimensiones.

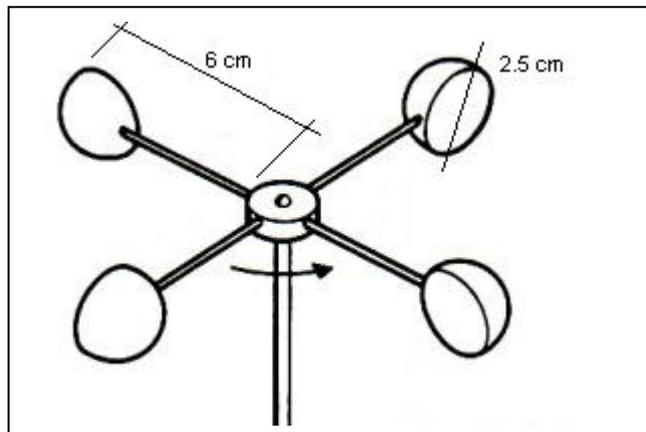


Figura #76: Medidas del Anemómetro

Fuente: MENDOZA Tomás. 2006. Detalles del anemómetro electrónico. Colombia. Disponible en:
<http://www.miajas.com/intercom/Anemometro/videoVeleta.htm>

Circuito de interface.

El sensor de velocidad de viento al funcionar como un generador pequeño es necesario amplificar esta señal para así captar los resultados entregados por este sensor.

Esta señal amplificada es captada por el conversor analógico-digital del microcontrolador.

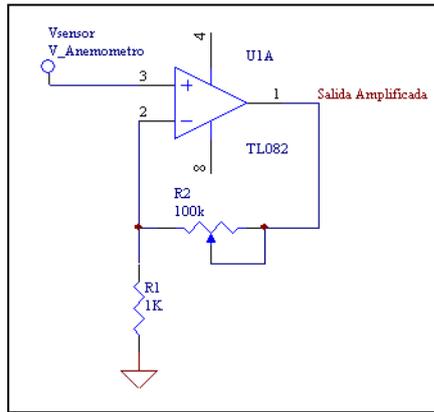


Figura # 77: Circuito de interface para el Anemómetro

Aspecto Físico.

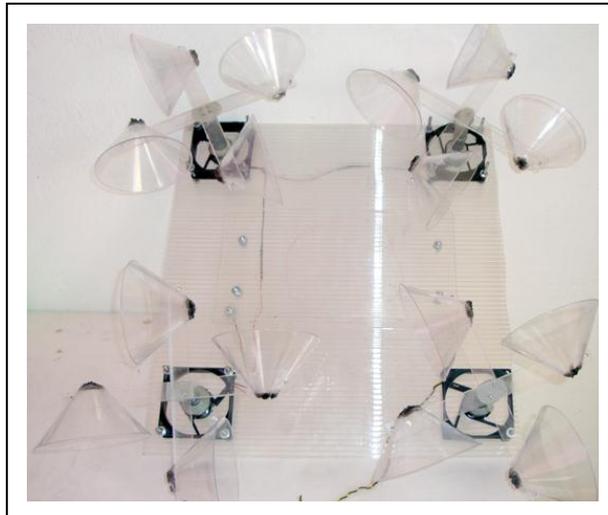


Figura #78: Fotografía del sensor de velocidad de viento

3.2.1.3. Sensor de dirección de viento (veleta)

Para medir la dirección del viento se necesita de un elemento muy sencillo llamado veleta, consta de una varilla de metal, la misma que oscila como péndulo en un eje horizontal a la que va adherida la veleta propiamente dicha que consiste en una placa vertical que siempre tienen un flanco expuesto al flujo del viento la misma que determinan de donde proviene el viento.



Figura #79: Veleta de metal y plástico

Fuente: MENDOZA Tomás. 2006. Detalles del anemómetro electrónico. Colombia. Disponible en:
<http://www.miajas.com/intercom/Anemometro/videoVeleta.htm>

Para la medida de la dirección, se implemento un sistema capas de variar su resistencia en cada uno de los ocho puntos cardinales, esto se logro con la ayuda de placas de metal adheridas a una base en forma de rosca y un metal para ir tocando cada una de las placas dispuestas.

La figura nos muestra claramente la construcción de esta rosca y el metal rosante para así dar una resistencia diferente en cada dirección se encuentra la veleta.

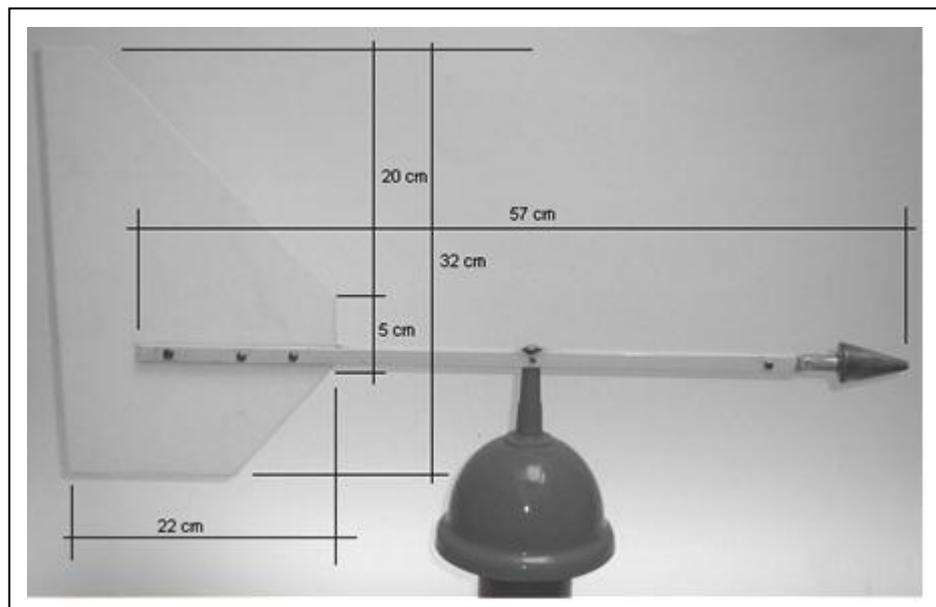
La forma de captar la dirección será por media de siete partidores de voltaje, los cuales darán como resultado diferentes potenciales los cuales podrán ser medidos en función de la dirección del viento.

La veleta posee las siguientes características:

- Señala la posición de los 8 puntos cardinales.
- Económico y fácil de construir.
- No necesita circuito de interface.
- Se puede conectar directamente al microcontrolador.

Tabla de resultado.

DIRECCION (Coordenadas cartesianas)	VOLTAJE APROXIMADO (V)
Norte – Sur	5
Noroeste – Sureste	4.3
Oeste – Este	3.6
Suroeste – Noreste	2.8
Sur – Norte	2.1
Sureste - Noroeste	1.4
Este - Oeste	0.7
Noreste – Suroeste	0

Tabla # 8: Especificaciones técnicas del sensor de dirección del viento.**Dimensiones.****Figura #80:** Medidas del sensor de dirección de viento.

Circuito de interface.

Este sensor no requiere de circuito de interface y tiene tres cables, dos de alimentación y uno de señal.

Aspecto Físico.

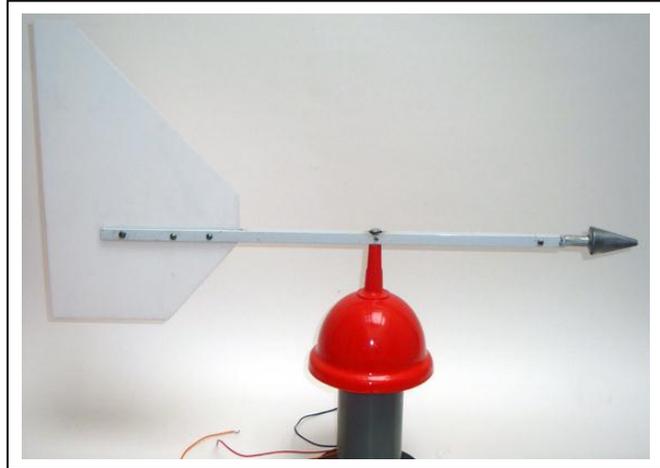


Figura # 81: Fotografía del sensor de dirección de viento

3.2.1.4.Sensor de temperatura (lm35)

Para medir la temperatura del ambiente de trabajo de la estación meteorológica se propone utilizar un sensor integrado de precisión proporcional a la variación de la temperatura en grados centígrados denominado LM35. Este sensor no requiere una calibración externa y sus características principales como baja impedancia, salida lineal, y precisión hacen que este sensor sea muy utilizado en el control y medida de la temperatura.

El sensor de temperatura posee las siguientes características:

- Sensor calibrado directamente en grados centígrados.
- Salida lineal a una variación de $+10\text{mV}/^\circ\text{C}$.
- Rango de operación de 4 a 30 voltios.
- Bajo costo y muy preciso.

Curvas características.

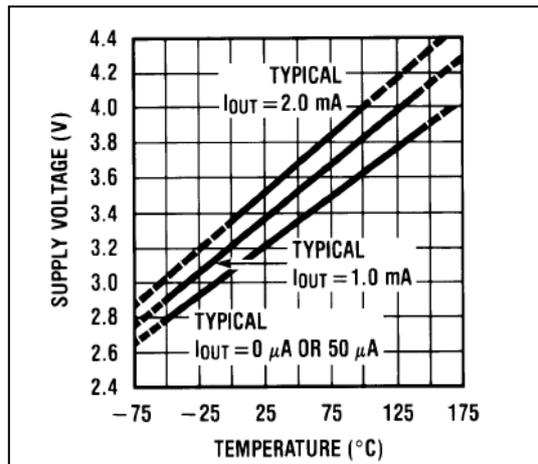


Figura #82: Curva característica del sensor de temperatura

Fuente: ALLDATASHEET. 2003. Datasheet del sensor LM35. Disponible en:

<http://www.alldatasheet.com/>

Dimensiones.

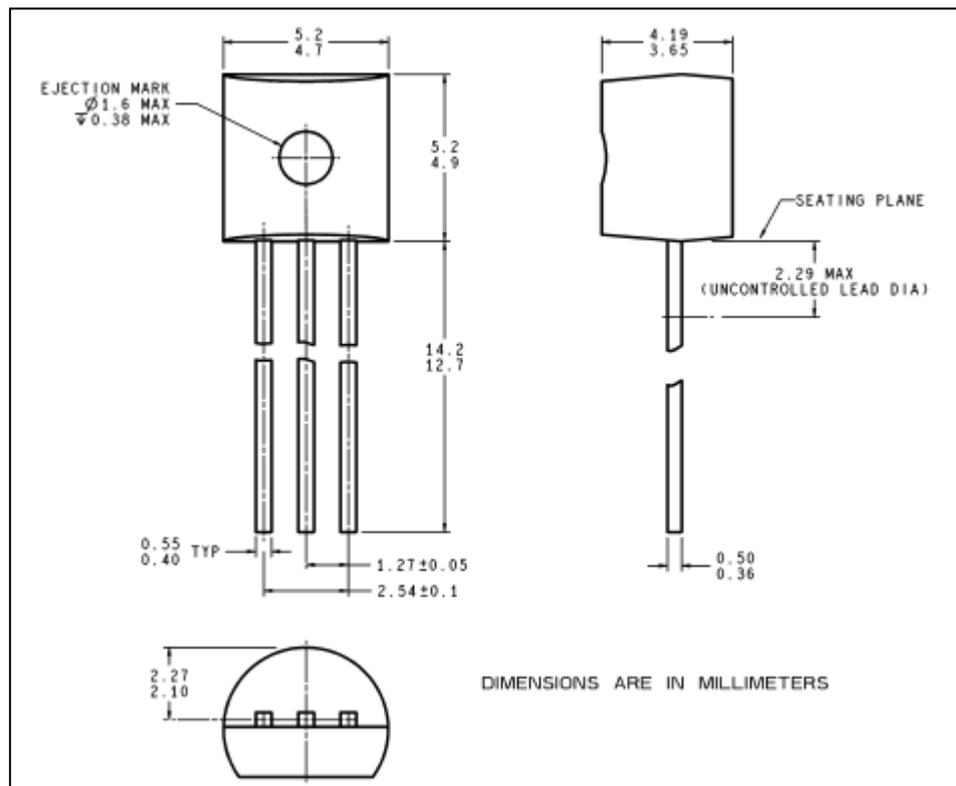


Figura #83: Medidas estándares del sensor de temperatura LM35.

Fuente: ALLDATASHEET. 2003. Datasheet del sensor LM35. Disponible en:

<http://www.alldatasheet.com/>

Especificaciones técnicas.

ESPECIFICACION	VALOR	UNIDAD
Rango de temperatura	de 0 a 100	°C
Error a T=25°C	±0.4	°C
Error a T=Tmax	±0.8	°C
Error a T=Tmin	±0.8	°C
No linealidad	±0.2	°C
Ganancia del sensor	+10.0	mV/°C

Tabla # 9: Especificaciones técnicas del sensor de temperatura.

Circuito de interface.

El sensor de temperatura tiene una variación de 10mV por cada grado centígrado por lo que es necesario amplificar esta señal para así captar los resultados entregados por este sensor.

Esta señal amplificada es captada por el conversor analógico-digital del microcontrolador.

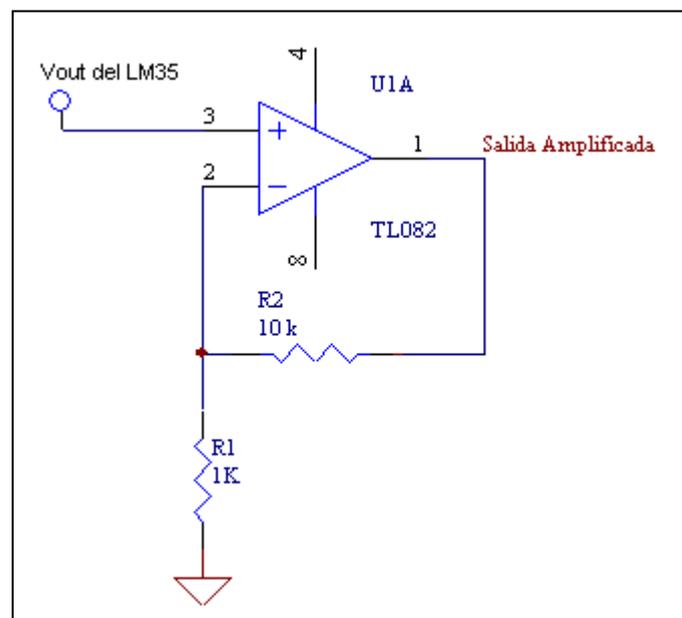


Figura #84: Circuito de interface para el sensor de temperatura

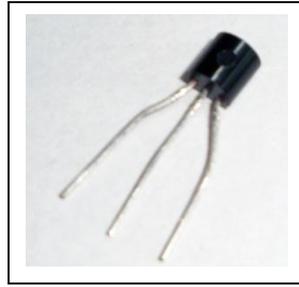
Aspecto Físico.

Figura #85: Fotografía del sensor de temperatura

3.2.1.5. Sensor de presión atmosférica (mpx4115)

La presión atmosférica está relacionada a la altura y a algunos cambios climáticos del ambiente ya que es importante realizar la medida y tabulación de esta variable meteorológica.

Para medir la presión atmosférica se propone utilizar un sensor de la marca MOTOROLA denominado MPX4115A ya que es un sensor integrado de presión que puede ser utilizado como altímetro o barómetro.

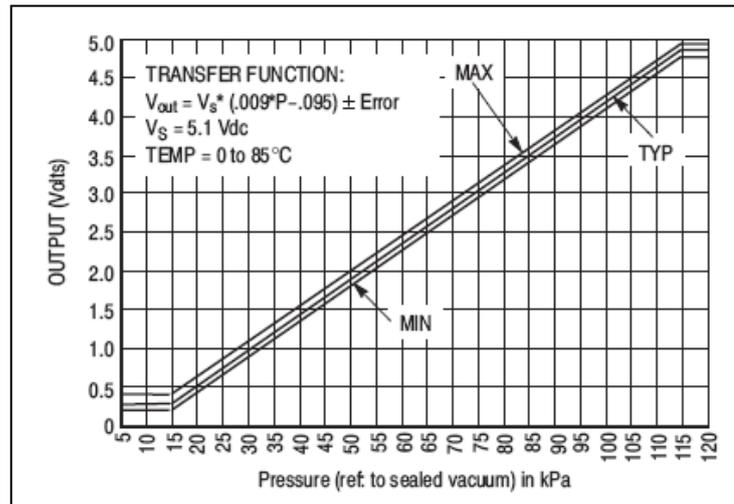
Una de las principales características de este sensor es que ya está calibrado y compensado para que la temperatura no afecte su medida.

El sensor de presión atmosférica posee las siguientes características:

- Error máximo de la medida 1.5% en temperaturas de 0 a 85°C.
- Ideal para trabajar con sistemas basados en micro controladores.
- Temperatura compensada desde -40°C a +125°C.

Aplicaciones.

- Altímetros de aviación
- Controles industriales
- Estaciones climáticas y de reporte.

Curva característica.**Figura #86:** Curvas característica del sensor de presión atmosférica

Fuente: ALLDATASHEET. 2003. Datasheet del sensor MPX4115. Disponible en:

<http://www.alldatasheet.com/>

Los resultados de presión atmosférica dados por el sensor están en kPa, recordemos q $101.32\text{kPa}=1.013\text{bar}=760\text{mmHg}$ y q la altura está relacionada con la presión es decir mientras más altura menos presión.

En la siguiente tabla se ve las presiones atmosféricas en milibares tomadas a varias alturas.

Altitud (m)	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
0	1013	1001	990	978	967	955	944	933	921	901
1000	899	888	877	867	856	845	835	825	816	805
2000	795	785	776	766	757	747	738	729	719	710
3000	701	693	684	676	667	658	650	641	633	624
4000	616	608	600	593	585	577	570	562	555	547
5000	540	533	526	519	512	505	498	492	485	479

Tabla # 10: Relación de Presión Vs. Altura.

Dimensiones.

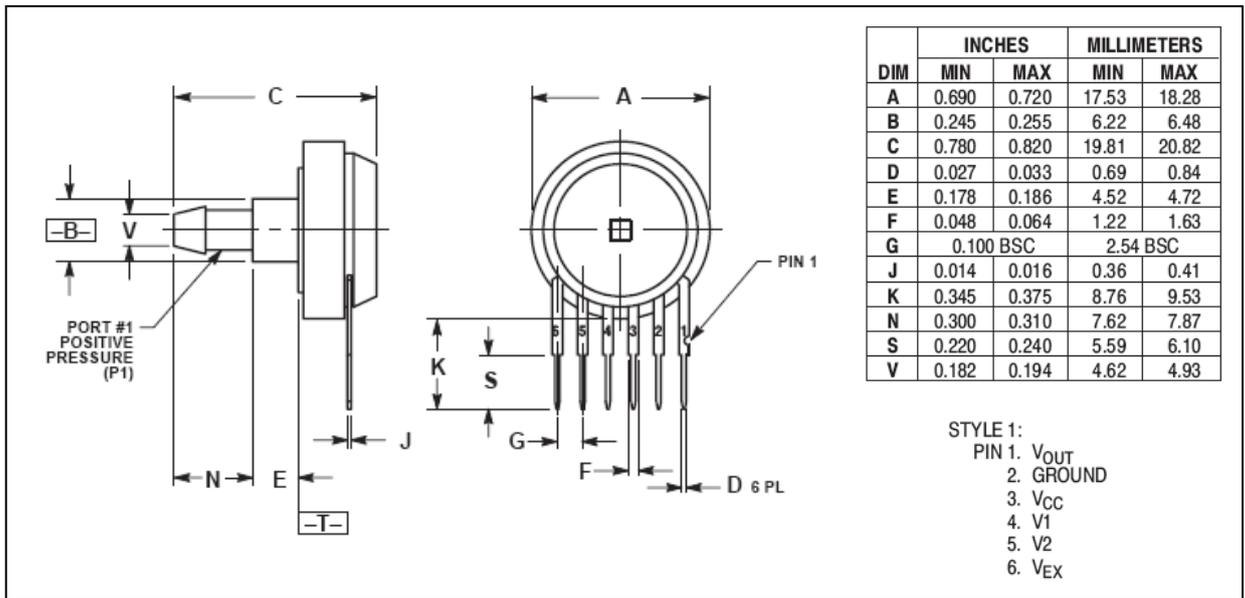


Figura #87: Dimensiones del sensor de presión atmosférica.

Fuente: ALLDATASHEET. 2003. Datasheet del sensor MPX4115. Disponible en:

<http://www.alldatasheet.com/>

Especificaciones técnicas.

ESPECIFICACION	MIN	MAX	UNIDAD
Rango de presión	15	115	kPA
Voltaje de alimentación	4.85	5.35	V
Error		1.5%	%V

Tabla # 11: Especificaciones técnicas del sensor de presión atmosférica.

Circuito de interface.

El circuito de interface es sencillo ya que el sensor no necesita de un circuito de interface propiamente, tan solo requiere de condensadores antes de la alimentación para hacerla más continua y a la salida para que la señal entregada sea constante.

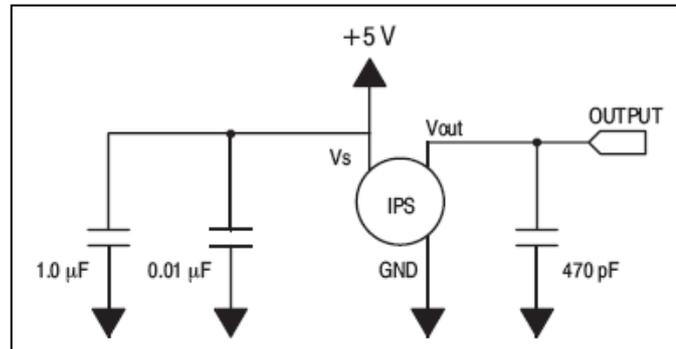


Figura #88: Circuito de interface para el sensor de presión atmosférica

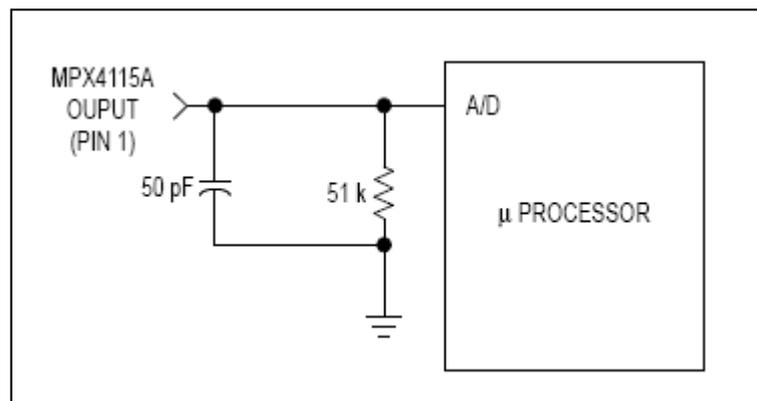


Figura #89: Esquema de conexión del sensor al convertor A/D

Aspecto Físico.

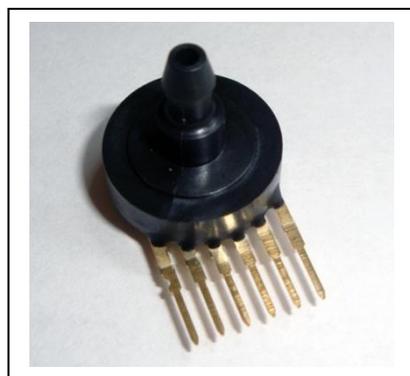


Figura #90: Fotografía del sensor de presión atmosférica.

3.2.1.6. Sensor de tensión en cables de soporte de la malla

Otra de las variables a considerar es la tensión ejercida por los cables que soportan los postes de la malla, teniendo un total de cuatro sensores dos en cada poste, estos nos darán información de la inclinación de la malla junto con los postes y la fuerza que estos están ejerciendo para sostener la malla.

Esta variable es importante considerar ya que amenudeo se presentan vientos fuertes los cuales podrían tumbar o romper la malla recolectora.

Para la medida de la tensión en los templones de los postes se dispondrá de una balanza alemana de cimbra, la misma que con ayuda de un potenciómetro lineal dará información necesaria de la presión q ejerce cada templon sobre los poste, de esta forma verificar si la malla se encuentra en buen estado y si esta no se a precipitado al piso.

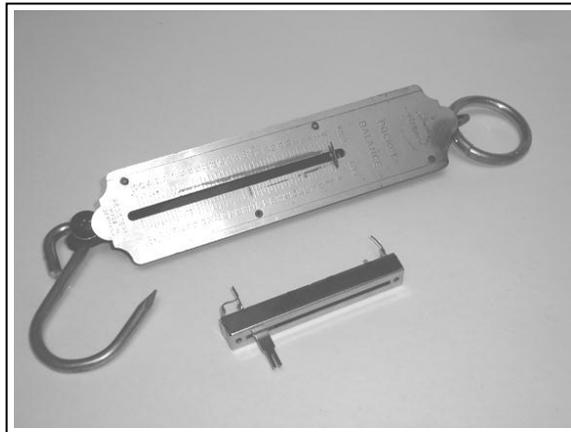


Figura #91: Componentes del sensor de tensión en cables

Las características que tiene el sensor de tensión en los templones son:

- Fácil de construir con la balanza.
- Buena precisión por lo que varía conjuntamente con el potenciómetro lineal.
- De preferencia se tiene que aislar del agua.
- El sensor se desgasta a la par con la balanza.

Tabla de valores.

TENSION (LBS)	RESISTENCIA APROXIMADA (KΩ)
48	0
52	1.8
56	3.1
60	6.1
64	12.5
68	19
72	25
76	30
80	37
84	42
88	48
92	52
96	53
100	54.3
104	55.2
110	55.5

Tabla # 12: Valores de resistencia del sensor de tensión

Curva característica.

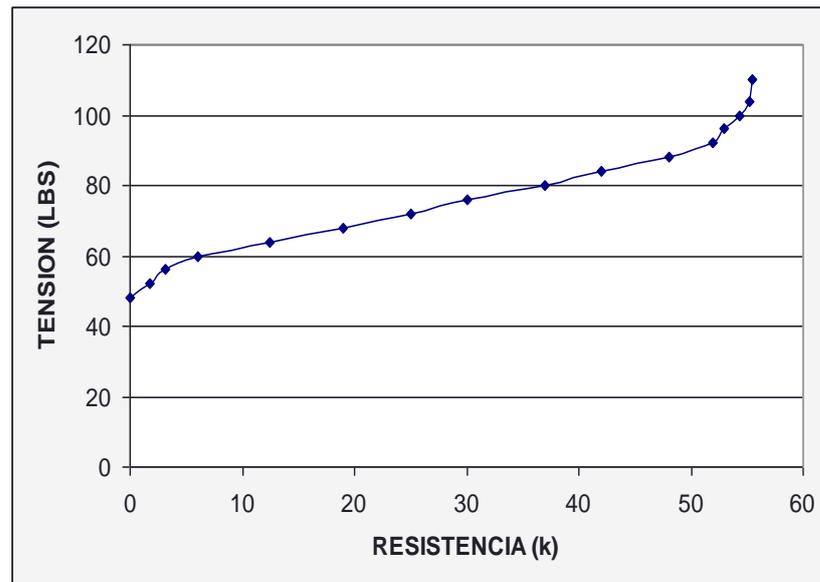


Figura #92: Curva correspondiente al sensor de tensión

Circuito de Interface.

El sensor encargado de medir la tensión en los cables es un potenciómetro lineal acoplado a una balanza, el cual será montado en un partidor de voltaje para que el potenciómetro de la información necesaria y saber la tensión aplicada en los postes que soportan la malla.

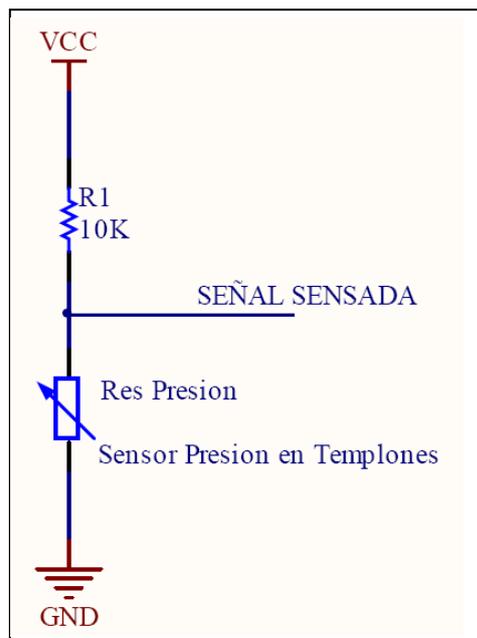


Figura #93: Circuito de interface del sensor de tensión en los templeones.

3.2.1.7. Sensor de cantidad de agua recolectada

El sensor de cantidad de agua dará información de cuanta agua se recoge en un determinado tiempo ya que es muy importante saber la cantidad de litros recolectados en un tiempo determinado, para de esta manera ir observando a lo largo de las pruebas la medida del agua recolectada.

El sensor es un simple bolla que se va elevando en proporción al agua recolectada en el tanque, su interface es sencilla por lo que es un sensor resistivo.

Características del sensor de nivel de agua:

- Relativamente económico
- Muy útil en la industria automotriz
- Durable y preciso.

Tabla de Valores.

Los resultados de la medida del nivel del agua recolectada dependerán del tamaño del tanque de recolección, ya que este podrá ser de varias capacidades.

Para este proyecto se utilizara un tanque de 50 galones proporcionando los siguientes resultados.

Galones	Resistencia (Ω)
0	21
3	32
5	45
8	56
10	65
13	83
15	90
20	95
25	101

Tabla # 13: Especificaciones técnicas del sensor cantidad de agua.

Curva característica

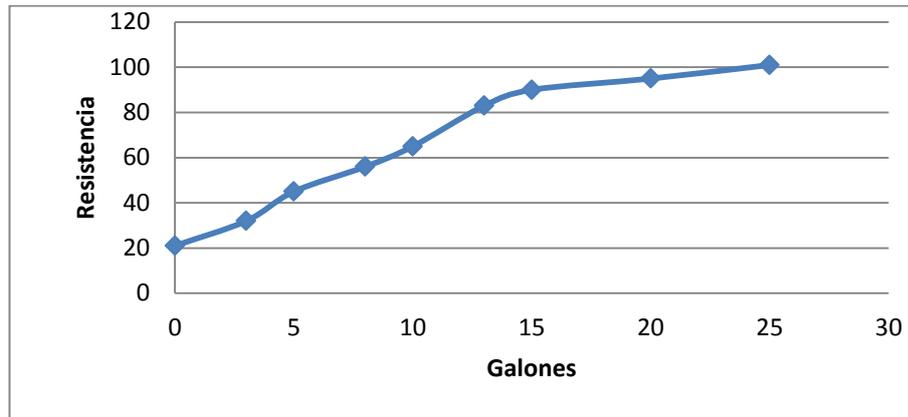


Figura #94: Curva correspondiente al sensor de cantidad de agua

Circuito de interface.

Al ser un sensor resistivo su interface electrónica con el microcontrolador es relativamente sencilla, ya que con un partidor de voltaje calibrado el sensor proporciona información en toda su escala para la medida del nivel del agua.

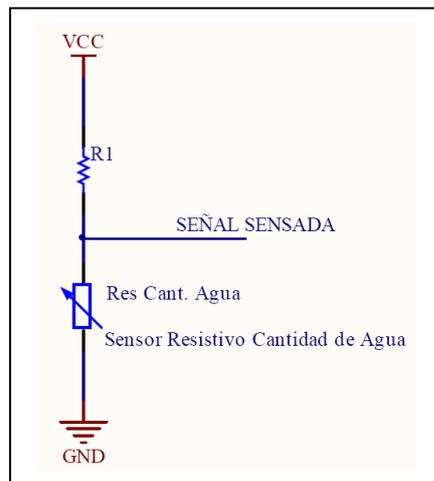


Figura #95: Circuito de interface para el sensor de presión en templones.

Aspecto Físico.

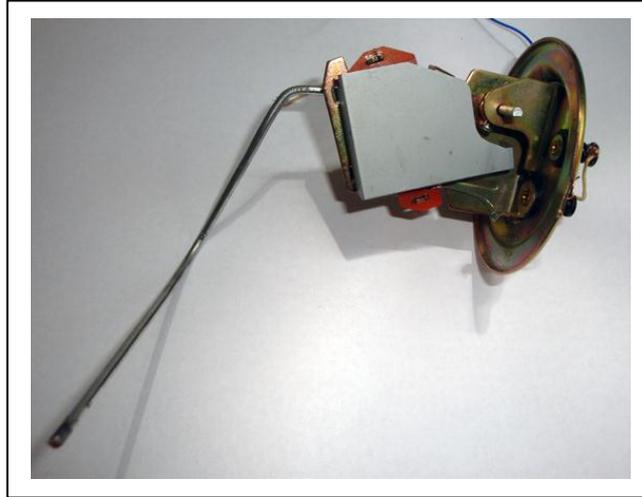


Figura #96: Fotografía del sensor de presión atmosférica.

3.2.2. Sistema electrónico de la estación meteorológica

El sistema de adquisición de las señales entregada por los sensores se compone de un circuito electrónico capaz de entender, procesar y transmitir a la computadora las señales analógicas de los sensores, puesto q esta información es muy importante para el usuario u operador de la estación meteorológica.

Con esta información se podrá saber y tabular resultados como: velocidad de viento, dirección del viento, temperatura, presión atmosférica, etc. en tiempo casi real, es decir las medidas de las variantes climáticas estarán disponibles en el momento que ocurran con un error de \pm tres segundos.

Para la construcción de este sistema de adquisición se debe tener en cuenta tres partes principales que son:

- Circuitos de interface.
- Conversión analógica digital.
- Transmisión de datos.

Circuitos de interface.

Los circuitos de interface son esquemas electrónicos para facilitar la lectura de cualquier tipo de sensor, esto es necesario ya que las señales deberán estar de un rango de 0 a 5 voltios para que de esta forma puedan ser ingresadas al conversor analógico-digital.

Para la realización de los circuitos de interface se recomienda montar todos en una misma placa para así poder agruparlos de acuerdo al tipo de interface de cada uno ya que de esta manera se sabrá con facilidad donde conectar cada sensor y cuál será su respectiva salida.

Una vez armados estos circuitos se conectaran sus salidas al modulo de conversión analógico digital del micro controlador.

Conversión analógica digital.

En el mercado de la electrónica existen diferentes tipos de conversores ya que son muy utilizados para convertir señales tanto analógicas como digitales para luego procesarlas y darles el uso respectivo.

El conversor analógico digital incorporado en el micro controlador Microchip es muy preciso, de gran velocidad y relativamente fácil de utilizar. Otra ventaja de este modulo es que posee 13 canales que pueden ser analógicos o digitales dando mucha libertad para poder conectar los sensores con sus respectivos circuitos de interface.

El conversor tiene una resolución de 10 bits con lo que se tiene una amplia gama de conversión dando así 1023 datos para un voltaje de 0 a 5v.

Transmisión de datos.

Para la transmisión de datos de los sensores hacia la computadora, se ha visto que la comunicación serial con el estándar RS232 es el más idóneo para la aplicación ya que puede enviar y recibir datos, desde y hacia la pc contando con las siguientes características principales:

- Los cables utilizados pueden ser más largos que los utilizados para la comunicación paralela y se necesita una menor cantidad de cables.
- La transmisión serial es más inmune al ruido.
- La transmisión serial es ventajosa para la introducción de enlaces inalámbricos. La razón que lo justifica es que en transmisión serial los bits se transmiten de manera secuencial, por lo que solo se necesitaría un transmisor y un receptor inalámbrico.
- La mayoría de los microcontroladores basados en tecnologías modernas integran periféricos capaces de implementar de manera autónoma algunos protocolos seriales de comunicación, tales como: RS- 232, I2C, USB; etc.
- El protocolo es sencillo de utilizar y existe mucha información de su programación y uso.

En la aplicación correspondiente a la estación meteorológica se usara el estándar RS232 para enviar todos y cada uno de los datos desde la estación meteorológica hasta la estación de monitores en la cual estará presente la computadora.

Para facilitar la transmisión se propone utilizar dos transmisores-receptores inalámbricos con los cuales se puede transmitir a mayores distancias los datos, de una forma segura y eficaz, sin la presencia de cable alguno. Para esto sencillamente se coloca uno al lado de la estación y otro a lado de la pc para así comenzar el intercambio de datos.

CAPITULO 4

CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA DE CAPTACIÓN Y ESTACIÓN METEOROLÓGICA.

4.1. Construcción de la malla de captación de flujo nuboso

Una malla de captación es básicamente un condensador de agua presente en las corrientes nubosas que se encuentra a bajas temperaturas y en movimiento.

La construcción de esta malla se basa en el montaje de la estructura de soporte, la estructura de sostén y la malla.

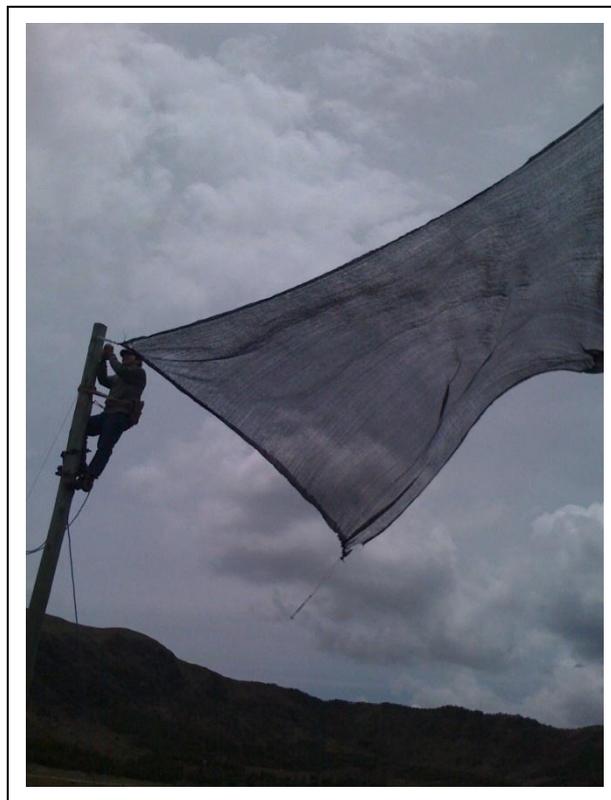


Figura #97: Montaje de la malla piloto.

4.1.1. Emplazamiento del montaje de la malla

Para la realización de este proyecto de tesis se busco un lugar que tenga una cantidad considerable de neblina con densidad y permanencia considerable; Siendo el Ecuador el país que posee la mayor cantidad de bosque nuboso del mundo existe muchos lugares idóneos para la condensación, de entre los lugares que se encuentran en la región del se nos permitió la utilización de un sector dentro del predio del Sr. Custodio Neira ubicado en el sector de Aguarongopata de la parroquia de Chorocopte del cantón Cañar.



Figura #98: Chorocopte parroquia del Cañar.

Este sector que se nos facilito se encuentra a tres mil ochocientos metros sobre el nivel del mar cerca a el reservorio de agua del municipio de Cañar es accesible, tiene red de servicio eléctrico bifásico de doscientos veinte voltios y monofásico de ciento diez voltios y goza de una densa neblina constante durante varias horas al día.



Figura #99: Levantamiento de los postes de soporte.

4.1.2. Construcción de la estructura de soporte

Para levantar una malla se requiere una estructura de soporte que permita soportar el peso de la malla, de su marco de alambres, los tensores y la presión de las corrientes de aire que es lo más preocupante debido a las experiencias en países vecinos donde se presentaron mallas arrancadas y postes caídos por la fuerza ofrecida por estas corrientes y gracias a estas experiencias tomamos sus consejos y concluimos que se requiere levantar dos postes de madera tratada de doce metros por su flexibilidad y costos pero estos postes se deben enterrar en un agujero de un metro sesenta de profundidad por un metro cuadrado de área cada uno, para lo que se preparo el terreno con abundante agua, una vez que se realizaron las excavaciones se ubicaron los postes en ellos y se los relleno con rocas y arena que se compacto para darle firmeza, luego se colocaron los cables tensores desde la parte superior de cada uno hasta una varilla de anclaje de acero inoxidable de un metro ochenta centímetros de

largo calvadas a cuatro metros del poste en dirección opuesta al otro poste que se tensaron hasta que el poste alcance un par de grados hacia el tensor.



Figura #100: Tensor del poste al piso en una varilla de anclaje.



Figura #101: Excavaciones para los postes de sostén.

4.1.3. Construcción del armazón de sostén

Una malla de colección de agua precisa estar tensa y estirada en todas la direcciones debido a que su efecto sobre la corriente de flujo nuboso es físico, para lograr esta tensión en la malla se colocó un cable de acero galvanizado de un octavo de pulgada en cada uno de los lados de la malla realizando varios dobleces para que esta no se desgarre de tal manera que en las esquinas terminaron dos puntas de los cables de los lados, estas puntas se sujetaron en un tensor mecánico con un grillete para evitar que se deslice o pierda tensión.



Figura # 102: Tensor mecánico superior.



Figura #103: Tensores mecánicos de la parte inferior.

Estos tensores se aferraron al poste con un cáncamo cerrado de dos pulgadas que se atornillaron en la parte superior de cada poste y cuatro metro debajo de estos.



Figura #104: Montaje de la malla en los postes.

4.1.4. Montaje de la malla

Luego de haber tejido los alambres de sostén en la malla se colocaron los tensores en los cáncamos con los tensores abiertos para posteriormente irlos ajustando de manera paralela consiguiendo una tensión uniforme, cuando se tenso la malla los postes recuperaron el par de grados que se les dejó en el montaje.



Figura #105: Tensionado de la malla.

4.1.5. Canal de recolección.

Cuando la malla condense la humedad de las corrientes nubosas empezara a caer gotas de agua, para poder almacenar el agua condensada se colocó una canal que consiste en dividir un tubo de PVC de cuatro pulgadas a lo largo, hacerle unas perforaciones en el canto y sujetarlo en el alambre de acero de la parte inferior de la malla, dejando una inclinación para que el agua baje por gravedad hacia un tanque de almacenamiento.



Figura #106: Montaje de la canal de recolección.



Figura #107: Canal de recolección sujeta a la malla.

4.1.6. Tanque de almacenamiento

Una vez consensada el agua se debe almacenar para su potabilización y distribución, para esta necesidad se escogió un tanque plástico de cincuenta y cinco galones, este tanque se colocó sobre una estructura para tenerlo cerca de la canal de recolección y se lo aseguró a uno de los postes para evitar que se vuelque por el peso.



Figura #108: Desfogue en el tanque de almacenamiento y estructura de soporte del tanque.

Este depósito necesita un desfogue y se lo instalo con un sistema similar al de un inodoro con un tapón de goma y una bolla para accionarlo cuando llegue a un límite de altura



Figura #109: Construcción de la estructura de soporte del tanque.

4.2. Construcción de la estación meteorológica.

La estación meteorológica es un sistema encargado de medir las variantes climáticas de una determinada zona con la utilización de sensores que puedan medir cambios en el entorno.

Para la construcción de la estación meteorológica es necesario dividir este sistema en dos partes principales que son:

- Sensores y circuitos de interface.
- Lectura de datos suministrados por los sensores y transmisión de datos a la PC.

4.2.1. Sensores y circuitos de interface

Los sensores de una estación meteorológica son los elementos más importantes y dependen de la variable climática que se desee medir o analizar ya que en el mercado existen muchos sensores para todas las necesidades.

Las variables climáticas que se medirán en la zona son:

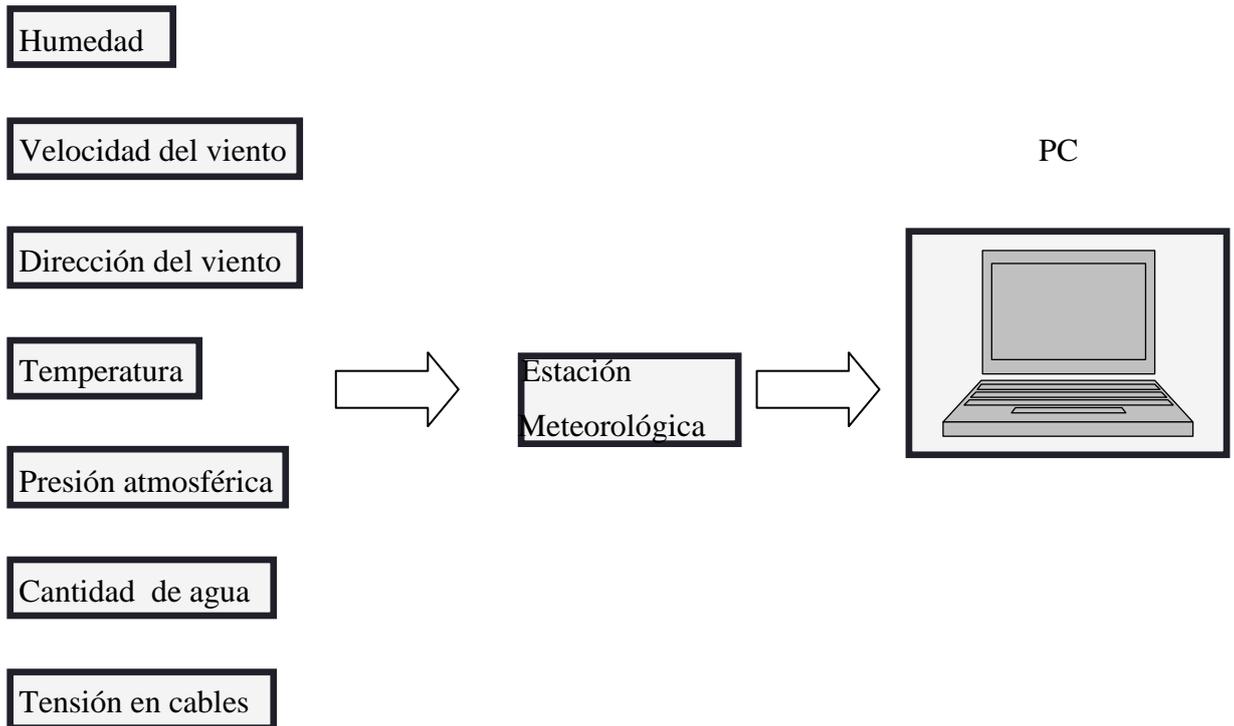
- Humedad
- Velocidad de viento
- Dirección de viento
- Temperatura
- Presión Atmosférica

Además la estación también dispondrá de sensores para medir:

- Cantidad de agua recolectada por la malla.
- Tensión en cables de sujeción de postes que sostienen la malla.

El conjunto de todos estos sensores y sus respectivos circuitos de interface forman parte importante en la estación por lo que permiten medir los cambios climáticos que se presenten en la zona.

SENSORES



4.2.1.1. Construcción del sensor de humedad.

El sensor de humedad da la idea de cuánto vapor de agua o agua existe en un ambiente sea este cerrado o abierto y esta medida se la representa en porcentaje ya que el sensor medirá la humedad relativa.

La humedad relativa es una medida muy utilizada y gracias a esta se puede saber si el día está soleado o lluvioso dando así medidas del 0% en un ambiente completamente seco como el desierto y medidas del 100% en un ambiente completamente mojado, húmedo o muy lluvioso.

El sensor de humedad es fácil de encontrar ya que existen en el mercado diferentes tipos tanto resistivos, capacitivos, inductivos, etc.

El sensor de humedad usado para la estación meteorológica es de tipo resistivo y en el mercado se conoce como: "Sensor de humedad HDP-07SC".

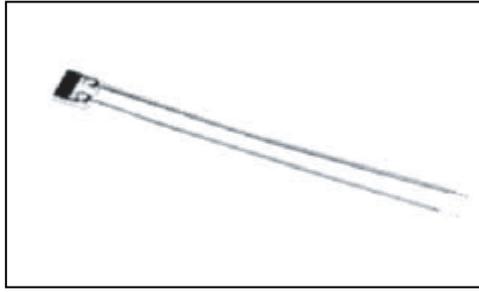


Figura #110: Forma física del sensor de humedad.

Fuente: ALLDATASHEET. 2003. Datasheet del sensor HDP-07SC. Disponible en:

<http://www.alldatasheet.com/>

El sensor es fácil de montar ya que siendo de tipo resistivo se lo puede acoplar a un partidor de tensión como su circuito de interface, con esto se transforma el sensor de tipo resistivo en un transductor de voltaje facilitando la conexión al sistema de lectura de datos suministrados por los sensores.

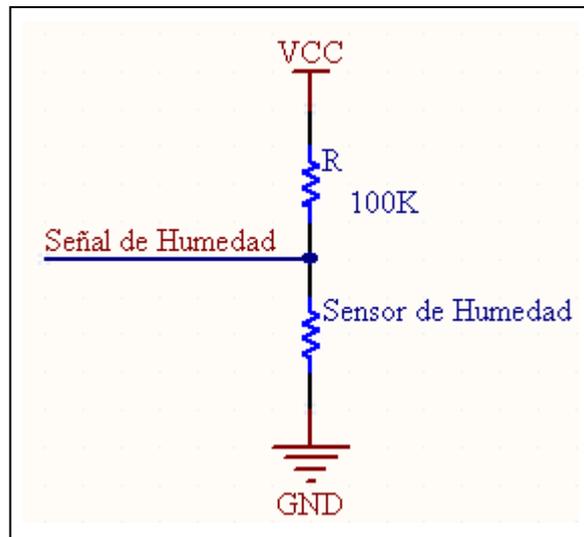


Figura #111: Circuito de interface del sensor de humedad

4.2.1.2. Construcción del sensor de velocidad de viento.

El sensor de velocidad de viento proporciona información acerca de que tan rápido es el viento, su máxima velocidad, su mínima velocidad y su frecuencia de determinados vientos.

El Sensor de velocidad de viento se le conoce también como anemómetro, su construcción es sencilla para lo cual se necesita:

- Un ventilador de computadora
- Un tronco de plástico de aproximadamente 7cm
- Una lamina de de policarbonato plástico.
- Copas de plástico 4 por cada sensor.
- Masilla Epóxica

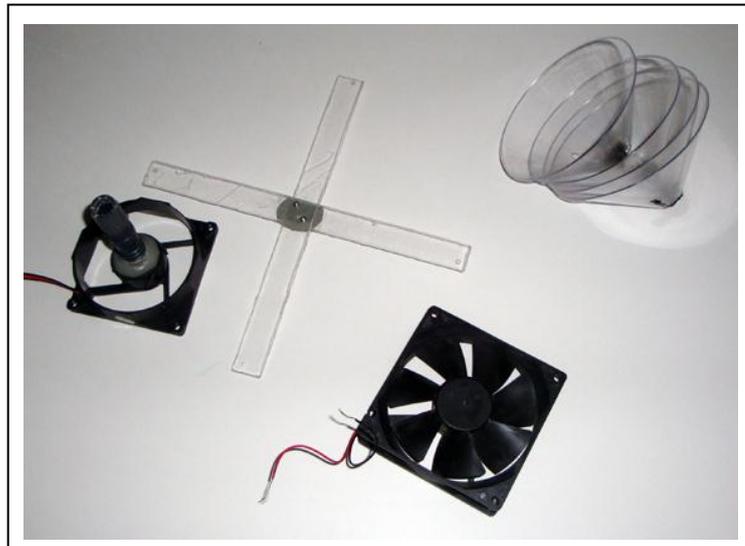


Figura #112: Componentes de un sensor de velocidad de viento.

A continuación se describirá como realizar el sensor de velocidad de viento.

1. Para comenzar la construcción del sensor se debe asegurar que el ventilador genere voltaje al hacerlo girar ya que algunos de estos no generan voltaje alguno al girarlo.

2. Cuando se tenga el ventilador se procede a cortar todas las aspas de viento y se procede a cortar la lamina en 2 pedazos de 2cm por 23cm i unirlos formando una cruz ya que esta nos servirá para colocar en cada lado las copas debidamente cortadas.
3. En el ventilador se debe pegar el tronco de plástico de modo que esté debidamente centrado y sujetado, se recomienda pegarlo con masilla epoxica y a continuación dejar secar por dos horas como mínimo.
4. Luego pegar la cruz de plástico construida anteriormente en la superficie superior del tronco de plástico con la misma masilla y dejar secar.
5. En cada lado de la cruz de plástico colocar de una forma segura las copas de modo que quede como el anemómetro indicado en la siguiente figura.



Figura #113: Vista física del Anemómetro

El anemómetro construido es sensible a la mayoría de vientos presentes en la región esto quiere decir que capta vientos desde los 15Km/h asta 80Km/h generando en el rango de los mili voltios.



Figura #114: Montaje de los sensores en uno de los postes.

Para que el sensor funcione correctamente es necesario conectarle a un circuito de interface para amplificar esta señal y que este en la escala correcta para ser ingresada esta señal al sistema de lectura de datos suministrados por los sensores.

El circuito de interface es un amplificador o inversor de ganancia variable.

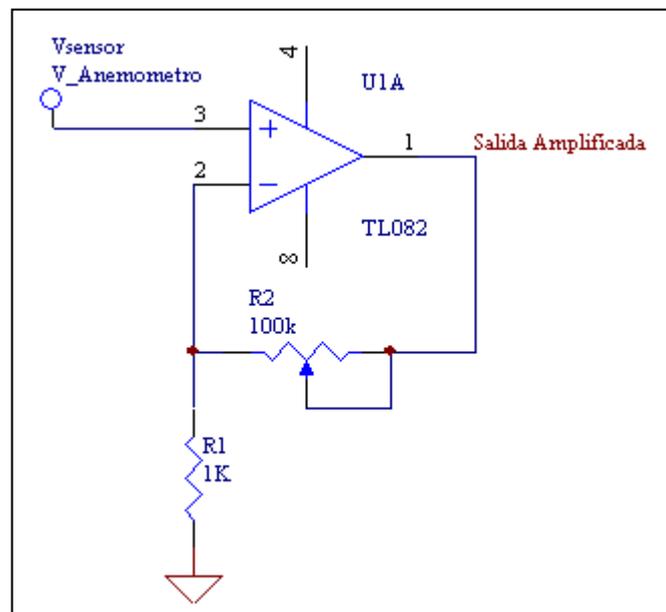


Figura #115: Circuito de interface para el Anemómetro

4.2.1.3. Construcción del sensor de dirección de viento.

El sensor de dirección de viento señala la orientación en la cual está el viento y para ello se debe tener en cuenta que el viento puede ir en cualquier dirección de los puntos cardinales ya que el viento nunca se comporta de un misma manera, siempre va a tener una dirección distinta.

Para la construcción del sensor de dirección de viento se necesita:

- Un tubo de plástico de 3 o 4 pulgadas y 24cm de longitud.
- Un anillo de plástico
- Cobre laminado.
- Una varilla de metal conductor de 30 a 35cm de longitud.
- Resistencias de 220 Ω .



Figura #116: Construcción del sensor de dirección de viento.

A continuación se describirá como realizar el sensor de velocidad de viento.

1. Se procede a cortar la lámina de cobre en 8 pedazos iguales y pegarlos alrededor del anillo en la parte superior.
2. Proceder a soldar un par de cables en dos láminas de cobre seguidas.

3. Soldar con estaño las resistencias entre cada una de los pedazos de cobre que sobran
4. Pegar el anillo de cobre con las resistencias y el par de cables en el interior del tubo de plástico de 3 o 4 pulgadas teniendo en cuenta que el par de cables deben salir al exterior del tubo.
5. Sujetar el tubo con el anillo a una base firme de plástico o metal.
6. Colocar la varilla de metal conductor en la mitad del anillo de modo q esta pueda girar (se recomiendan rodillos).
7. Colocar una pequeña lata sujeta a la varilla entre en anillo y la varilla de modo que esta valla tocando cada una de las láminas de cobre presentes en el anillo al realizar el giro de la varilla.
8. Soldar un cable en el rodillo inferior que sujeta a la varilla.
9. Colocar un veleta en la parte superior de la varilla del sensor para que de esta forma gire cuando el viento cambie de dirección.



Figura #117: Montaje del sensor de dirección de viento.

El sensor de dirección no necesita circuito de interface ya que en su interior por construcción posee 7 partidores de tensión los cuales generaran un diferente voltaje en cada dirección de los puntos cardinales.

4.2.1.4. Construcción del sensor temperatura.

El sensor de temperatura indica que tan caliente esta la zona en un determinado tiempo, su unidad de medida es el Celsius pero existen otras unidades en Europa y América del norte.

La temperatura es una medida fácil de censar puesto que en el mercado existe diferentes sensores con variedad de escalas y de mucha exactitud.

Para la medida de la temperatura en la estación meteorológica se usara el sensor de temperatura de grados Celsius denominado LM35 ya que es un sensor muy utilizado y ofrece una buena exactitud siendo el más conveniente para este fin.

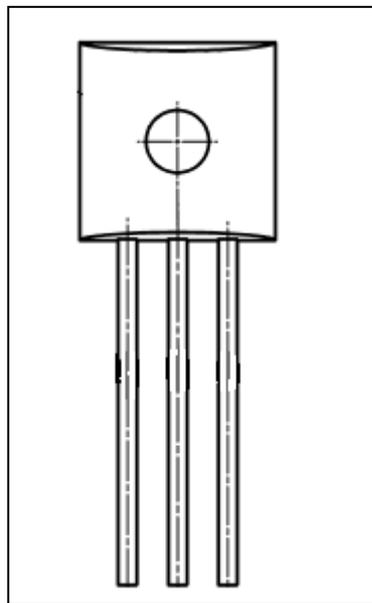


Figura #118: Sensor de temperatura LM35.

Fuente: ALLDATASHEET. 2003. Datasheet del sensor LM35. Disponible en:

<http://www.alldatasheet.com/>

La sensibilidad del sensor es de 10mv por cada grado centígrado por lo que se requiere un circuito de interface capaz de amplificar la medida en el rango correcto de 0 a 5 voltios para así introducir esa señal al sistema de lectura de datos suministrados por los sensores.

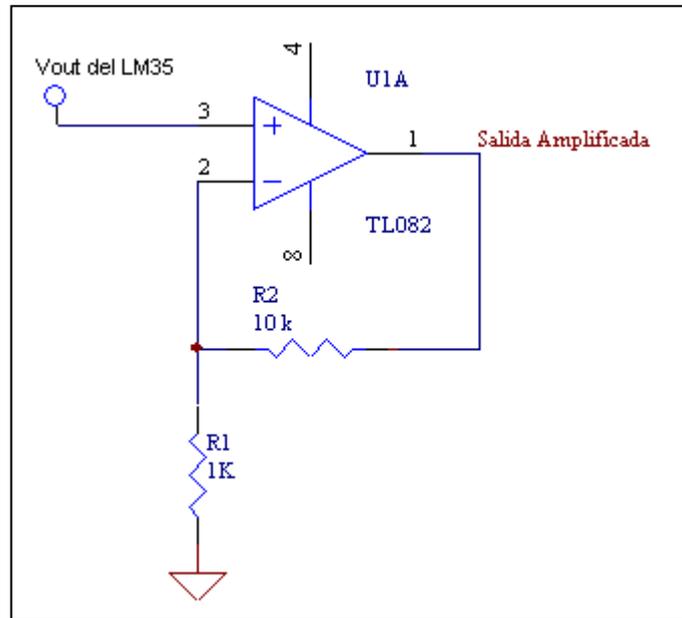


Figura #119: Circuito de interface para el sensor de temperatura

4.2.1.5. Construcción del sensor de presión atmosférica

El sensor de presión atmosférica es un sensor que no es muy común encontrar, este proporciona información sobre los cambios de presión atmosférica en el ambiente y posee una amplia medida de presión que puede ir desde los 15kPa hasta los 115kPa.

El sensor se lo encuentra en diferentes encapsulados y tiene la característica de ser un sensor integrado de silicón con un compensador de temperatura y puede servir para realizar altímetros o barómetros.

El medidor de presión atmosférica lo encuentra en el mercado con la denominación “MPX4115” y su fabricante es Motorola.

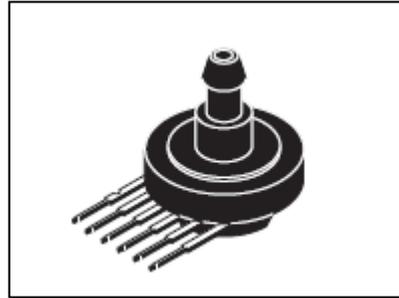


Figura #120: Sensor de presión atmosférica.

Fuente: ALLDATASHEET. 2003. Datasheet del sensor MPX4115. Disponible en:
<http://www.alldatasheet.com/>

Es un transductor de voltaje esto quiere decir que la subida de presión es directamente proporcional al voltaje generado por el sensor de esta forma nos permite de una forma casi directa conectarlo al sistema de lectura de datos suministrados por los sensores.

Para que el sensor funcione correctamente se requiere realizar un sencillo circuito de interface antes de captar su señal para ello se dispone del esquema de la siguiente figura.

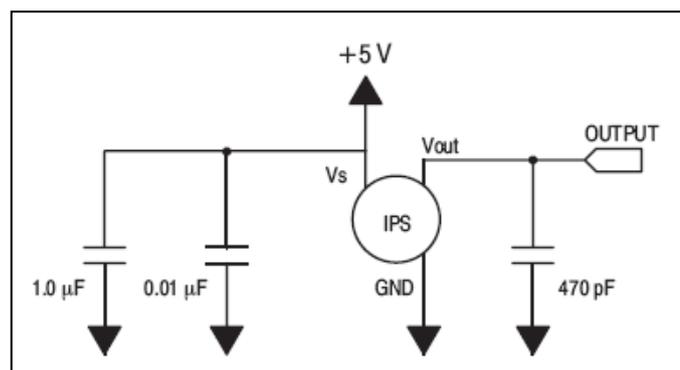


Figura #121: Primer circuito de interface para el sensor de presión atmosférica

Fuente: ALLDATASHEET. 2003. Datasheet del sensor MPX4115. Disponible en:
<http://www.alldatasheet.com/>

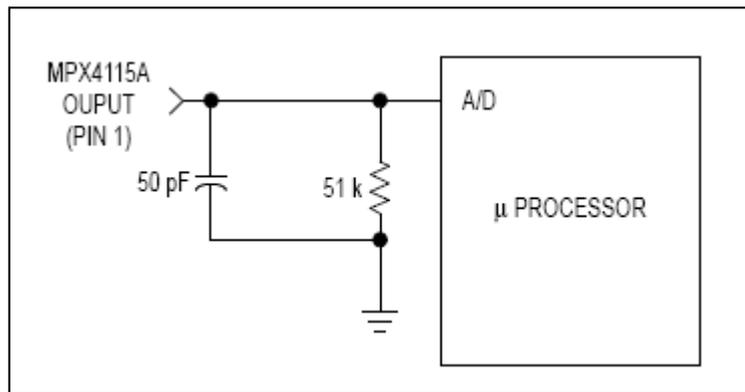


Figura #122: Segundo circuito de interface para el sensor de presión atmosférica

Fuente: ALLDATASHEET. 2003. Datasheet del sensor MPX4115. Disponible en:

<http://www.alldatasheet.com/>

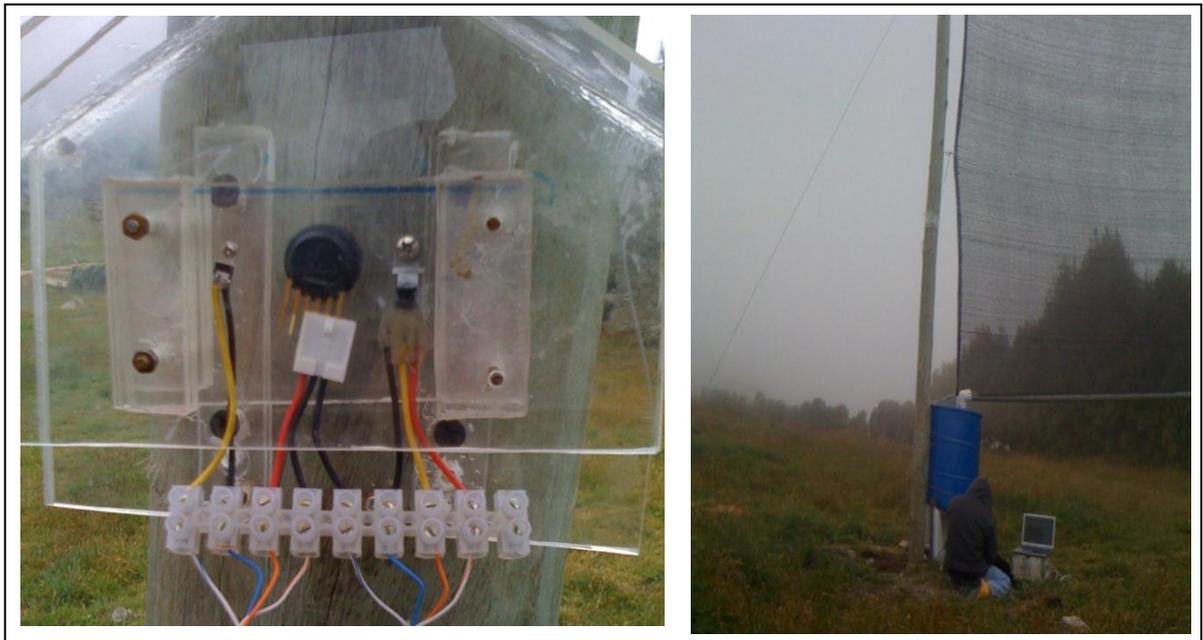


Figura #123: Montaje de los sensores de presión, temperatura y humedad.

4.2.1.6. Construcción del sensor de cantidad de agua

Para medir el nivel de agua presente en el tanque se emplea un sensor mecánico de bolla permitiendo que esta suba junto con el nivel y su resistencia varié en forma proporcional.

El sensor de cantidad de agua permite saber en cuanto tiempo el tanque se llena de manera que se puede tabular y estimar cuantos galones se recogen en el día, semana o mes para que esta información sea llevada al sistema de lectura de datos suministrados por los sensores.

Para que el sensor funcione de una forma correcta se debe instalarlo en el interior del tanque en la parte superior y permitiendo que la bolla suba y baje sin problema ya que de lo contrario el sensor proporcionara datos erróneos.

Los resultados dados por el sensor son de tipo resistivo esto quiere decir que cuando sube el nivel del agua sube la resistencia del sensor y viceversa, esto hace que el sensor sea muy utilizado en el campo industrial y automotriz en cuanto a medida de nivel se refiere.

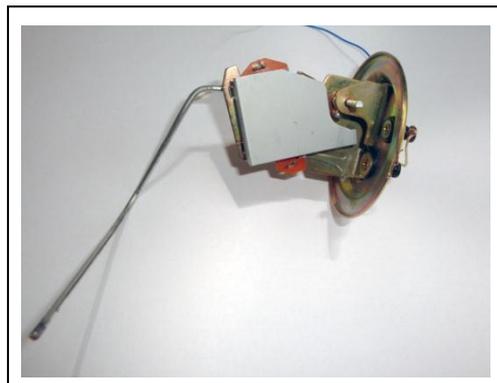


Figura #124: Sensor de nivel.

El sensor de nivel al ser de tipo resistivo se debe conectar a un circuito de interface para transformar el sensor en un transductor de voltaje y así poder llevar la señal al lector de datos de sensores.

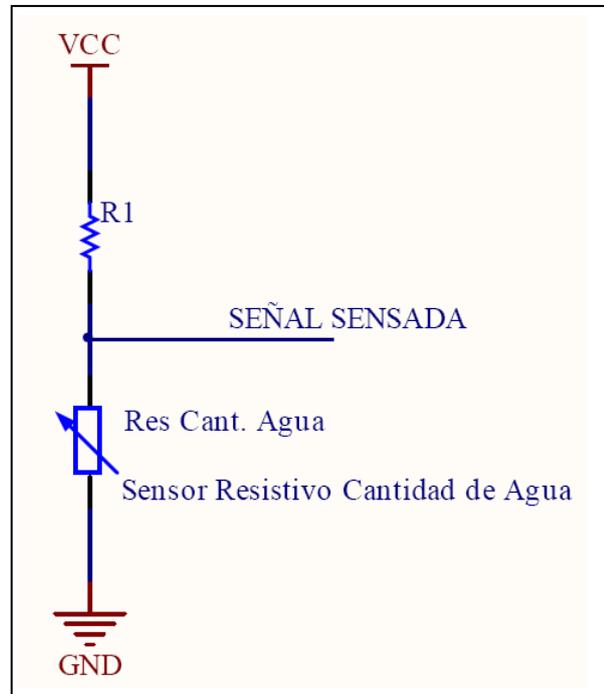


Figura #125: Circuito de interface para el sensor de cantidad de agua.

4.2.1.7. Construcción del sensor de tensión en cables

El sensor de tensión se lo monta con el propósito de saber cuenta fuerza ejercen los postes cuando chocan con la malla vientos fuertes existentes en el lugar y poder decidir con esta información si la malla no se ha precipitado al piso.

La construcción del sensor de presión ejercida por los postes se realiza de una forma rápida y muy practica buscando que sea preciso y económico.

Para la elaboración de este sensor se requieren de los siguientes materiales:

- Un potenciómetro lineal de 50k Ω largo.
- Una balanza alemana de cimbra.
- 2 botellas de plástico.
- Cable de acero.



Figura #126: Materiales del sensor de tensión.

Para la construcción del sensor e tensión se procede de la siguiente manera:

1. Se procede a sujetar el potenciómetro lineal a la balanza de modo que la señal de la medida de esta se mueva conjuntamente con la señal para de esta manera se muevan conjuntamente.
2. Unas ves bien unidas el potenciómetro lineal con la balanza se procede a sujetar a la balanza los 2 extremos el cable de acero que se va usar.
3. Para proteger del agua lluvia al sensor se procede a poner el sensor entre las dos botellas contadas en la base y unirlas para de esta forma garantizar la permeabilidad del sensor.

Para el correcto funcionamiento del sensor se debe sujetarlo en un extremo del alambre de acero al poste y el otro extremo a la varilla anclada en el suelo de esta forma proporcione la medida correcta de la presión que está ejerciendo el poste bien sea por vientos o demás factores.



Figura #127: Montaje del sensor de tensión en cables.

Este tipo de sensor será de tipo resistivo al estar trabajando directamente con la resistencia lineal por lo que se deberá construir un circuito de interface para transformar esa señal resistiva en una señal de voltaje.

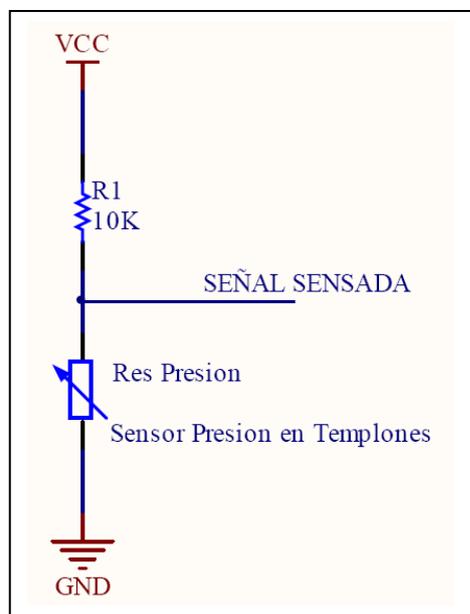


Figura #128: Circuito de interface del sensor de tensión.

4.2.2. Lectura de datos de los sensores y transmisión a la pc

Los sensores empleados en la estación meteorológica para medir los cambios climáticos darán como resultado valores de voltaje de acuerdo a la variable a medir, esto quiere decir que sus datos serán proporcionales a los cambios dados en el entorno. Para realizar la lectura de estos datos se realizara un circuito capaz de entender los diferentes voltajes entregados por los sensores y saber interpretar a que sensor pertenece cada uno.

El circuito que se realizara para la lectura de los sensores contendrá básicamente:

- Conversor analógico-digital integrado en el Microcontrolador 18F4550.
- Circuito de envío de datos a la PC por el puerto RS232.
- Circuitos de alimentación.

La parte principal corresponderá al microcontrolador el cual será en encargado de leer los diferentes voltajes de los sensores, diferenciarlos y convertirlos en valores digitales para así poder transmitir estos a la PC.

Los principales datos a tomar en cuenta al programar el Microcontrolador son:

- Tener presente que el conversor el de 10 bits.
- Programar como entradas los puertos analógicos a utilizar.
- Inicializar y configurar el conversor A/D
- Inicializar y configurar del modulo EUART (Para mandar a la PC)
- Mandar un símbolo de inicio y fin entre cada envío.
- Selección de canales mediante el modulo ADCON.
- Recoger resultado de conversión en el modulo ADRESH y ADRESL.
- Realizar demoras para los diferentes procesos.
- Realizar una tabla para convertir los datos en hexadecimal.

Una vez programado el microcontrolador se procede a realizar la placa de tal manera que tenga todo lo necesario para que funciones correctamente tanto el microcontrolador como el circuito de envío de datos a la PC.

El circuito debe cuidar cierto orden es decir separar las diferentes partes del circuito como son circuitos de interface, circuito del microcontrolador y circuito de envío de datos por el protocolo RS232 para así garantizar un buen funcionamiento y posicionado en lo que respecta a la tarjeta electrónica.

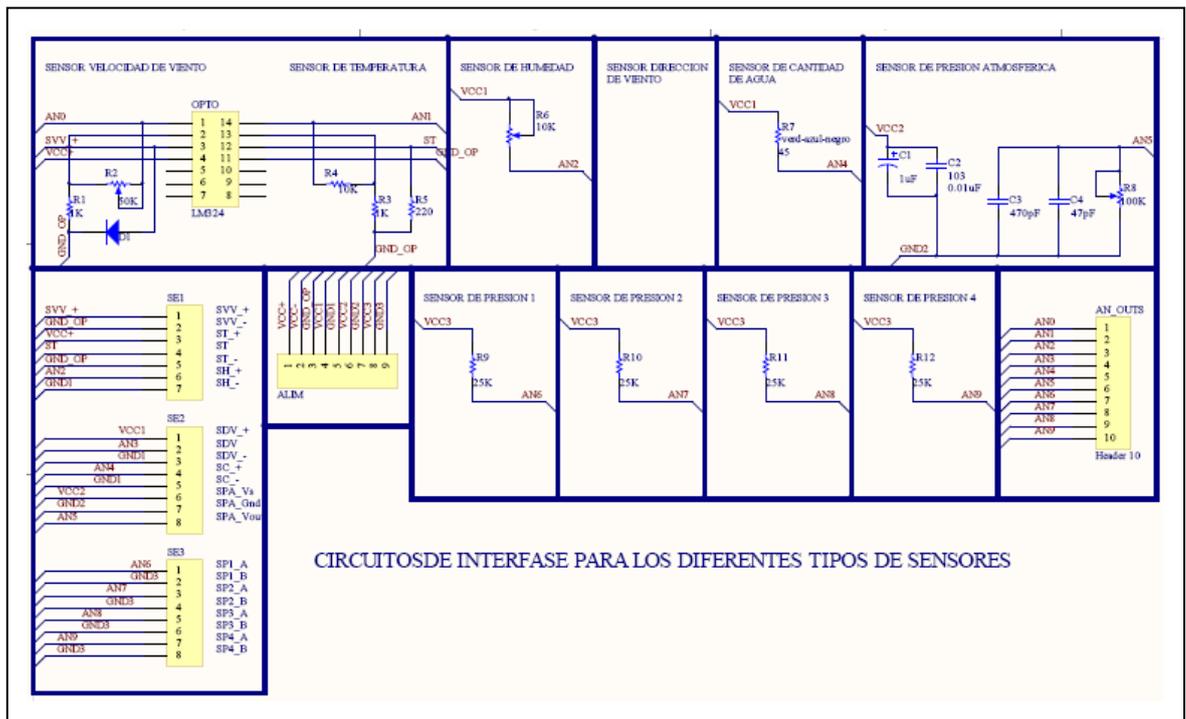


Figura #129: Circuito esquemático de circuitos de interface

En la figura se puede observar el circuito esquemático de cada uno de los circuitos de interface utilizados para cada sensor entre los cuales tenemos al sensor de temperatura, humedad, presión, velocidad, dirección, alimentados por fuentes de 5 voltios de DC y la presencia de borneras para hacer fácil el ingreso y salida de la información proporcionada por los sensores.

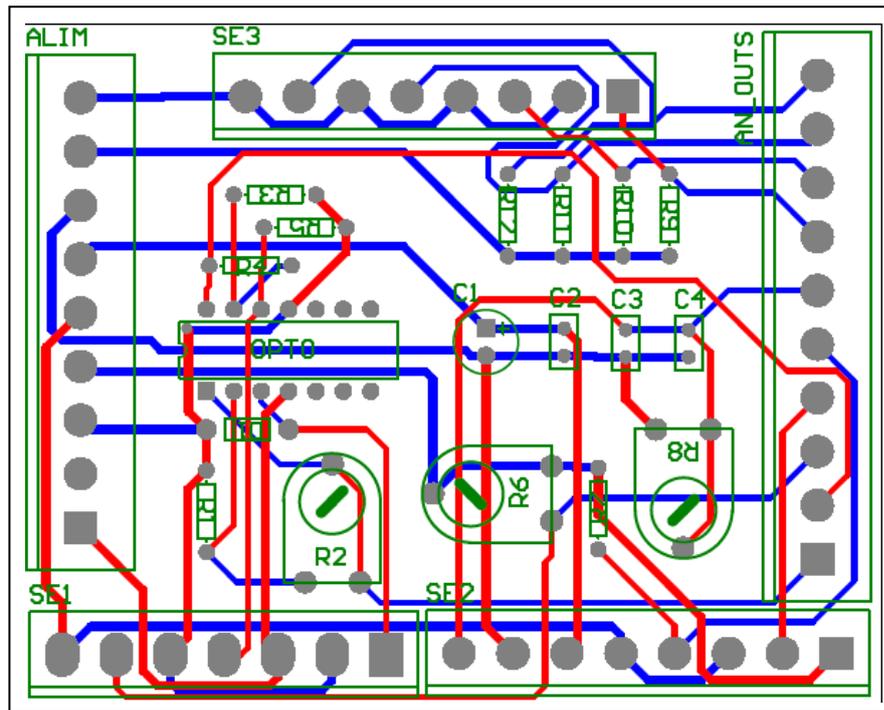


Figura #130: PCB de los circuitos de interface

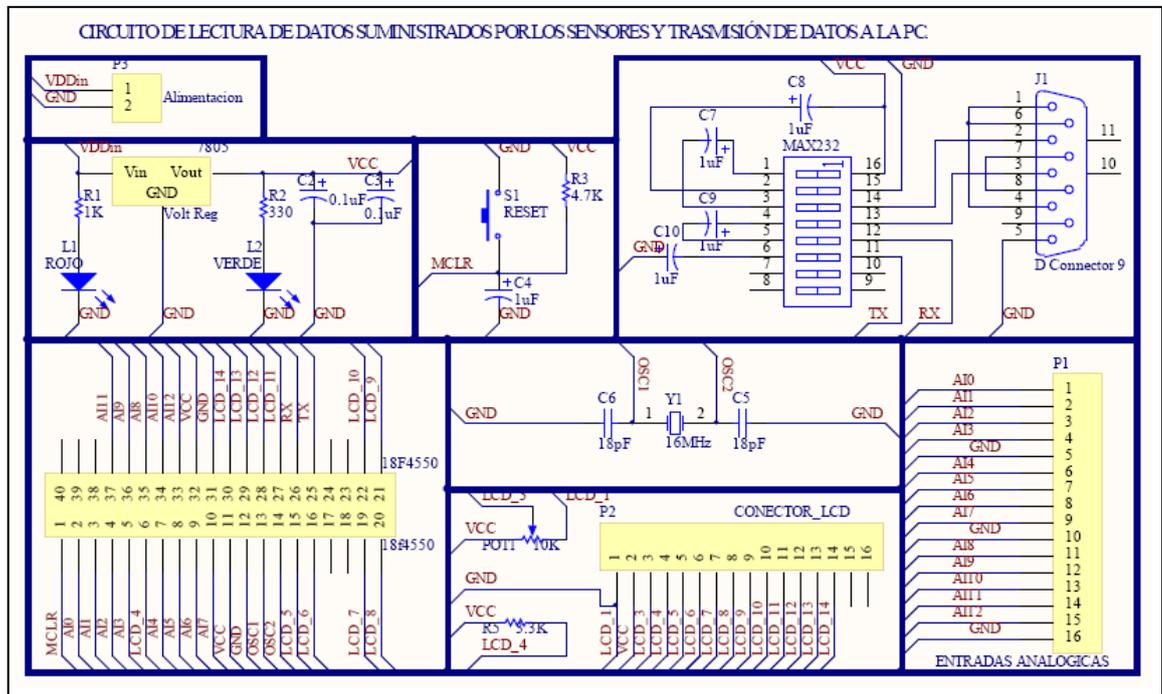


Figura #131: Circuito esquemático de recolección y envío de datos

En la figura se muestra el circuito esquemático para la recolección de datos de los sensores y envío de datos a la PC conformada principalmente por el microcontrolador 18F4550, la fuente, el circuito para la transmisión de datos a la PC por el protocolo RS232 y borneras para hacer más fácil la conectividad.

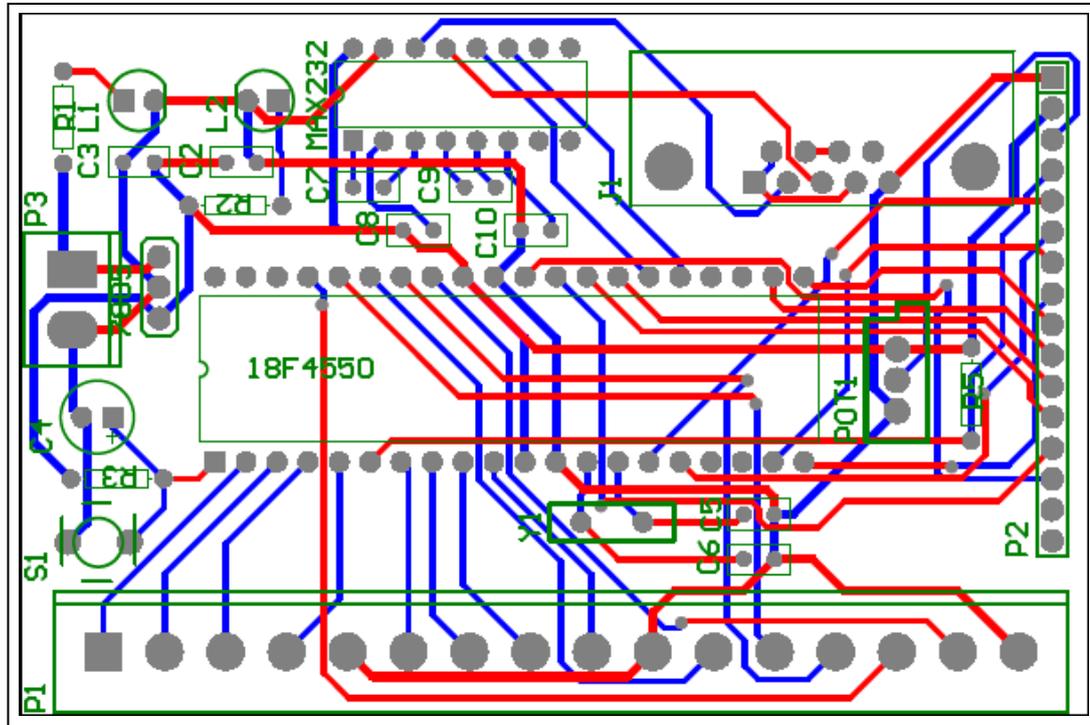


Figura # 132: PCB del circuito de adquisición y mando de datos.

4.3. Diseño y programación del software

4.3.1. Diseño

Una vez que se á conseguido recolectar la información de los sensores y la podemos ordenar en una sucesión de números hexadecimales podemos transmitirlos desde la estación meteorológica hasta un punto de almacenamiento situado a trescientos metros de la estación meteorológica, dado el tipo información decidimos utilizar la transmisión serial y por la distancia optamos por adquirir un transmisor y un receptor serial inalámbrico de ochocientos metros de alcance con línea de vista.

Teniendo la información en el puerto serial del ordenador es necesario demultiplexar la trama de datos para luego transformar cada dato a una unidad acorde a la medición a la que se asocia.

Es necesario almacenar la información de cada adquisición de datos, y debe ser automático por lo que teniendo los datos en una unidad adecuada se almacenara en una base de datos plana, ordenando los datos e incluyendo la fecha y la hora de la adquisición.

4.3.2. Programación

Los datos adquiridos se pasan por un filtro para eliminar los datos erróneos o ruido en la adquisición, para luego transformar los valores resistivos o voltaicos a un valor en una unidad relacionado a la medición a la que se asocia

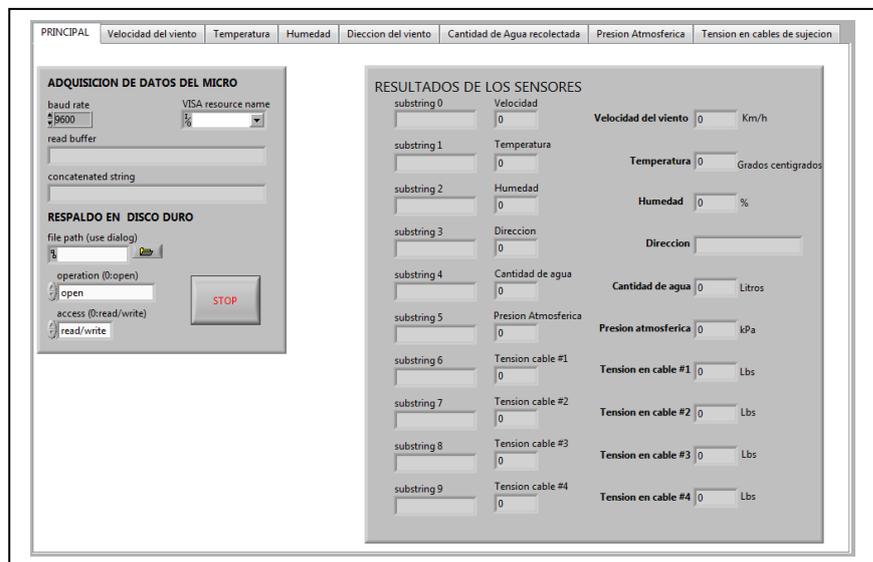


Figura #133: Adquisición de datos.

Cada dato de la estación meteorológica se visualizo a un cuadro de estadísticas y un visualizador de datos instantáneos de:

- Velocidad de viento



Figura #134: Visualización de del histórico de la velocidad de viento.

- Temperatura

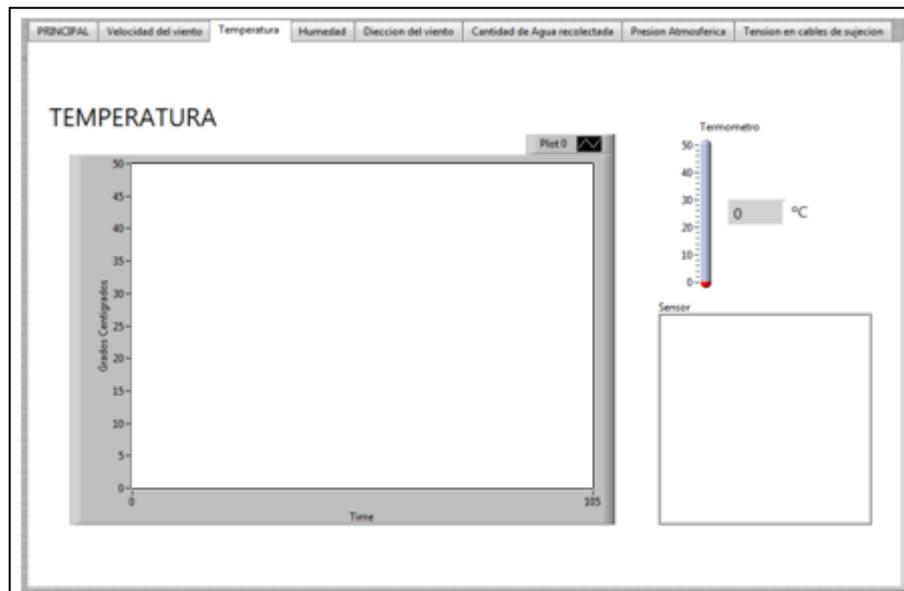


Figura #135: Visualización de del histórico de la temperatura.

- Humedad

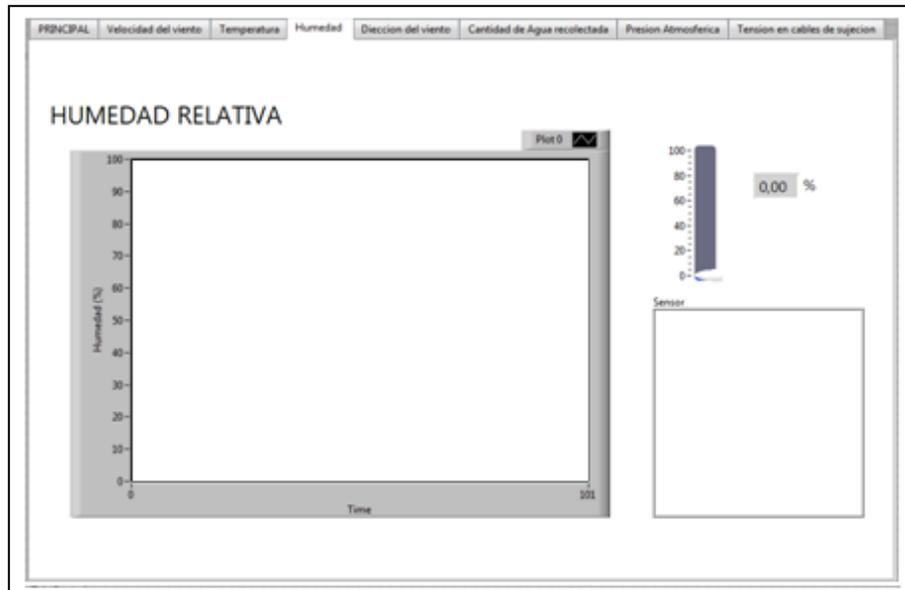


Figura #136: Visualización de del histórico de la humedad.

- Dirección de viento

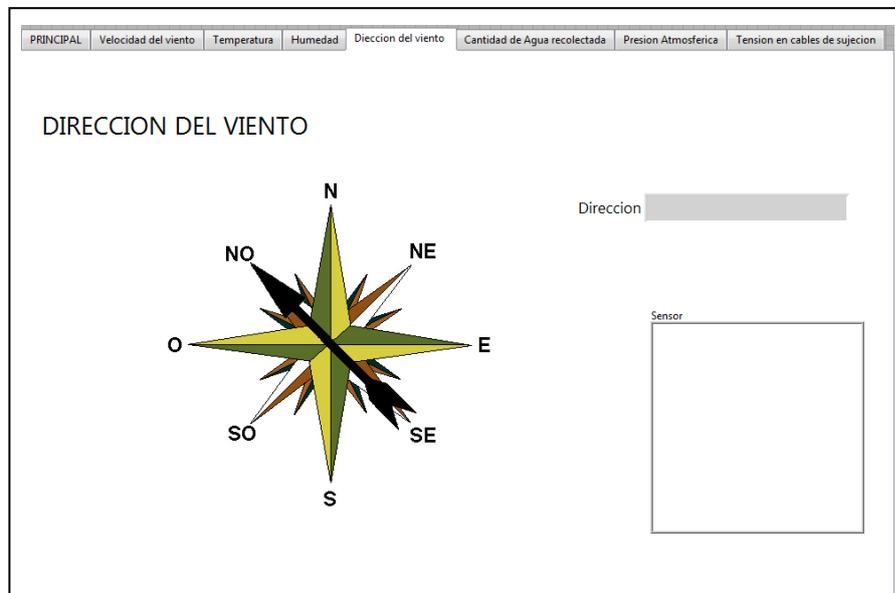


Figura #137: Visualización de del histórico de la dirección de viento.

- Cantidad de agua

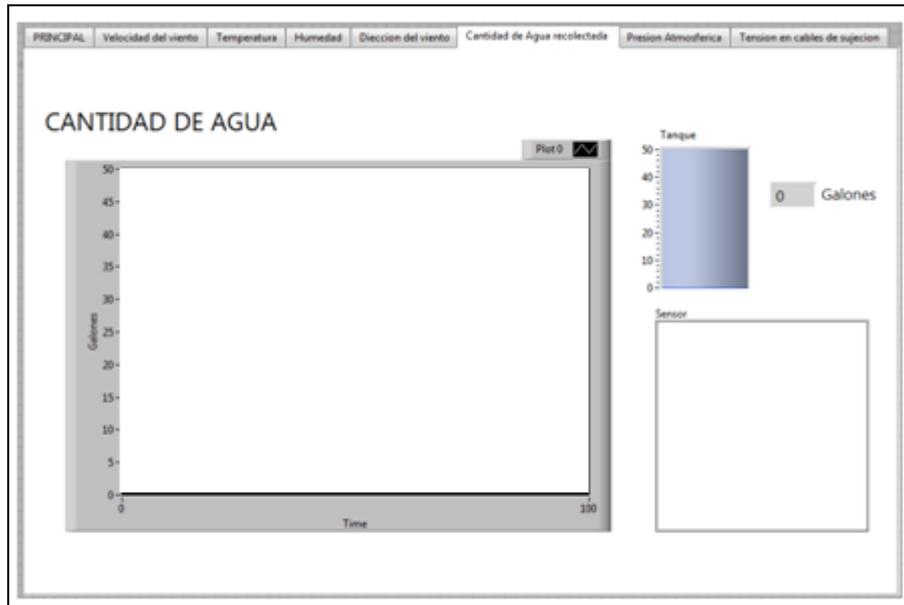


Figura #138: Visualización de del histórico de la cantidad de agua.

- Presión atmosférica

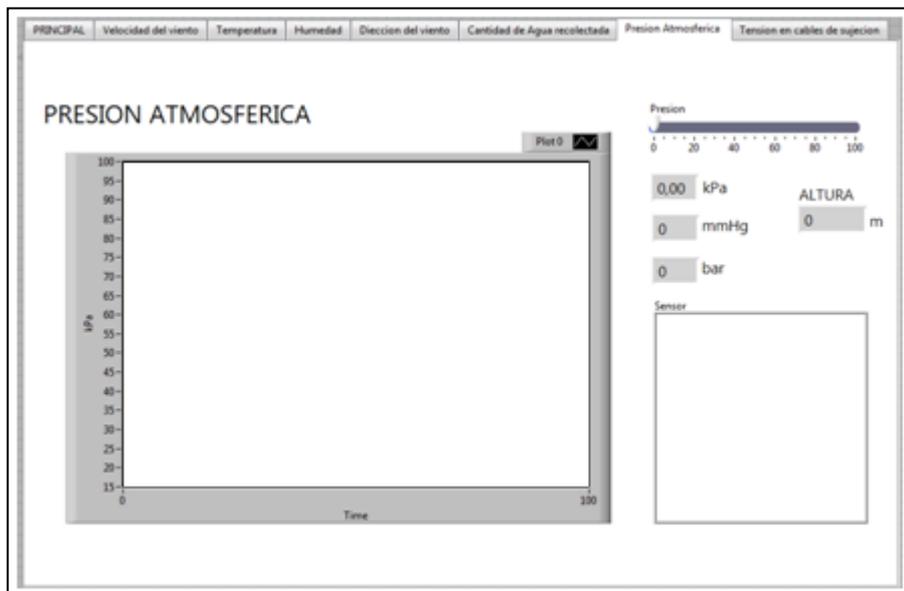


Figura #139: Visualización de del histórico de la presión atmosférica.

- Tensión en cables de sujeción

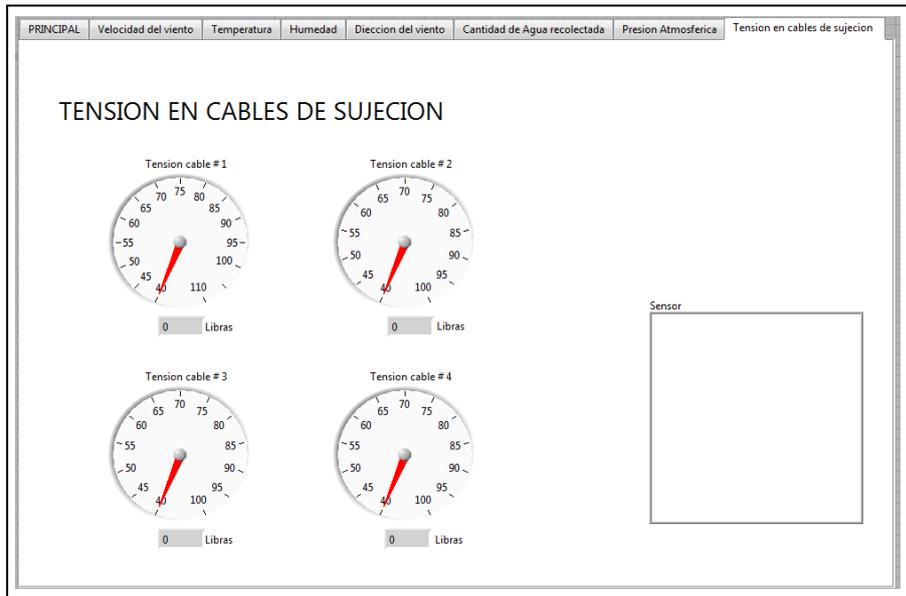


Figura #140: Visualización de del histórico de la tensión en los cables.

CAPITULO 5

RECOLECCIÓN DE DATOS DURANTE LAS PRUEBAS FUNCIONALES.

5.1 Introducción

En la última parte de este proyecto se presenta la recolección de datos adquiridos por la estación meteorológica durante un periodo de 5 meses en los cuales de forma consecutiva y con pocos disturbios se recogió datos cada hora de las variables a medir de la estación.

Para el fácil almacenamiento de datos se vio la necesidad de incorporar una computadora capaz de recoger datos los 7 días de la semana, las 24 horas del día para de esta forma grabar los datos en disco duro y tener un respaldo.

5.2 Datos recogidos.

La estación climatológica construida dio como resultado muchos datos de diferente tipo como: Velocidad del viento, Temperatura, Humedad, Dirección del viento, Cantidad de agua recolectada, Presión atmosférica, tensión en cables de acero, hora y fecha.

Es importante acotar que cada dato estuvo acompañado de la hora y fecha de ese momento para tener un mayor control del acontecimiento. La fecha y hora fue proporcionada por la PC en el instante preciso del almacenamiento del resultado.

Los datos grabados en la PC poseen un rango de error, ya que a veces los resultados se transmitían con ruido por lo que el dato se perdía en ese momento pero segundos más tarde se grababa otro.

En los meses de Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero se recogieron 28656 datos los cuales fueron tabulados y ordenados por la PC para tener una mejor apreciación de los acontecimientos marcados en esos meses.

5.2.1 Velocidad del viento.

En la información almacenada se puede apreciar que la velocidad del viento es muy variante por lo que no es preciso afirmar que parte del día o que mes tiene más o menos vientos.

A continuación se presenta una grafica de las velocidades del viento en un día.

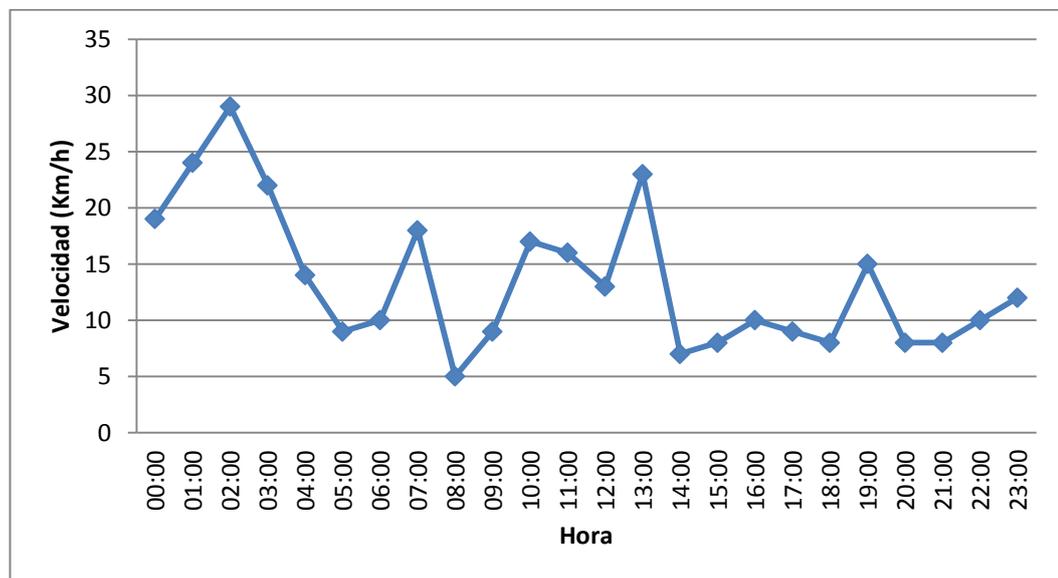


Figura # 141: Grafica de velocidades del viento en un día.

5.2.2 Temperatura.

Los datos adquiridos muestran que la temperatura es similar de un día a otro elevándose hasta un máximo de 20°C en las mañanas y disminuyendo hasta un mínimo de 0°C en las noches y madrugadas.

A continuación se presenta una grafica de las temperaturas dadas en un día.

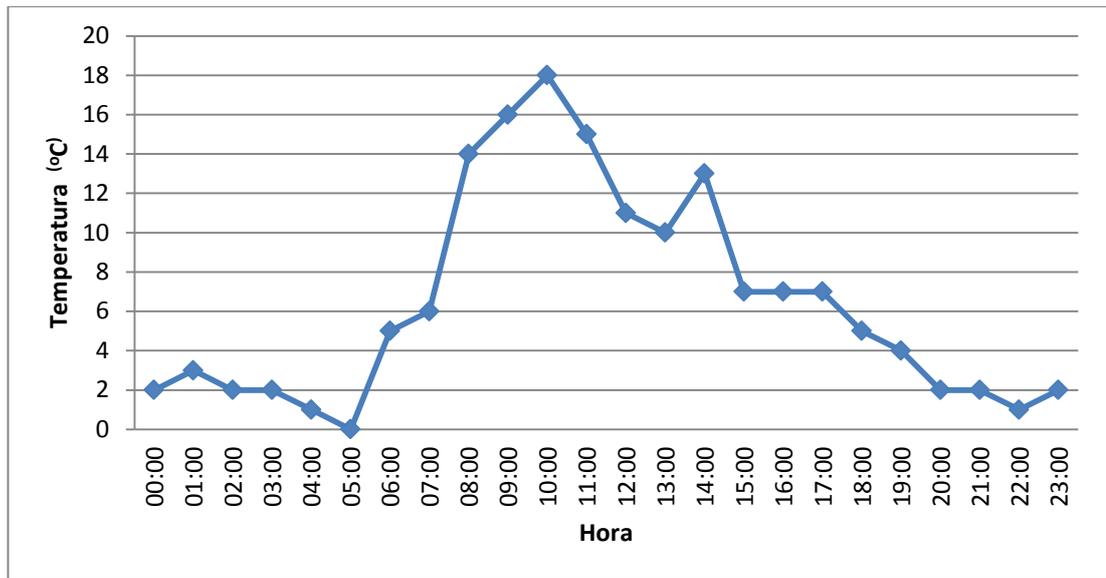


Figura #142: Grafica de temperaturas de un día.

5.2.3 Humedad

La zona del cañar presenta una humedad alta debido a la presencia de neblina y paramo por lo que los datos dan como resultado humedades alrededor del 96% de humedad relativa.

A continuación se muestra una grafica con las humedades captadas en un día.

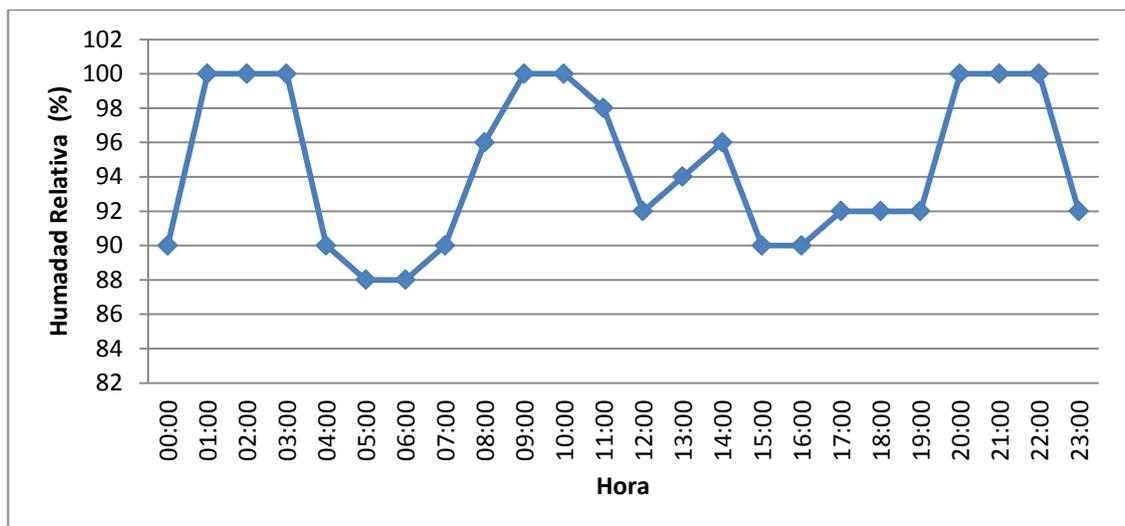


Figura #143: Grafica de la humedad presente en un día.

5.2.4 Dirección del viento

El viento existente en la zona no apunta en una dirección concreta cada momento cambia de sentido por lo que no se puede decir con certeza para donde va el viento.

A continuación se presenta una tabla de las direcciones del viento.

00:00	Norte - Sur
01:00	Sureste - Noroeste
02:00	Noroeste - Sureste
03:00	Norte - Sur
04:00	Norte - Sur
05:00	Norte - Sur
06:00	Sur - Norte
07:00	Noroeste - Sureste
08:00	Noroeste - Sureste
09:00	Sur - Norte
10:00	Sur - Norte
11:00	Sur - Norte
12:00	Sureste - Noroeste
13:00	Sur - Norte
14:00	Suroeste - Noreste
15:00	Sur - Norte
16:00	Sur - Norte
17:00	Suroeste - Noreste
18:00	Noroeste - Sureste
19:00	Norte - Sur
20:00	Sureste - Noroeste
21:00	Sureste - Noroeste
22:00	Sureste - Noroeste
23:00	Sur - Norte

Tabla # 14: Resultados del sensor de dirección del viento.

5.2.5 Cantidad de agua

El dato más importante sin duda recogido durante los meses de pruebas es la cantidad de agua proveniente de la neblina y del paramo. Exactamente no se puede estimar cuantos galones recoge al día pero se estima que a la semana se almacenan 100 galones.

Los datos grabados en la computadora muestran que en algunas semana se recogía hasta 200 galones como máximo y 25 galones como mínimo.

A continuación se muestran los datos de cantidad de agua captados en un día.

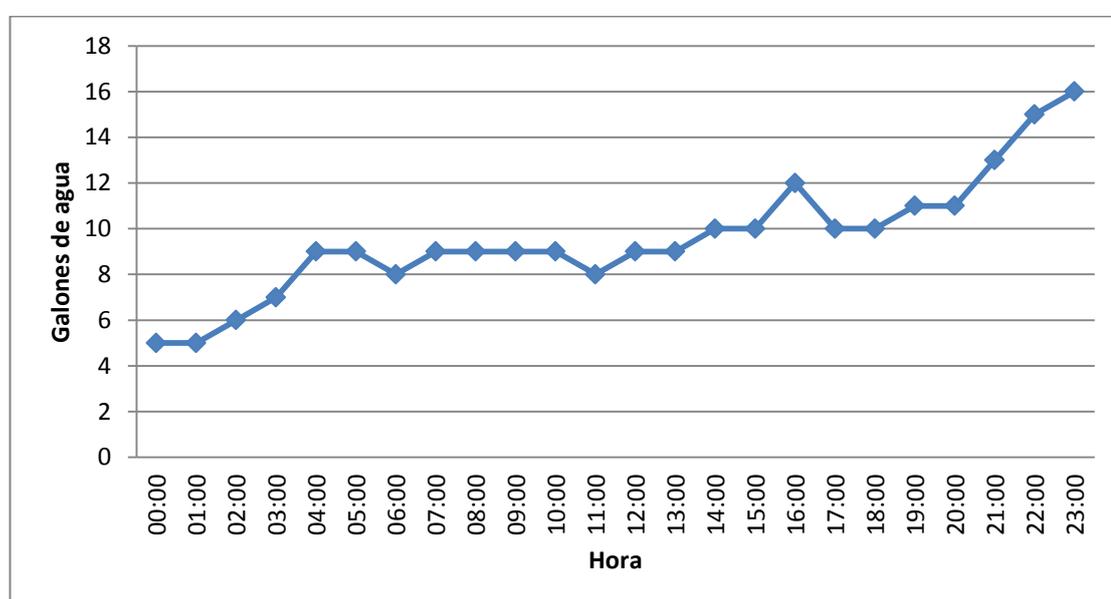


Figura #144: Cantidad de agua recogida en un día.

5.2.6 Presión atmosférica.

La presión atmosférica en diferentes zonas varía de acuerdo a la altura que se este por lo que con ella también se puede calcular la altura. Esta también varía en menores proporciones de acuerdo al clima y sus cambios.

La presión atmosférica promedio medida es de 69 Kpa dando con este resultado una altura aproximada de 3300 m sobre el nivel del mar.

A continuación se presenta una grafica con los resultados de las presiones.

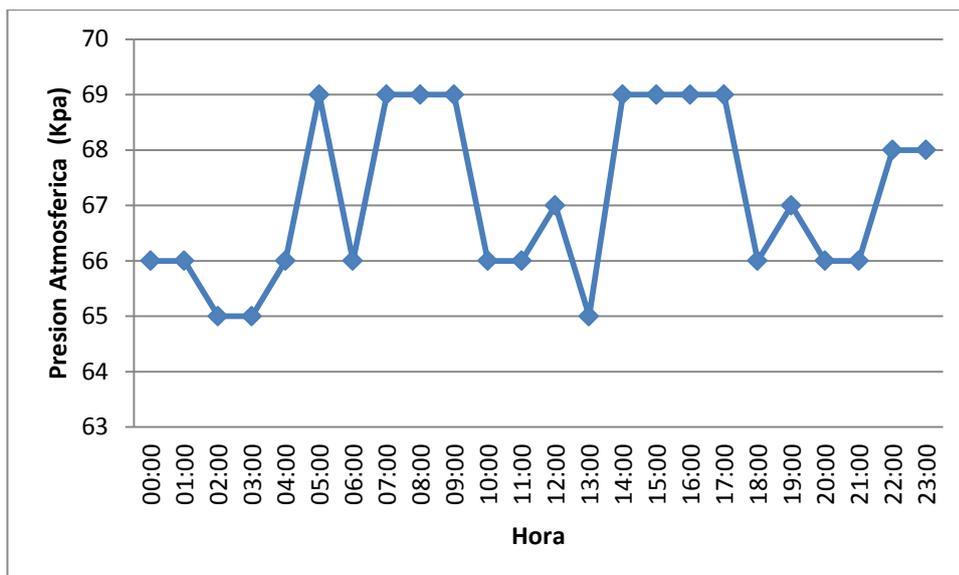


Figura #145: Grafica de la presión atmosférica de un día.

5.2.7 Tensión en cables de soporte.

Los información guardada para saber si la malla está ejerciendo mucha fuerza debido a los vientos se llaman tensión en cables de soporte ya que son dos cables de acero que sostiene cada lado da la viga de la malla cada uno con un sensor de tensión.

Los datos varían de acuerdo a los vientos desde un mínimo de 40 libras a un máximo de 110 libras.

A continuación se muestra una grafica con estas tensiones.

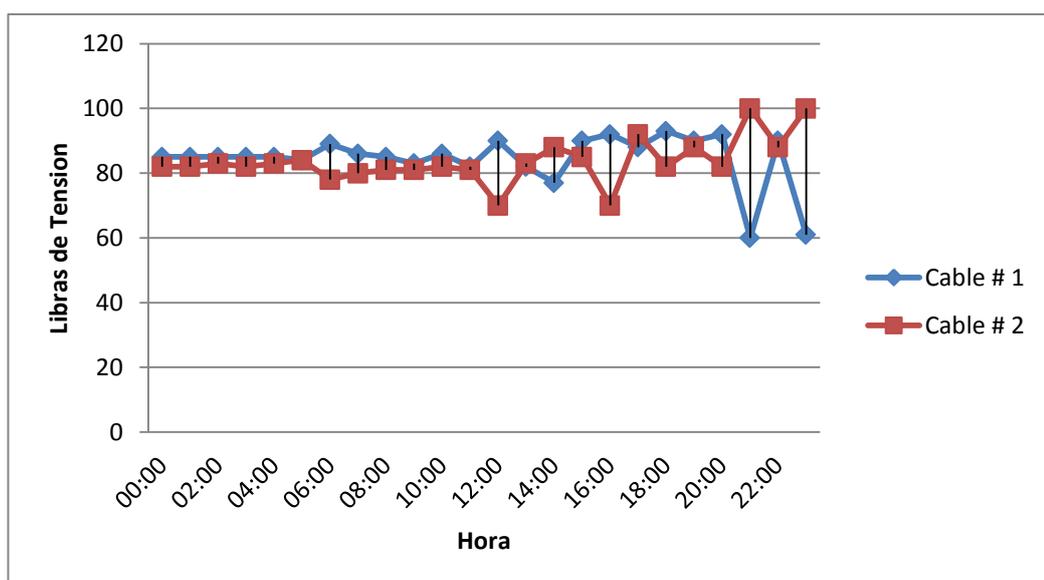


Figura #146: Grafica de las tensiones en templones de un día.

CONCLUSIONES

Como conclusiones podemos anotar:

- Al realizar el presente proyecto de graduación se obtuvo mucha información sobre la técnica de recolección de flujo nuboso, los tipos de malla y sus características principales sirviendo esto para realizar de la mejor manera el prototipo.
- Con la construcción de la malla piloto se pudo comprobar la eficacia de la recolección ya que en los meses de prueba se logro almacenar gran cantidad de agua proveniente de la neblina de la parroquia de cañar cantón cañar.
- Este proyecto de tesis servirá para impulsar a nueva forma de recolección de agua dulce en el Ecuador principalmente en el Azuay ya que el agua recolectada puede servir para riego, consumo animal y hasta consumo humano mejorando la vida de los ecuatorianos.
- La malla recolectora de agua junto con la estación meteorológica se puede llevar a cabo en otros lugares o comunidades en donde exista la presencia de neblina ayudando a las personas que tienen difícil acceso al liquido vital.
- Luego de finalizar las pruebas se pudo constatar que la información recolectada por la estación meteorológica es real y está entre los márgenes reales de medición.
- Se demostró que es posible diseñar y construir una estación meteorológica con los medios y recursos existentes en nuestro país.
- Durante las pruebas de campo existieron muchos factores que generaron interferencia en la comunicación y en la medición, se pudo comprobar que las

técnicas de protección contra ruido estudiadas en las aulas son eficientes en aplicaciones prácticas.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias Electrónicas.

- ARQUITECTURA ADAPTATIVA. 2009. Atrapaniebla. Perú. Disponible en: http://adaptaniebla-nt.blogspot.com/2009/06/atrapaniebla_16.html
- CRUZ Cristian. 2008. Atrapanieblas. Chile. Disponible en: http://www.flickr.com/photos/cruz_fr/3349248391/
- FOGQUEST -MONARCH PLACE. 2009. Colección de la niebla. Canadá. Disponible en: http://www.fogquest.org/projects_enes.shtml
- HERRERA Julio. 1999. Sensores parte II temperatura. Uruguay. Disponible en: www.fing.edu.uy
- HUERTA Miguel. 2007. Más sobre atrapanieblas. Chile. Disponible en: <http://josemiguelhuerta.blogspot.com> <http://f2r2.blogspot.com/>
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. 2007. Meteorología Básica. Ecuador. Disponible en: www.inamhi.gov.ec
- MERINO Alfredo. 2008. Atrapanieblas. España. Disponible en: <http://www.elmundo.es/elmundo/2008/02/01/ecología/1201864289.html>
- PEÑA Patricia. 1998. Artículo sobre atrapa nubes en Chile. Chile. Disponible en: <http://www.oei.org.co/sii/entrega5/art07.htm>
- SÁNCHEZ Carlos. 2007. Natural Aqua. España. Disponible en: <http://www.naturalaqua.es/Antigua/en/index.html>
- UCAR COMMUNITY. 2002. University Corporation for Atmospheric Research. USA. Disponible en: <http://www2.ucar.edu>

- UHEREK Elmar dr. 2003. Environmental Science Published for Everybody Round the Earth. España. Disponible en: [http:// www.atmosphere.mpg.de/enid/Introducci_n_al_Clima/ - _Nubes__aerosoles_444.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/Introducci_n_al_Clima/_Nubes__aerosoles_444.html)
- UNIDAD EDITORIAL INTERNET, S.L. 2008. El mundo.es. España. Disponible en: <http://www.elmundo.es /elmundo/2008/02/01/ ecologia/1201864289.html>
- UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. 2009. Atrapanieblas: de Chile. Chile. Disponible en: <http://almacosta.wordpress.com/2009/04/27/atrapanieblas-de-chile-para-el-mundo/>
- VILLARROEL Gilberto. 2009. Atrapanieblas: de Chile para el mundo. Chile. Disponible en: <http://f2r2.blogspot.com/>