

DISEÑO DE UNA RED DE SENSORES UTILIZANDO TECNOLOGÍAS DE
INTERNET DE TODO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE CULTIVOS DEL SECTOR
AGROINDUSTRIAL

TANIA VARGAS BARREIRO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍAS E INGENIERÍAS – ECBTI
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ D.C.
2019

DISEÑO DE UNA RED DE SENSORES UTILIZANDO TECNOLOGÍAS DE
INTERNET DE TODO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE CULTIVOS DEL SECTOR
AGROINDUSTRIAL

TANIA VARGAS BARREIRO

Tesis presentada para optar el título de:

Ingeniera Electrónica

Director:

Jairo Luis Gutiérrez Torres

Línea de investigación:

Sensores, IOT, Optimización

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍAS E INGENIERÍAS – ECBTI
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ D.C.

2019

Dedicatoria:

A mi madre Marleny Barreiro Zamora porque es la persona que más amo y gracias a su apoyo hoy culmino este gran desafío.

A mi gran hermana y amiga Maryuri Rodríguez Barreiro quien me acompaño, ayudo y escucho en el transcurso de la carrera.

A mi hermana Lorena Vargas Barreiro quien ha traído alegría a mi vida gracias a mi bella sobrina Ana Lucia Vargas Barreiro para ella también la dedicatoria.

A mi padre Javier Vargas Esquivel por haberme permitido iniciar la carrera de Ingeniería electrónica.

A mis abuelos por los grandes y sabios consejos que me han orientado para ser una mejor persona.

A Toby y a Luno quienes son mi motor, mis grandes amores y siempre estuvieron al lado de mi mesa acompañando mis jornadas de tesis.

Agradecimientos:

A la universidad porque me ha permitido crecer como profesional y como persona. A mis profesores que me orientaron cada vez que tuve retos que debía resolver, a todos quienes me dieron clases y me ayudaron a ser la mejor ingeniera, a mi director de tesis por su apoyo y confianza y a mis compañeros que siempre me animaron y alegraron mis días en la Universidad.

A mi familia por su apoyo incondicional, por la paciencia que han tenido en las largas jornadas de mi carrera, por haberme brindado estabilidad y por su apoyo a culminar este sueño que lleva años de trabajo, a ellas que son lo que más amo, espero estemos muchos años más juntas con nuestro desarrollo como compañía, gracias a la pasión y constancia.

Resumen

Este proyecto de investigación sobre el diseño de la red de sensores para monitorear las variables asociadas con el clima para la producción agrícola, por ejemplo, pH, temperatura, humedad, radiación, etc. la intención es que la tecnología utilizada sea de bajo costo, el sistema de diseño electrónico que permiten la adquisición, procesamiento y visualización de las variables.

Este proyecto contiene: una descripción de la tecnología utilizada para el sistema de monitoreo, descripción a través de diagramas de flujo de las diferentes rutinas de software que se implementa en el sistema y para finalizar, una evaluación costo - beneficio del proyecto.

También sirve para ayudar a la futura implementación completa del sistema de monitoreo de las variables climatológicas, la descripción contribuye a la oportuna decisión sobre los cultos para evitar pérdidas.

Palabras Claves: Cultivos – Datos - IoT – Optimización – Protocolo - Sensores

Abstract

This research is about the design of sensors network for monitor the variables associated with weather for production agriculture. for example, Ph, Temperature, Humidity, Radiation, etc. The goal is that technology involved must be low cost, and the electronic design system also permit the acquisition, processing and visualization of the system variables.

This project contains: a description of the technology used for the system of monitoring, description though flow diagrams of the different routines of software that is implemented in the system and finally, a cost – benefit evaluation of the project. Also, it serves to help future complete implementation of monitoring system of the climatological variables, the description contributes to the timely decision about the growings for avoid losses.

Keywords: Cultivation – Data sensors – IoT – Optimization -- Protocol

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| Resumen | 5 |
| CONTENIDO | 7 |
| Lista de figuras..... | 12 |
| Lista de tablas | 20 |
| Introducción..... | 22 |
| 1. Planteamiento de problema | 24 |
| 2. Justificación | 26 |
| 3. Objetivos..... | 28 |
| 3.1. Objetivo general | 28 |
| 3.2. Objetivos específicos | 28 |
| 4. Marco teórico y conceptual..... | 29 |
| 4.1. Sensores | 29 |
| 4.1.1. Dióxido de carbono..... | 29 |
| 4.1.2. Dirección de Viento..... | 29 |
| 4.1.3. Humedad Relativa | 30 |
| 4.1.4. Precipitación | 30 |
| 4.1.5. Presión Atmosférica..... | 31 |
| 4.1.6. Radiación PAR | 31 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1.7. PH suelo | 32 |
| 4.1.8. Temperatura | 32 |
| 4.1.9. Velocidad de Viento | 33 |
| 4.2. Sistema Embebido | 33 |
| 4.2.1. Arduino | 33 |
| 4.2.2. Raspberry Pi | 34 |
| 4.3. Protocolos de internet de las cosas lot..... | 34 |
| 4.3.1. MQTT | 35 |
| 4.3.2. TCP/IP | 35 |
| 4.3.3. HTTP | 36 |
| 4.4. Lenguaje de programación..... | 36 |
| 4.4.1. JAVA SCRIP..... | 37 |
| 4.4.2. PHP | 37 |
| 4.5. Base de datos | 38 |
| 4.5.1. MySQL..... | 38 |
| 4.5.2. MongoDB..... | 38 |
| 4.5.3. Web Server..... | 39 |
| 4.5.4. NODEJS | 39 |
| 4.5.5. APACHE | 40 |
| 4.6. Gráficos vectoriales | 40 |
| 4.6.1. SVG | 40 |
| 4.6.2. D3.js | 41 |
| 4.7. Energía Renovable | 42 |
| 4.7.1. Fotovoltaica | 42 |

| | |
|---|-----------|
| 4.7.2. Eólica | 42 |
| 4.8. Adicionales | 43 |
| 4.8.1. Baterías | 43 |
| 4.8.2. GPRS | 43 |
| 5. Desarrollo de la ingeniería del proyecto | 45 |
| 5.1. Fase 1: identificación: se realiza una revisión para obtener información acerca de las variables más importantes a medir genéricamente en un cultivo..... | 45 |
| 5.1.1. Dióxido de carbono (CO_2)..... | 45 |
| 5.1.2. Dirección de viento | 46 |
| 5.1.3. Humedad | 46 |
| 5.1.4. Precipitaciones | 47 |
| 5.1.5. Presión atmosférica | 47 |
| 5.1.6. Radiación PAR | 48 |
| 5.1.7. PH suelo | 48 |
| 5.1.8. Radiación solar | 49 |
| 5.1.9. Temperatura | 49 |
| 5.1.10. Velocidad de viento | 50 |
| 5.2. Fase 2: selección: se realiza la matriz de componentes del sistema (hardware) como lo son: sensores, sistema embebido, entre otros | 51 |
| 5.2.1. Sensores | 51 |
| 5.2.2. Sistemas embebidos | 52 |
| 5.2.3. Alimentación de energía solar | 53 |
| 5.3. Fase 3: propuesta: se presenta el resultado del diseño a través de un esquema o trazado y una hoja de ruta..... | 54 |

| | |
|--|-----------|
| 5.3.1. Distancia..... | 54 |
| 5.3.2. Elementos..... | 54 |
| 5.3.3. Comunicación..... | 55 |
| 5.3.4. Conexión de red | 56 |
| 5.3.5. Ingreso a la web | 58 |
| 5.3.6. Plataforma dispositivos móviles..... | 60 |
| 5.3.7. Algoritmos de la red de sensores agroindustriales | 61 |
| 5.3.7.9. Despliega resultados | 73 |
| 5.4. Fase 4: Evaluación: Se presenta las conclusiones obtenidas en el proceso de investigación adjunto a ello se entrega una matriz de costo-beneficio..... | 76 |
| 5.4.1. Presupuesto | 76 |
| 5.4.2. Factores de impacto en la construcción de la red de sensores..... | 78 |
| 5.4.3. Matriz costo beneficio | 80 |
| 5.4.4. Evaluación costo beneficio del proyecto | 80 |
| 5.4.5. Datos económicos sobre la papa..... | 81 |
| 5.4.6. El costo de cultivar una hectárea de papa | 81 |
| 5.4.7. Precio de venta de la papa por Kilo | 83 |
| 5.4.8. Margen de venta de la papa | 83 |
| 5.4.9. ¿Cuánto son las pérdidas en caso de una falla de clima? | 83 |
| 5.4.10. ¿Se puede prevenir las pérdidas conociendo las variables agroclimáticas? | 84 |
| 5.4.11. ¿Cuál es el costo estimado de la red de sensores? | 84 |
| 5.4.12. ¿Puede el sembrado de papas pagar la cuota? | 84 |
| 5.4.13. Conclusión sobre la evaluación económica..... | 89 |

| | |
|---|------------|
| 6. Cronograma..... | 90 |
| 7. Recursos necesarios | 92 |
| Conclusiones obtenidas en el proceso de investigación | 93 |
| Bibliografía..... | 95 |
| Anexos | 99 |
| Anexo 1. Especificaciones generales de los sensores y otros dispositivos electrónicos..... | 99 |
| Anexo 1.1. Especificaciones generales sensores | 99 |
| Anexo 1.2. Especificaciones generales sistemas embebidos | 125 |
| Anexo 1.3. Especificaciones generales energía solar | 127 |
| Anexo 2. Datasheet de los sensores | 130 |
| Anexo 2.1. Datasheet sensor dióxido de carbono □□2 | 131 |
| Anexo 2.2. Datasheet sensor dirección de viento..... | 133 |
| Anexo 2.3. Datasheet sensor humedad de suelo | 135 |
| Anexo 2.4. Datasheet sensor precipitaciones..... | 141 |
| Anexo 2.5. Datasheet sensor presión atmosférica, temperatura aire y humedad aire | 161 |
| Anexo 2.6. Datasheet sensor radiación PAR | 215 |
| Anexo 2.7. Datasheet sensor Ph..... | 234 |
| Anexo 2.8. Datasheet sensor radiación solar | 246 |
| Anexo 2.9. Datasheet sensor temperatura suelo..... | 248 |
| Anexo 2.10. Datasheet sensor velocidad de viento..... | 256 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Ilustración 1 sensor co2..... | 29 |
| Ilustración 2 sensor dirección de viento..... | 30 |
| Ilustración 3 sensor humedad relativa | 30 |
| Ilustración 4 sensor precipitación | 30 |
| Ilustración 5 sensor presión atmosférica | 31 |
| Ilustración 6 sensor radiación par..... | 31 |
| Ilustración 7 sensor Ph..... | 32 |
| Ilustración 8 sensor temperatura | 32 |
| Ilustración 9 sensor velocidad de viento..... | 33 |
| Ilustración 10 Arduino wifi 1010..... | 34 |
| Ilustración 11 Raspberry pi..... | 34 |
| Ilustración 12 logo MQTT | 35 |
| Ilustración 13 imagen referente conexión TCP/IP | 36 |
| Ilustración 14 imagen alusiva a internet..... | 36 |
| Ilustración 15 logo Java..... | 37 |
| Ilustración 16 logo php | 37 |
| Ilustración 17 logo MySQL..... | 38 |
| Ilustración 18 logo mongoDB..... | 39 |
| Ilustración 19 logo nodeJS | 39 |
| Ilustración 20 logo APACHE..... | 40 |
| Ilustración 21 logo SVG..... | 41 |
| Ilustración 22 logo D3js | 41 |
| Ilustración 23 paneles solares | 42 |
| Ilustración 24 energía eólica..... | 43 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 25 batería | 43 |
| Ilustración 26 modulo GPRS mini..... | 44 |
| Ilustración 27 distancia entre redes de sensores..... | 54 |
| Ilustración 28 vista física de la red de sensores principal (totalidad de sensores) | 55 |
| Ilustración 29 Comunicación entre los sensores y la web | 56 |
| Ilustración 30 diagrama de programas para crear lavase de datos en la web | 57 |
| Ilustración 31 algoritmo de comunicación..... | 58 |
| Ilustración 32 funcionamiento de BI visualizadores de inteligencia de negocio | 59 |
| Ilustración 33 ver el cliente sus variables | 59 |
| Ilustración 34 presentación de la APP | 61 |
| Ilustración 35 algoritmo configuración inicial | 62 |
| Ilustración 36 algoritmo reporte de falla..... | 63 |
| Ilustración 37 visualización en la pantalla de la red de sensores..... | 63 |
| Ilustración 38 algoritmo de falla | 64 |
| Ilustración 39 algoritmo ready..... | 65 |
| Ilustración 40 algoritmo ready..... | 66 |
| Ilustración 41 algoritmo ready..... | 67 |
| Ilustración 42 algoritmo de envío de datos | 68 |
| Ilustración 43 Algoritmo despliegue de datos | 69 |
| Ilustración 44 visualización de algoritmo despliegue de datos en la pantalla de la red de sensores..... | 70 |
| Ilustración 45 algoritmo de formateo de los títulos en la pantalla | 71 |
| Ilustración 46 algoritmo muestra los condicionales a utilizar | 72 |
| Ilustración 47 algoritmo con condicionales para elegir colores en la pantalla..... | 72 |
| Ilustración 48 algoritmo de comunicación..... | 73 |
| Ilustración 49 algoritmo que despliega resultados en las graficas | 74 |
| Ilustración 50 algoritmo de alarma, porque resultado esta fuera de rango. puede ser sensor este dañado | 75 |
| Ilustración 51 variación de siembra y producción de papa | 82 |
| Ilustración 52 grafica 10 hectáreas factible..... | 85 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 53 grafica 8 hectáreas factible | 86 |
| Ilustración 54 grafica 6 hectáreas factible | 86 |
| Ilustración 55 grafica 4 hectáreas factible pero ajustada..... | 87 |
| Ilustración 56 grafica 2 hectáreas no factible | 88 |
| Ilustración 57 grafica 1 hectárea no factible | 88 |
| Ilustración 58 sensor dióxido de carbono CO2..... | 99 |
| Ilustración 59 sensor dióxido de carbono CO2..... | 100 |
| Ilustración 60 sensor dirección de viento..... | 101 |
| Ilustración 61 sensor humedad de suelo..... | 102 |
| Ilustración 62 sensor precipitaciones | 103 |
| Ilustración 63 sensor precipitaciones..... | 104 |
| Ilustración 64 sensor presión atmosférica | 105 |
| Ilustración 65 sensor presión atmosférica | 106 |
| Ilustración 68 sensor Ph..... | 107 |
| Ilustración 69 sensor Ph..... | 108 |
| Ilustración 66 sensor radiación par..... | 109 |
| Ilustración 67 sensor radiación par..... | 110 |
| Ilustración 70 sensor radiación solar | 111 |
| Ilustración 71 sensor radiación solar | 112 |
| Ilustración 72 sensor temperatura suelo y aire..... | 113 |
| Ilustración 73 sensor velocidad de viento..... | 114 |
| Ilustración 74 sensor dióxido de carbono | 115 |
| Ilustración 75 sensor dirección de viento..... | 116 |
| Ilustración 76 sensor humedad de suelo..... | 117 |
| Ilustración 77 sensor precipitaciones..... | 118 |
| Ilustración 78 sensor presión atmosférica | 119 |
| Ilustración 80 sensor ph | 120 |
| Ilustración 79 sensor radiación par..... | 121 |
| Ilustración 81 sensor radiación solar | 122 |
| Ilustración 82 sensor temperatura suelo y aire..... | 123 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 83 sensor velocidad de viento..... | 124 |
| Ilustración 84 tarjeta ESP8266 | 125 |
| Ilustración 85 kit raspberry | 126 |
| Ilustración 86 regulador de panel | 127 |
| Ilustración 87 panel solar..... | 128 |
| Ilustración 88 batería..... | 129 |
| Ilustración 89 Datasheet Sensor CO2 P1..... | 131 |
| Ilustración 90 Datasheet Sensor CO2 P2..... | 132 |
| Ilustración 91 Datasheet Sensor D. Viento P1 | 133 |
| Ilustración 92 Datasheet Sensor D. Viento P2 | 134 |
| Ilustración 93 Datasheet Sensor Humedad S. P1 | 135 |
| Ilustración 94 Datasheet Sensor Humedad S. P2 | 136 |
| Ilustración 95 Datasheet Sensor Humedad S. P3 | 137 |
| Ilustración 96 Datasheet Sensor Humedad S. P4 | 138 |
| Ilustración 97 Datasheet Sensor Humedad S. P5 | 139 |
| Ilustración 98 Datasheet Sensor Humedad S. P6 | 140 |
| Ilustración 99 Datasheet Sensor Precipitaciones P1 | 141 |
| Ilustración 100 Datasheet Sensor Precipitaciones P2..... | 142 |
| Ilustración 101 Datasheet Sensor Precipitaciones P3..... | 143 |
| Ilustración 102 Datasheet Sensor Precipitaciones P4..... | 144 |
| Ilustración 103 Datasheet Sensor Precipitaciones P5..... | 145 |
| Ilustración 104 Datasheet Sensor Precipitaciones P6..... | 146 |
| Ilustración 105 Datasheet Sensor Precipitaciones P7..... | 147 |
| Ilustración 106 Datasheet Sensor Precipitaciones P8..... | 148 |
| Ilustración 107 Datasheet Sensor Precipitaciones P9..... | 149 |
| Ilustración 108 Datasheet Sensor Precipitaciones P10..... | 150 |
| Ilustración 109 Datasheet Sensor Precipitaciones P11 | 151 |
| Ilustración 110 Datasheet Sensor Precipitaciones P12..... | 152 |
| Ilustración 111 Datasheet Sensor Precipitaciones P13..... | 153 |
| Ilustración 112 Datasheet Sensor Precipitaciones P14..... | 154 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 113 Datasheet Sensor Precipitaciones P15..... | 155 |
| Ilustración 114 Datasheet Sensor Precipitaciones P16..... | 156 |
| Ilustración 115 Datasheet Sensor Precipitaciones P17..... | 157 |
| Ilustración 116 Datasheet Sensor Precipitaciones P18..... | 158 |
| Ilustración 117 Datasheet Sensor Precipitaciones P19..... | 159 |
| Ilustración 118 Datasheet Sensor Precipitaciones P20..... | 160 |
| Ilustración 119 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P1 | 161 |
| Ilustración 120 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P2 | 162 |
| Ilustración 121 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P3 | 163 |
| Ilustración 122 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P4 | 164 |
| Ilustración 123 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P5 | 165 |
| Ilustración 124 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P6 | 166 |
| Ilustración 125 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P7 | 167 |
| Ilustración 126 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P8 | 168 |
| Ilustración 127 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P9 | 169 |
| Ilustración 128 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P10 | 170 |
| Ilustración 129 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P11 | 171 |
| Ilustración 130 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P12 | 172 |
| Ilustración 131 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P13 | 173 |
| Ilustración 132 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P14 | 174 |
| Ilustración 133 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P15 | 175 |
| Ilustración 134 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P16 | 176 |
| Ilustración 135 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P17 | 177 |
| Ilustración 136 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P18 | 178 |
| Ilustración 137 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P19 | 179 |
| Ilustración 138 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P20 | 180 |
| Ilustración 139 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P21 | 181 |
| Ilustración 140 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P22 | 182 |
| Ilustración 141 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P23 | 183 |
| Ilustración 142 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P24 | 184 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 143 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P25 | 185 |
| Ilustración 144 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P26 | 186 |
| Ilustración 145 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P27 | 187 |
| Ilustración 146 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P28 | 188 |
| Ilustración 147 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P29 | 189 |
| Ilustración 148 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P30 | 190 |
| Ilustración 149 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P31 | 191 |
| Ilustración 150 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P32 | 192 |
| Ilustración 151 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P33 | 193 |
| Ilustración 152 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P34 | 194 |
| Ilustración 153 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P35 | 195 |
| Ilustración 154 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P36 | 196 |
| Ilustración 155 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P37 | 197 |
| Ilustración 156 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P38 | 198 |
| Ilustración 157 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P39 | 199 |
| Ilustración 158 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P40 | 200 |
| Ilustración 159 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P41 | 201 |
| Ilustración 160 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P42 | 202 |
| Ilustración 161 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P43 | 203 |
| Ilustración 162 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P44 | 204 |
| Ilustración 163 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P45 | 205 |
| Ilustración 164 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P46 | 206 |
| Ilustración 165 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P47 | 207 |
| Ilustración 166 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P48 | 208 |
| Ilustración 167 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P49 | 209 |
| Ilustración 168 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P50 | 210 |
| Ilustración 169 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P51 | 211 |
| Ilustración 170 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P52 | 212 |
| Ilustración 171 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P53 | 213 |
| Ilustración 172 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P54 | 214 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 173 Datasheet Sensor Radiación PAR P1 | 215 |
| Ilustración 174 Datasheet Sensor Radiación PAR P2..... | 216 |
| Ilustración 175 Datasheet Sensor Radiación PAR P3..... | 217 |
| Ilustración 176 Datasheet Sensor Radiación PAR P4..... | 218 |
| Ilustración 177 Datasheet Sensor Radiación PAR P5..... | 219 |
| Ilustración 178 Datasheet Sensor Radiación PAR P6..... | 220 |
| Ilustración 179 Datasheet Sensor Radiación PAR P7..... | 221 |
| Ilustración 180 Datasheet Sensor Radiación PAR P8..... | 222 |
| Ilustración 181 Datasheet Sensor Radiación PAR P9..... | 223 |
| Ilustración 182 Datasheet Sensor Radiación PAR P10..... | 224 |
| Ilustración 183 Datasheet Sensor Radiación PAR P11 | 225 |
| Ilustración 184 Datasheet Sensor Radiación PAR P12..... | 226 |
| Ilustración 185 Datasheet Sensor Radiación PAR P13..... | 227 |
| Ilustración 186 Datasheet Sensor Radiación PAR P14..... | 228 |
| Ilustración 187 Datasheet Sensor Radiación PAR P15..... | 229 |
| Ilustración 188 Datasheet Sensor Radiación PAR P16..... | 230 |
| Ilustración 189 Datasheet Sensor Radiación PAR P17..... | 231 |
| Ilustración 190 Datasheet Sensor Radiación PAR P18..... | 232 |
| Ilustración 191 Datasheet Sensor Radiación PAR P19..... | 233 |
| Ilustración 192 Datasheet Sensor Ph P1..... | 234 |
| Ilustración 193 Datasheet Sensor Ph P2..... | 235 |
| Ilustración 194 Datasheet Sensor Ph P3..... | 236 |
| Ilustración 195 Datasheet Sensor Ph P4..... | 237 |
| Ilustración 196 Datasheet Sensor Ph P5..... | 238 |
| Ilustración 197 Datasheet Sensor Ph P6..... | 239 |
| Ilustración 198 Datasheet Sensor Ph P7..... | 240 |
| Ilustración 199 Datasheet Sensor Ph P8..... | 241 |
| Ilustración 200 Datasheet Sensor Ph P9..... | 242 |
| Ilustración 201 Datasheet Sensor Ph P10..... | 243 |
| Ilustración 202 Datasheet Sensor Ph P11..... | 244 |

| | |
|---|-----|
| Ilustración 203 Datasheet Sensor Ph P12..... | 245 |
| Ilustración 204 Datasheet Sensor Radiación Solar P1 | 246 |
| Ilustración 205 Datasheet Sensor Radiación Solar P2..... | 247 |
| Ilustración 206 Datasheet Sensor Temperatura P1..... | 248 |
| Ilustración 207 Datasheet Sensor Temperatura P2..... | 249 |
| Ilustración 208 Datasheet Sensor Temperatura P3..... | 250 |
| Ilustración 209 Datasheet Sensor Temperatura P4..... | 251 |
| Ilustración 210 Datasheet Sensor Temperatura P5..... | 252 |
| Ilustración 211 Datasheet Sensor Temperatura P6..... | 253 |
| Ilustración 212 Datasheet Sensor Temperatura P7..... | 254 |
| Ilustración 213 Datasheet Sensor Temperatura P8..... | 255 |
| Ilustración 214 Datasheet Sensor Velocidad de Viento P1 | 256 |
| Ilustración 215 Datasheet Sensor Velocidad de Viento P2 | 257 |

Lista de tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1 Presupuesto | 76 |
| Tabla 2 Matriz costo beneficio | 80 |
| Tabla 3 Cronograma..... | 90 |
| Tabla 4 Recursos necesarios | 92 |
| Tabla 5 Sensor dióxido de carbono: Grove SS-101020067/10..... | 99 |
| Tabla 6 Sensor dióxido de carbono: CO2-BTA..... | 100 |
| Tabla 7 Sensor dirección de viento: SPR110-01 | 101 |
| Tabla 8 Sensor humedad Suelo: De suelo Hd-38 | 102 |
| Tabla 9 Sensor Precipitaciones: SPR2S Sensor para medir el tipo y la velocidad de precipitación | 103 |
| Tabla 10 Sensor Precipitaciones: RAIN SENSOR 24 V Part No.: 200018 | 104 |
| Tabla 11 Sensor Presión atmosférica: S-BPB-CM50 | 105 |
| Tabla 12 Sensor Presión atmosférica: SP19FR | 106 |
| Tabla 13 Sensor PH: PC2121 | 107 |
| Tabla 14 Sensor ph: HAOSHI..... | 108 |
| Tabla 15 Sensor radiación PAR: SQ-110 | 109 |
| Tabla 16 Sensor radiación PAR: SQ421-SS SDI-12 | 110 |
| Tabla 17 Sensor Radiación Solar: Davi-6450..... | 111 |
| Tabla 18 Sensor radiación solar: ONSE-S-LIB-M003..... | 112 |
| Tabla 19 Sensor Temperatura (suelo y aire): Metal RTD PT 100 sensor | 113 |
| Tabla 20 Sensor velocidad de viento..... | 114 |
| Tabla 21 Sensor de CO2: Detector dióxido de carbono Arduino | 115 |
| Tabla 22 Sensor de dirección de viento: PCE-FST-200-202 | 116 |
| Tabla 23 Sensor de humedad de suelo: XH-M214..... | 117 |
| Tabla 24 Sensor Precipitaciones: KNX-R sl | 118 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 25 Sensor De Presión Atmosférica (incluye sensor de Humedad y temperatura): Hiletgo Bme280..... | 119 |
| Tabla 26 Sensor De Ph: PHE-45P | 120 |
| Tabla 27 Sensor de radiación par: SQ110..... | 121 |
| Tabla 28 Sensor radiación solar: ONSE-S-LIB-M003..... | 122 |
| Tabla 29 Sensor de temperatura: Hiletgo Max6675 + tipo k..... | 123 |
| Tabla 30 Sensor velocidad de viento: PCE-FST-200-201-U | 124 |
| Tabla 31 Placa: NodeMCU ESP8266 modulo Wifi | 125 |
| Tabla 32 Canakit Rasberry Pi 4 Kit Básico De 4gb Con Ventilador 4g | 126 |
| Tabla 33 regulador controlador de carga batería panel solar 20a 12/24v..... | 127 |
| Tabla 34 panel solar 100w -12v policristalino uso de batería agm | 128 |
| Tabla 35 Batería 55ah-12v visión, group, sellada tipo agm, panel solar (6FM55E-X) | 129 |

Introducción

La tierra es el bien más peleado, se recuerda que las grandes guerras se han dado por el deseo que algunos estados tienen por invadir los terrenos que ya están ocupados por otras comunidades, pues se sabe que es la tierra la que alimenta a gran variedad de seres que habitan el planeta, es por eso, que para optimizar el desarrollo y la cantidad de alimento que se produce en los predios se pretende integrar el lot, como una forma de solución.

El lot ahora Internet de todo, es una idea que va a la vanguardia de los cambios que se dan en el entorno, especialmente en Japón donde la sociedad ha venido avanzando tanto en robótica e inteligencia artificial que ya probablemente más de la mitad de las tareas son realizadas por maquinas cuya programación, busca minimizar el esfuerzo físico del hombre, maximizando la precisión y exactitud con la que en este caso se puedan medir las variables climatológicas del planeta.

En Colombia actualmente encontramos que “Las bajas temperaturas acabaron con 720 toneladas de papa, teniendo en cuenta que por cada una de ellas se cosecha entre 10 y 11 toneladas.” (11 de agosto de 2019). Diario del Sur. Esta es una noticia muy triste porque además de generar pérdidas económicas a los agricultores genera que más personas tengan dificultades para acceder a un plato de comida. Colombia siendo uno de los países más ricos en biodiversidad debe considerar generar un cambio en la manera como se trabajan en los campos, evitar los monocultivos y adecuar microclimas para que sea posible el crecimiento de variedad de siembras. Conocer el comportamiento de variables meteorológicas disminuye el riesgo de una catástrofe global.

Con el fin de evitar pérdidas y tener un conocimiento para actuar antes de que los cultivos hayan sido destruidos por factores climáticos como por ejemplo la

temperatura, la humedad y las precipitaciones que son los más importantes en el crecimiento de las plantas para generar alimentos, siendo estas variables difíciles de controlar en campo abierto, pero posibles de predecir.

El pronóstico se hace por medio de sensores que miden estas variables climatológicas con precisiones exactas, que se traducen en un bajo margen de error. Es por lo que el IoT se convierte en un instrumento necesario en la agricultura de precisión, puesto a que las máquinas, tienen la facilidad de realizar cálculos que para el ser humano son complejos y largos.

Para terminar, el objetivo general es diseñar una red de sensores utilizando tecnologías de internet de todo para la optimización del cultivo de papa principalmente. Pues como es una de las siembras que se encuentra cerca a Bogotá se hace más fácil tener conocimiento acerca de las condiciones meteorológicas y de suelo que este necesita para su óptimo desarrollo.

1. Planteamiento de problema

En la actualidad el planeta a nivel global está siendo afectado día con día por los efectos secundarios derivados del desarrollo productivo basado en el uso de recursos no renovables como el carbón, petróleo y gas. Las emisiones descontroladas en combustiones han generado problemáticas medioambientales como el calentamiento global, en síntesis, hoy es una premisa afirmar que el cambio climático y todas las consecuencias que este acarrea para la vida en el planeta es debido a que el ser humano explota de una manera indiscriminada el planeta.

Los fenómenos derivados del cambio climático al pasar de los años desde la primera revolución industrial son más catastróficos, como por ejemplo la cantidad de huracanes de máxima categoría que se han generado en los últimos dos o tres años, entre otros. El desarrollo productivo no solo está basado en la industria automatizada sino también en la explotación del sector agrícola. Es acá donde los estragos del cambio climático afectan en mayor medida a agricultores que se enfrentan a la pérdida de sus cultivos ya sea por falta de lluvia (sequías), inundaciones, plagas, vendavales, etcétera. Esta situación debilita la productividad y puede llevar a la extinción en las actividades en el campo. Asociado a esto cualquier nación enfrentaría una gran crisis alimentaria por falta de alimentos.

Frente a las anteriores problemáticas es de gran interés para ingenieros e investigadores el diseño y la implementación de mecanismos que haciendo uso de la innovación y la tecnología permitan contribuir al control oportuno de las consecuencias del cambio climático en el sector agrícola. Si bien el uso de estaciones meteorológicas automáticas, aunque suelen ser muy costosas, es una salida, **existen variables en la extensión de una siembra que de tener control sobre ellas pueden elevar la productividad de cultivo.**

Se hace necesario luego de identificar los parámetros de interés en pro de mejorar la eficiencia del cultivo realizar la adquisición de datos a través de un sistema en red que permita procesamiento, análisis y visualización de estos para la toma de decisiones. Decisiones que si se toman oportunamente pueden evitar pérdidas millonarias.

Frente a lo anterior es importante plantearnos la siguiente pregunta que es la esencia que motiva el proyecto:

¿Cómo se soluciona el problema de las pérdidas de los cultivos, a través del internet de todo y sensores que midan las variables climatológicas?

La respuesta a esta pregunta es integrando la tecnología del internet y los sensores de forma tal que la base de datos recolectada se guarde y que la programación de esta esté configurada de forma tal que se encuentre dentro de ciertos rangos de variables, que de estar por fuera generen una alerta al agricultor y de esta forma se logre prevenir o evitar la pérdida.

2. Justificación

Desde hace muchos años el ser humano ha venido causando diferentes catástrofes en el entorno, primero con las guerras, por ejemplo: lo que sucedió en Nagasaki e Hiroshima donde se usó la radiación atómica para arrasar con todo tipo de vida; o lo que ocurrió en la guerra de Vietnam, donde se usó una variedad de elementos químicos como el agente naranja que ha venido generando problemas afectando las formas de vida que se encuentra dentro de nuestro planeta azul, llamado “tierra”. También, la naturaleza ha sido afectada por la forma irresponsable en la que es saqueada. El planeta ha sido explotado de manera desmedida en diferentes aspectos (extrayéndole agua, arena, metales, minerales, cultivos intensivos, generando deforestación, contaminación, emisiones de CO₂ y demás), pues el hombre ha olvidado que es necesario para la supervivencia el ser amigable con la diversidad de plantas y animales que se encuentran en nuestro entorno.

Se cree que el mundo de hoy está preparado para que sea el ciudadano del común quien trabaja con la tierra, el que tenga en sus manos la medición de las variables climatológicas, que le permiten conocer variables que afectan los cultivos, que podrían causar una baja productividad o la pérdida de estos. Gracias a la posibilidad de medir estas variables por medio de sensores, se puede tomar decisiones acertadas que eviten pérdidas económicas y ambientales principalmente.

Entonces se debe recordar que es la tierra quien entrega los alimentos a los seres humanos, por ello se contribuye mediante este estudio, sobre una evaluación de la factibilidad económica y tecnológica para elaborar redes de sensores para la optimalización del sector agroindustrial, que permitan a las personas dedicadas a la vida en el campo tener un control de lo que sucede en el clima con el fin de predecir variedad de comportamientos que se den por variables externas.

Las redes de sensores que optimizan el sector agroindustrial, se encargan de tomar por medio de los sensores el valor de distintas variables como: humedad, temperatura, velocidad y dirección de viento, precipitaciones, radiación solar, radiación PAR y PH de suelo entre otros; para que estén disponibles para los interesados en su interpretación y estudio, con la ventaja de que será quien la adquiera el que tenga el control de la formación y los sensores estarán distribuidos en el cultivo de forma tal que se tomen los datos de las variable necesarias en cada espacio.

Es preciso en un mundo como el de hoy, que los agricultores tengan la oportunidad de saber cuál es el valor de las variables ya mencionadas en aras de prevenir variedad de problemas que se reflejen en pérdidas económicas, sociales y ambientales para los productores del alimento que sostiene el consumo del ser humano.

Por medio de estas redes de sensores que mejoraran el sector agroindustrial, se logra hacer un monitoreo en tiempo real de lo que está sucediendo a nivel climático en los cultivos, permitiendo que los datos sean recolectados. Sin embargo, normalmente ha sido costoso adquirir una red de sensores de este calibre para la agricultura y la mayoría de las veces la información es guardada en servidores propietarios de acceso restringido, evitando así a quien lo adquiere obtener el conocimiento total de las variables.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Diseñar una red de sensores utilizando tecnologías de internet de todo para la optimización de cultivos del sector agroindustrial.

3.2. Objetivos específicos

- Identificar las variables relevantes para la optimización de los cultivos de papa a través del estudio de las características de desarrollo del cultivo.
- Evaluar la tecnología existente para la elección de los componentes del sistema de acuerdo con las características del cultivo de papa.
- Proponer una solución a partir de tecnologías IoT y energía fotovoltaica que disminuya las pérdidas en los cultivos de papa por los cambios climáticos.
- Evaluar la relación costo – beneficio estableciendo la tasa de retorno de la inversión en la implementación de la solución planteada.

4. Marco teórico y conceptual

4.1. Sensores

Un sensor es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas (A. P. J., 2010). Se usarán para capturar los datos de las variables climatológicas a medir.

4.1.1. Dióxido de carbono

El dióxido de carbono cuya fórmula química es CO_2 es un compuesto químico que se encuentra mayormente en la atmósfera formando parte del ciclo del carbono que es vital para la vida en la Tierra (Significados , 2017). CO_2



Ilustración 1 sensor co2

Fuente: <https://www.alphaomega-electronics.com/es/co2-dioxido-carbono/2874-sensor-de-calidad-de-aire-co2-con-interruptor-de-rango-de-medida.html>

4.1.2. Dirección de Viento

la dirección del viento es en general el punto de donde proviene gracias a la presión que ha recibido, o a la fuerza que ha tomado. Se podría decir que cuando nos referimos a dirección del viento estamos hablando de la procedencia de este, y se

distingue gracias a los puntos cardinales a fin de especificar su rumbo, es decir, norte, sur, este y oeste (Mendez, 2019). °



Ilustración 2 sensor dirección de viento

Fuente: https://img.directindustry.es/images_di/photo-m2/158525-8485877.jpg

4.1.3. Humedad Relativa

Expresión porcentual de la cantidad de vapor de agua presente en el aire con respecto a la máxima posible para unas condiciones dadas de presión y temperatura. %Hr (Real, 2018).



Ilustración 3 sensor humedad relativa

Fuente: <https://www.traxco.es/tienda/detector-de-humedad>

4.1.4. Precipitación

Agua procedente de la atmósfera, y que en forma sólida o líquida se deposita sobre la superficie de la tierra (Real, A. , 2018). L/m²



Ilustración 4 sensor precipitación

Tomado de: <https://www.smartyplanet.com/productos-smartyplanet/sensor-radar-de-precipitacion/>

4.1.5. Presión Atmosférica

la fuerza que ejerce el aire atmosférico sobre la superficie terrestre. Cuanto mayor sea la altura de la superficie terrestre respecto al nivel del mar, menor es la presión del aire (Portillo, 2016). Milibares



Ilustración 5 sensor presión atmosférica

Fuente:: <http://panamahitek.com/sensor-de-presion-atmosferica-el-bmp180/>

4.1.6. Radiación PAR

También se denomina Radiación Fotosintéticamente Activa y hace referencia a la cantidad de radiación que es capaz de producir actividad fotosintética en las plantas y otros organismos fotosintéticos como microalgas y bacterias. El rango de longitudes de onda está comprendido aproximadamente entre los 400 y los 700 nanómetros (Agricola, D., 2019). $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$



Ilustración 6 sensor radiación par

Fuente:: <https://www.lab-ferrer.com/sensores/instrumentacion-y-sensores/ceptometro-par-y-lai/sensor-para-medir-la-radiacion-par.html>

4.1.7. PH suelo

El ph del suelo es un dato muy importante cuando se está buscando una nutrición completa y abundante de las plantas, tanto del cultivo agrícola como de las plantas que suponen la dieta del ganado. Tiene gran importancia en la nutrición vegetal (Gesmontes, 2019). Ph.



Ilustración 7 sensor Ph

Fuente:: <https://hannainst.com.mx/productos/linea/agricultura-e-hidroponia/medidor-inalambrico-halo-para-determinar-ph-en-suelo/>

4.1.8. Temperatura

Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente, y cuya unidad en el sistema internacional es el kelvin (K) (Real A., 2018). Unidad de medida °C °F Unidad SI °K



Ilustración 8 sensor temperatura

Fuente: http://akrimet.com/wp-content/uploads/2016/03/son-termopar_especial.jpg

4.1.9. Velocidad de Viento

la velocidad del viento es identificada como la energía en la atmósfera terrestre que siempre se encuentra viajando por todo el planeta, siendo la que está compuesta en cierta parte por la energía solar que toca la superficie terrestre (Mendez, 2019).
m/s



Ilustración 9 sensor velocidad de viento

Fuente: https://www.smartyplanet.com/wp-content/uploads/2017/07/rk100-01_2.jpg

4.2. Sistema Embebido

El término sistema embebido, hace referencia a subsistemas que se encuentran inmersos en un dispositivo más grande. En nuestro caso se refiere a las tarjetas electrónicas con procesadores en donde se hará la programación del software para el control de los sensores y el procesamiento de los datos (Gonzales, 2018).

4.2.1. Arduino

Es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirlo en una salida: activar un motor, encender un LED, publicar algo en línea. Puede decirle a su placa qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador de la placa. Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en el cableado) y el software Arduino (IDE), basado en el procesamiento (Arduino, 2019).



Ilustración 10 Arduino wifi 1010

Fuente: <https://store.arduino.cc/usa/mkr-wifi-1010>

4.2.2. Raspberry Pi

La Fundación Raspberry Pi es una organización benéfica con sede en el Reino Unido que trabaja para poner el poder de la informática y la creación digital en manos de personas de todo el mundo. Hacemos esto para que más personas puedan aprovechar el poder de la informática y las tecnologías digitales para el trabajo, resolver problemas que les importan y expresarse creativamente (Raspberrypi, 2019).

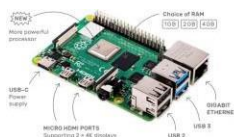


Ilustración 11 Raspberry pi

Fuente: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/>

4.3. Protocolos de internet de las cosas lot

Sirve para crear productos que estén interconectados (Arrow, 2015). Se usará como base tecnológica para hacer transferencia de datos entre diferentes dispositivos en este caso se hace la conexión wifi, con el ánimo de tener una

interconexión con los datos recolectados de los sensores y como estos son interpretados gracias a la programación para luego ser entregados al cliente.

4.3.1. MQTT

Arlen y Andy desarrollaron un protocolo de mensajería confiable de publicación / suscripción muy simple y extremadamente eficiente y lo llamaron MQ Telemetry Transport (MQTT). Un protocolo que permitió a los dispositivos abrir una conexión, mantenerla abierta con muy poca energía y recibir eventos o comandos con tan solo 2 bytes de sobrecarga. Un protocolo que tiene las cosas integradas que necesita para un comportamiento confiable en entornos inalámbricos poco confiables o conectados de forma intermitente (Penninkhof, J., 2015).



Ilustración 12 logo MQTT

Fuente: <https://www.penninkhof.com/2015/03/why-use-mqtt-in-iot-projects/>

4.3.2. TCP/IP

Es una denominación que permite identificar al grupo de protocolos de red que respaldan a internet y que hacen posible la transferencia de datos entre redes de ordenadores. Hace referencia a los dos protocolos más trascendentes de este grupo: el conocido como Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y el llamado Protocolo de Internet (IP) (Perez, 2008-2012).



Ilustración 13 imagen referente conexión TCP/IP

Fuente: <https://definicion.de/tcp-ip/>

4.3.3. HTTP

Son las siglas en inglés de *HiperText Transfer Protocol* (en español, protocolo de transferencia de hipertexto). Es un protocolo de red—un protocolo se puede definir como un conjunto de reglas a seguir—que se utiliza para publicar [páginas de web](#) o HTML. HTTP es la base sobre la cual se fundamenta Internet o la WWW (Castro, 2019).



Ilustración 14 imagen alusiva a internet

Fuente: <https://www.aboutespanol.com/que-es-http-y-https-157624>

4.4. Lenguaje de programación

Es el conjunto de sentencias que sirven para decirle a una computadora qué es lo que tiene que hacer. Mediante los lenguajes de programación se pueden crear y modificar programas y comandos para que una computadora u otro dispositivo digital pueda realizar diversas funciones lógicas. Se usará para crear la lógica de la página Web que va a desplegar los datos de las variables capturadas (A., 2019).

4.4.1. JAVA SCRIP

Java es un lenguaje de programación y una plataforma informática comercializada por primera vez en 1995 por Sun Microsystems. Hay muchas aplicaciones y sitios web que no funcionarán a menos que tenga Java instalado y cada día se crean más. Java es rápido, seguro y fiable. Desde portátiles hasta centros de datos, desde consolas para juegos hasta súper computadoras, desde teléfonos móviles hasta Internet, Java está en todas partes (Java, 2019).



Ilustración 15 logo Java

Fuente: https://www.java.com/es/download/faq/whatis_java.xml

4.4.2. PHP

PHP (Acrónimo recursivo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML (PHP, 2001).



Ilustración 16 logo php

Fuente: <https://www.php.net/manual/es/intro-whatism.php>

4.5. Base de datos

Es un contenedor que permite almacenar la información de forma ordenada con diferentes propósitos y usos. Por ejemplo, en una base de datos se puede almacenar información de diferentes departamentos (Ventas, Recursos Humanos, Inventarios, entre otros). El almacenamiento de la información por sí sola no tiene un valor, pero si combinamos o relacionamos la información con diferentes departamentos nos puede dar valor. La base de datos será el recipiente donde se almacenará la información recolectada, para poder trabajar con ella (Anguiano, 2014).

4.5.1. MySQL

Es la base de datos de código abierto más popular del mundo. Ya sea que sea una propiedad web de rápido crecimiento, un ISV de tecnología o una gran empresa, MySQL puede ayudarlo de manera rentable a entregar aplicaciones de bases de datos escalables de alto rendimiento (MySQL, 2019).



Ilustración 17 logo MyQL

Fuente: <https://www.mysql.com/products/>

4.5.2. MongoDB

Es una base de datos de documentos con escolaridad y flexibilidad que desea con las consultas e indexación que necesita (MongoDB, 2019).



Ilustración 18 logo mongoDB

Fuente: <https://www.mongodb.com/what-is-mongodb>

4.5.3. Web Server

Un servidor Web es un programa que utiliza el protocolo de transferencia de hipertexto, HTTP (Hypertext Transfer Protocol), para servir los archivos que forman páginas Web a los usuarios, en respuesta a sus solicitudes, que son reenviados por los clientes HTTP de sus computadoras. Las computadoras y los dispositivos dedicados también pueden denominarse servidores Web (searchdatacente, 2019).

4.5.4. NODEJS

Concebido como un entorno de ejecución de JavaScript orientado a eventos asíncronos, Node.js está diseñado para construir aplicaciones en red escalables. Permite crear servidores HTTP que atiendan puertos y den respuesta a los clientes (Node.js foundation, 2019).



Ilustración 19 logo nodeJS

Fuente: <https://nodejs.org/es/about/>

4.5.5. APACHE

La misión de la Apache Software Foundation (ASF) es proporcionar software para el bien público. Hacemos esto al proporcionar servicios y soporte para muchas comunidades de proyectos de software de ideas afines que consisten en individuos que eligen participar en actividades de ASF. Fundación sin ánimo de Lucro Apache HTTP server (Apache, 2019).



Ilustración 20 logo APACHE

Fuente: <https://www.apache.org/>

4.6. Gráficos vectoriales

Estas imágenes son creadas usando un software de computación diseñado para crear imágenes completas de tipo malla de alambre que incluyen nudos, líneas y curvas. A estas líneas y curvas creadas con definiciones matemáticas se les puede añadir valores de colores, matices y sombras. Además, estos vectores pueden ser redimensionados las veces deseadas, sin dañar la resolución. Se utilizan para desplegar el valor de las variables y del histograma en la página web (Santa Maria, 2015).

4.6.1. SVG

Los archivos SVG, a diferencia de las imágenes publicadas en sitios web a los que estamos acostumbrados, pertenecen al grupo de gráficos vectoriales. Es un formato universal que es un derivado de XML y no se le cobra ninguna licencia o patente.

Podemos usarlo para imágenes estáticas y también lo animamos. El archivo de código se almacena como texto, lo que significa que podemos abrirlo fácilmente incluso en un cuaderno (como último recurso) y editarlo también. Podemos invocar a ese formato en código HTML sin ningún problema, porque fue diseñado para su uso en sitios web. Además, podemos incrustarlo directamente en el código, lo que nos permite alterar el código de gráficos usando CSS y JavaScript (Marcin, 2015).



Ilustración 21 logo SVG

Fuente: <https://www.merixstudio.com/blog/what-svg-and-how-use-it/>

4.6.2. D3.js

Es una biblioteca de JavaScript para manipular documentos basados en datos. D3 te ayuda a dar vida a los datos usando HTML, SVG y CSS. El énfasis de D3 en los estándares web le brinda todas las capacidades de los navegadores modernos sin atarse a un marco propietario, que combina componentes de visualización potentes y un enfoque basado en datos para la manipulación DOM (Bostock, 2019).



Ilustración 22 logo D3js

Fuente: <https://d3js.org/>

4.7. Energía Renovable

Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), frente a las fuentes convencionales, las energías renovables son **recursos limpios cuyo impacto es prácticamente nulo** y siempre reversible y se obtienen de fuentes naturales virtualmente inagotables. Se usa la energía solar como energía renovable para suministrar la potencia eléctrica que va a permitir el funcionamiento eléctrico de la estación de sensores agroindustriales (Admin, 2019).

4.7.1. Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una de las energías renovables más importantes que tenemos actualmente en nuestro planeta, ya que no solo es ecológica, sino que además ayuda a un consumo eficiente. (Ingeoexpert, 2019).



Ilustración 23 paneles solares

Fuente: <https://ingeoexpert.com/que-es-la-energia-solar-fotovoltaica-y-como-se-genera/?v=42983b05e2f2>

4.7.2. Eólica

La energía eólica es la forma de energía renovable que **se obtiene al explotar la fuerza del viento**. En concreto, es la capacidad de un sistema para transformar la fuerza que tiene el viento en electricidad (Marimar, 2019).



Ilustración 24 energía eólica

Fuente: <https://erenovable.com/aerogeneradores-eolicos/energia-eolica/>

4.8. Adicionales

4.8.1. Baterías

Una **batería eléctrica**, también llamada pila o acumulador eléctrico, es un artefacto compuesto por celdas electroquímicas capaces de convertir la energía química en su interior en energía eléctrica, mediante la acumulación de corriente alterna. De esta manera, sirven para alimentar distintos circuitos eléctricos, dependiendo de su tamaño y potencia (Raffino, 2019).



Ilustración 25 batería

Fuente: <https://concepto.de/bateria/#ixzz5yfoLJAFQ>

4.8.2. GPRS

Es una técnica de conmutación de paquetes, que es integrable con la estructura actual de las redes GSM. Esta tecnología permitirá una velocidad de datos de 115 kbps. Sus ventajas son múltiples, y se aplican fundamentalmente a las transmisiones de datos que produzcan tráfico "a ráfagas", es decir, discontinuo. Por ejemplo, Internet y mensajería. Puede utilizar a la vez diversos canales, y

aprovechar los "huecos" disponibles para las transmisiones de diversos usuarios. Por ello, no necesitamos un circuito dedicado para cada usuario conectado. De esta forma desaparece el concepto de tiempo de conexión, dejando paso al de cantidad de información transmitida (Ponce, 2019).



Ilustración 26 modulo GPRS mini

Fuente: <https://www.mactronica.com.co/modulo-gsm-gprs-a6-mini-1059157588xJM>

5. Desarrollo de la ingeniería del proyecto

5.1. Fase 1: identificación: se realiza una revisión para obtener información acerca de las variables más importantes a medir genéricamente en un cultivo.

El diseño de una red de sensores que ayude en el sector agroindustrial es importante porque para las plantas uno de los factores más relevantes en el progreso de su crecimiento, es la cantidad de agua y los minerales que esta tiene. Como ya mencionamos el agua es el elemento más importante para el desarrollo de cualquier planta y el control de esta por medio de la temperatura, humedad y precipitaciones ayuda la optimización del cultivo, generando así menos pérdidas a los agricultores.

En este diseño se propone más variables como la velocidad y la dirección de viento, el Ph del suelo, la radiación PAR, radiación solar, presión atmosférica y dióxido de carbono CO_2 , como se muestra a continuación las variables dependen de situaciones climatológicas ya que los cultivos están al aire libre y en caso de que el diseño se implemente en un invernadero será más fácil mantener las variables dentro del rango permitido.

5.1.1. Dióxido de carbono (CO_2)

En la actualidad uno de los factores que más preocupa al ser humano es que se talan bosques y se crean fabricas que a través de la quema de combustibles producen más dióxido de carbono, pero se desconoce que son las plantas son quienes convierten esta molécula en oxígeno, para que cada uno de los seres como

por ejemplo los humanos tengan, esta correlación entre la naturaleza y el hombre, siendo ella la que regula el oxígeno, se debe sembrar más árboles y cualquier planta cumple con este trabajo.

El dióxido de carbono CO_2 , se produce cuando los humanos y otros mamíferos principalmente toman el oxígeno O_2 del aire y lo respiran. Pero uno de los factores que más producen el CO_2 , son las megafabricas que queman combustibles fósiles (petróleo), estas últimas llamadas emisiones humanas son las que más afectan a el equilibrio pues se talan miles de hectáreas de árboles y se construyen más fabricas ósea se produce más dióxido de carbono del que las plantas que hay en el planeta son capaces de transformar en oxígeno.

5.1.2. Dirección de viento

los vientos sufren rozamiento mecánico al cruzar las cordilleras (López, 2012). Como una brújula funciona la dirección de viento, con los puntos cardinales: norte (N), sur (S), este (E) y oeste (W) y sirve en el sector del agro gracias a que mediante esta herramienta se puede conocer la dirección a la que caerá el agroquímico o herbicida que es lo que más se usa, se recuerda que el planeta tiene variedad de corrientes de viento, que funcionan de forma organizada.

5.1.3. Humedad

Esta está relacionada con la cantidad de agua que se puede encontrar gramos por litros de aire, es inversamente proporcional a la temperatura, quiere decir que a mayor cantidad de temperatura menos gramos de agua se encuentran en el aire, así funciona la capacidad de humedad que se retiene en el aire, se dice que cuando el aire está moderadamente húmedo las plantas tienen la oportunidad de realizar de mejor forma sus procesos que requieren de agua.

Cuando la humedad es muy alta, las plantas aun teniendo variedad de minerales, se les dificulta tomar calcio y potasio principalmente generando un déficit en su producción de alimentos, otro grave problema que se da en torno a la humedad desequilibrada son las enfermedades, ejemplo si dura muchas horas la hoja mojada como puede ser por el rocío de la noche puede, se convierte en el hogar donde germinen los hongos y la falta de humedad de igual forma produce otra serie de malestares.

5.1.4. Precipitaciones

Este tan importante como la temperatura, pues la lluvia determina la cantidad de agua que cae sobre los cultivos. Los pluviómetros deben estar distribuidos de la manera más uniforme posible, teniendo en cuenta la necesidad de información y el personal de observadores disponible (OMM- 168, 2011). Recordemos que las cosechas necesitan del agua ya que es vital para gran cantidad de procesos en las plantas, la fotosíntesis: proceso por el cual las plantas toman agua y minerales de la tierra para luego gracias a la luz solar y CO_2 producir O_2 y vapor de agua.

El agua en forma de lluvia se produce gracias a las nubes y la cantidad de agua en estado líquido y gaseoso que se encuentra en la atmosfera, aunque el agua es transcendental, el exceso de esta puede causar inundaciones de los cultivos y la ausencia sequias, por lo que se hace necesario prevenir esta situación drenando los cultivos cuando la precipitación sobrepasa los límites o regarlos para mantener un correcto crecimiento de las plantas evitando gran variedad de dificultades y perdidas.

5.1.5. Presión atmosférica

La altitud y la temperatura son quienes fundamentalmente determinan la presión atmosférica quien es la presión que ejerce la atmosfera sobre la superficie terrestre,

si se está más cerca al nivel del mar la presión atmosférica es más baja que si esta en la parte alta de la montaña.

5.1.6. Radiación PAR

Esta es conocida también como la longitud de onda visible al ojo humano, se dice que, si los cultivos son de soja, trigo, arroz, entre otros. Reciben la cantidad de luz del Sol suficiente como para tener un óptimo desarrollo, caso contrario en otro tipo de cultivos pues a veces el agua se evapora y no llega la cantidad de energía que se produce con la luz a la parte interna del árbol, cuando las hojas están una sobre otra y se les dificulta la toma de luz solar, se retrasa el proceso de fotosíntesis.

La fotosíntesis es el principal proceso de las plantas porque es en este cuando las plantas toman la luz de sol en forma de energía, toma el dióxido de carbono del ambiente y lo van transformando en oxígeno, pero además las plantas desarrollan su color verde gracias a este maravilloso proceso, que muestra la grandeza de estas.

5.1.7. PH suelo

El Ph es uno de los factores más importantes en el desarrollo de cultivos ya que su valor más indicado es el 7, pues si es menor los suelos serán ácidos y probablemente el cultivo no crezca, lo que está bien es que a través de diferentes métodos el agricultor puede subir o bajar el Ph de su tierra para iniciar cultivo, esto dependerá si está muy alto o muy bajo, Colombia tiene un Ph que en su mayoría es neutro, razón por la cual es uno de los países más ricos y biodiversos del planeta.

Las plantas se alimentan por medio de la raíz, del suelo toman de la tierra y el agua los elementos que necesitan para su alimentación, aquí se incluyen elementos tales como: Calcio (Ca), Manganeso (Mn), Hierro (Fe), Fósforo (P), Potasio (K), Boro (B), entre otros, ya que al igual que diferentes tipos de vida que se encuentran en el planeta requieren de porcentajes de estos elementos.

5.1.8. Radiación solar

la medida se da por ondas electromagnéticas y permite conocer la cantidad de energía que se puede recibir del sol, siendo capturada sobre un panel solar, es directamente proporcional la energía y la luz, esta se mide en el espectro según Felicísimo y Cepedal (1984) la radiación solar es la fuente de energía básica para procesos tales como evaporación, transpiración, calentamiento de suelo y capas bajas de la atmosfera crecimiento y producción en vegetales y formación de vientos locales.

Es necesario el conocimiento de esta variable, debido a que determina como se pueden modificar la mayoría de las variables climatológicas pues, el ciclo de rotación de la tierra es de 24 horas, donde la mitad de este recibe energía del sol, la estrella que se encuentra en el centro del sistema solar, agregando que da luz a la luna.

5.1.9. Temperatura

En general la temperatura es una de las variables más importantes en cuanto a los cultivos se refiere, ya que esta tiene un rango mínimo que permite que las plantas realicen sus procesos internos, la forma más fácil y efectiva de ejemplificar la temperatura se puede hacer con la molécula del agua (H_2O), cuando la temperatura se encuentra muy baja el agua se halla en un estado sólido cuyo nombre es hielo, en el punto medio su estado líquido como un rio, pero al estar la temperatura por encima de lo normal se convierte a estado gaseoso.

De aquí la importancia de medir la temperatura ya que, si en la región donde se encuentra su cultivo, las condiciones climatológicas hacen que la temperatura se salga de su rango permitido, puede con mucha seguridad causar daños irreversibles en el desarrollo del cultivo, puesto que se retrasa o aún más grave se quema generando una gran pérdida a los agricultores.

5.1.10. Velocidad de viento

Velocidad con la que sopla el viento y esto es fundamental en la agricultura, porque si suceden vendavales o huracanes, entre otros. Los agricultores tienen la oportunidad de buscar una solución antes de que el problema se agrave evitando pérdidas en la producción de alimentos, la exposición de los cultivos y demás cosas que sucedan, ejemplo cuando se esparce glifosato para los cultivos de coca, afectando gracias a carecer de la medición de la velocidad del viento que cantidad de seres mata o deja con deficiencias que cada vez son más notorias.

Es una de sus cualidades principales el hecho de que por medio de esta medición se logre determinar si es o no conveniente aplicar agroquímicos que pueden afectar a la salud de los seres vivos, el glifosato es uno de los herbicidas más usado y peligroso, ya que al contacto con los seres vivos va matando, está bien para ello fue diseñado, pero se espera durante la evolución, encontrar otros métodos menos radicales y disminuir el consumo masivo de este producto.

Se recuerda que las variables climatológicas referentes al agua deben ser medidas desde más puntos que otros como la dirección y velocidad del viento, hoy se habla de “Smart Dust” (WARNEKE & PISTER, 2004) en español “Polvo inteligente”, tecnología que utiliza la empresa Hitachi donde los sensores tienen un tamaño de 15mm así se logra hacer mayor cantidad de mediciones con dispositivos de tamaño micro.

Este proyecto aporta al desarrollo del objetivo global 13 Acción por el clima y el 15 Vida de ecosistemas terrestres (PERALES, 2014). Colombia es uno de los países con mayor diversidad y esto lo vemos hasta en la mezcla de razas, es por eso que se recomienda evitarse los monocultivos en el país sin importar que tipo de cultivo sea, pues esto genera problemas sociales, conflicto entre grupos legales e ilegales que sacan a los agricultores de sus terrenos, obteniendo dinero así sin importar el trastorno que genera a la sociedad, que desde hace milenios tiene posición de estos

terrenos. En pocas palabras la guerra se produce por la tierra y las multinacionales pagan a las guerrillas, paramilitares y militares por que maten y quiten la tierra a los agricultores.

5.2. Fase 2: selección: se realiza la matriz de componentes del sistema (hardware) como lo son: sensores, sistema embebido, entre otros.

El hardware es la parte física de un dispositivo electrónico, es donde se encuentran los dispositivos que están impresos en los circuitos, aunque hoy la electrónica es mucho más fácil, porque cada vez los dispositivos vienen más integrados y la programación pasa a ser uno de los recursos más importantes cuando se quiere crear un nuevo producto.

Por ejemplo, la tarjeta de Arduino gracias a su sistema permite hacer una conexión rápida, si se tiene las librerías necesarias además cuenta con entradas analógicas y salidas digitales que ahorran al electrónico tiempo y menos problemas ya que la tarjeta recibe hasta 12v, lo importante es que se tengan los componentes necesarios, pues esto también causa que se disminuya el precio, como se escribió anteriormente tecnologías como “Smart Dust” son mucho más económicas y peligrosas si se utilizan de una manera incorrecta.

5.2.1. Sensores

Los sensores reciben la información del ambiente, en su mayoría por medio de voltaje que luego de una operación matemática se reconoce el numero de la señal y de esta forma se puede reconocer cual es el valor, por ejemplo, el sensor de temperatura recibe de 0 a 5 v, donde este valor es dividido de 0 a 1024 que son divididos en los 5v para así poder dar conocimiento del valor real de temperatura.

Ver anexo 1.1.

5.2.2. Sistemas embebidos

Los sistemas embebidos son placas que integran software y hardware, en la actualidad las placas son mucho más sencillas de trabajar ya que hay empresas como Arduino que se encargan de hacer la programación más compleja de los microcontroladores, por ejemplo, tiene pines digitales y análogos que se pueden configurar de una forma más franca como entradas o salidas, recordar además que la placa tiene otros pines como RT y RX, aunque la placa recibe hasta 12v, la placa alimenta otros componentes con 5v o 3.3v (PEDRE, 2012).

La programación base de la electrónica en microcontroladores se hace por medio de diferentes plataformas, pero una de las más conocidas es la de microchip a través de Mplab, donde TRIS determina si el pin es de entrada 1 o de salida 0 y PORT establece el estado lógico de los pines de salida, esta parte ya viene incorporada en las tarjetas actuales, disminuyendo las principales líneas de software y haciendo la electrónica más asequible para ciudadanos que no tienen conocimientos tan profundos.

Ver anexo 1.2.

5.2.3. Alimentación de energía solar

Este diseño es autosostenible energéticamente ya que se conecta a un panel solar que para su correcto funcionamiento necesita de un conversor DC/DC ya que como en el transcurso del día la energía solar no es la misma, el regulador ayuda a mantener la corriente en forma continua, evitando así que se pueda quemar los dispositivos que dependen de esta energía.

Ver anexo 1.3.

En conclusión, hay variedad de sensores. Como lo que queremos es dar una solución asequible para gran variedad de las personas que trabajan el agro, se hace la siguiente fase pensando en los sensores cuyo valor es medio y que sea más fácil su programación mediante el uso de plataformas que facilitan la programación como es en este caso Arduino por medio del módulo ESP8266

En el caso que la persona desee una red de sensores más precisa, se recomienda cambiar los sensores por aquellos cuya precisión es mucho más eficaz, ya que el margen de error de los aquí utilizados en algunas ocasiones es mucho mayor, teniendo en cuenta que los materiales que se utilizan son de un valor más elevado y que se necesita una mayor programación.

5.3. Fase 3: propuesta: se presenta el resultado del diseño a través de un esquema o trazado y una hoja de ruta

En la siguiente imagen se habla de una red de sensores principal, porque se sabe que algunas variables necesitan una mayor cantidad de sensores y por el contrario para otras es suficiente con que se haga el monitoreo en un primer grupo. Es importante, que se entienda como se verán conectadas las redes cuando sean varias, en este caso se diseña la red primaria.

5.3.1. Distancia:

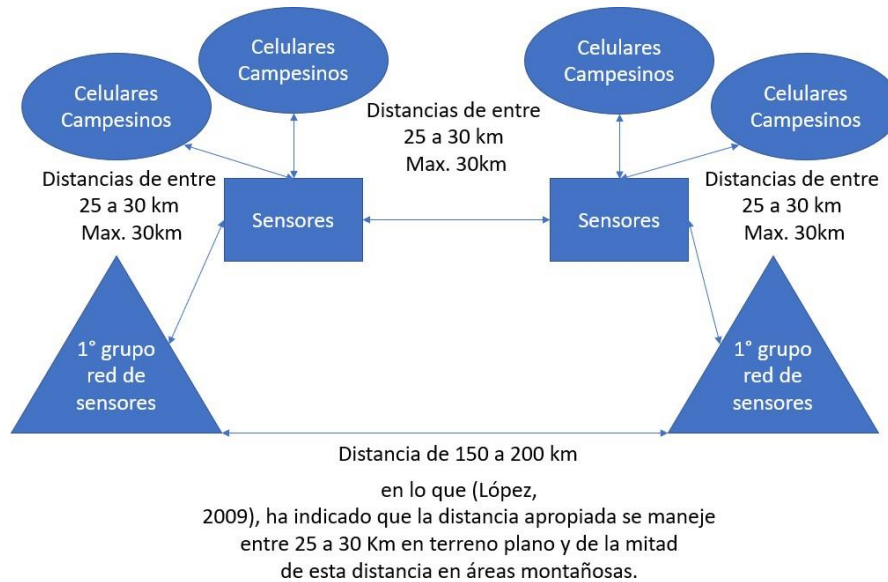


Ilustración 27 distancia entre redes de sensores

Fuente: Autor

5.3.2. Elementos

La imagen muestra la visualización grafica de la red primaria de sensores que incluye dirección y velocidad de viento en la parte más alta ya que estas deben estar despejadas a las montañas u otro obstáculo que puedan impedir su medición, en seguida encontramos los sensores que miden condiciones meteorológicas

precipitación, temperatura, humedad, presión atmosférica, CO2 y de ser posible radiación solar. Los que vienen a continuación son el panel solar y el centro de monitoreo, donde se encuentra la batería que carga el panel y el regulador de este, el visualizador de las variables en la red de sensores y la tarjeta ESP8266 que se encargara de enrutar los resultados de los sensores a la plataforma Web con el fin de que los datos sean visualizados en la aplicación de celular. Para finalizar los sensores de más beneficio, aquellos que miden el comportamiento del suelo radiación PAR, temperatura, humedad y Ph.

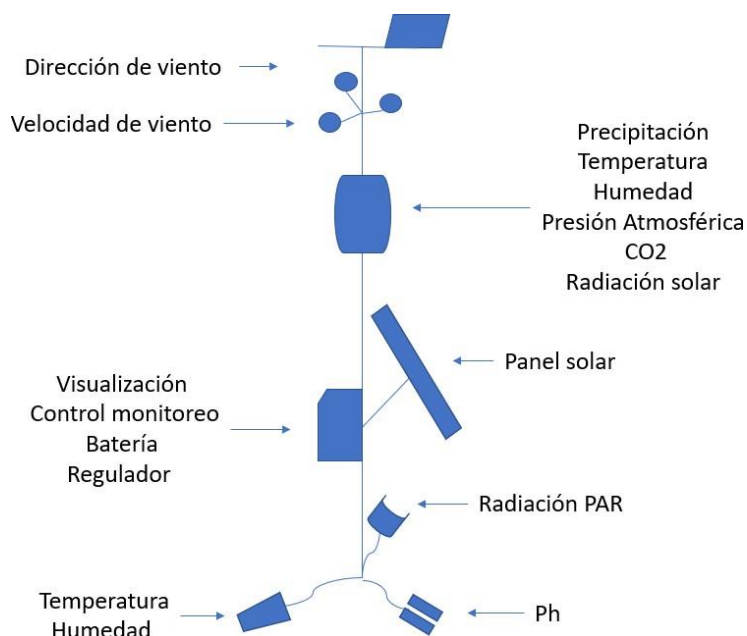


Ilustración 28 vista física de la red de sensores principal (totalidad de sensores)

Fuente: Autor

5.3.3. Comunicación

La imagen muestra cual es el funcionamiento ilustrado del centro de control, primero los sensores son quienes captan la información de las variables ya seleccionadas, segundo esta información pasa a la placa ESP8266 que esta previamente

programada, tercero los datos viajan por medio de WIFI hasta la microcomputadora

 raspberry Pi, seguidamente se hace la recolección de los datos y se lleva a la

 plataforma Web creada para dicho caso y para finalizar la información llega al cliente

 hasta su celular por medio de la aplicación móvil.

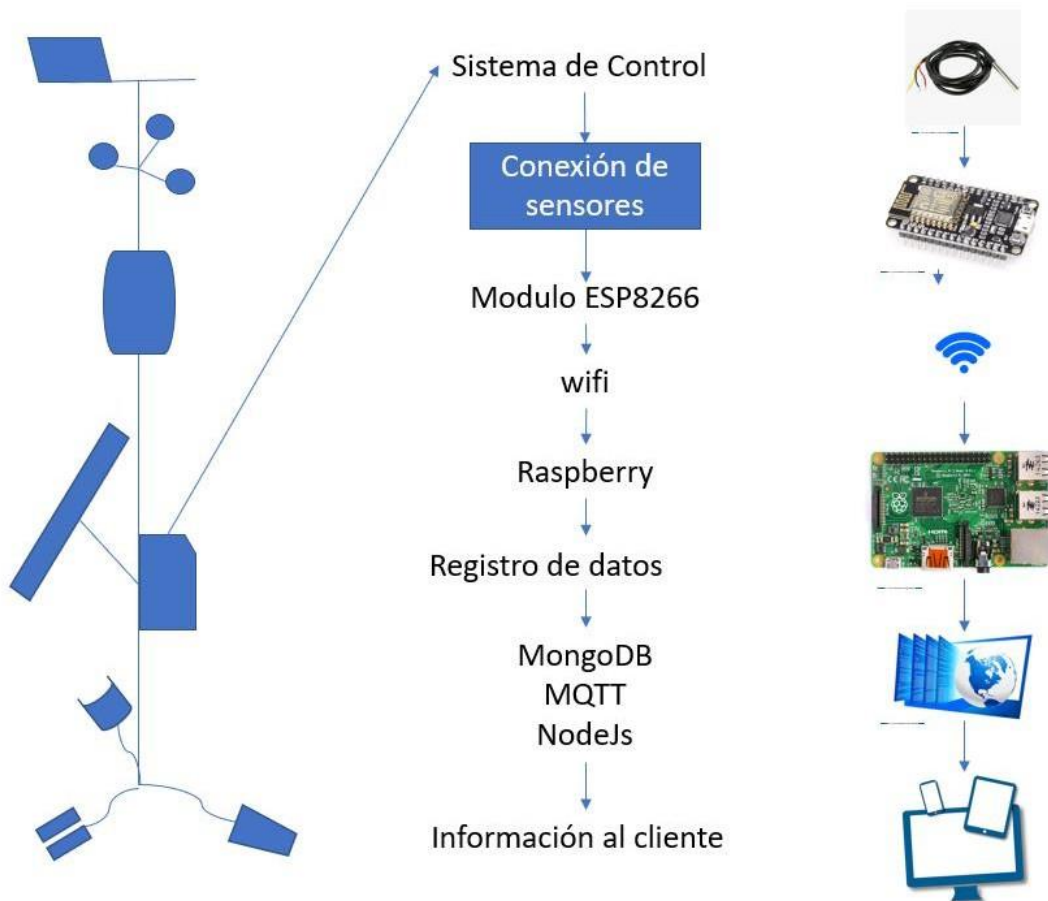


Ilustración 29 Comunicación entre los sensores y la web

Fuente: Autor

5.3.4. Conexión de red

El siguiente algoritmo muestra la forma en cómo será la comunicación desde la

 programación que se desarrolla principalmente en el ESP8266, quien será el

encargado de tener los sensores y la pantalla de visualización que estarán de forma física en la máquina, pero que además envía los datos conectados a la plataforma web por medio de MQTT.

Para explicar a cerca de MQTT (MQ telemetry transport), es un protocolo de comunicación perteneciente a la empresa IBM y que básicamente lo que hace es tomar los datos de forma fácil y utiliza TCP/IP, este recibe los datos desde la maquina y los mantiene por exactamente una vez para luego olvidarlo, es importante por esta razón crear una base de datos en MySQL.

MySQL por su parte es un sistema de gestión de base de datos que actualmente también maneja tecnología de bigdata, su servidor web principal es el de Linux, pero para este caso se utiliza apache, ya que es el que se podrá configurar desde la Raspberry y el lenguaje de programación es PHP pues este lenguaje está orientado a objetos.

Para hacerlo de una manera más agradable a la vista a continuación se muestra una imagen que refleja cómo es la arquitectura que se utiliza y recordar que el servidor es la microcomputadora raspberry pi, aquí se utilizan diferentes plataformas que de forma simultánea trabajan para que la información llegue hasta los computadores, celulares y otros dispositivos electrónicos.

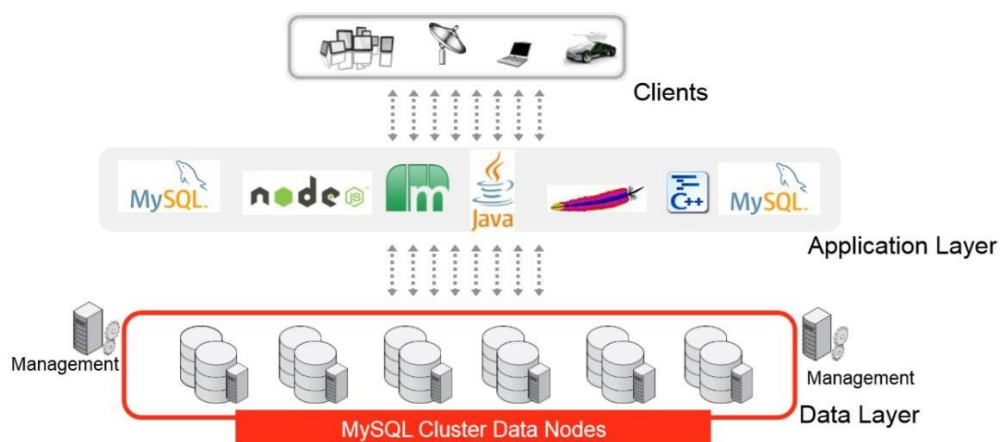


Ilustración 30 diagrama de programas para crear lavase de datos en la web

Fuente: <https://www.mysql.com/products/cluster/mysql-cluster-datasheet.pdf>

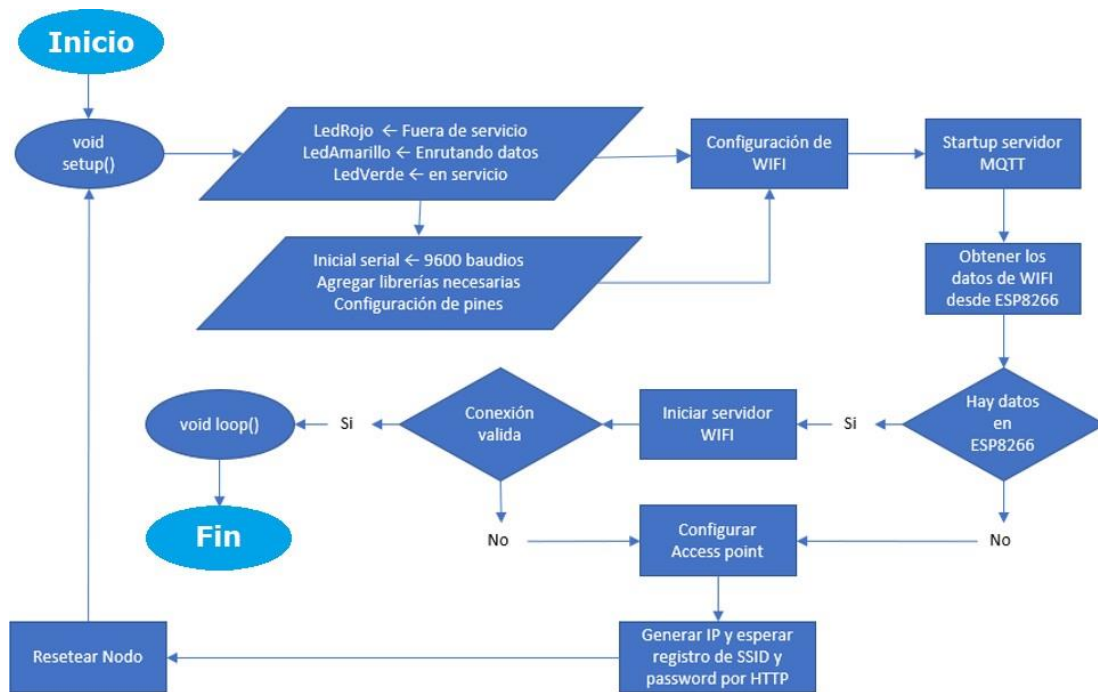


Ilustración 31 algoritmo de comunicación

Fuente: Autor

5.3.5. Ingreso a la web

En la plataforma web el cliente tendrá la oportunidad de entrar hacer un chequeo de cómo se encuentra su predio, en este caso debe ingresar con un usuario y contraseña y aquí encontrara las gráficas en tiempo real y también al dar clic en el botón ver más, los esquemas de cómo ha ido variando el comportamiento de los sensores y si alguno esta fuera de los límites de error que se configuran.

Para esta interfaz se utiliza la mezcla de sistemas como MySQL y eclipse con el fin de utilizar visualizadores de inteligencia de negocio, ya que estos permiten al cliente una forma más fácil de comprender la interfaz y a la compañía la posibilidad de mantener de una forma más organizada la base de datos recolectada para los usuarios con el fin de tener la información a la mano. (Rey, 2018)

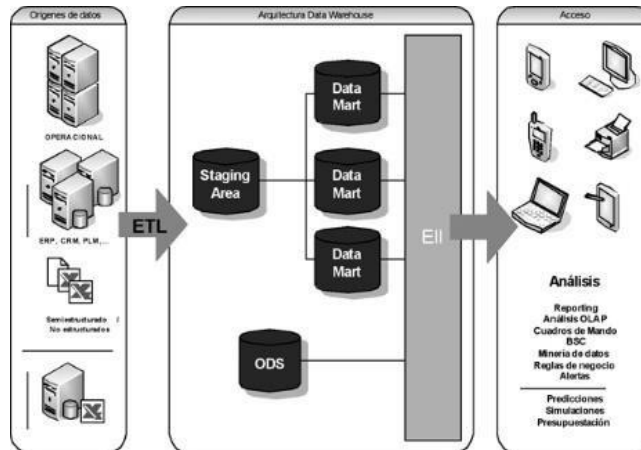


Ilustración 32 funcionamiento de BI visualizadores de inteligencia de negocio

Fuente:

https://reader.digitalbooks.pro/content/preview/books/29218/book/OEBPS/Images/OEBPS_Images_img003.jpg

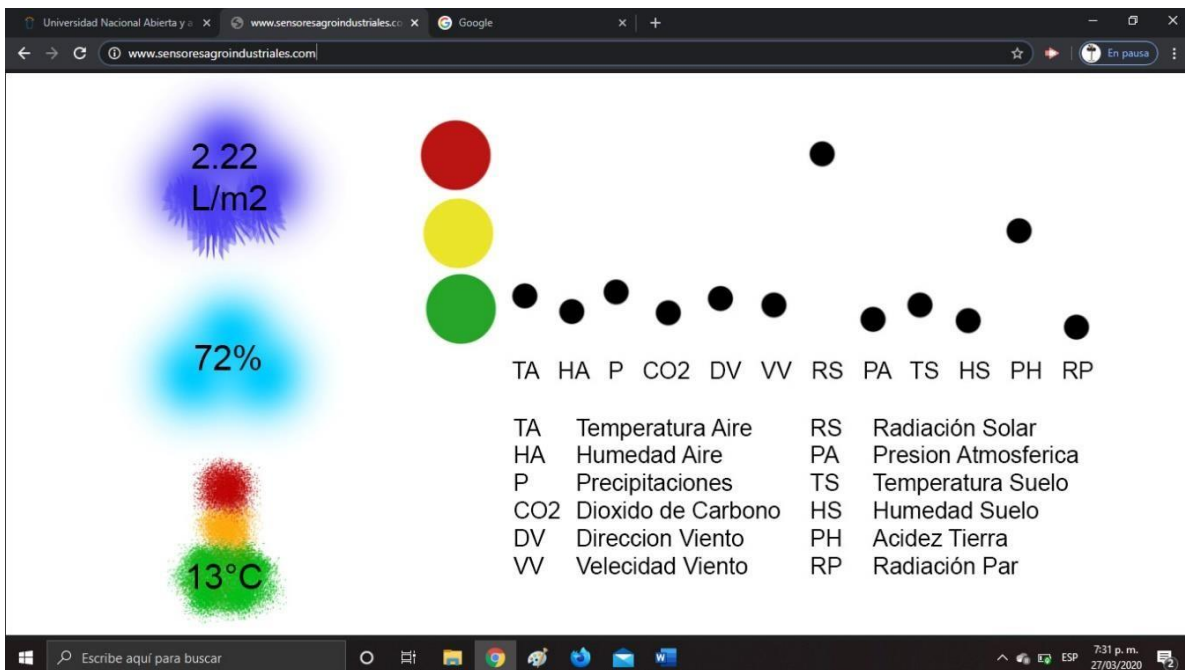


Ilustración 33 ver el cliente sus variables

Fuente: Autor

5.3.6. Plataforma dispositivos móviles

La programación de los dispositivos móviles se debe hacer desde diferentes plataformas ya que el sistema operativo de los Android es diferente al de las Apple por hacer alguna comparación, pero inicialmente será a través de App Inventor por medio de diferentes diagramas, pues este mecanismo es uno de los más sencillos que se encuentran en el mercado.

Una ventaja de esta plataforma es que la programación se hace por medio de diagramas de bloques que hace que la programación sea mucho más fácil de ejecutar y de entender, como la aplicación queda guardada en la web, es posible modificarla desde cualquier lugar desde que se tenga conexión a internet.

En esta aplicación entonces, los agricultores tendrán la oportunidad de ver las gráficas de sus variables, pero además si se encuentra alguna anomalía se enviará un mensaje de texto, ya que, aunque la mayoría cuentan con smartphone aún hay personas que no lo tienen y más en las zonas rurales del país.

A continuación, se muestra los algoritmos de cómo es el proceso desde el encendido y la verificación de las variables, además de cómo se reconoce si el sensor se encuentra en correcto funcionamiento pues para esto se le son asignados distintos grados confiables en los que debe estar marcada la lectura de cada sensor con el fin de evitar el reconocimiento del daño de alguno de ellos.

Al igual que en los diferentes pasos se hace una explicación grafica de cómo ve el cliente la app cuando ingrese a realizar un monitoreo del funcionamiento de sus sensores, pues es ahora en la mayoría de los casos es mucho más fácil acceder a una computadora pequeña como lo son los celulares, que acompañan el día a día de los seres humanos.



Ilustración 34 presentación de la APP

Fuente: Autor

5.3.7. Algoritmos de la red de sensores agroindustriales

Los algoritmos como base de la programación, permite a los seres humanos una mayor comprensión de los pasos que debe seguir el dispositivo para lograr un correcto desempeño en sus datos y toma de decisiones que facilitaran las decisiones, previniendo la perdida de alimentos y recursos económicos por falta de conocimiento en cuanto a las variables climatológicas.

5.3.7.1. Encendido inicial

Lo primero que vamos a hacer, es probar que los componentes de la máquina estén funcionando, se realiza la prueba de los dispositivos como los voltajes, la memoria RAM, el panel solar y cada uno de los sensores que están integrados, además de las placas que se programan para el desarrollo y la toma de lecturas respecto a los diferentes ítems.

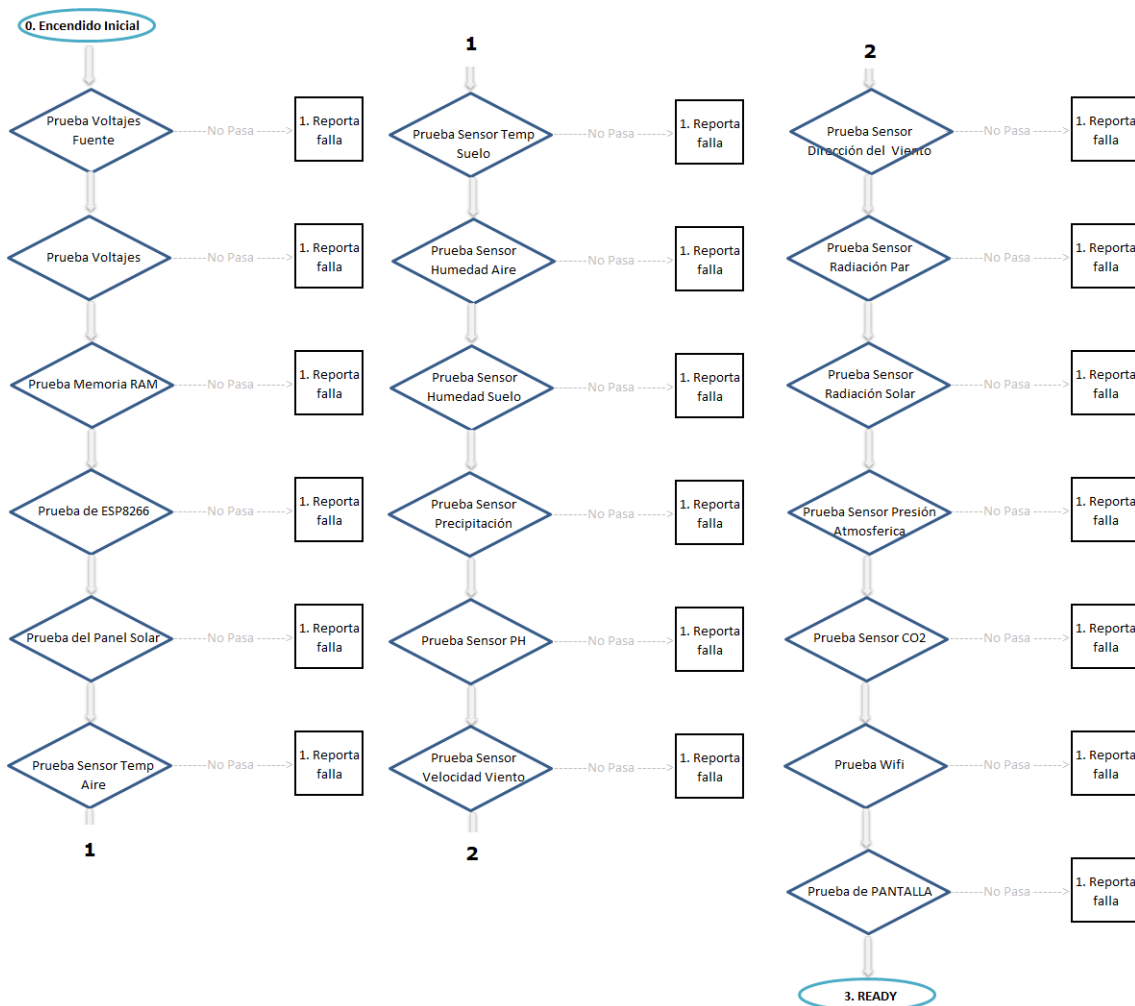


Ilustración 35 algoritmo configuración inicial

Fuente: Autor

5.3.7.2. Reporta falla

Como la maquina tiene una pantalla que permite visualizar lo que sucede con el sensor o cualquier otro de los dispositivos que lo prueban se abre una ventana en la pantalla que indica que hay alguna falla, lo que ocasionar que el Led Rojo que se

encuentra a la vista dentro del bloque donde se encuentran los sistemas embebidos y demás se encienda hasta que algún operario la revise.

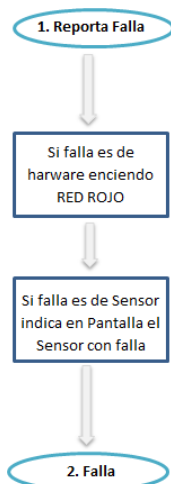


Ilustración 36 algoritmo reporte de falla

Fuente: Autor



Ilustración 37 visualización en la pantalla de la red de sensores

Fuente: Autor

5.3.7.3. Falla

Como se muestra en la anterior figura el sistema se bloquea y queda mostrando error, esto para evitar que el problema se agrave y si es algo de software no contamine el resto del sistema ya que será más costoso si esto continuara pues puede causar que algunos sensores se descalibren y las medidas que se toman se mezclen generando un mayor riesgo.

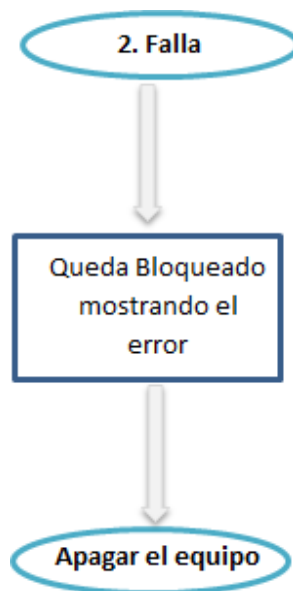


Ilustración 38 algoritmo de falla

Fuente: autor

5.3.7.4. Ready

Se muestra cuales son los datos que los sensores deben entregar por medio del ESP8266, quien debe entregar a la raspberry ya que el archivo se entrega a la base de datos y estos son mostrados en forma gráfica en la web y en los dispositivos móviles. Se han escogido 12 variables que se miden por medio de 10 sensores, en este momento la pantalla despliega el dato de cada sensor.

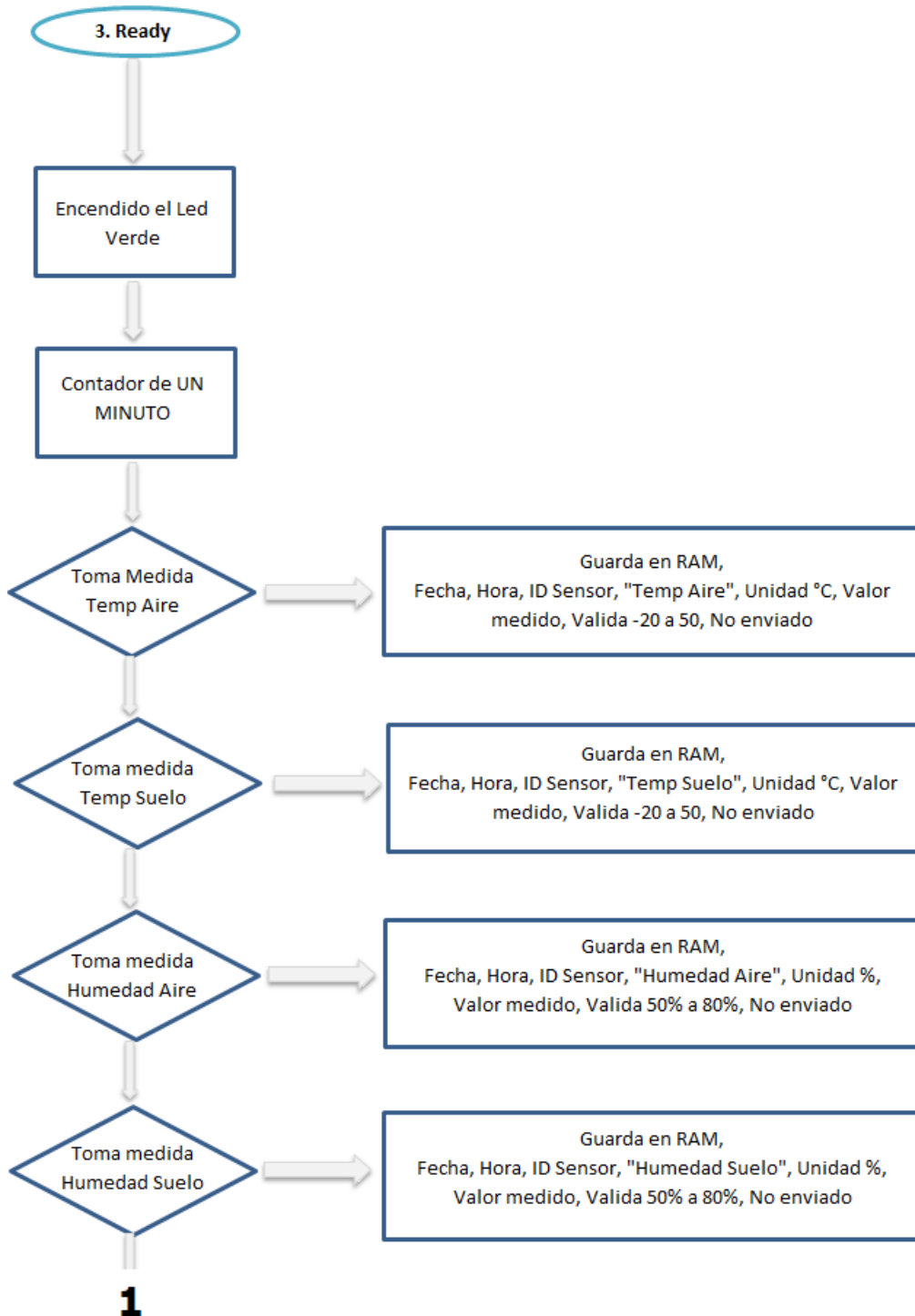


Ilustración 39 algoritmo ready

Fuente: Autor

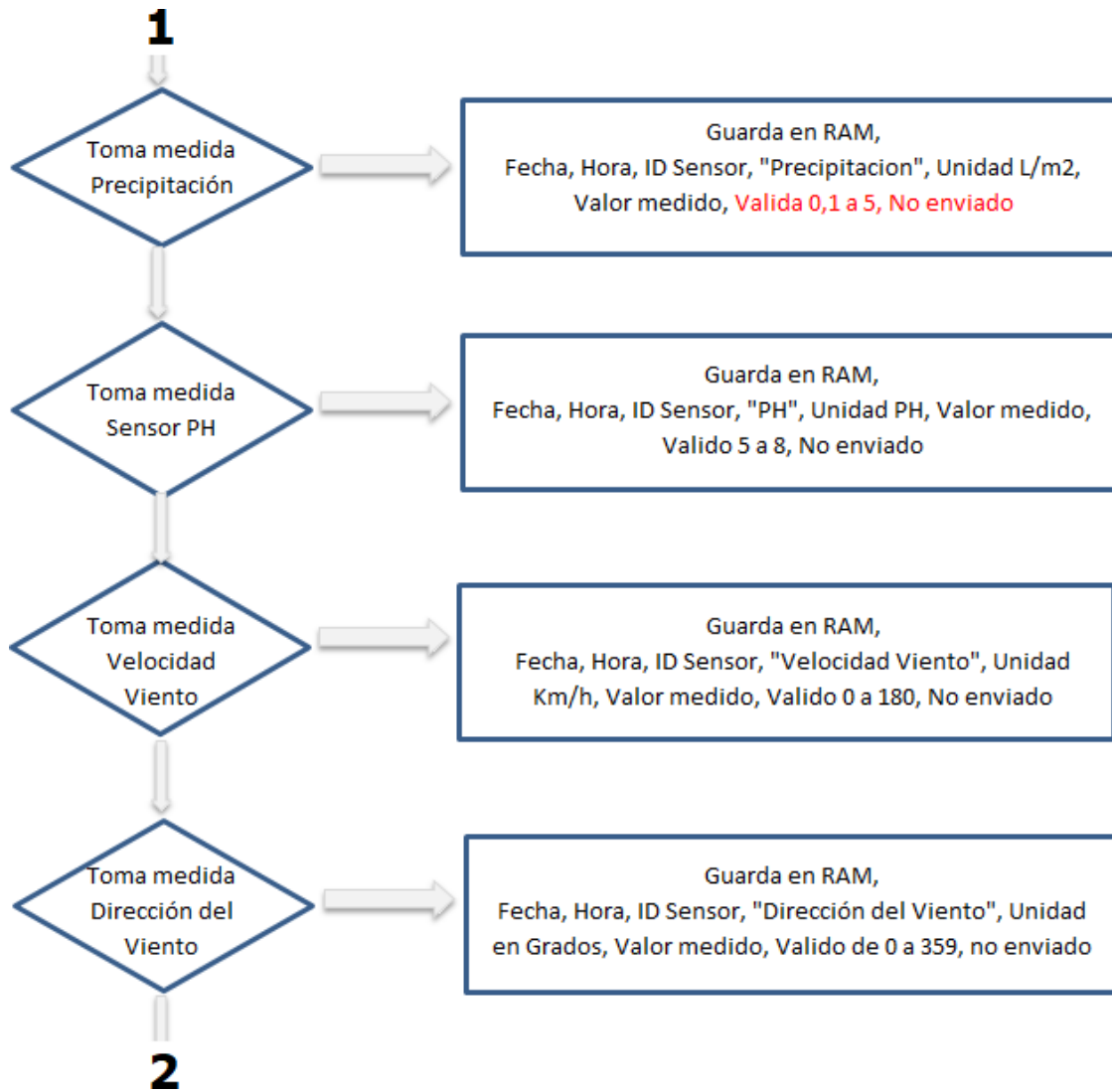


Ilustración 40 algoritmo ready

Fuente: Autor

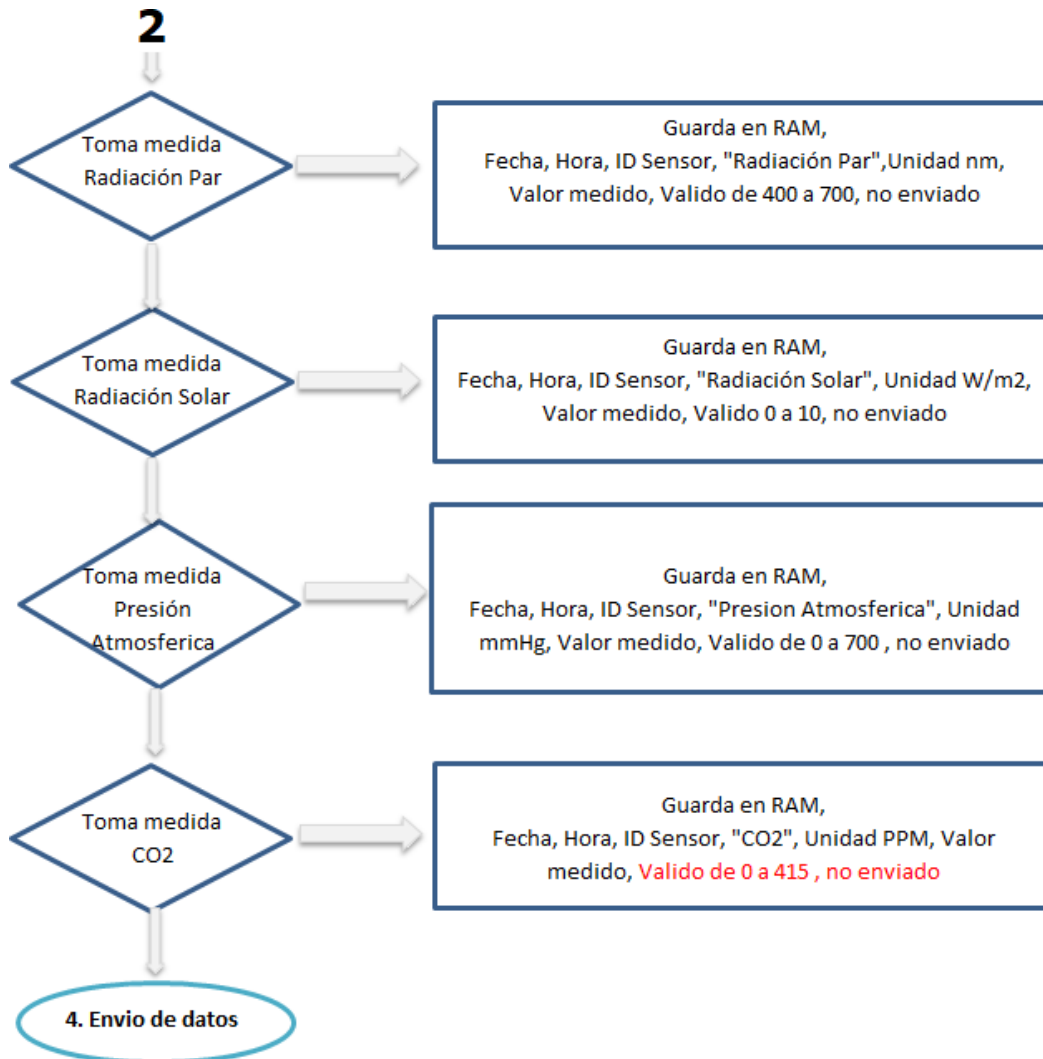


Ilustración 41 algoritmo ready

Fuente: Autor

5.3.7.5. Envío de datos

El envío de datos a la web se hace cuando ya los datos de cada sensor están cargados en la tarjeta y en la raspberry, luego se conecta con el servidor que está recibiendo la base de datos, si en este paso se genera algún error y se realiza un

intento de 5 veces, si definitivamente no se envían los datos, la tabla se debe marcar como “no enviada”.

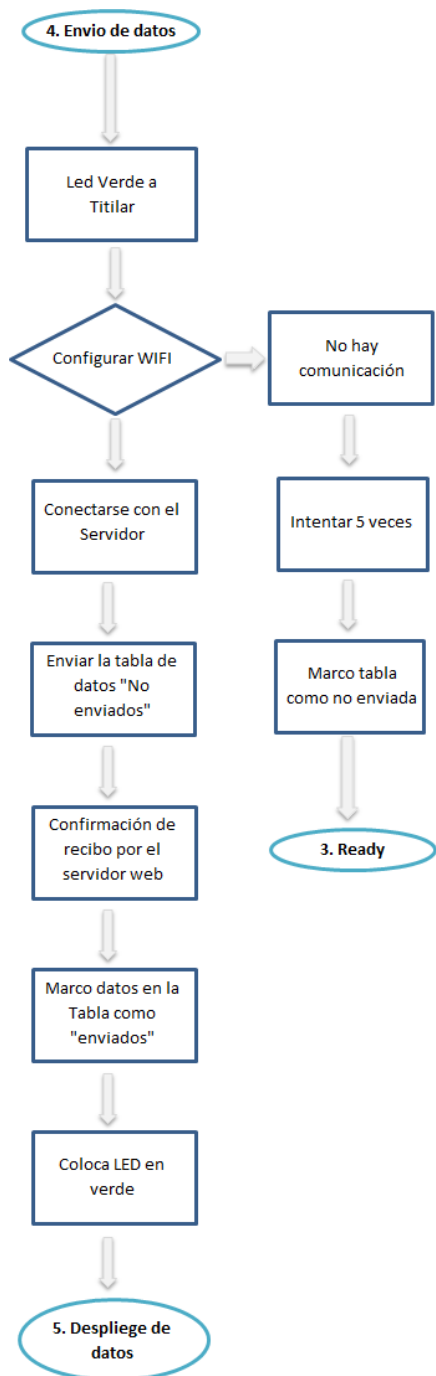


Ilustración 42 algoritmo de envío de datos

Fuente: Autor

5.3.7.6. Despliegue de Datos

Los datos son desplegados en la pantalla que está conectada a la ESP8266 y que muestra los datos de las variables, para aprovechar al 100% y como son 12 variables en la red de sensores, se toma la decisión de configurar el color del resultado de la variable según sea la alerta. Por ejemplo, si la temperatura está muy baja lo que sucederá es que el valor de la variable será rojo.

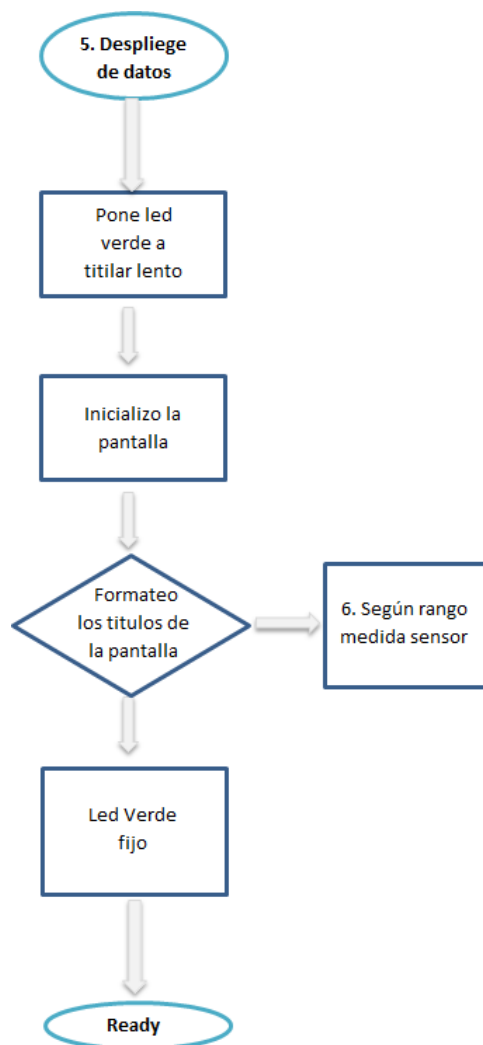


Ilustración 43 Algoritmo despliegue de datos

Fuente: Autor

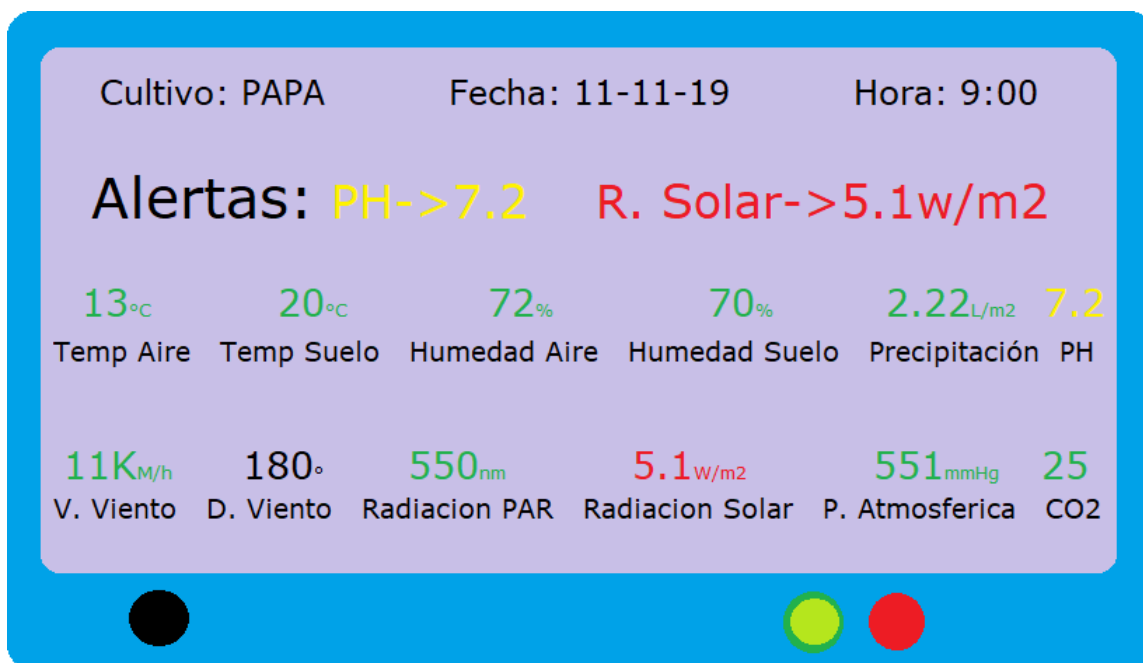


Ilustración 44 visualización de algoritmo despliegue de datos en la pantalla de la red de sensores

Fuente: Autor

5.3.7.7. Formateo títulos de la pantalla

La pantalla como se muestra en la imagen anterior muestra los resultados según la alerta, esta alerta se da por medio de programación de lógica matemática a través de and y or, que son los condicionales que se utilizan para seleccionar el color correcto, dependiendo de la alerta, este color también varío en la aplicación web y móvil, además de enviar mensajes cuando algún dato cambie a rojo.

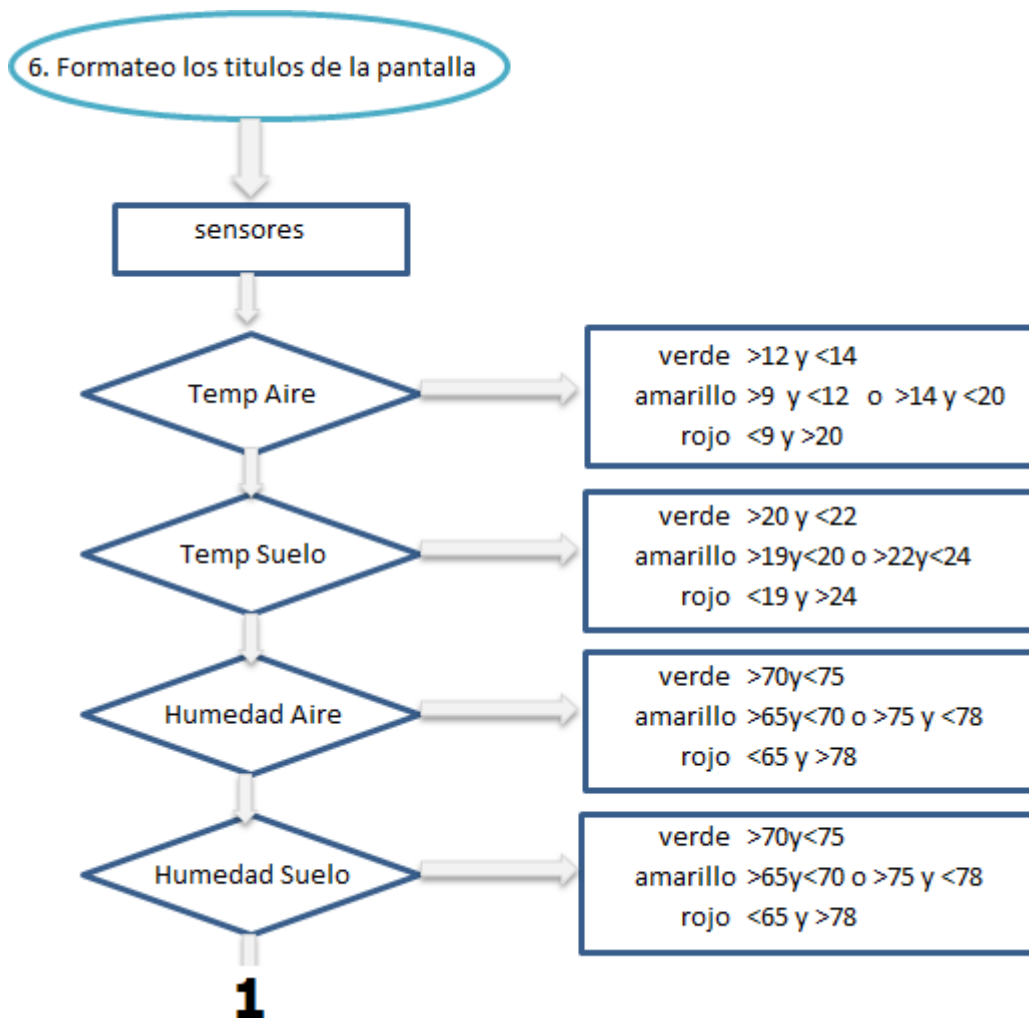


Ilustración 45 algoritmo de formateo de los títulos en la pantalla

Fuente: Autor

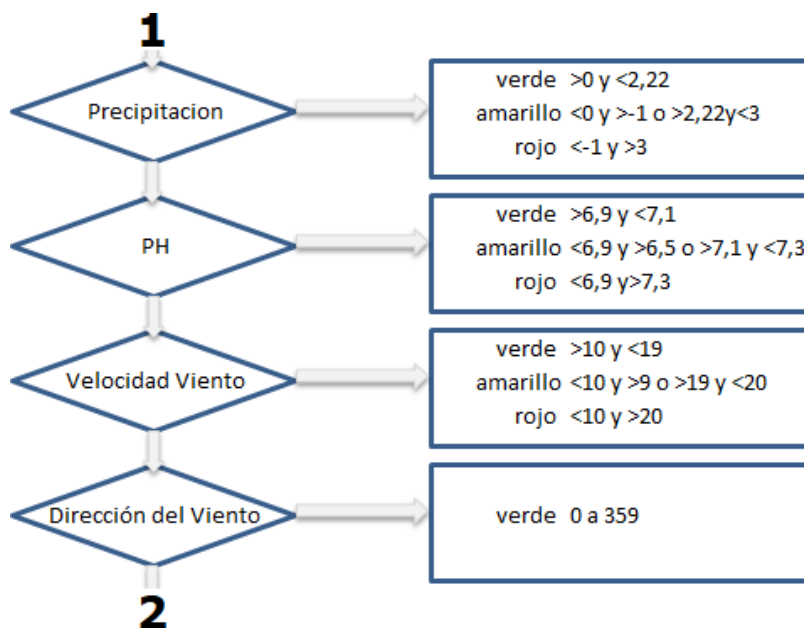


Ilustración 46 algoritmo muestra los condicionales a utilizar

Fuente: Autor

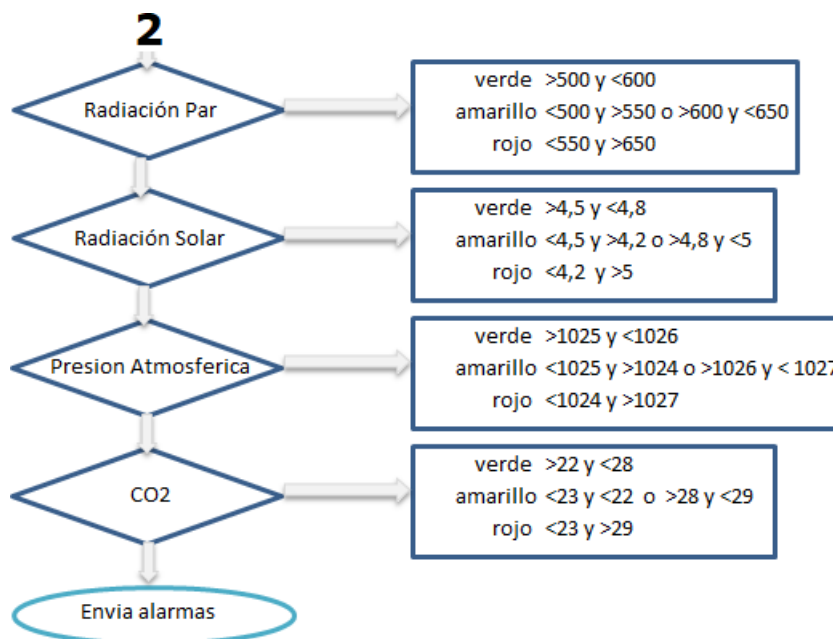


Ilustración 47 algoritmo con condicionales para elegir colores en la pantalla

Fuente: Autor

5.3.7.8. Comunicación

La información es recogida en la raspberry y se lleva hasta la base de datos de la web configurada en MQTT, MySQL y PHP como las principales plataformas a programar para el desarrollo web, donde esta es revelada en diferentes graficas para cada sensor e histórico de las mediciones de estos que se muestra en el entorno realizado.

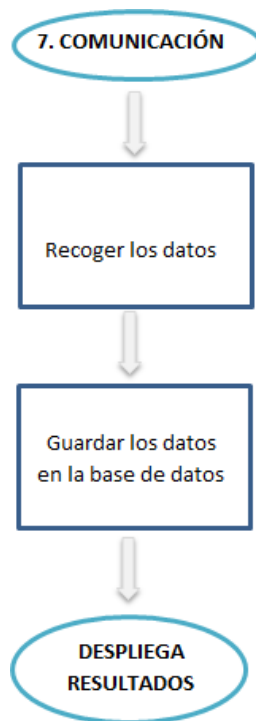


Ilustración 48 algoritmo de comunicación

Fuente: Autor

5.3.7.9. Despliega resultados

Se toman las ultimas 50 lecturas para generar las gráficas que arrojan como van variando los resultados y de esta forma el agricultor podrá predecir lo que sucederá a futuro, pues en esta se muestra cómo van variando y cuál es el comportamiento

de cada una de las variables que compone la red de sensores en pro de que se logre predecir perdidas de alimentos y económicos entre otros

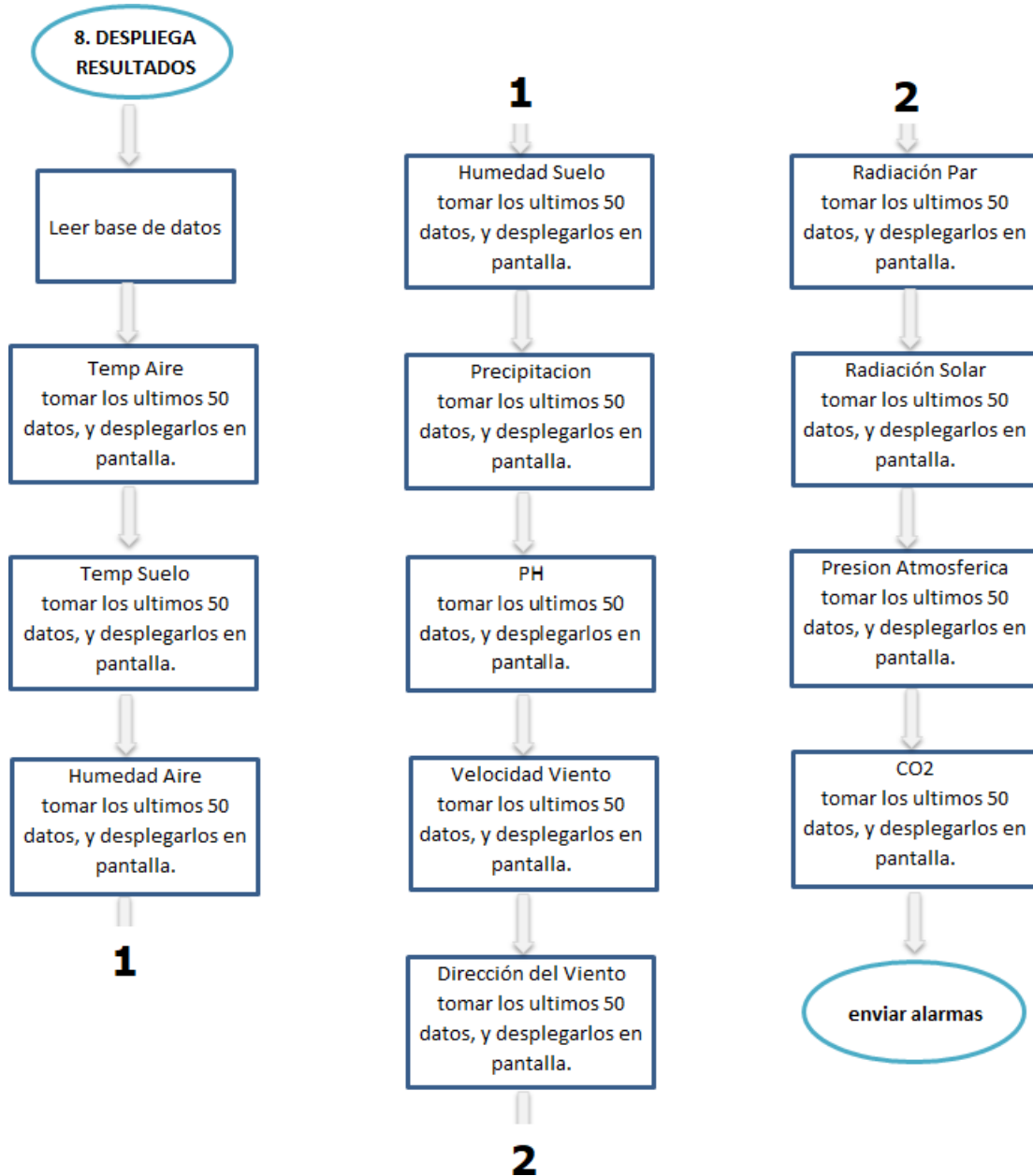


Ilustración 49 algoritmo que despliega resultados en las graficas

Fuente: Autor

5.3.7.10. Envía alarma

Si cualquiera de las 12 variables que se miden a través de los sensores esta fuera del rango debe volver a comunicación para que se realice el mismo proceso que cambia o mantiene el color dependiendo del tipo de alerta, los mensajes solo se envían cuando el sensor esta fuera de rangos como peligro en el color rojo o el de alerta en el color amarillo.

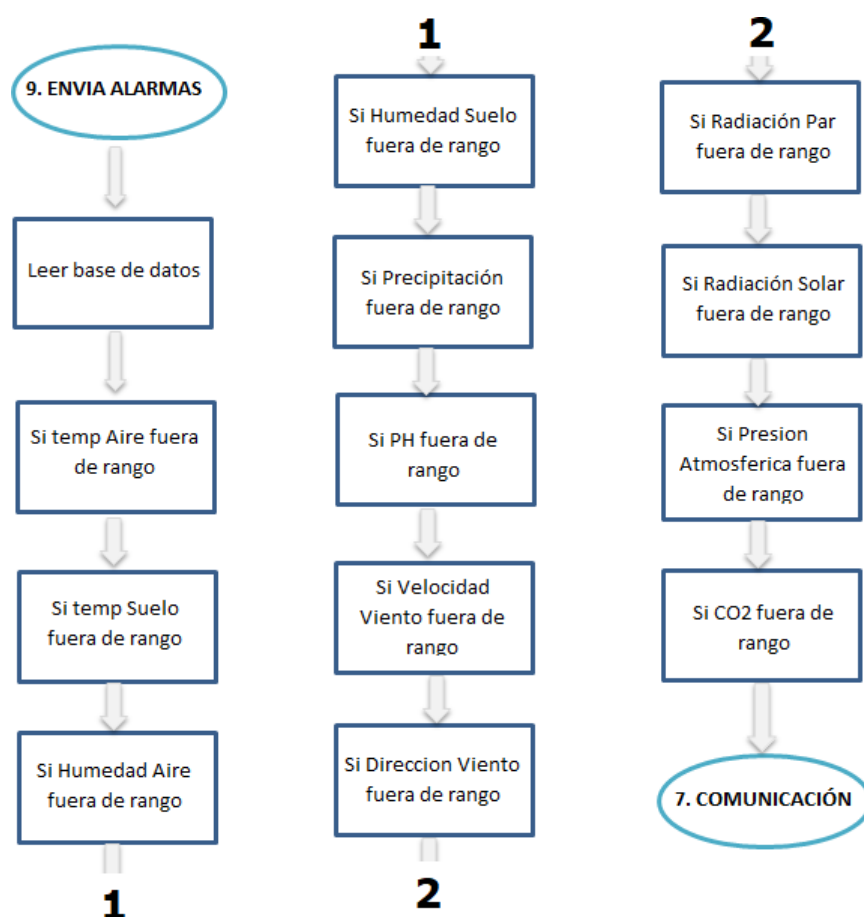


Ilustración 50 algoritmo de alarma, porque resultado esta fuera de rango. puede ser sensor este dañado

Fuente: Autor

5.4. Fase 4: Evaluación: Se presenta las conclusiones obtenidas en el proceso de investigación adjunto a ello se entrega una matriz de costo-beneficio.

En esta parte se habla sobre cuánto cuesta la construcción del prototipo y cuál es su beneficio en relación con los costos de materiales, tiempo, impacto social, impacto económico y ambiental. Ya que son variables que cambian cuando se introduce la tecnología a la agricultura, en muchas ocasiones estas situaciones chocan con los conocimientos y creencias de las culturas dueñas del territorio.

5.4.1. Presupuesto

La siguiente tabla muestra el costo de la maquina utilizando materiales económicos y compatibles en su mayoría con Arduino, además la cantidad de componentes electrónicos incluye los sensores, sistemas embebidos, visualizador LCD, el raspberry entre otros, teniendo en cuenta la programación web y de la app que están en gran parte en la mano de obra.

Tabla 1 Presupuesto

| | Descripción | Valor |
|---|-----------------|----------|
| <i>Arduino Wifi Mkr 1010 Abx00023</i> | Arduino | \$194805 |
| <i>Modulo Gsm Gprs Sim900 Arduino Con Antena</i> | Arduino | \$86000 |
| <i>Node MCU ESP8266</i> | Arduino | \$20000 |
| <i>Spg30 Sensor De Calidad De Aire Voe Y Eco2- Electron</i> | Calidad de aire | \$86445 |

| | | |
|--|---------------------|-----------|
| <i>Sensor De Gas CO2 Deteccion De Dioxido De Carbono Mg811</i> | Co2 | \$100000 |
| <i>Control de humedad de suelo XH-M214</i> | Humedad | \$30000 |
| <i>Sensor de precipitaciones KNX R sl</i> | Lluvia | \$539000 |
| <i>Regulador controlador de carga bateria panel solar 20a 12/24v</i> | Panel | \$59000 |
| <i>Panel solar 100w -12v policristalino uso de bateria agm</i> | Panel | \$220000 |
| <i>Bateria</i> | Panel | \$250000 |
| <i>Kuman Pantalla Tactil De 7 Pulgadas Tif Lcd Modulo Hd</i> | Pantalla | \$325000 |
| <i>Sensor De Radiacion Par</i> | Par | \$1178100 |
| <i>Sensor De Ph Liquido 0-14 Con Sonda Bnc Arduino Analogico</i> | Ph | \$129000 |
| <i>Cjm-Bme280 Modulo De Sensor De Altitud De Presion Atmosfer</i> | Presión atmosférica | \$173513 |
| <i>Sensor De Radiacion Solar</i> | Radiación solar | \$850000 |
| <i>Canakit Rasberry Pi 4 Kit Basico De 4gb Con Ventilador 4g</i> | Raspberry | \$421990 |
| <i>Hiletgo Max6675 + tipo k sensor</i> | Temperatura | \$55900 |
| <i>Calt sensor de direccion de viento 5v dc</i> | Viento | \$439599 |

| | | |
|--|----------------|--------------------------|
| <i>Sensor de viento PCE-FST-200-201</i> | Viento | \$450000 |
| <i>Canakit Rasberry Pi 4 Kit Basico De 4gb Con Ventilador 4g</i> | Raspberry | \$484990 |
| <i>Mano de Obra</i> | Recurso Humano | \$10000000 |
| <i>Carcazas y soportes</i> | Adicionales | \$5000000 |
| <i>Papelería</i> | Adicionales | \$1000000 |
| <i>Computadora</i> | Adicionales | \$4000000 |
| | | |
| | Total | COP \$ 26.073.422 |

NOTA: Los precios aquí sugeridos fueron tomados de Mercado Libre Colombia principalmente y es para hacerse la idea de cuanto sería un precio mínimo para el desarrollo de la red de sensores.

5.4.2. Factores de impacto en la construcción de la red de sensores

A continuación, se presenta algunas de las variables que mayor impacto genera al desarrollar una red de sensores como esta que busca ser mucho más económica y evitar a los agricultores la pérdida de alimento o de dinero a raíz de que la naturaleza tiene variaciones que, al hacer un seguimiento y predecir lo que podría suceder evita en gran medida las consecuencias de tanta contaminación en el planeta.

5.4.2.1. Material

Los materiales presentados con anterioridad son fruto de la investigación que busca generar a bajo costos proyectos que a pesar de ser eficaces utilizan materiales mucho más económicos de los que actualmente se encuentran en los

dispositivos tecnológicos que desean incorporarse en la agricultura a nivel mundial. Claro que cuando los sensores son más costosos son más precisos.

5.4.2.2. Impacto social

Es importante tener en cuenta que hay comunidades dueñas de sus territorios y por tanto estos dispositivos deben ser utilizados con mucho cuidado, porque se podría generar un conflicto, ya que la tierra es libre y así debe permanecer. Para los agricultores que utilicen esta red de sensores tienen una mayor probabilidad de que sus cosechas sean más rentables.

5.4.2.3. Impacto ambiental

El planeta en territorios como América Latina, que seres humanos de otros lugares creyeron habían descubierto, pero que en realidad llevan muchos más años conviviendo hombre – naturaleza, se les dificulta entender que el respeto al otro y al entorno es más importante que generar monocultivos que acaban con los recursos naturales.

5.4.2.4. Impacto económico

Puede ser muy alto ya que al tener el conocimiento de las variables ambientales se pueden prevenir de forma más eficiente las pérdidas económicas un caso es la temperatura, humedad y las precipitaciones como las más importantes, porque lo significativo es mantener el equilibrio en las necesidades del cultivo y con el conocimiento en el celular, es mucho más fácil.

5.4.2.5. Tiempo

Aunque es mucho más rápido con los dispositivos electrónicos o sensores principalmente más costosos, Arduino tiene la ventaja de hacer que la programación sea muy sencilla y esto ayuda a que el tiempo de ejecución del prototipado con los materiales ya seleccionados sea de mediano plazo, la dedicación, perseverancia y dinero permiten el desarrollo de este proyecto.

5.4.3. Matriz costo beneficio

Tabla 2 Matriz costo beneficio

| | Sensores de menor costo | Sensores de mayor costo |
|-------------------|---|---|
| <i>Beneficios</i> | +Tiempo -Impacto económico =Impacto social =Impacto Ambiental -Material | -Tiempo +Impacto económico =Impacto social =Impacto Ambiental +Material |
| Costos | COP \$ 25.586.322 | COP \$ 35.000.000 |

5.4.4. Evaluación costo beneficio del proyecto

Consideraciones sobre la importancia del cultivo de la papa en Colombia.

La papa es un alimento por excelencia en la mesa colombiana. Tenemos una amplia variedad de diferentes especies de papas, una de las más representativas es la papa pastusa.

Lastimosamente no existe suficiente información estadística sobre la papa. Revisando la información estadística sobre la Papa Pastusa se encuentran los siguientes datos que nos permiten apreciar la importancia de este cultivo en la economía colombiana (Paula, 2019).

5.4.5. Datos económicos sobre la papa

En el mundo, la papa es el tercer producto alimenticio más importante, luego del arroz y el trigo, así lo asegura la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). En el caso de Colombia, se trata de uno de los productos insignia, el cual participa con 3,3% de todo el PIB agropecuario (Paula, 2019).

La papa tiene un espacio importante dentro de la economía y afecta grandemente a aquellos que hacen parte de su cadena de valor:

Cada año genera cerca de 264.000 empleos totales, de los cuales unos 75.000 son directos y 189.000 indirectos. La papa pastusa, se conoce en todo el país, la cultivan en 10 departamentos y 283 municipios. (Paula, 2019)

5.4.6. El costo de cultivar una hectárea de papa

El costo de cultivar una hectárea de papa considera los costos de los insumos, el empaque, el transporte, la mano de obra, la maquinaria y el equipo.

Cultivar una hectárea de papa pastusa cuesta \$15,9 millones de pesos. Cultivar una hectárea de papa R12 que se usa para las papas fritas, vale en promedio entre \$17 millones cuando la labor se hace manual, y \$22 millones cuando la labor se hace mecanizada. (Paula, 2019)

Colombia produce 21,5 toneladas de papa por hectárea. Esta producción es más alta que el promedio mundial que está en 20,5 Toneladas / hectárea. En Colombia se cultiva aproximadamente 126.000 hectáreas, cuales producen 2'690.000 Toneladas de papa por año. (Paula, 2019).

En la ilustración 51 se presenta la variación de la siembra y producción de la papa en los últimos 4 años, y resume los datos anteriores, además adiciona algunos datos también interesantes.

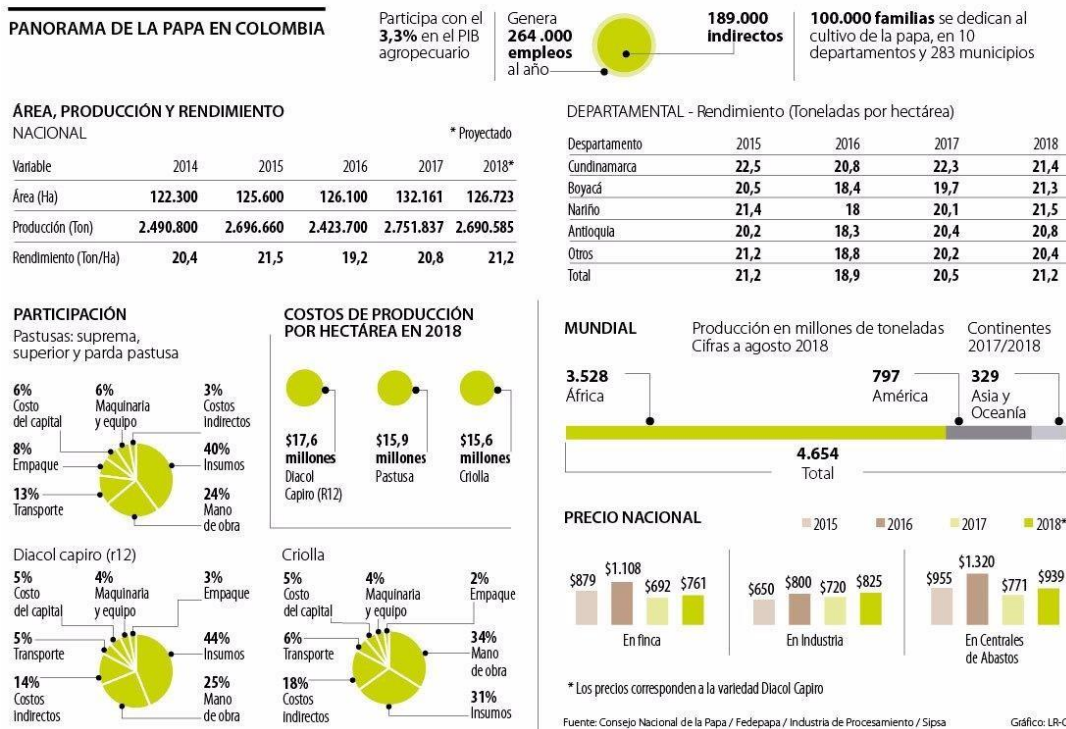


Ilustración 51 variación de siembra y producción de papa

Fuente: <https://www.agronegocios.co/clima/cultivar-una-hectarea-de-papa-pastusa-en-colombia-cuesta-156-millones-2891288>

5.4.7. Precio de venta de la papa por Kilo

Considerando que en Colombia la papa se vende aproximadamente en un precio promedio por kilo de \$825 pesos, se puede hacer los siguientes cálculos, para estimar la ganancia (Fedepapa, 2019)

5.4.8. Margen de venta de la papa

Según los anteriores datos una tonelada de papa vale \$825/kilo x 1000 kilos = \$825.000 pesos. Una Hectárea produce 21,5 toneladas, \$825.000 por tonelada x 21,5 toneladas/hectárea = \$17.737.500 por hectárea. Considerando que el costo de producción de una hectárea es \$15,900.000 pesos. Lo anterior significa que la papa tiene un margen neto de ganancia de aproximadamente 10% ($\text{Margen}\% = 1 - \text{Costo}/\text{Venta}$), Esto significa que de cada 10 pesos vendidos en papa, \$9 son para pagar a otros, y \$1 peso es la utilidad del negocio.

Lo cual significa que un cultivador de papa se gana \$1.837.500 por Hectárea sembrada. Precio venta – Costo.

Este es un valor que da una idea del monto de ganancia de un sembrado de papa. Y lo usaremos para calcular el retorno de la inversión ante la compra de la red de sensores agroindustriales.

5.4.9. ¿Cuánto son las pérdidas en caso de una falla de clima?

Es importante aclarar que en caso de que el clima ocasione un daño sobre el cultivo que pudiera hacer perder la siembra, las pérdidas totales ascienden a \$15.9 millones por hectárea, en promedio que las pérdidas solo sean del 50%, o sea unos \$7,9 Millones por Hectárea.

Las pérdidas son suficientemente altas, lo cual motiva trabajar en algún sistema que permita asegurar que no se presenten. Normalmente el agricultor se financia con créditos bancarios.

5.4.10. ¿Se puede prevenir las pérdidas conociendo las variables agroclimáticas?

Conocer el valor de las diferentes variables agroclimáticas, permite al agricultor tomar medidas sencillas y prácticas que podrían evitar pérdidas del cultivo. Por ejemplo, cubrir el sembrado con plásticos ante una predecible granizada, tener un canal de desagüe listo para una época de lluvia, usar el abono adecuado ante la acidez del terreno, regar adecuadamente el sembrado ante una sequía. Etc.

5.4.11. ¿Cuál es el costo estimado de la red de sensores?

La red de sensores vale aproximadamente \$26.000.000 pesos. Los cuales los vamos a financiar a 36 meses con un banco, a una tasa de 0,83% mensual. Usando la fórmula de Excel de PAGO (Tasa, #meses, Valor a amortizar) nos da una cuota de \$839.000 pesos/mes. Como la cosecha es cada cuatro meses, entonces los pagos se acumularán en 4 meses y la cuota valdrá \$3.356.000.

5.4.12. ¿Puede el sembrado de papas pagar la cuota?

Considerando que la cosecha se da cada cuatro meses, y considerando lo que produce una hectárea de papa, en los cuatros siguientes evaluamos si un sembrado de 10 hectáreas puede amortizar la deuda del sistema de sensores, y luego vamos bajando el número de Hectáreas para ver hasta qué tamaño debe tener mínimo una finca para que pueda pagar la red de sensores que hemos diseñado.

En las siguientes gráficas, el eje de las X representa cada 4 meses, los próximos 3 años. O sea 9 periodos de tiempo, que cubren 4 años.

El eje Y presenta los montos en pesos colombianos.

La curva en AZUL presenta la evolución de la deuda. Decreciendo o creciendo. Consideramos que la deuda no va a hacer abonada si los ingresos son inferiores a la cuota de la deuda. Y en ese caso la deuda sube.

La curva naranja muestra las utilidades esperadas de la venta de las papas, después de pagar la cuota. Así se podrá ver fácilmente cuantas hectáreas debe tener una finca para que pueda adquirir el sistema de sensores diseñado.

Para una finca de 10 hectáreas de papa, la deuda se abona fácilmente. Hay suficientes ganancias acumuladas de las cosechas (casi \$200 millones en tres años) lo cual muestra que de esta cantidad de tierra en adelante es donde se debe ofrecer la red de sensores agroindustriales.

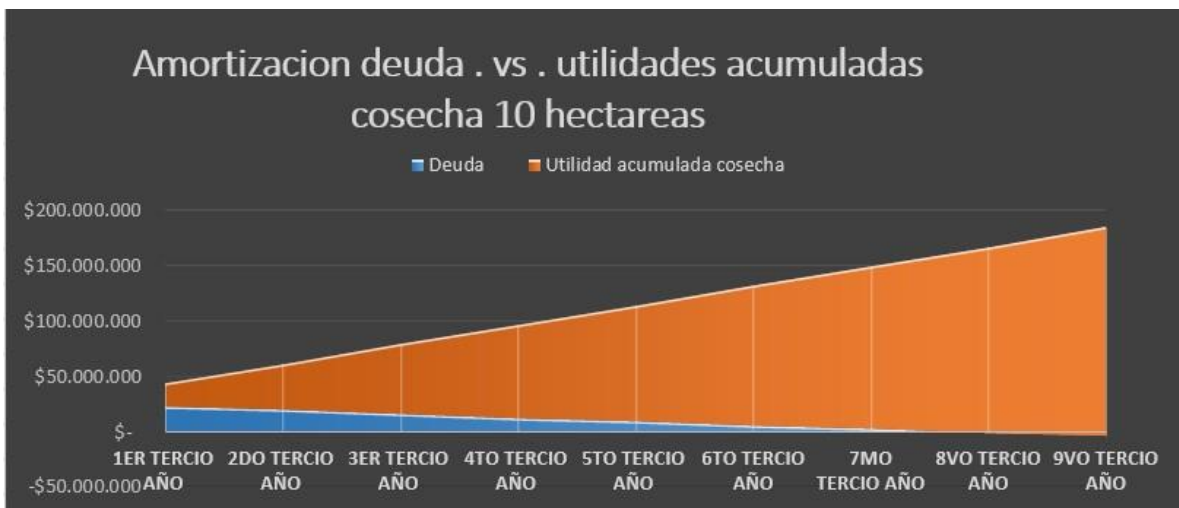


Ilustración 52 grafica 10 hectáreas factible

Fuente: Autor

En una finca de 8 hectáreas. Las cuentas se ajustan más. La deuda se puede pagar. Las utilidades son suficientes \$150 millones. Pero son más bajas. Esta finca puede adquirir la red de sensores agroindustriales teniendo en cuenta que los intereses por prestamos se podrán pagar y el endeudamiento no genera quiebra.

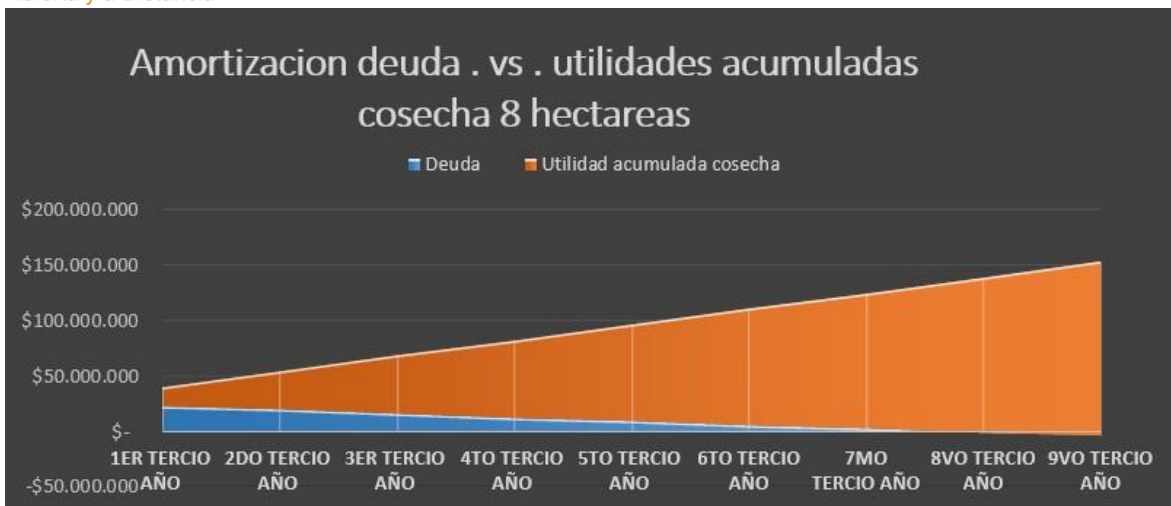


Ilustración 53 grafica 8 hectáreas factible

Fuente: Autor

Para una finca de 6 hectáreas, la amortización de la deuda es más ajustada. Puede pagar la deuda a 3 años. Pero las utilidades acumuladas de la finca a 3 años solo llegan a \$120 millones. Puede adquirir la red de sensores agroindustriales, pero con un esfuerzo ya que las ganancias son menores.

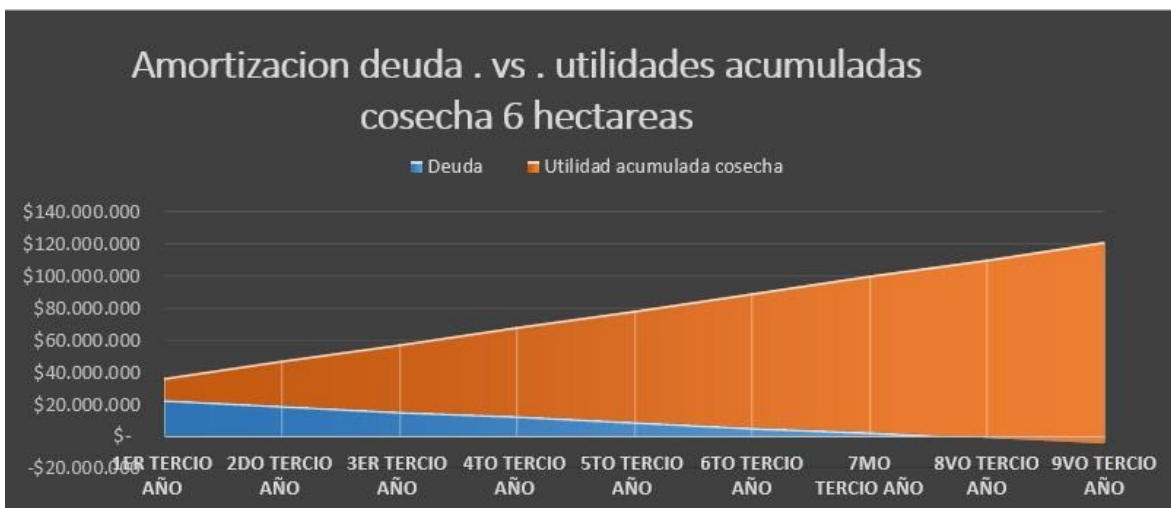


Ilustración 54 grafica 6 hectáreas factible

Fuente: Autor

Para una finca de 4 hectáreas, la amortización de la deuda es aún más ajustada. Puede pagar la deuda a 3 años. Pero las utilidades acumuladas de la finca a 3 años solo llegan a \$90 millones. Puede adquirir la red de sensores agroindustriales, pero con un esfuerzo.

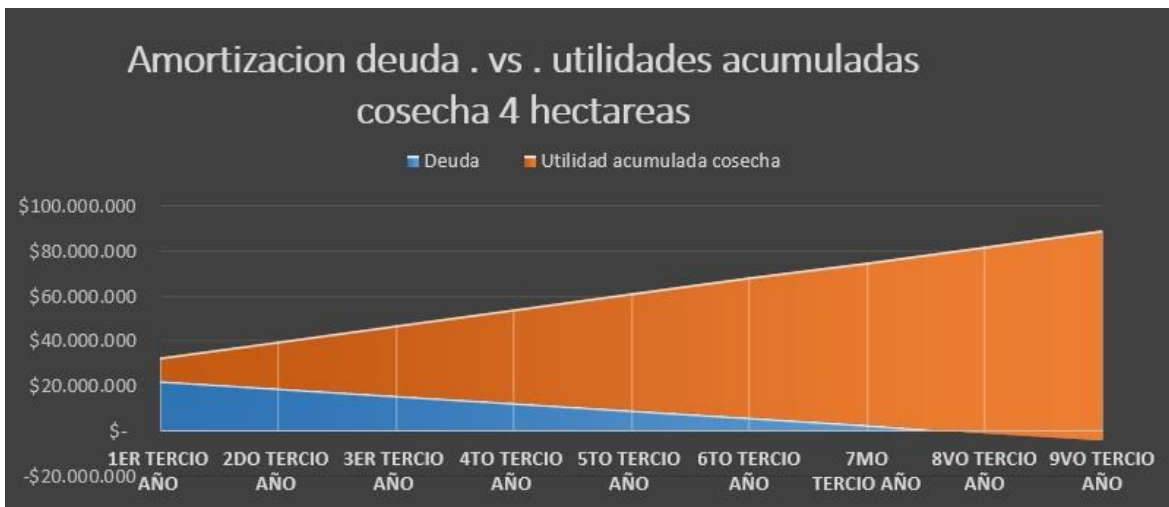


Ilustración 55 grafica 4 hectáreas factible pero ajustada

Fuente: Autor

Para una finca de solo 2 hectáreas, la amortización de la deuda es demasiado ajustada. Las utilidades acumuladas de la finca a 3 años solo llegan a \$60 millones. No se considera que este tipo de sembrados sean adecuados por razones financieras para adquirir la red de sensores ya que tardaran el doble de tiempo.

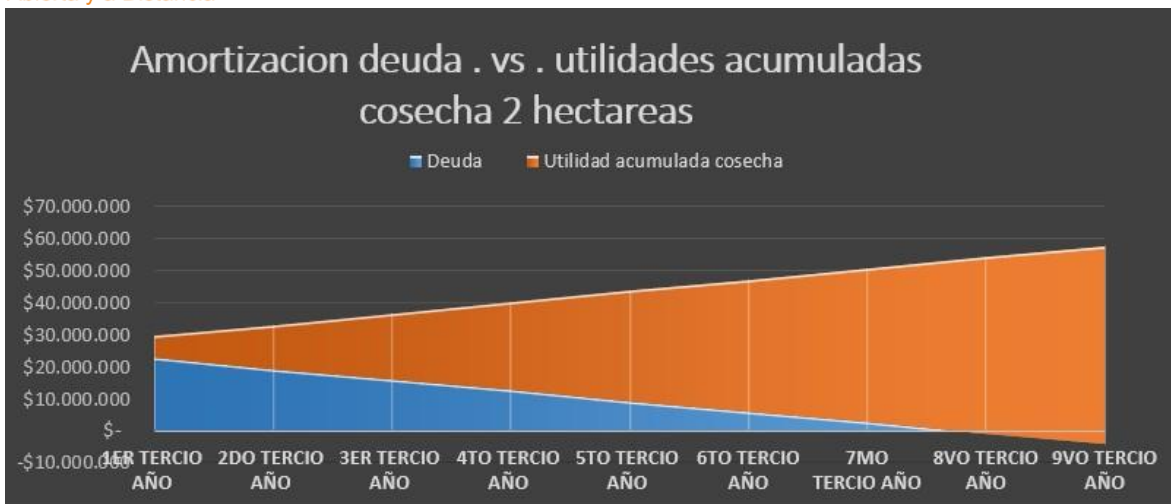


Ilustración 56 grafica 2 hectáreas no factible

Fuente: Autor

Una finca de 1 hectárea no es capaz de pagar la red de sensores agroindustriales. No podría pagar las cuotas, la deuda crecería. Y las utilidades son \$10 millones a tres años. Este tipo de finca no es adecuado.

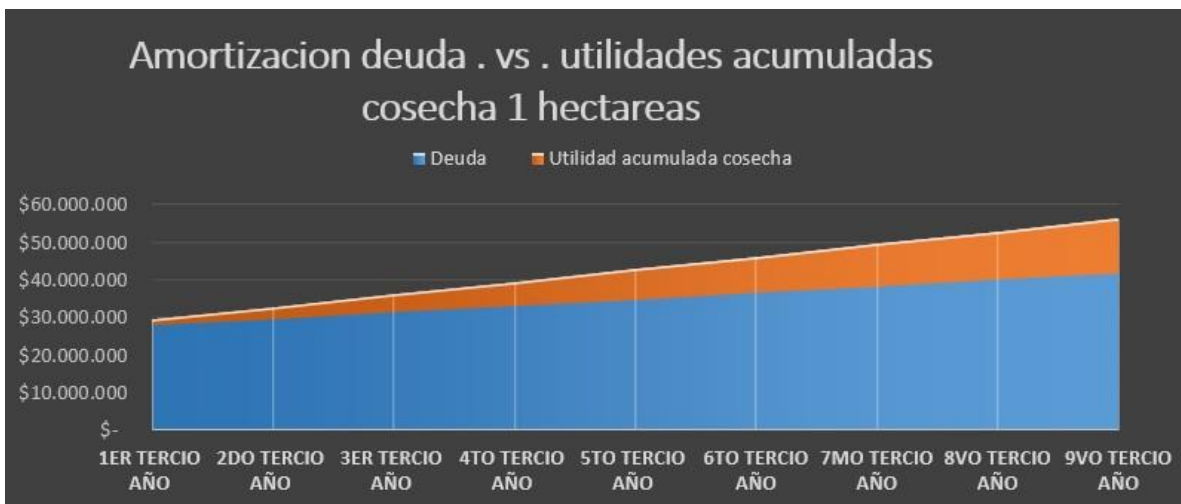


Ilustración 57 grafica 1 hectárea no factible

Fuente: Autor

5.4.13. Conclusión sobre la evaluación económica

El cultivo de la papa es un segmento importante de la economía. Las utilidades de la venta de la papa son ajustadas y solo alcanzan el 10% de la venta. Las fincas para las cuales se puede instalar la red de sensores son las fincas que tienen al menos un cultivo con 4 hectáreas de papas. Lo ideal es ofertar esta solución en fincas con un cultivo de papas de 10 hectáreas o más. De esta manera se segmenta los clientes objetivo de la red de sensores.

Red de sensores agroindustriales, adecuada para sembrados de papa con 4 o más hectáreas, ideal para sembrados de 10 o más hectáreas. Esta red permite monitorear las variables claves del clima y del entorno agrícola para que el agricultor pueda tomar mejores y oportunas decisiones que le ayuden a evitar pérdidas en sus cultivos.

6. Cronograma

Tabla 3 Cronograma

| ACTIVIDAD | MES | MES | MES | MES | MES | MES |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Identificación de variables climatológicas relevantes en el cultivo de papa | | | | | | |
| Selección de variables que se implementan en el diseño de la red de sensores agroindustriales | | | | | | |
| Búsqueda de sensores que miden las variables seleccionadas | | | | | | |
| sistemas embebidos que permiten la programación de los sensores | | | | | | |
| Requisitos para utilizar energía fotovoltaica | | | | | | |
| Estudio de los componentes electrónicos ya seleccionados | | | | | | |
| Desarrollo de algoritmos para el funcionamiento de la red de sensores | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|
| Diseño de visualización en la pantalla de la red de sensores, plataforma web y aplicación de celular. | | | | | | |
| Indagación a cerca de comportamiento de los cultivos de papa y sus precios | | | | | | |
| Creación de la matriz costo – beneficio | | | | | | |
| Construcción del informe | | | | | | |

7. Recursos necesarios

Tabla 4 Recursos necesarios

| Recurso | Descripción | Presupuesto |
|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| Equipo Humano | Director asesor | \$500.000 |
| Equipos y Software | Computador portátil | \$3.500.000 |
| Viajes y Salidas de Campo | Cotizaciones en campo | \$500.000 |
| Materiales y suministros | | |
| Bibliografía | Biblioteca Virtual UNAD | En especie - UNAD |
| TOTAL, | | COP \$4.500.000 |

Conclusiones obtenidas en el proceso de investigación

- Las variables que tienen una mayor importancia en los cultivos son aquellas que dependen del líquido vital agua que son la lluvia, la humedad y la temperatura, sin embargo es necesario que otras variables como el Ph, las velocidad y dirección de viento, la radiación solar y la radiación PAR y el dióxido de carbono (CO₂), sean monitoreadas para que la probabilidad de encontrar cualquier problema climatológico sea eficiente y así tener un mínimo margen de error en las pérdidas de cultivos por estas causas.
- La red de sensores necesita de estos dispositivos electrónicos que son los que toman las mediciones del cultivo donde sea instalado, pero para que ellos funcionen se hace necesario que estén conectados y programados en la placa de MCU ESP8266 por medio de la plataforma de Arduino, pero estos datos aquí recolectados antes de ser subidos a la web se incorporan a la microcomputadora Raspberry Pi que luego los envíe a la base de datos, esta también debe ser programada y configurada y la plataforma web debe tener una interfaz sencilla y amigable con el cliente para que sea de un rápido entendimiento, de aquí la información debe pasar a los dispositivos electrónicos como los celulares de las personas que adquieran la red de sensores para que sean los datos monitoreados y además se enteren de las alertas que ya están configuradas en las programaciones anteriores.
- La alimentación energética de la red de sensores agroindustriales se hace por medio de un panel solar ya que esta es más eficiente que la eólica, además el sol es más constante y se encuentra en más sitios. El IoT integra el sistema de sensores que toman los datos de la naturaleza, sistema

embebido quien está programado para generar las alertas cuando los valores tomados estén fuera de los rangos permitidos y la plataforma web que permite una visualización fácil y si el agricultor no tiene smartphone se envía un mensaje de texto en un celular cualquiera. En este caso se utiliza el internet de todo porque es una integración más profunda.

- Se encontró también en la relación costo-beneficio se concluye que los cultivadores para quienes es factible la compra de la red de sensores agroindustriales deben tener como mínimo cuatro hectáreas de tierra cultivada, pues las ganancias que adquieran las permitirá recuperarse de la deuda en un tiempo prudente, pero también se informa que es mejor si tienen más de 10 hectáreas ya que así el riesgo de pérdida será mucho menor si en algún momento el cultivo llega a cambiar de precio o cualquier otra situación externa que pudiera existir, aclarando que es para el cultivo de papa.
- El ser humano tiene más probabilidades de errar al tomar los datos, caso contrario los sistemas electrónicos que son programados para que cumplan con rutinas específicas para las que son diseñados y esta es una excelente elección para los agricultores en cuanto a una solución para erradicar el hambre del mundo y generar un mínimo pérdidas económicas.

Bibliografía

- A. (9 de 2019). Revista Enciclopedia 10ejemplos.com. *10 ejemplos de Lenguajes de Programación*. Recuperado el 2019, de <https://10ejemplos.com/10-ejemplos-de-lenguajes-de-programacion/>
- A., P. J. (2010). Definicion.de. *Definicion de sensor*. Recuperado el 2019, de <https://definicion.de/sensor/>
- Admin. (2019). tecnicoo. *Energías renovables: fuente y tipos de energía renovable*. Recuperado el 2019, de <https://tecnicoo.es/blog/energias-renovables/>
- Agricola, D. (2019). Diccionario Agrícola. *Radiación PAR*. Recuperado el 2019, de https://www.infoagro.com/diccionario_agricola/traducir.asp?!=1&id=546&idt=1&palabra=radiaci%F3n%20PAR_radiacion%20par_radiaciones%20par_
- Anguiano, J. (2014). IBM. *Características y tipos de bases de datos*. Recuperado el 2019, de https://www.ibm.com/developerworks/ssa/data/library/tipos_bases_de_datos/index.html
- Apache. (2019). The Apache Software Foundation. *Apache Projects*. Recuperado el 2019, de <https://www.apache.org/>
- Arduino. (2019). Arduino. *What is Arduino?* Estados Unidos. Recuperado el 2019, de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Arrow. (2015). Arrow. *Protocolo para el internet de las cosas*. Mexico. Recuperado el 2019, de <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/protocols-for-the-internet-of-things>
- Bostock, M. (2019). D3.JS . *Data-Driven Documents*. Recuperado el 2019, de <https://d3js.org/>
- Castro, L. (2019). About español . *¿Qué es HTTP y HTTPS?*. Recuperado el 2019, de <https://www.aboutespanol.com/que-es-http-y-https-157624>

- Fedepapa. (octubre -noviembre de 2019). Precios históricos. *Promedio*. Bogota , Colombia . Recuperado el 2019, de <https://fedepapa.com/ano-de-boletin-cundinamarca/>
- Gesmontes. (2019). Gesmontes. *Que es el PH del suelo y como afecta el desarrollo de la planta*. Recuperado el 2019, de <https://gesmontes.es/que-es-el-ph-del-suelo/>
- Gonzales, E. (2018). El financiero. *¿Sabes que es un sistema embebido?* Recuperado el 2019, de <https://www.elfinanciero.com.mx/bajio/sabes-que-es-un-sistema-embebido>
- Ingeoexpert. (2019). Ingeoexpert. *¿Qué es la energía solar fotovoltaica y como se genera?* Recuperado el 2019, de <https://ingeoexpert.com/que-es-la-energia-solar-fotovoltaica-y-como-se-genera/?v=42983b05e2f2>
- Java. (2019). Oracle. *¿Qué es la tecnología Java y para que la necesito?* Estados Unidos . Recuperado el 2019, de https://www.java.com/es/download/faq/whatis_java.xml
- Marcin, F. (2015). merixstudio. *What is SVG and how to use it?* . Recuperado el 2019, de <https://www.merixstudio.com/blog/what-svg-and-how-use-it/>
- Marimar. (2019). erenovable . *¿Qué es la energía eólica? Como funciona: ventajas y desventajas de la energía eólica*. Recuperado el 2019, de <https://erenovable.com/aerogeneradores-eolicos/energia-eolica/>
- Mendez, A. (2019). Magica Naturaleza. *Velocidad de viento: definición, dirección, como calcularlo y más* . Obtenido de https://magicanaturaleza.com/c-vientos/velocidad-del-viento/#Direccion_y_velocidad_del_viento
- MongoDB. (2019). MongoDB,inc. *What in MongoDB?* Recuperado el 2019, de <https://www.mongodb.com/what-is-mongodb>
- MySQL. (2019). Oracle Corporation and/or its affiliates. *MySQL Edition*. Canada, USA. Recuperado el 2019, de <https://www.mysql.com/products/>
- Node.js foundation. (2019). Linux Foundation Collaborative Projects. *A cerca de Node.js*. Recuperado el 2019, de <https://nodejs.org/es/about/>

Paula, A. B. (31 de julio de 2019). AGRONEGOCIOS. *CULTIVAR UNA HECTÁREA DE PAPA PASTUSA EN COLOMBIA CUENTA \$15,6 MILLONES.*

Recuperado el 2019, de <https://www.agronegocios.co/clima/cultivar-una-hectarea-de-papa-pastusa-en-colombia-cuenta-156-millones-2891288>

PEDRE, S. (2012). Departamento de computación FCEN. *Sistemas embebidos. Laboratorio de robotica y sistemas embebidos.* Recuperado el 2019, de https://charladeborrachos.dc.uba.ar/presentaciones/charla_2012-10-12.pdf

Penninkhof, J. (2015). Penninkhof. *Why you should use MQTT in IoT projects and why SAP should support it* . Recuperado el 2019, de <https://www.penninkhof.com/2015/03/why-use-mqtt-in-iot-projects/>

PERALES, J. A. (2014). Naciones Unidas y las metas globales post-2015. Anuario Ceipaz. *De los Objetivos del Milenio al desarrollo sostenible(n7).* Recuperado el 2019

Perez, J. y. (2008-2012). Definicion.de. *Qué significa tcp ip.* Recuperado el 2019, de <https://definicion.de/tcp-ip/>

PHP. (2001). The PHP Group. *¿Que es PHP?* Recuperado el 2019, de <https://www.php.net/manual/es/intro-what-is.php>

Ponce, A. (2019). tecnosinergia.zendesk. *¿Qué es GPRS?* Recuperado el 2019, de <https://tecnosinergia.zendesk.com/hc/es/articles/236174548--Qu%C3%A9-es-GPRS->

Portillo, G. (16 de 10 de 2016). Meteorologia en RED. *¿Que es presión atmosferica y como funciona?* Recuperado el 2019, de <https://www.meteorologiaenred.com/presion-atmosferica.html>

Raffino, M. (2019). Concepto.de. *¿Qué es una batería?* Recuperado el 2019, de <https://concepto.de/bateria/#ixzz5yfoLJAFQ>

Raspberrypi. (2019). Raspberry Pi Foundation . *About us.* Reino Unido. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/about/>

Real A. (2018). Real Academia Española. *Temperatura* . Madrid, España. Recuperado el 2019, de <https://dle.rae.es/?=ZQ9rRqa>

- Real, A. . (2018). Real Academia Española . *Precipitación* . Madrid , España .
Recuperado el 2019, de <https://dle.rae.es/?id=TvqfpKg>
- Real, A. (2018). Real Academia Española . *Humedad Relativa* . Madrid , España .
Obtenido de <https://dle.rae.es/?id=KoBWiNL>
- Rey, L. E. (2018). Uso del Software libre en la “Inteligencia de negocios BI. *Letras Con* Ciencia Tecno* Lógica*. Recuperado el 2020, de <https://revistas.itc.edu.co/index.php/letras/article/view/105>
- Santa Maria, L. (2015). Waarket. *El uso de gráficos vectoriales*. Recuperado el 2019, de <https://waarket.com/el-uso-de-graficos-vectoriales/>
- searchdatacente. (2019). searchdatacenter.techtarget. *Web Server* . Recuperado el 2019, de <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Servidor-Web>
- Significados . (2017). Significados.com . *Significado de Dioxido de Carbono* .
Obtenido de <https://www.significados.com/dioxido-de-carbono/>
- WARNEKE, B. A., & PISTER, K. S. (2004). IEEE International Solid-State Circuits Conference (IEEE Cat. No. 04CH37519). *An ultra-low energy microcontroller for smart dust wireless sensor networks*. Recuperado el 2019, de https://www.researchgate.net/profile/Kristofer_Pister/publication/4091012_An_ultra-low_energy_microcontroller_for_Smart_Dust_wireless_sensor_networks/links/0f317538ca50034035000000.pdf

Anexo 1. Especificaciones generales de los sensores y otros dispositivos electrónicos

Anexo 1.1. Especificaciones generales sensores

Tabla 5 Sensor dióxido de carbono: Grove SS-101020067/10

Sensor dióxido de carbono: Grove SS-101020067/10

Foto:



Ilustración 58 sensor dióxido de carbono CO2

Fuente: <https://www.protocentral.com/sensors/779-grove-co2-sensor.html>

| Nombre | Descripción |
|-----------------|--------------------------------|
| Precisión | Alta |
| Tipo | Análogo |
| Voltaje | 4.5 a 6 VDC |
| Corriente | Max 100mA |
| Margen de error | 1PPM |
| Precio | 430500 |
| Rango | 0-2000 parts per million (PPM) |
| Calidad | Alta |

Dificultad de programación

Propia librería Arduino, generalmente HVAC

Tabla 6 Sensor dióxido de carbono: CO2-BTA

Sensor dióxido de carbono: CO2-BTA

Foto:



Ilustración 59 sensor dióxido de carbono CO2

Fuente: <https://www.vernier.com/products/sensors/co2-sensors/co2-bta/>

| Nombre | Descripción |
|----------------------------------|---|
| Precisión | 0 to 10,000 ppm CO ₂ : 3ppm |
| | 0 to 100,000 ppm CO ₂ : 30ppm |
| Tipo de sensor análogo o digital | Análogo |
| Voltaje | 0 a 4 V |
| Corriente | Indefinida |
| Margen de error | 0.19% |
| Precio | 1200500 |
| Rango | Low range: 0 to 10,000 ppm CO ₂ |
| | High xrange: 0 to 100,000 ppm CO ₂ |
| Calidad | Alta |
| Dificultad de programación | Requiere interfaz y software que se venden por separado |

Tabla 7 Sensor dirección de viento: SPR110-01

Sensor dirección de viento: SPR110-01

Foto:



Ilustración 60 sensor dirección de viento

Fuente: <https://www.smartyplanet.com/productos-smartyplanet/sensor-de-direccion-del-viento/>

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|-------------|
| Precisión | + -3° |
| Tipo | Análogo |
| Voltaje | 12-24 VDC |
| Corriente | 4-20mA |
| Margen de error | + -3% |
| Precio | 439599 |
| Rango | 0-360° |
| Calidad | alta |
| Dificultad de programación | RS485 |

Tabla 8 Sensor humedad Suelo: De suelo Hd-38

Sensor humedad Suelo: De suelo Hd-38

Foto:



Ilustración 61 sensor humedad de suelo

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-477919966-sensor-de-humedad-del-suelo-hd-38-JM?quantity=1#position=7&type=item&tracking_id=630eeff3-85d3-454b-93b5-b4964e83b801

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|------------------------------------|
| Precisión | Alta |
| Tipo | D0 hacer valor digital, A0 análogo |
| Voltaje | 3.3 a 12v |
| Corriente | <20mA; <30mA Salida |
| Margen de error | ajustable |
| Precio | 40000 |
| Rango | -25 ~ 85°C |
| Calidad | Buena |
| Dificultad de programación | Librerías Arduino |

Tabla 9 Sensor Precipitaciones: SPR2S Sensor para medir el tipo y la velocidad de precipitación

Sensor Precipitaciones: SPR2S Sensor para medir el tipo y la velocidad de precipitación

Foto:



Ilustración 62 sensor precipitaciones

Fuente: <https://www.smartyplanet.com/wp-content/uploads/2017/07/SPR2S.-Sensor-radar-precipitación.pdf>

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|--|
| Precisión | >90% |
| Tipo | sistema radar Doppler de 24GHz. |
| Voltaje | 4 a 32 VDC |
| Corriente | Indefinida |
| Margen de error | Bajo |
| Precio | Alto (indefinido) |
| Rango | 0,3 a 5mm tamaño de gota 0,01 a 1 mm/m2 liquido Granizo 5,1 a 30mm |
| Calidad | Alta |
| Dificultad de programación | RS485, protocolo UMB, interfaz pulso y frecuencia |

Tabla 10 Sensor Precipitaciones: RAIN SENSOR 24 V Part No.: 200018

Sensor Precipitaciones: RAIN SENSOR 24 V Part No.: 200018

Foto:



Ilustración 63 sensor precipitaciones

Fuente: https://www.loxone.com/enen/wp-content/uploads/sites/3/2017/07/EN_Datasheet_200018-rain-sensor.pdf

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|---|
| Precisión | Ajustable (alta, media, baja) |
| Tipo | Análogo |
| Voltaje | 24v dc +- 20% |
| Corriente | 16mA hasta 29mA a 24V |
| Margen de error | Bajo |
| Precio | 400000 |
| Rango | Reacciona a la lluvia o nieve |
| Calidad | Alta |
| Dificultad de programación | Los 3 terminales están protegidos contra ESD (descarga electrostática) y sobretensión (sobretensión), sin embargo, la electrónica en sí no está, por lo tanto, la PCB puede verse afectada ya sea por contacto humano o |

con una herramienta conductora

 eléctrica.

Tabla 11 Sensor Presión atmosférica: S-BPB-CM50

Sensor Presión atmosférica: S-BPB-CM50

Foto:



Ilustración 64 sensor presión atmosférica

Fuente: <https://www.darrera.com/wp/es/producto/s-bpb-cm50-sensor-presion-atmosferica/>

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|---------------------------------|
| Precisión | Alta |
| Tipo | Análogo |
| Voltaje | Indefinido |
| Corriente | Indefinido |
| Margen de error | ± 3 hPa |
| Precio | 871500 |
| Rango | 660 a 1.070 hPa |
| Calidad | Alta |
| Dificultad de programación | Librerías y conexión al Arduino |

Tabla 12 Sensor Presión atmosférica: SP19FR

Sensor Presión atmosférica: SP19FR

Foto:

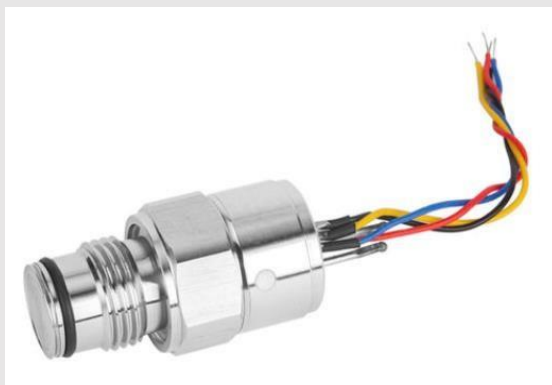


Ilustración 65 sensor presión atmosférica

Fuente: <https://www.directindustry.es/prod/shanghai-leeg-instruments-co-ltd/product-66713-1745125.html>

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|--|
| Precisión | Alta |
| Tipo | análogo |
| Voltaje | 10VDC@5 kΩ |
| Corriente | ≤2.0mA DC |
| Margen de error | Mínimo |
| Precio | Espera cotización |
| Rango | 0~100kPa...35MPa Mín.: 1 bar (14,5 psi) Máx.: 350 bar (5.076,32 psi) |
| Calidad | Alta |
| Dificultad de programación | Librerías de Arduino |

Tabla 13 Sensor PH: PC2121

Sensor PH: PC2121

Foto:



Ilustración 66 sensor Ph

Fuente: <https://www.iot-store.com.au/collections/sensors/water-quality>

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|---------------------------------------|
| Precisión | Alta |
| Tipo | Análogo |
| Voltaje | Indefinido |
| Corriente | 5 a 10mA |
| Margen de error | Mínimo |
| Precio | 450.000 |
| Rango | 0-14 |
| Calidad | Alta |
| Dificultad de programación | Mini circuito para conectar el sensor |

Tabla 14 Sensor ph: HAOSHI

Sensor ph: HAOSHI

Foto:



Ilustración 67 sensor Ph

Fuente: <https://www.amazon.com/Raspberry-Measuring-Detection-Aquariums-Controller/dp/B07LG8Y1H6>

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|---|
| Precisión | Alta |
| Tipo | análogo |
| Voltaje | 0-5 V |
| Corriente | Indefinida |
| Margen de error | $\pm 0.1\text{pH}$ (25 °C) |
| Precio | 287.000 |
| Rango | 0-14PH |
| Calidad | Media |
| Dificultad de programación | Librería de Arduino y raspberry, modulo conexión ph |

Tabla 15 Sensor radiación PAR: SQ-110

Sensor radiación PAR: SQ-110

Foto:



Ilustración 68 sensor radiación par

Fuente: <https://www.lab-ferrer.com/sensores/instrumentacion-y-sensores/ceptometro-par-y-lai/sensor-para-medir-la-radiacion-par.html>

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|---|
| Precisión | 0,2 mV por $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ |
| Tipo | análogo |
| Voltaje | Autoalimentado |
| Corriente | 0-800mv |
| Margen de error | $\pm 5\%$ |
| Precio | 620.000 |
| Rango | 410 nm to 655 nm 180° |
| Calidad | Alta |
| Dificultad de programación | Serie Em50 y Em50G de METER GROUP [] |

Tabla 16 Sensor radiación PAR: SQ421-SS SDI-12

Sensor radiación PAR: SQ421-SS SDI-12

Foto:



Ilustración 69 sensor radiación par

Fuente: <https://www.apogeeinstruments.com/sq-421-ss-sdi-12-digital-output-quantum-sensor/#product-tab-information>

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|---------------------------------|
| Precisión | 95% |
| Tipo | Análogo |
| Voltaje | 4.5 a 24V DC |
| Corriente | 0.6 mA en reposo , 1.3mA activo |
| Margen de error | +5 % |
| Precio | 620.000 |
| Rango | 410 a 655nm 180° |
| Calidad | Alta |
| Dificultad de programación | Librería |

Tabla 17 Sensor Radiación Solar: Davi-6450

Sensor Radiación Solar: Davi-6450

Foto:



Ilustración 70 sensor radiación solar

Fuente: <https://colombia.bioweb.co/products/sensor-de-radiacion-solar-davis-instruments>

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|---|
| Precisión | $\pm 5\%$ |
| Tipo | Análogo |
| Voltaje | 3 VDC |
| Corriente | 1mA |
| Margen de error | $\pm 5\%$ |
| Precio | 831800 |
| Rango | 0 a 1.800 W/m ² - 400 a 1.100 nm |
| Calidad | Alta |
| Dificultad de programación | Otro dispositivo y librería para Arduino |

Tabla 18 Sensor radiación solar: ONSE-S-LIB-M003

Sensor radiación solar: ONSE-S-LIB-M003

Foto:



Ilustración 71 sensor radiación solar

Fuente: <https://colombia.bioweb.co/products/sensor-inteligente-de-radiacion-solar-onset-piranometro-de-silicona>

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|--|
| Precisión | $\pm 10 \text{ W / m}^2$ o $\pm 5\%$ |
| Tipo | Análogo |
| Voltaje | Indefinido |
| Corriente | Indefinido |
| Margen de error | $\pm 2\%$ error a 45° |
| Precio | 1085100 |
| Rango | 0 a 1280 W / m^2 300 a 1100 nm |
| Calidad | Alta |
| Dificultad de programación | No requiere |

Tabla 19 Sensor Temperatura (suelo y aire): Metal RTD PT 100 sensor

Sensor Temperatura (suelo y aire): Metal RTD PT 100 sensor

Foto:



Ilustración 72 sensor temperatura suelo y aire

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-464083812-sensor-industrial-de-temperatura-pt100-rtd-15m-JM?quantity=1#position=3&type=item&tracking_id=0e390d79-c829-45a3-9196-d185695de128

| Nombre | Descripción |
|-----------------|---|
| Precisión | -200°C → clase b 1.30 0°C → Clase b 0,30 [1/3 DIN 0,10] 0°C → Clase a 0,15 [1/10 DIN 0.03] 100°C → Clase b 0,80 [1/3 DIN 0,27] 100°C → Clase a 0,35 [1/10 DIN 0.08] |
| Tipo | Análogo |
| Voltaje | 24 – 240 v AC/DC |
| Corriente | 1775mA |
| Margen de error | +5K |
| Precio | 45500 |
| Rango medición | -70 a 500°C |
| Calidad | Media |

Tabla 20 Sensor velocidad de viento:

Sensor velocidad de viento:

Foto:



Ilustración 73 sensor velocidad de viento

Fuente: <https://www.smartyplanet.com/productos-smartyplanet/sensor-de-velocidad-del-viento/>

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|---------------------------------|
| Precisión | alta |
| Tipo | Análogo |
| Voltaje | 12-24VDC |
| Corriente | 4-20mm |
| Margen de error | +0,5m/s(<5m/s) +3%FS(>=5m/s) |
| Precio | 409777 |
| Rango | 0-30m/s,0-60m/s |
| Calidad | Alta |
| Dificultad de programación | RS485 |

NOTA: Aunque para el caso los sensores que se utilizan son los compatibles con la plataforma de Arduino, siendo estos los siguientes, porque ya se encuentran

configuradas las librerías y demás componentes necesarios para su correcto

 funcionamiento, haciendo mucho más económico teniendo en cuenta que se

 diseñan pensando en los agricultores de menores recursos.

Tabla 21 Sensor de CO2: Detector dióxido de carbono Arduino

Sensor de CO2: Detector dióxido de carbono Arduino MG811

Foto:



Ilustración 74 sensor dióxido de carbono

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-532393881-sensor-de-gas-co2-detector-dioxido-de-carbono-arduino-JM#position=4&type=item&tracking_id=e698ea93-b98b-46d3-b456-5d22e0176110

| Nombre | Descripción |
|-----------------|-----------------------|
| Precisión | Alta sensibilidad |
| Tipo | Análogo |
| Voltaje | 6.5-12v DC |
| Corriente | 160mA |
| Margen de error | Mínimo |
| Precio | 100000 |
| Rango | 350 a 10000ppm de CO2 |
| Calidad | Media |

Tabla 22 Sensor de dirección de viento: PCE-FST-200-202

Sensor de dirección de viento: PCE-FST-200-202

Foto:



Ilustración 75 sensor dirección de viento

Fuente: https://www.pce-instruments.com/espanol/sistemas-regulacion-control/sensorica/sensor-viento-pce-instruments-sensor-de-direccion-del-viento-pce-fst-200-202-det_547965.htm

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|---------------------|
| Precisión | + - 3° |
| Tipo | Análogo |
| Voltaje | 0 – 10VDC |
| Corriente | 4 a 20 mA |
| Margen de error | Mínimo |
| Precio | 439599 |
| Rango | 0 - 360° |
| Calidad | Alta |
| Dificultad de programación | Librería de Arduino |

Tabla 23 Sensor de humedad de suelo: XH-M214

Sensor de humedad de suelo: XH-M214

Foto:



Ilustración 76 sensor humedad de suelo

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-523076062-controlador-de-humedad-xh-m214-JM?quantity=1#position=1&type=item&tracking_id=de30ac6a-840b-47ab-b6a6-99c1aa7435b0

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|-------------------------|
| Precisión | Alta |
| Tipo | Digital con controlador |
| Voltaje | 12v |
| Corriente | 10 ^a |
| Margen de error | 1% |
| Precio | 30000 |
| Rango | 20 a 99%RH |
| Calidad | Media |
| Dificultad de programación | Librería de Arduino |

Tabla 24 Sensor Precipitaciones: KNX-R sl

Sensor Precipitaciones:

Foto:



Ilustración 77 sensor precipitaciones

Fuente: <https://www.elsner-elektronik.de/shop/es/produkte-shop/knx-bussystem/sensoren-aussen-wetter/knx-r-sl.html>

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|-------------------------|
| Precisión | Alta |
| Tipo | Digital |
| Voltaje | 24V DC |
| Corriente | Max 100mA |
| Margen de error | Mínimo |
| Precio | 539000 |
| Rango | Indefinido |
| Calidad | Alta |
| Dificultad de programación | Microcontrolador propio |

Tabla 25 Sensor De Presión Atmosférica (incluye sensor de Humedad y temperatura): Hiletgo Bme280

Sensor De Presión Atmosférica (incluye sensor de Humedad y temperatura):

Hiletgo Bme280

Foto:



Ilustración 78 sensor presión atmosférica

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-516089737-sensor-hiletgo-bmp280-33-presion-atmosferica-de-alta-prec-JM?quantity=1#position=8&type=item&tracking_id=4968465c-d20a-4c68-b977-fc3cbb5b0ad6

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|-----------------------|
| Precisión | Alta |
| Tipo | Digital con conversor |
| Voltaje | 1.2 a 3.6V |
| Corriente | 1.8 μ A |
| Margen de error | Mínimo |
| Precio | 49990 |
| Rango | 1100 hPa |
| Calidad | Media |
| Dificultad de programación | Librería Arduino |

Tabla 26 Sensor De Ph: PHE-45P

Sensor De Ph: Liquido 0-14 Con PHE-45P

Foto:



Ilustración 79 sensor ph

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-485739994-sensor-ph-liquido-0-14-con-sonda-bnc-arduino-analogico-JM?quantity=1#position=1&type=item&tracking_id=ed287b0f-397a-41f2-8614-8167db0137c5

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|-----------------------|
| Precisión | Máximo |
| Tipo | Digital con conversor |
| Voltaje | 5v |
| Corriente | 5 a 10 mA |
| Margen de error | 5% |
| Precio | 129000 |
| Rango | 0-14PH |
| Calidad | Media |
| Dificultad de programación | Librería de Arduino |

Tabla 27 Sensor de radiación par: SQ110

Sensor de radiación par: SQ 110 – sensor cuántico

Foto:



Ilustración 80 sensor radiación par

Fuente: <https://www.apogeeinstruments.com/sq-110-ss-sun-calibration-quantum-sensor/>

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|--|
| Precisión | +/- 5% |
| Tipo | Análogo |
| Voltaje | autoalimentado |
| Corriente | Indefinida |
| Margen de error | $0-2500\mu^*mol^*m^2^*s$ $800\mu v/\mu^*mol^*m^2^*s$ $6.4\mu A/\mu^*mol^*m$ 2 *s / $0-2000W/m^2$ $1000\mu V/W/m$ $28\mu A/W/m$ $2 /$ |
| Precio | 1178100 |
| Rango | 410 to 655 nm (wavelengths where response is greater than 50 % maximum) |
| Calidad | Alta |
| Dificultad de programación | Librería Arduino |

Tabla 28 Sensor radiación solar: ONSE-S-LIB-M003

Sensor radiación solar: ONSE-S-LIB-M003

Foto:



Ilustración 81 sensor radiación solar

Fuente: <https://colombia.bioweb.co/products/sensor-inteligente-de-radiacion-solar-onset-piranometro-de-silicona>

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|--|
| Precisión | $\pm 10 \text{ W / m}^2$ o $\pm 5\%$ |
| Tipo | Análogo |
| Voltaje | Indefinido |
| Corriente | Indefinido |
| Margen de error | $\pm 2\%$ error a 45° |
| Precio | 1085100 |
| Rango | 0 a 1280 W / m^2 300 a 1100 nm |
| Calidad | Alta |
| Dificultad de programación | No requiere, crear librería Arduino |

Tabla 29 Sensor de temperatura: Hiletgo Max6675 + tipo k

Sensor de temperatura: Hiletgo Max6675 + tipo k

Foto:



Ilustración 82 sensor temperatura suelo y aire

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-500868329-hiletgo-dc-3-5v-max6675-modulo-tipo-k-termopar-sensor-de-JM?quantity=1#position=4&type=item&tracking_id=cdc49023-033d-4a2e-bb37-59af9eb8d295

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|-----------------------------|
| Precisión | Alta |
| Tipo | Análogo |
| Voltaje | 3.3 a 5v |
| Corriente | 50mA |
| Margen de error | Mínimo |
| Precio | 55900 |
| Rango | 0 a 1024 conversor a 0.25°C |
| Calidad | Media |
| Dificultad de programación | Librería Arduino |

Tabla 30 Sensor velocidad de viento: PCE-FST-200-201-U

sensor velocidad de viento PCE-FST-200-201-U

Foto:



Ilustración 83 sensor velocidad de viento

Fuente: https://www.pce-instruments.com/espanol/sistemas-regulacion-control/sensorica/sensor-viento-pce-instruments-sensor-de-viento-pce-fst-200-201-det_547963.htm

| Nombre | Descripción |
|----------------------------|--------------------|
| Precisión | +/-3% |
| Tipo | Análogo |
| Voltaje | 0 – 10V DC |
| Corriente | 4 a 20 mA |
| Margen de error | 10,5 m/s (<5 m/s) |
| Precio | 450000 |
| Rango | 0,5 m/s ... 50 m/s |
| Calidad | Media |
| Dificultad de programación | Librería Arduino |

Anexo 1.2. Especificaciones generales sistemas embebidos

Tabla 31 Placa: NodeMCU ESP8266 modulo Wifi

Placa: NodeMCU ESP8266 modulo Wifi

Foto:

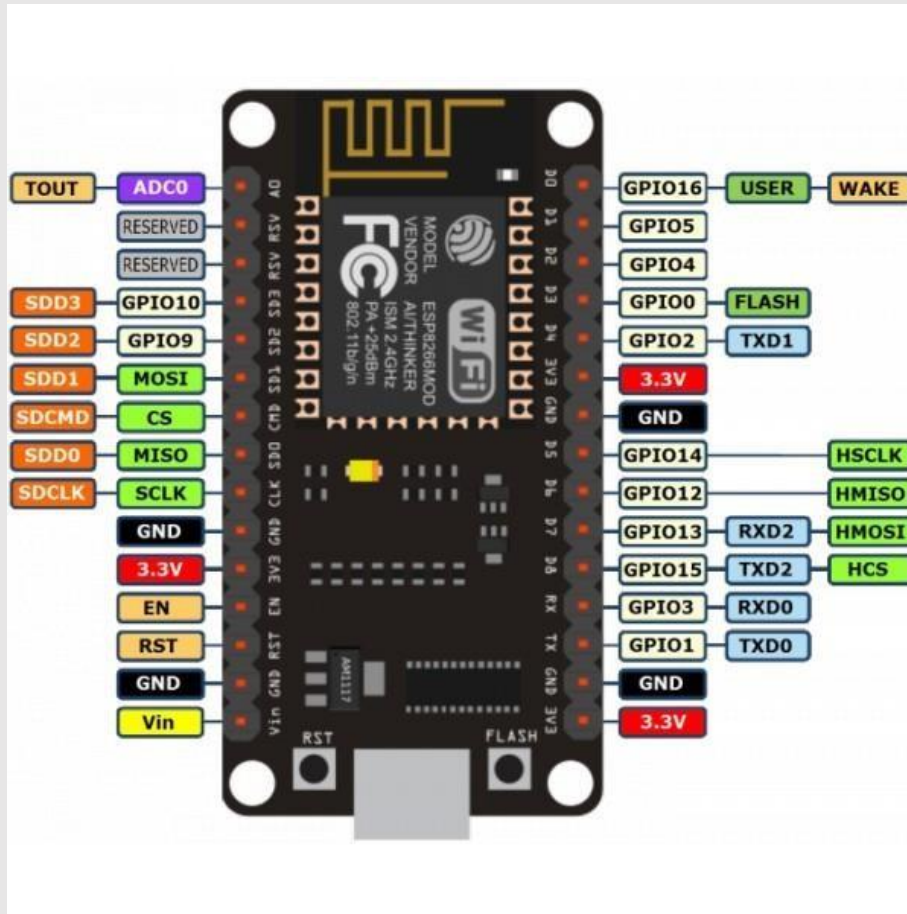


Ilustración 84 tarjeta ESP8266

Fuente: <https://tienda.bricogeek.com/wifi/1033-nodemcu-v3-esp8266.html>

| Nombre | Descripción |
|-----------|------------------------|
| Voltaje | 3.3v y recibe hasta 5v |
| Corriente | 8mA |
| Precio | 39272 |
| Calidad | Media |

Tabla 32 Canakit Raspberry Pi 4 Kit Básico De 4gb Con Ventilador 4g

Canakit Raspberry Pi 4 Kit Básico De 4gb Con Ventilador 4g

Foto:



Ilustración 85 kit raspberry

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-535026439-canakit-raspberry-pi-4-kit-basico-de-4-gb-con-ventilador-4-g-JM?quantity=1#position=2&type=item&tracking_id=8bb164ff-f1f6-482e-a477-c39b09240ef3

| Nombre | Descripción |
|-----------|-------------|
| Precisión | Alta |
| Voltaje | 5v |
| Corriente | 2A |
| Precio | 484990 |
| Calidad | Alta |

Anexo 1.3. Especificaciones generales energía solar

Tabla 33 regulador controlador de carga batería panel solar 20a 12/24v

regulador controlador de carga batería panel solar 20a 12/24v

Foto:



Ilustración 86 regulador de panel

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-459952824-regulador-controlador-carga-baterias-panel-solar-20a-1224v-JM?matt_tool=99382133&matt_word&gclid=CjwKCAiAzanuBRAZEiwA5yf4unzM5RLxsa0pj6sVBBw7Kvbq nabTYbb6yaUErA-xx-WzLaO6SU_OBhoCcLAQAvD_BwE&quantity=1

| Nombre | Descripción |
|-----------|-------------|
| Voltaje | DC 12-24V |
| Corriente | 20A |
| Precio | 59000 |
| Calidad | Media |

Tabla 34 panel solar 100w -12v policristalino uso de batería agm

panel solar 100w -12v policristalino uso de batería agm

Foto:



Ilustración 87 panel solar

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-459952824-regulador-controlador-carga-baterias-panel-solar-20a-1224v-JM?matt_tool=99382133&matt_word&gclid=CjwKCAiAzanuBRAZEiwA5yf4unzM5RLxsa0pj6sVBBw7KvbqnabTYbb6yaUErA-xx-WzLaO6SU_OBhoCcLAQAvD_BwE&quantity=1

| Nombre | Descripción |
|-----------|-------------|
| Voltaje | 24V |
| Corriente | 1A |
| Precio | 220000 |
| Calidad | Media |

Tabla 35 Batería 55ah-12v visión, group, sellada tipo agm, panel solar

(6FM55E-X)

Batería 55ah-12v visión, group, sellada tipo agm, panel solar (6FM55E-X)

Foto:



Ilustración 88 batería

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-502500759-bateria-55ah-12v-vision-groupsellada-tipo-agm-panel-solar-JM#position=2&type=item&tracking_id=04af9d93-084e-4a35-876d-6b57a62b5011

| Nombre | Descripción |
|-----------|---------------|
| Voltaje | 12v |
| Corriente | Consuma carga |
| Capacidad | 55ah |
| Precio | 260000 |
| Calidad | Media |

Anexo 2. Datasheet de los sensores

Ahora se muestra acerca de las características técnicas de cada uno de los sensores que forman parte de la red de sensores, ya que algunos, tienen integrados varios sensores, en estas especificaciones se encuentran datos como el rango de temperatura, el tamaño, los requerimientos de instalación. Estos más detallados que en las tablas anteriores.

Anexo 2.1. Datasheet sensor dióxido de carbono □□□

MG811 CO2 Sensor

Features

- Good sensitivity and selectivity to CO₂
- Low humidity and temperature dependency
- Long stability and reproducibility

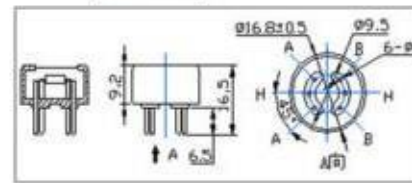
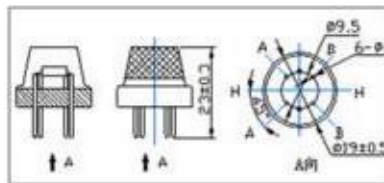
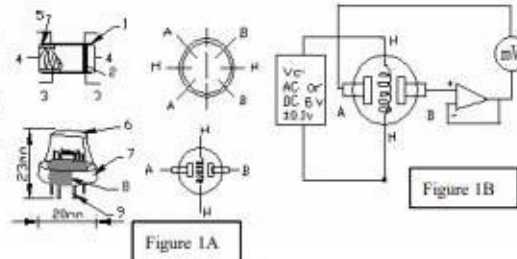
Application

- Air Quality Control
- Ferment Process Control
- Room Temperature CO₂ concentration Detection



Structure and Testing Circuit

Sensor Structure and Testing Circuit as Figure, It composed by solid electrolyte layer (1), Gold electrodes (2), Platinum Lead (3), Heater (4), Porcelain Tube (5), 100m double-layer stainless net (6), Nickel and copper plated ring (7), Bakelite (8), Nickel and copper plated pin (9).



Working Principle

Sensor adopt solid electrolyte cell Principle , It is composed by the following solid cells :

Air , Au|NASICON| carbonate|Au, air , CO₂

When the sensor exposed to CO₂ , the following electrodes reaction occurs :

Cathodic reaction : $2Li + CO_2 + 1/2O_2 + 2e^- \rightarrow Li_2CO_3$

Anodic reaction : $2Na + 1/2O_2 + 2e^- \rightarrow Na_2O$

Overall chemical reaction : $Li_2CO_3 + 2Na \rightarrow Na_2O + 2Li + CO_2$

The Electromotive force (EMF) result from the above electrode reaction, accord with according to Nernst's equation :

$$EMF = E_c - (R \times T) / (2F) \ln (P(CO_2))$$

$P(CO_2)$ —CO₂ partial Pressure E_c —Constant Volume R —Gas Constant volume

T — Absolute Temperature (K) F —Faraday constant

From Figure 1B , Sensor Heating voltage supplied from other circuit , When its surface temperature is high enough , the sensor equals to a cell, its two sides would output voltage signal ,and its result accord with Nernst's equation. In sensor testing, the impedance of amplifier should be within 100—1000GΩ , Its testing current should be control below 1pA.

Ilustración 89 Datasheet Sensor CO2 P1

Fuente: <https://sandboxelectronics.com/files/SEN-000007/MG811.pdf>

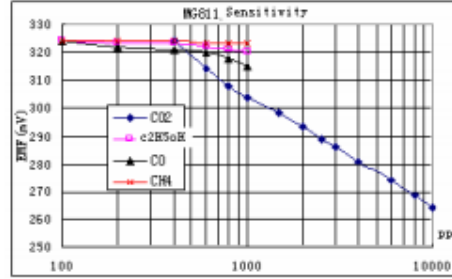
Specifications :

| Symbol | Parameter Name | Technical | Remarks |
|----------|-----------------------|-----------|-----------------------------|
| V_H | Heating Voltage | 6.0±0.1 V | AC or DC |
| R_H | Heating Resistor | 30.0±5%Ω | Room Temperature |
| I_H | Heating Current | @200mA | |
| P_H | Heating Power | @1200mW | |
| T_{ao} | Operating Temperature | -20—50 | |
| T_{as} | Storage Temperature | -20—70 | |
| EMF | Output | 30—50mV | 350—10000ppmCO ₂ |

Sensitivity :

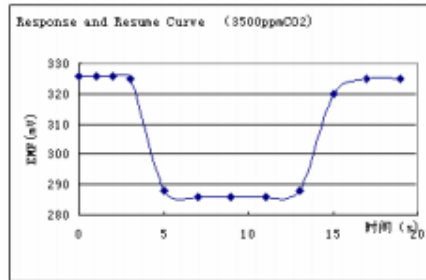
Figure 2 Shows gas sensor sensitivity curve. :

Conditions:
 Tem : 28°C,
 RH : 65%,
 Oxygen : 21%
 EMF: sensor EMF under different gas and concentration .



Response and Resume Characteristic :

Figure 3 shows Solid electrolyte sensor response and resume characteristics.



Temperature and Humidity Dependency :

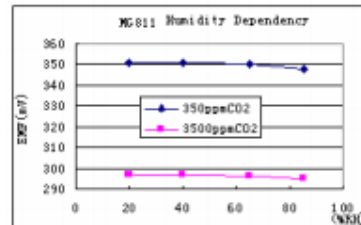
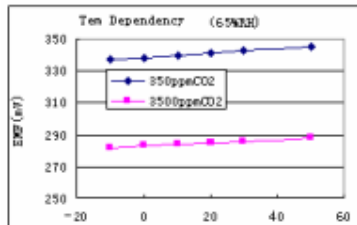


Ilustración 90 Datasheet Sensor CO2 P2

Fuente: <https://sandboxelectronics.com/files/SEN-000007/MG811.pdf>

Anexo 2.2. Datasheet sensor dirección de viento



Sensor de dirección del viento PCE-FST-200-202

Sensor de dirección del viento resistente para instalación fija / recubrimiento en polvo / resistente a la intemperie, gracias a distintos sellados / salida de señal analógica

El sensor de dirección de viento mide la dirección de viento y transmite el valor de medición de forma analógica. Gracias a su montaje sencillo, el sensor de dirección de viento puede adaptarse a numerosos instrumentos de medición. El sensor de dirección de viento empieza a medir a partir de los movimientos del viento más insignificantes y transmite directamente los valores medidos. El sensor de dirección de viento mide ya a partir de una velocidad del viento inferior a 0,8 m/s. El sensor de dirección de viento se presenta en diferentes versiones, en función de la señal de salida. El sensor de dirección de viento está disponible con una salida de 4 a 20 mA y otra de 0 a 10 V DC. Los sensores de dirección de viento pueden soportar condiciones climáticas adversas, debido a su construcción. El sensor de dirección de viento tiene una aleación de metal, que le protege contra la oxidación en el aire, evitando así que se oxide. Las partes más sensibles del sensor de dirección de viento están protegidas por sellados frente al agua y otras partículas, como por ejemplo, micropartículas de polvo. Para más preguntas acerca del sensor de dirección de viento, por favor consulte los siguientes datos técnicos o utilice nuestro [formulario de contacto](#) o llámenos: 902 044 604 para España, para Latinoamérica e internacional +34 967 543 695 o en el número +56 2 29382029 para Chile. Nuestros técnicos e ingenieros le asesorarán sobre el sensor de velocidad de viento, y por supuesto, sobre el resto de productos en el campo de los [sistemas de regulación y control](#), [equipos de laboratorios](#), [medidores](#) o de las [balanzas](#) de PCE Ibérica SL.



- Aleaciones metálicas
- Protección mediante varios sellados
- Montaje sencillo
- Gran resistencia
- Medición directa de la dirección de viento
- Medición desde velocidad del viento mínima

PCE Ibérica S.L. | Mayor 53 – Bajo | 02500 Tobarra (Albacete)
Tel: +34 967 543 548 | Fax: +34 967 543 542 | Email: info@pce-iberica.es
<http://www.pce-iberica.es/>

Ilustración 91 Datasheet Sensor D. Viento P1

Fuente: <https://www.pce-iberica.es/hoja-datos/hoja-datos-pce-fst-200-202.pdf>

Especificaciones técnicas del sensor de dirección de viento PCE-FST-200-202

| | |
|--------------------------------|---|
| Rango de medición | 0 ... 360 ° |
| Medición a partir de | ≤0,8 m/s |
| Resolución | 22,5 ° |
| Precisión | ±3 ° |
| Rango de temperatura operativa | -20 ... +85 °C a ≤95 % H. r. |
| Señal de salida | 4 ... 20 mA (PCE-FST-200-202-I) 0 ... 10 VDC (PCE-FST-200-202-U) |
| Resistencia eléctrica | 250 Ω |
| Alimentación operativa | 12 ... 36 VDC |
| máx. velocidad del viento | 70 m/s a máx. 30 minutos |
| Conexión eléctrica | M12 |
| Tipo de protección | IP 65 |

Contenido del envío del sensor de dirección de viento PCE-FST-200-202

1 x Sensor de dirección de viento PCE-FST-202-I, o 1 x Sensor de dirección de viento PCE-FST-202-U, 1 x Manual de instrucciones

Aquí encuentra usted una visión general de [todos los medidores](#) que le ofrece PCE Instruments.

PCE Ibérica S.L. | Mayor 53 – Bajo | 02500 Tobarra (Albacete)
Tel: +34 967 543 548 | Fax: +34 967 543 542 | Email: info@pce-iberica.es
<http://www.pce-iberica.es/>

Ilustración 92 Datasheet Sensor D. Viento P2

Fuente: <https://www.pce-iberica.es/hoja-datos/hoja-datos-pce-fst-200-202.pdf>



Anexo 2.3. Datasheet sensor humedad de suelo

Soil moisture sensor XH-M214

Description:

The probe can be inserted directly into the soil. It is a digital display of soil moisture. When the humidity is below the set value starting pump starts watering, when humidity reaches the set value to stop watering. The operation is very simple. It is intelligent humanization.

Parameters:

| No. | Parameter | Value |
|-----|-------------------|---------------------------------|
| 1 | Product name | Soil Moisture Controller Module |
| 2 | Model | XH - M214 |
| 3 | Working Voltage | DC 12V |
| 4 | Load Voltage | AC 250V /DC 30V |
| 5 | Output way | Output Switch |
| 6 | Humidity range | 20-99% RH |
| 7 | Control precision | 1% RH |
| 8 | Control current | 10A |
| 9 | Net weight | About 28g |
| 10 | Size | 52*43*16 mm |

Using attention:

Please follow the wiring diagram of the description. You can choose the appropriate wiring mode according to the load voltage you use.

1>. **F0 setting start humidity**(the humidity of the solenoid valve or the pump start working)

Ilustración 93 Datasheet Sensor Humedad S. P1

Fuente: <http://www.icstation.com/m214-soil-moisture-sensor-humidity-controller-module-99rh-automatic-control-irrigation-system-digital-display-controller-p-13099.html>

Press the "SET" button to display "F0" and press the "SET" button to display the start humidity, and press +/- button to "SET" the humidity value

2>. **F1 setting stop humidity** (the humidity of the solenoid valve or the pump stops working)

Press +/- button to switch to "F1", press the "SET" button to display the stop humidity value, and press +/- button to SET the humidity value

3>. **F2 humidity correction**

Normal use without correction error. The correction of values in the use of multiple modules at the same time is conducive to a unified management operation.

Product Details:

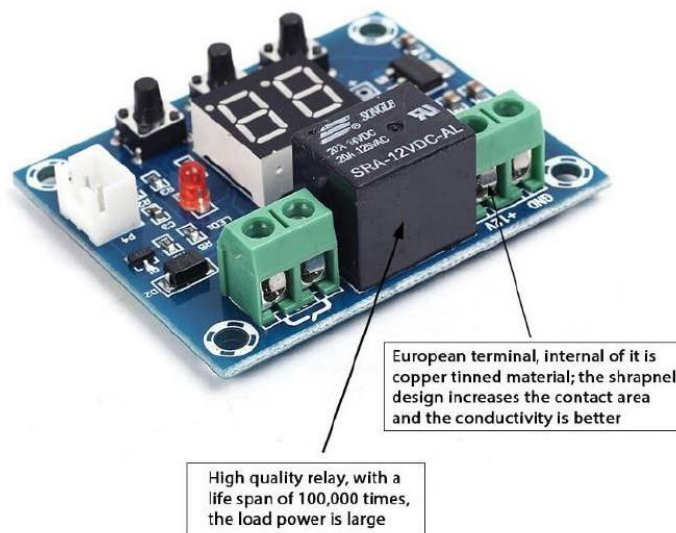
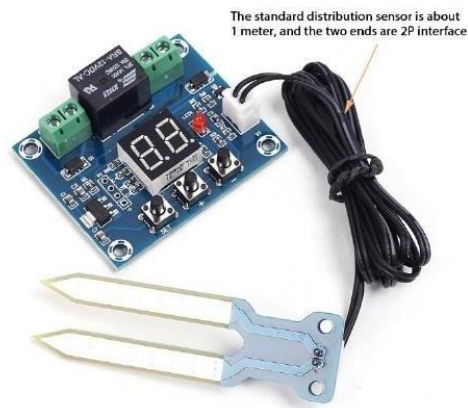


Ilustración 94 Datasheet Sensor Humedad S. P2

Fuente: <http://www.icstation.com/m214-soil-moisture-sensor-humidity-controller-module-99rh-automatic-control-irrigation-system-digital-display-controller-p-13099.html>



Wiring Instruction:

Wiring instruction (12V wiring mode)

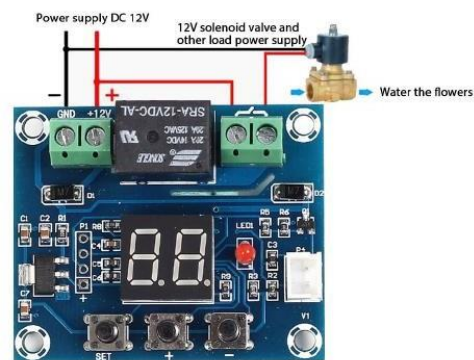


Ilustración 95 Datasheet Sensor Humedad S. P3

Fuente: <http://www.icstation.com/m214-soil-moisture-sensor-humidity-controller-module-99rh-automatic-control-irrigation-system-digital-display-controller-p-13099.html>

Wiring instruction (220V wiring mode)

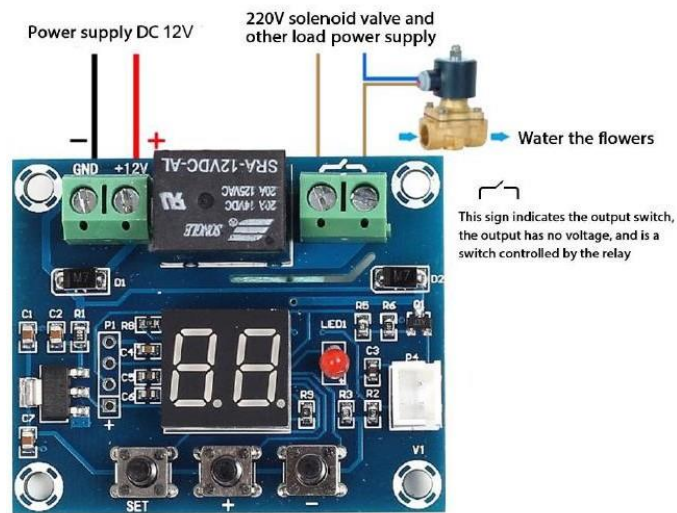
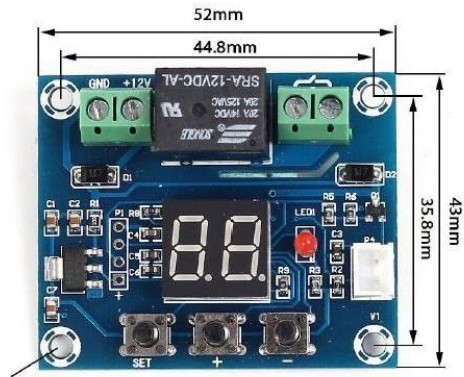


Ilustración 96 Datasheet Sensor Humedad S. P4

Fuente: <http://www.icstation.com/m214-soil-moisture-sensor-humidity-controller-module-99rh-automatic-control-irrigation-system-digital-display-controller-p-13099.html>

Product Size:



Pole diameter 3.2mm

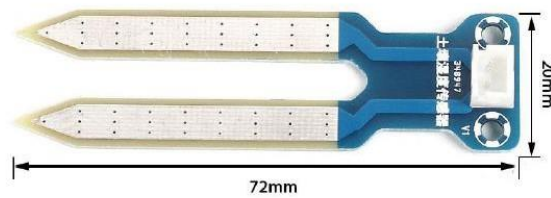


Ilustración 97 Datasheet Sensor Humedad S. P5

Fuente: <http://www.icstation.com/m214-soil-moisture-sensor-humidity-controller-module-99rh-automatic-control-irrigation-system-digital-display-controller-p-13099.html>

Application:



Large-scale use

Ilustración 98 Datasheet Sensor Humedad S. P6

Fuente: <http://www.icstation.com/m214-soil-moisture-sensor-humidity-controller-module-99rh-automatic-control-irrigation-system-digital-display-controller-p-13099.html>

Anexo 2.4. Datasheet sensor precipitaciones

KNX R

Sensor de lluvia



elsner[®]
elektronik

Instalación e ajuste

Ilustración 99 Datasheet Sensor Precipitaciones P1

Fuente: https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf

| | |
|---|-----------|
| 1. Descripción | 3 |
| 1.1. Datos técnicos | 3 |
| 2. Instalación y puesta en servicio | 4 |
| 2.1. Instrucciones de instalación | 4 |
| 2.2. Lugar de montaje | 4 |
| 2.3. Montaje del sensor | 5 |
| 2.3.1. Montaje del soporte | 5 |
| 2.3.2. Vista de la pared trasera y esquema de taladrado | 7 |
| 2.3.3. Preparación del sensor | 8 |
| 2.3.4. Estructura de la placa de circuitos | 9 |
| 2.3.5. Instalación del sensor | 10 |
| 2.4. Instrucciones para la instalación y puesta en marcha | 11 |
| 3. Mantenimiento | 12 |
| 4. Protocolo de transmisión | 13 |
| 4.1. Lista de todos los objetos de comunicación | 13 |
| 5. Ajuste de los parámetros | 15 |
| 5.1. Ajustes generales | 15 |
| 5.2. Lógica | 16 |
| 5.2.1. Y lógica 1 / 2 / 3 / 4 | 17 |
| 5.2.2. Entradas de unión de la lógica Y | 18 |
| 5.2.3. O lógica 1 / 2 / 3 / 4 | 18 |
| 5.2.4. Entradas de unión de la lógica O | 19 |

Ilustración 100 Datasheet Sensor Precipitaciones P2

Fuente: <https://www.elsner->

[elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)

1. Descripción

El **Sensor de lluvia KNX R** registra electrónicamente la precipitación y transmite el valor al sistema KNX. Se encuentran disponibles un circuito de salida y puertas lógicas Y y O. Los sensores, la electrónica y los acopladores de bus están alojados en un gabinete compacto.

Funciones:

- **Reconocimiento de precipitaciones:** La superficie del sensor se calienta, por lo que sólo las gotas y los copos se reconocen como precipitación, pero no la niebla o el rocío. Si deja de llover o nevar, el sensor se seca rápidamente y la alarma por lluvia cesa
- **1 Salida de conmutación**
- **4 puertas lógicas Y y 4 puertas lógicas O** con 4 entradas c/u. Como entradas para las puertas lógicas se pueden utilizar todos los eventos de conmutación y las 8 entradas lógicas (en forma de objetos de comunicación). La salida de cada puerta puede configurarse como un bit 1 o 2 x 8 bits.

La configuración se realiza a través del Software ETC de KNX. El **archivo de producto** está disponible para descargar en la página principal de Elsner Elektronik en www.elsner-elektronik.de en el menú „Descargas“.

1.1. Datos técnicos

| | |
|-----------------------|---|
| Gabinete | de plástico |
| Color | Blanco / Translúcido |
| Montaje | sobre revoque de pared |
| Clase de protección | IP 44 |
| Dimensiones | aprox. 96 x 77 x 118 (ancho x alto x profundidad, en mm). |
| Peso | Modelo 230 V CA aprox. 240 g, Modelo 24 V CC aprox. 170 g, |
| Temperatura ambiente | En operación -30...+50°C, Almacenamiento -30...+70°C |
| Tensión de servicio | Disponible para 230 V CA o para 24 V CC (20 V CA). La fuente de alimentación adecuada también puede adquirirse en Elsner Elektronik. |
| Sección del conductor | Conductores sólidos de hasta 1,5 mm o conductores de hilo fino |
| Corriente | Modelo de 230 V CA máx. 20 mA, Modelo de 24 V CC máx. 100 mA, Rizado 10% |
| Salida de datos | Conector terminal de bus KNX +/- |
| Tipo BCU | microcontrolador propio |
| Tipo PEI | 0 |
| Direcciones del grupo | máx. 254 |

Sensor de lluvia KNX R • Versión: 08.03.2016 • Reservado el derecho a realizar modificaciones técnicas y a errores.

Ilustración 101 Datasheet Sensor Precipitaciones P3

Fuente: [https://www.elsner-](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)

[elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)

| | |
|----------------------------------|-----------------------------|
| Asignaciones | máx. 255 |
| Objetos de comunicación | 34 |
| Calefacción del sensor de lluvia | aprox. 1,2 W (230 V y 24 V) |

El producto cumple las directrices de las directivas UE.

2. Instalación y puesta en servicio

2.1. Instrucciones de instalación



La instalación, el control, la puesta en marcha y la eliminación de fallos pueden llevarse a cabo únicamente por un electricista profesional.



¡PELIGRO!

¡Peligro de muerte por tensión eléctrica (tensión de red)!

En el interior del aparato hay componentes conductores de tensión no protegidos.

- Han de observarse las disposiciones VDE y nacional.
- Cortar la tensión a todos los cables que haya que montar y tomar medidas de seguridad contra una conexión accidental. No poner en funcionamiento el aparato si éste presenta daños.
- Poner fuera de funcionamiento el aparato o la instalación y protegerlo contra la activación accidental cuando se considere que ya no existan garantías de un funcionamiento exento de peligro.

El dispositivo está pensado únicamente para un uso adecuado. En caso de que se realice cualquier modificación inadecuada o no se cumplan las instrucciones de uso, se perderá todo derecho sobre la garantía.

Tras desembalar el dispositivo, revíselo inmediatamente por si tuviera algún desperfecto mecánico. Si se hubiera producido algún desperfecto durante el transporte, deberá informarlo inmediatamente al distribuidor.

El dispositivo sólo se puede utilizar en una instalación fija, es decir sólo cuando está montado y tras haber finalizado todas las labores de instalación y puesta en marcha y sólo en el entorno para el que está previsto.

Elsner no se hace responsable de las modificaciones de las normas posteriores a la publicación de este manual.

2.2. Lugar de montaje

Elija una ubicación de montaje en el edificio donde la lluvia pueda ser captada libremente por los sensores. No deben instalarse piezas de construcción sobre el sensor de

Ilustración 102 Datasheet Sensor Precipitaciones P4

Fuente: <https://www.elsner->

[elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)

lluvia, desde las cuales pueda gotear agua sobre las superficies del sensor cuando ya haya cesado de llover o nevar.

Alrededor de la unidad debe quedar un espacio libre de por lo menos 60 cm. Simultáneamente, el espacio libre impide que las salpicaduras de agua (gotas de lluvia) o la nieve (nevadas) interfieran con las mediciones. Además, la distancia previene posibles picotazos de aves.

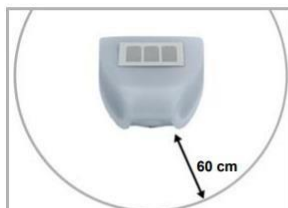


Fig. 1
El sensor debe tener al menos una distancia de 60 cm. tanto en la parte inferior, lateral y frontal hacia otros elementos (edificios, piezas de construcción, etc.).

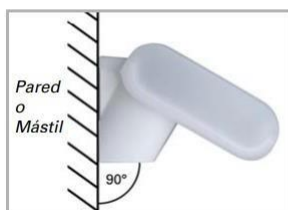


Fig. 2
El sensor de lluvia se debe montar en una pared vertical (o poste).



Fig. 3
El sensor de lluvia debe montarse horizontalmente en la posición transversal.

2.3. Montaje del sensor

2.3.1. Montaje del soporte

El sensor incluye un soporte de pared/mástil combinado. El soporte se entrega fijado con cinta adhesiva en la parte posterior de la caja. Fije el soporte perpendicular a la pared o mástil.

Sensor de lluvia KNX R • Versión: 08.03.2016 • Reservado el derecho a realizar modificaciones técnicas y a errores.

Ilustración 103 Datasheet Sensor Precipitaciones P5

Fuente: https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf

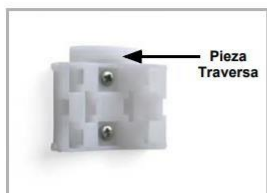


Fig. 4
Montaje en pared: lado plano hacia la pared, la pieza travesera semicircular hacia arriba.

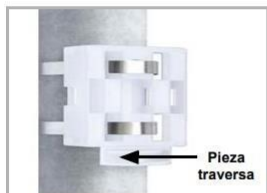


Fig. 5
Montaje en mástil: lado curvo hacia el mástil, la pieza travesera hacia abajo.



Fig. 6
Como accesorio opcional y complementario, se pueden adquirir en Elsner Elektronik diversos brazos flexibles para el montaje en pared, mástil o viga del sensor.

Ejemplo de uso de un brazo: El sensor puede girarse hasta su posición óptima gracias a las articulaciones esféricas



Fig. 7
Ejemplo de uso del brazo articulado: Mediante el brazo articulado, el sensor sobresale por debajo del alero. El sol puede actuar libremente sobre los sensores.

Ilustración 104 Datasheet Sensor Precipitaciones P6

Fuente: <https://www.elsner->

[elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)

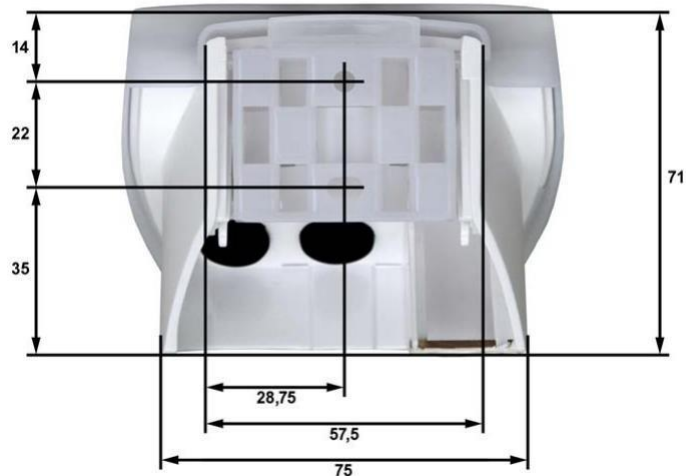
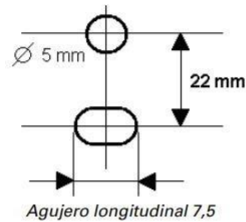


Fig. 8
Ejemplo de uso del brazo articulado: Montaje zunchado al mástil, mediante abrazaderas de sujeción con rosca helicoidal.

2.3.2. Vista de la pared trasera y esquema de taladrado

Fig. 9 a+b
Esquema de taladrado

Dimensiones de la parte trasera de la caja con el soporte, medidas en mm. Posibles variaciones debido a razones técnicas.



Sensor de lluvia KNX R • Versión: 08.03.2016 • Reservado el derecho a realizar modificaciones técnicas y a errores.

Ilustración 105 Datasheet Sensor Precipitaciones P7

Fuente: https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf

2.3.3. Preparación del sensor



La cubierta del sensor de lluvia se encuentra enclavada en la parte inferior derecha e izquierda (ver ilustración). La cubierta del modelo de 230 V está atornillada adicionalmente a la parte superior. Retire la cubierta. Proceda con cuidado, para no arrancar el cable que conecta la placa de circuitos en la base y el sensor de lluvia en la cubierta (en el modelo de 230 V CA, un cable conector soldado; en el modelo de 24 V CC, un cable con conector).

Pase los cables para la tensión de alimentación y la conexión de bus a través de las juntas de goma en la parte inferior del sensor de lluvia y conecte la tensión (L1/N) y los bus +/- a los terminales designados.

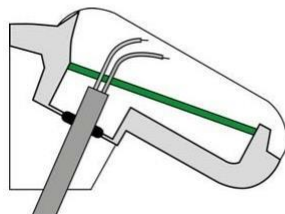


Fig. 11
Coloque el revestimiento del cable por debajo de la placa de circuitos impresos y conduzca solo los cables de conexión por las aberturas en la placa hacia arriba.

En el dispositivo de 24V, el cable que conecta la cubierta y la placa de circuitos debe estar conectado.

Ilustración 106 Datasheet Sensor Precipitaciones P8

Fuente: [https://www.elsner-](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)

[elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)

2.3.4. Estructura de la placa de circuitos

Modelo de 230 V CA

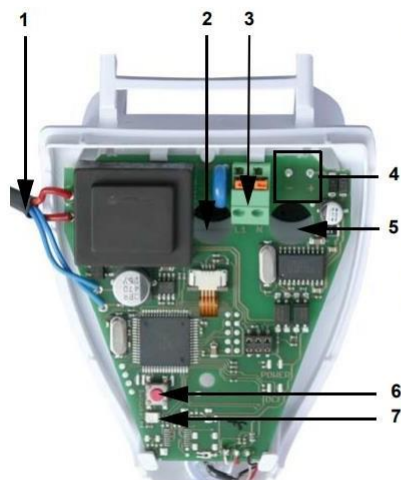


Fig. 12

- 1) Conexión de cable al sensor de lluvia en la cubierta del gabinete
- 2) Abertura para cables de alimentación
- 3) Terminal de resorte de alimentación (230 V CA), apto para conductores sólidos de hasta 1,5 mm² o conductores de hilo fino
- 4) Ranura para terminal KNX +/-
- 5) Orificios para el cableado de bus
- 6) Tecla de programación para sincronizar el dispositivo
- 7) LED de programación

Sensor de lluvia KNX R • Versión: 08.03.2016 • Reservado el derecho a realizar modificaciones técnicas y a errores.

Ilustración 107 Datasheet Sensor Precipitaciones P9

Fuente: <https://www.elsner->

[elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)

Modelo de 24 V CC

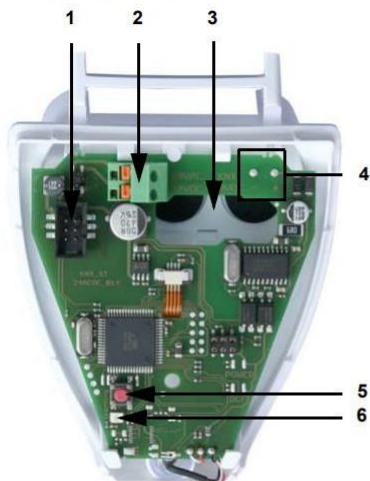


Fig. 13

- 1 Ranura para conexión de cable al sensor de lluvia en la cubierta del gabinete
- 2 Terminal de resorte de alimentación (24 V CC/20 V CA). Apto para conductores sólidos de hasta 1,5 mm² o conductores de hilo fino. Ocupación de bornes independiente de la polaridad (+/- o -/+)
- 3 Apertura para cables de alimentación y cables de bus
- 4 Ranura para terminal KNX +/-
- 5 Tecla de programación para sincronizar el dispositivo
- 6 LED de programación

2.3.5. Instalación del sensor

Cierre la caja, colocando la cubierta sobre la parte inferior. La cubierta debe encajar a ambos lados mediante un claro "click".

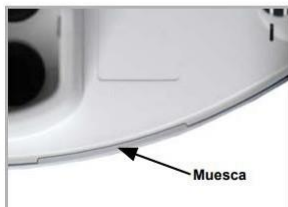


Fig. 14

¡Compruebe que la cubierta y la base estén correctamente unidas! La figura muestra una vista desde abajo del gabinete cerrado.

Ilustración 108 Datasheet Sensor Precipitaciones P10

Fuente: [https://www.elsner-](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)

[elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)



Fig. 15
En el caso del modelo de 230 V, atornille la cubierta con la parte inferior para evitar una abertura no autorizada o accidental.



¡PELIGRO!
¡Peligro de muerte por descarga eléctrica en el aparato de 230 V!

- La cubierta debe estar atornillada durante el funcionamiento.



Fig. 16
Deslice el gabinete desde arriba en el soporte montado. Las espigas del soporte deben encajarse en los rieles del gabinete.

Para sacarlo del soporte, el sensor se puede extraer hacia arriba en contra de la resistencia de las muescas.

2.4. Instrucciones para la instalación y puesta en marcha

No abra el dispositivo si puede penetrar agua (lluvia): Unas pocas gotas bastan para dañar la electrónica.

Compruebe que las conexiones son correctas. Si no se conecta correctamente, el dispositivo o los aparatos electrónicos a ella conectados pueden destruirse.

Tras la conexión a la tensión auxiliar, el dispositivo se encontrará durante algunos segundos en la fase de inicialización. Durante este tiempo, no se podrá recibir o enviar información a través del bus.

Direccionamiento del aparato en el bus

El aparato se suministra con la dirección de bus 15.15.250. En ETS puede programarse otra dirección sobrescribiendo la dirección 15.15.250 o mediante el botón de programación en la placa de circuitos en el interior de la carcasa.

Sensor de lluvia KNX R • Versión: 08.03.2016 • Reservado el derecho a realizar modificaciones técnicas y a errores.

Ilustración 109 Datasheet Sensor Precipitaciones P11

Fuente: <https://www.elsner->

[elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)



¡PELIGRO!

¡Peligro de muerte por tensión eléctrica (tensión de red)!

- En el caso del modelo de 230 V, el direccionamiento del bus a través del botón de programación lo debe efectuar únicamente un técnico electricista.
- No tocar ningún componente en la placa de circuitos mientras se pulsa el botón.

3. Mantenimiento



¡PELIGRO!

¡Peligro de muerte por tensión eléctrica (tensión de red)!

El contacto con piezas conductoras de la tensión en el aparato (p. ej., también mediante un chorro de agua) entraña un riesgo de descarga eléctrica en el caso de los aparatos de 230 V.

¡Peligro de lesión por componentes accionados de forma automática!

Debido al control automático, piezas de la instalación pueden activarse y poner en peligro a personas (p. ej., movimiento automático de ventanas/toldos si durante la limpieza se disparó una alarma de lluvia/viento).

- Desconectar siempre el aparato de la red eléctrica para el mantenimiento y la limpieza (p. ej., desactivar / quitar el fusible).

El dispositivo debería ser revisado por suciedad regularmente dos veces al año y debería ser limpiado en caso necesario. Puede que el sensor no funcione si se encuentra muy sucio.



ATENCIÓN

El aparato puede resultar dañado si penetran grandes cantidades de agua en la carcasa.

- No limpiar con limpiadores a alta presión ni de chorro de vapor.

Ilustración 110 Datasheet Sensor Precipitaciones P12

Fuente: <https://www.elsner->

[elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)

4. Protocolo de transmisión

4.1. Lista de todos los objetos de comunicación

Abreviaturas Tipos EIS:

- 1 Conmutar 1/0
- 6 Valor 8 Bit

Abreviaturas marcas:

- C comunicación
- L leer
- E escribir
- T transmitir

| Nº | Nombre | Función | Tipo EIS | marcas |
|----|------------|-----------------------|----------|--------|
| 0 | Lluvia | Salida de conmutación | 1 | C L T |
| 1 | Y lógica 1 | Salida de conmutación | 1 | C L T |
| 2 | Y lógica 1 | Salida A 8 Bit | 6 | C L T |
| 3 | Y lógica 1 | Salida B 8 Bit | 6 | C L T |
| 4 | Y lógica 2 | Salida de conmutación | 1 | C L T |
| 5 | Y lógica 2 | Salida A 8 Bit | 6 | C L T |
| 6 | Y lógica 2 | Salida B 8 Bit | 6 | C L T |
| 7 | Y lógica 3 | Salida de conmutación | 1 | C L T |
| 8 | Y lógica 3 | Salida A 8 Bit | 6 | C L T |
| 9 | Y lógica 3 | Salida B 8 Bit | 6 | C L T |
| 10 | Y lógica 4 | Salida de conmutación | 1 | C L T |
| 11 | Y lógica 4 | Salida A 8 Bit | 6 | C L T |
| 12 | Y lógica 4 | Salida B 8 Bit | 6 | C L T |
| 13 | O lógica 1 | Salida de conmutación | 1 | C L T |
| 14 | O lógica 1 | Salida A 8 Bit | 6 | C L T |
| 15 | O lógica 1 | Salida B 8 Bit | 6 | C L T |
| 16 | O lógica 2 | Salida de conmutación | 1 | C L T |
| 17 | O lógica 2 | Salida A 8 Bit | 6 | C L T |
| 18 | O lógica 2 | Salida B 8 Bit | 6 | C L T |

Sensor de lluvia KNX R • Versión: 08.03.2016 • Reservado el derecho a realizar modificaciones técnicas y a errores.

Ilustración 111 Datasheet Sensor Precipitaciones P13

Fuente: <https://www.elsner->

[elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)

| N° | Nombre | Función | Tipo EIS | marcas |
|----|---------------------|-----------------------|----------|--------|
| 19 | O lógica 3 | Salida de conmutación | 1 | C L T |
| 20 | O lógica 3 | Salida A 8 Bit | 6 | C L T |
| 21 | O lógica 3 | Salida B 8 Bit | 6 | C L T |
| 22 | O lógica 4 | Salida de conmutación | 1 | C L T |
| 23 | O lógica 4 | Salida A 8 Bit | 6 | C L T |
| 24 | O lógica 4 | Salida B 8 Bit | 6 | C L T |
| 25 | Entrada lógica 1 | Entrada | 1 | C L E |
| 26 | Entrada lógica 2 | Entrada | 1 | C L E |
| 27 | Entrada lógica 3 | Entrada | 1 | C L E |
| 28 | Entrada lógica 4 | Entrada | 1 | C L E |
| 29 | Entrada lógica 5 | Entrada | 1 | C L E |
| 30 | Entrada lógica 6 | Entrada | 1 | C L E |
| 31 | Entrada lógica 7 | Entrada | 1 | C L E |
| 32 | Entrada lógica 8 | Entrada | 1 | C L E |
| 33 | Versión de Software | Legible | 6 | C L |

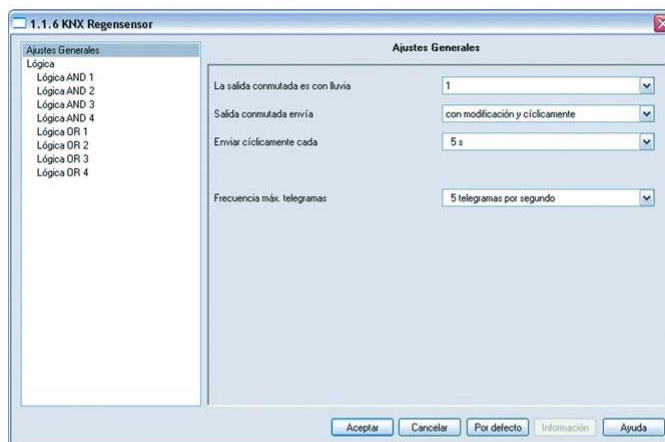
Sensor de lluvia KNX R • Versión: 08.03.2016 • Reservado el derecho a realizar modificaciones técnicas y a errores.

Ilustración 112 Datasheet Sensor Precipitaciones P14

Fuente: https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf

5. Ajuste de los parámetros

5.1. Ajustes generales



| | |
|---|---|
| La salida de conmutación está con lluvia | 0 • 1 |
| Salida de conmutación envía | <ul style="list-style-type: none"> • no • en caso de modificación • en caso de modificación a 1 • en caso de modificación a 0 • en caso de modificación y cíclicamente • en caso de modificación a 1 y cíclicamente • en caso de modificación a 0 y cíclicamente |
| Enviar cíclicamente cada (solo si se envía "cíclicamente") | 5 s ... 2 h |
| Porcentaje de telegramas máximo | 1 • 2 • 3 • 5 • 10 • 20 Telegramas por seg. |

Sensor de lluvia KNX R • Versión: 08.03.2016 • Reservado el derecho a realizar modificaciones técnicas y a errores.

Ilustración 113 Datasheet Sensor Precipitaciones P15

Fuente: [https://www.elsner-](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)

[elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)

5.2. Lógica

Lógica

Objetos de comunicación entradas lógicas No activar ▼

Lógica AND:

.....

Lógica 1 Activa ▼

Lógica 2 Activa ▼

Lógica 3 Activa ▼

Lógica 4 Activa ▼

Envío retardado de las salidas conmutadas tras el arranque y la programación 5 s ▼

Lógica OR:

.....

Lógica 1 Activa ▼

Lógica 2 Activa ▼

Lógica 3 Activa ▼

Lógica 4 Activa ▼

Envío retardado de las salidas conmutadas tras el arranque y la programación 5 s ▼

| | |
|--|--------------------------------|
| Objetos de comunicación entradas lógicas | no desbloqueado • desbloqueado |
| AND lógica | |
| Lógica 1 / 2 / 3 / 4 | no activa • activa |
| Retraso del envío de la salida de conmutación después del arranque y la programación | 5 s ... 2 h |

Sensor de lluvia KNX R • Versión: 08.03.2016 • Reservado el derecho a realizar modificaciones técnicas y a errores.

Ilustración 114 Datasheet Sensor Precipitaciones P16

Fuente: https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf

OR lógica

| | |
|--|--------------------|
| Lógica 1 / 2 / 3 / 4 | no activa • activa |
| Retraso del envío de la salida de conmutación después del arranque y la programación | 5 s ... 2 h |

5.2.1. Y lógica 1 / 2 / 3 / 4

| | |
|---------------------------|---|
| 1. / 2. / 3. / 4. Entrada | <ul style="list-style-type: none"> • no usar • todos los eventos de conmutación que están a disposición del sensor (véase "Entradas de unión de la lógica AND") |
| Salida lógica envía | <ul style="list-style-type: none"> • no • un objeto de 1 Bit • dos objetos de 8 Bit |

Salida lógica envía " un objeto de 1 Bit":

| | |
|---|---|
| Salida lógica envía | un objeto de 1 Bit |
| si lógica = 1 → objeto valor | 1 • 0 |
| si lógica = 0 → objeto valor | 1 • 0 |
| Objeto de comunicación Objeto de comunicación | <ul style="list-style-type: none"> • en caso de modificación de lógica • en caso de modificación de lógica a 1 • en caso de modificación de lógica a 0 • en caso de modificación de lógica y ciclicamente • en caso de modificación de lógica a 1 y ciclicamente • en caso de modificación de lógica a 0 y ciclicamente |
| enviar ciclicamente cada (solo si se envía "cíclicamente") | 5 s ... 2 h |

Salida lógica envía " dos objetos de 8 Bit":

| | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Salida lógica envía | dos objetos de 8 Bit |
| si lógica = 1 → objeto A valor | 0 ... 255; 127 |
| si lógica = 0 → objeto A valor | 0 ... 255 |
| si lógica = 1 → objeto B valor | 0 ... 255; 127 |
| si lógica = 0 → objeto B valor | 0 ... 255 |

Ilustración 115 Datasheet Sensor Precipitaciones P17

Fuente: <https://www.elsner->

[elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)

| | |
|--|---|
| Objetos de comunicación enviar Y lógico 1A y B | <ul style="list-style-type: none"> • en caso de modificación de lógica • en caso de modificación de lógica a 1 • en caso de modificación de lógica a 0 • en caso de modificación de lógica y ciclicamente • en caso de modificación de lógica a 1 y ciclicamente • en caso de modificación de lógica a 0 y ciclicamente |
| enviar ciclicamente cada (solo si se envía "cíclicamente") | 5 s ... 2 h |

5.2.2. Entradas de unión de la lógica Y

No usar
 Objeto de comunicación Entrada lógica 1
 Objeto de comunicación Entrada lógica 1 invertida
 Objeto de comunicación Entrada lógica 2
 Objeto de comunicación Entrada lógica 2 invertida
 Objeto de comunicación Entrada lógica 3
 Objeto de comunicación Entrada lógica 3 invertida
 Objeto de comunicación Entrada lógica 4
 Objeto de comunicación Entrada lógica 4 invertida
 Objeto de comunicación Entrada lógica 5
 Objeto de comunicación Entrada lógica 5 invertida
 Objeto de comunicación Entrada lógica 6
 Objeto de comunicación Entrada lógica 6 invertida
 Objeto de comunicación Entrada lógica 7
 Objeto de comunicación Entrada lógica 7 invertida
 Objeto de comunicación Entrada lógica 8
 Objeto de comunicación Entrada lógica 8 invertida
 Lluvia
 No lluvia

5.2.3. O lógica 1 / 2 / 3 / 4

| | |
|---------------------------|---|
| 1. / 2. / 3. / 4. Entrada | <ul style="list-style-type: none"> • no usar • todos los eventos de conmutación que están a disposición del sensor (véase "Entradas de unión de la lógica O") |
| Salida lógica envía | <ul style="list-style-type: none"> • un objeto de 1 Bit • dos objetos de 8 Bit |

Salida lógica envía "un objeto de 1 Bit":

| | |
|------------------------------|---------------------------|
| Salida lógica envía | un objeto de 1 Bit |
| si lógica = 1 → objeto valor | 1 • 0 |

Sensor de lluvia KNX R • Versión: 08.03.2016 • Reservado el derecho a realizar modificaciones técnicas y a errores.

Ilustración 116 Datasheet Sensor Precipitaciones P18

Fuente: https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf

| | |
|---|---|
| si lógica = 0 → objeto valor | 1 • 0 |
| Objeto de comunicación O lógica 1 envía | <ul style="list-style-type: none"> • en caso de modificación de lógica • en caso de modificación de lógica a 1 • en caso de modificación de lógica a 0 • en caso de modificación de lógica y ciclicamente • en caso de modificación de lógica a 1 y ciclicamente • en caso de modificación de lógica a 0 y ciclicamente |
| enviar ciclicamente cada (solo si se envía "ciclicamente") | 5 s ... 2 h |

Salida lógica envía "dos objetos de 8 Bit":

| | |
|---|---|
| Salida lógica envía | dos objetos de 8 Bit |
| si lógica = 1 → objeto A valor | 0 ... 255; 127 |
| si lógica = 0 → objeto A valor | 0 ... 255 |
| si lógica = 1 → objeto B valor | 0 ... 255; 127 |
| si lógica = 0 → objeto B valor | 0 ... 255 |
| Objetos de comunicación enviar O lógico 1A y B | <ul style="list-style-type: none"> • en caso de modificación de lógica • en caso de modificación de lógica a 1 • en caso de modificación de lógica a 0 • en caso de modificación de lógica y ciclicamente • en caso de modificación de lógica a 1 y ciclicamente • en caso de modificación de lógica a 0 y ciclicamente |
| enviar ciclicamente cada (solo si se envía "ciclicamente") | 5 s ... 2 h |

5.2.4. Entradas de unión de la lógica O

Las entradas de unión de la lógica O corresponden a las de la lógica Y. Adicionalmente la lógica O disponen de las siguientes entradas:

- Y lógica 1 salida 1
- Y lógica 1 salida 1 invertida
- Y lógica 2 salida 1
- Y lógica 2 salida 1 invertida
- Y lógica 3 salida 1
- Y lógica 3 salida 1 invertida
- Y lógica 4 salida 1
- Y lógica 4 salida 1 invertida

Ilustración 117 Datasheet Sensor Precipitaciones P19

Fuente: [https://www.elsner-](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fuplo)

[elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf](https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf)

Ilustración 118 Datasheet Sensor Precipitaciones P20

Fuente: https://www.elsner-elektronik.de/shop/de/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom%2Fupload%2F70124-25_KNX_R_Manual_ES_08Mrz16.pdf

Anexo 2.5. Datasheet sensor presión atmosférica, temperatura aire y humedad aire



| BME280: Final data sheet | |
|---------------------------------|---|
| Document revision | 1.0 |
| Document release date | November 11 th , 2014 |
| Document number | BST-BME280-DS001-09 |
| Technical reference code(s) | 0 273 141 185 |
| Notes | Data in this document are subject to change without notice. Product photos and pictures are for illustration purposes only and may differ from the real product's appearance. |

Ilustración 119 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P1

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|--------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 3 |
|--|--|--------|

General Description

The BME280 is as combined digital humidity, pressure and temperature sensor based on proven sensing principles. The sensor module is housed in an extremely compact metal-lid LGA package with a footprint of only 2.5 × 2.5 mm² with a height of 0.93 mm. Its small dimensions and its low power consumption allow the implementation in battery driven devices such as handsets, GPS modules or watches. The BME280 is register and performance compatible to the Bosch Sensortec BMP280 digital pressure sensor (see chapter 5.2 for details).

The BME280 achieves high performance in all applications requiring humidity and pressure measurement. These emerging applications of home automation control, in-door navigation, health care as well as GPS refinement require a high accuracy and a low TCO at the same time.

The humidity sensor provides an extremely fast response time for fast context awareness applications and high overall accuracy over a wide temperature range.

The pressure sensor is an absolute barometric pressure sensor with extremely high accuracy and resolution and drastically lower noise than the Bosch Sensortec BMP180.

The integrated temperature sensor has been optimized for lowest noise and highest resolution. Its output is used for temperature compensation of the pressure and humidity sensors and can also be used for estimation of the ambient temperature.

The sensor provides both SPI and I²C interfaces and can be supplied using 1.71 to 3.6 V for the sensor supply V_{DD} and 1.2 to 3.6 V for the interface supply V_{DDIO}. Measurements can be triggered by the host or performed in regular intervals. When the sensor is disabled, current consumption drops to 0.1 μA.

BME280 can be operated in three power modes (see chapter 3.3):


- sleep mode
- normal mode
- forced mode

In order to tailor data rate, noise, response time and current consumption to the needs of the user, a variety of oversampling modes, filter modes and data rates can be selected.

Please contact your regional Bosch Sensortec partner for more information about software packages.

Ilustración 120 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P2

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------------|
|  | <p>Final Datasheet BME280 Environmental sensor</p> | <p>Page 4</p> |
|---|--|---------------|

Index of Contents

| | |
|--|-----------|
| 1. SPECIFICATION | 7 |
| 1.1 GENERAL ELECTRICAL SPECIFICATION | 7 |
| 1.2 HUMIDITY PARAMETER SPECIFICATION | 8 |
| 1.3 PRESSURE SENSOR SPECIFICATION | 9 |
| 1.4 TEMPERATURE SENSOR SPECIFICATION | 10 |
| 2. ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS | 11 |
| 3. FUNCTIONAL DESCRIPTION | 11 |
| 3.1 BLOCK DIAGRAM | 11 |
| 3.2 POWER MANAGEMENT | 12 |
| 3.3 SENSOR MODES | 12 |
| 3.3.1 SENSOR MODE TRANSITIONS | 12 |
| 3.3.2 SLEEP MODE | 13 |
| 3.3.3 FORCED MODE | 13 |
| 3.3.4 NORMAL MODE | 14 |
| 3.4 MEASUREMENT FLOW | 14 |
| 3.4.1 HUMIDITY MEASUREMENT | 15 |
| 3.4.2 PRESSURE MEASUREMENT | 15 |
| 3.4.3 TEMPERATURE MEASUREMENT | 15 |
| 3.4.4 IIR FILTER | 16 |
| 3.5 RECOMMENDED MODES OF OPERATION | 17 |
| 3.5.1 WEATHER MONITORING | 17 |
| 3.5.2 HUMIDITY SENSING | 18 |
| 3.5.3 INDOOR NAVIGATION | 18 |
| 3.5.4 GAMING | 19 |
| 3.6 NOISE | 19 |
| 4. DATA READOUT | 21 |
| 4.1 DATA REGISTER SHADOWING | 21 |
| 4.2 OUTPUT COMPENSATION | 21 |
| 4.2.1 COMPUTATIONAL REQUIREMENTS | 22 |
| 4.2.2 TRIMMING PARAMETER READOUT | 22 |
| 4.2.3 COMPENSATION FORMULAS | 23 |
| 5. GLOBAL MEMORY MAP AND REGISTER DESCRIPTION | 25 |
| 5.1 GENERAL REMARKS | 25 |
| 5.2 REGISTER COMPATIBILITY TO BMP280 | 25 |
| 5.3 MEMORY MAP | 25 |
| 5.4 REGISTER DESCRIPTION | 26 |

BST-BME280-DS001-09 | Revision 1.0 | November 2014

Bosch Sensortec

© Bosch Sensortec GmbH reserves all rights even in the event of industrial property rights. We reserve all rights of disposal such as copying and passing on to third parties. BOSCH and the symbol are registered trademarks of Robert Bosch GmbH, Germany.
Note: Specifications within this document are subject to change without notice.

Ilustración 121 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P3

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>



|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 5 |
|--|--|--------|
| 5.4.1 REGISTER 0xD0 "ID" | 26 | |
| 5.4.2 REGISTER 0xE0 "RESET" | 26 | |
| 5.4.3 REGISTER 0xF2 "CTRL_HUM" | 26 | |
| 5.4.4 REGISTER 0xF3 "STATUS" | 26 | |
| 5.4.5 REGISTER 0xF4 "CTRL_MEAS" | 27 | |
| 5.4.6 REGISTER 0xF5 "CONFIG" | 28 | |
| 5.4.7 REGISTER 0xF7...0xF9 "PRESS" (MSB, LSB, XLSB) | 29 | |
| 5.4.8 REGISTER 0xFA...0xFC "TEMP" (MSB, LSB, XLSB) | 29 | |
| 5.4.9 REGISTER 0xFD...0xFE "HUM" (MSB, LSB) | 30 | |
| 6. DIGITAL INTERFACES | 31 | |
| 6.1 INTERFACE SELECTION | 31 | |
| 6.2 I ² C INTERFACE | 31 | |
| 6.2.1 I ² C WRITE | 32 | |
| 6.2.2 I ² C READ | 33 | |
| 6.3 SPI INTERFACE | 33 | |
| 6.3.1 SPI WRITE | 34 | |
| 6.3.2 SPI READ | 34 | |
| 6.4 INTERFACE PARAMETER SPECIFICATION | 35 | |
| 6.4.1 GENERAL INTERFACE PARAMETERS | 35 | |
| 6.4.2 I ² C TIMINGS | 35 | |
| 6.4.3 SPI TIMINGS | 36 | |
| 7. PIN-OUT AND CONNECTION DIAGRAM | 38 | |
| 7.1 PIN-OUT | 38 | |
| 7.2 CONNECTION DIAGRAM I ² C | 39 | |
| 7.3 CONNECTION DIAGRAM 4-WIRE SPI | 40 | |
| 7.4 CONNECTION DIAGRAM 3-WIRE SPI | 41 | |
| 7.5 PACKAGE DIMENSIONS | 42 | |
| 7.6 LANDING PATTERN RECOMMENDATION | 43 | |
| 7.7 MARKING | 44 | |
| 7.7.1 MASS PRODUCTION DEVICES | 44 | |
| 7.7.2 ENGINEERING SAMPLES | 45 | |
| 7.8 SOLDERING GUIDELINES AND RECONDITIONING RECOMMENDATIONS | 46 | |
| 7.9 RECONDITIONING PROCEDURE | 47 | |
| 7.10 TAPE AND REEL SPECIFICATION | 47 | |
| 7.10.1 DIMENSIONS | 47 | |
| 7.10.2 ORIENTATION WITHIN THE REEL | 48 | |
| 7.11 MOUNTING AND ASSEMBLY RECOMMENDATIONS | 49 | |
| 7.12 ENVIRONMENTAL SAFETY | 49 | |
| 7.12.1 RoHS | 49 | |
| 7.12.2 HALOGEN CONTENT | 49 | |
| 7.12.3 INTERNAL PACKAGE STRUCTURE | 49 | |

Ilustración 122 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P4


Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|--------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 6 |
|--|--|--------|

| | |
|--|-----------|
| 8. APPENDIX A: ALTERNATIVE COMPENSATION FORMULAS..... | 50 |
| 8.1 COMPENSATION FORMULAS IN DOUBLE PRECISION FLOATING POINT | 50 |
| 8.2 PRESSURE COMPENSATION IN 32 BIT FIXED POINT | 51 |
| 9. APPENDIX B: MEASUREMENT TIME AND CURRENT CALCULATION | 52 |
| 9.1 MEASUREMENT TIME..... | 52 |
| 9.2 MEASUREMENT RATE IN FORCED MODE | 52 |
| 9.3 MEASUREMENT RATE IN NORMAL MODE..... | 52 |
| 9.4 RESPONSE TIME USING IIR FILTER | 53 |
| 9.5 CURRENT CONSUMPTION..... | 53 |
| 10. LEGAL DISCLAIMER..... | 54 |
| 10.1 ENGINEERING SAMPLES..... | 54 |
| 10.2 PRODUCT USE | 54 |
| 10.3 APPLICATION EXAMPLES AND HINTS | 54 |
| 10.4 HANDLING INSTRUCTIONS..... | 54 |
| 11. DOCUMENT HISTORY AND MODIFICATION | 55 |

Ilustración 123 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P5

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|--------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 7 |
|--|--|--------|

1. Specification

If not stated otherwise,

- All values are valid over the full voltage range
- All minimum/maximum values are given for the full accuracy temperature range
- Minimum/maximum values of drifts, offsets and temperature coefficients are $\pm 3\sigma$ values over lifetime
- Typical values of currents and state machine timings are determined at 25 °C
- Minimum/maximum values of currents are determined using corner lots over complete temperature range
- Minimum/maximum values of state machine timings are determined using corner lots over 0...+65 °C temperature range

The specification tables are split into humidity, pressure, and temperature part of BME280.

1.1 General electrical specification

Table 1: Electrical parameter specification

| Parameter | Symbol | Condition | Min | Typ | Max | Unit |
|--|-----------------------|--|------|-----|-------------|---------------|
| Supply Voltage Internal Domains | V _{DD} | ripple max. 50 mVpp | 1.71 | 1.8 | 3.6 | V |
| Supply Voltage I/O Domain | V _{DDIO} | | 1.2 | 1.8 | 3.6 | V |
| Sleep current | I _{DDSL} | | | 0.1 | 0.3 | μA |
| Standby current (inactive period of normal mode) | I _{DDSB} | | | 0.2 | 0.5 | μA |
| Current during humidity measurement | I _{DDH} | Max value at 85 °C | | 340 | | μA |
| Current during pressure measurement | I _{DDP} | Max value at -40 °C | | 714 | | μA |
| Current during temperature measurement | I _{DDT} | Max value at 85 °C | | 350 | | μA |
| Start-up time | t _{startup} | Time to first communication after both V _{DD} > 1.58 V and V _{DDIO} > 0.65 V | | | 2 | ms |
| Power supply rejection ratio (DC) | PSRR | full V _{DD} range | | | ±0.01 ±5 | %RH/V Pa/V |
| Standby time accuracy | Δt _{standby} | | | ±5 | ±25 | % |


BST-BME280-DS001-09 | Revision 1.0 | November 2014

Bosch Sensortec

© Bosch Sensortec GmbH reserves all rights even in the event of industrial property rights. We reserve all rights of disposal such as copying and passing on to third parties. BOSCH and the symbol are registered trademarks of Robert Bosch GmbH, Germany.
Note: Specifications within this document are subject to change without notice.

Ilustración 124 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P6

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|--------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 8 |
|--|--|--------|

1.2 Humidity parameter specification

Table 2: Humidity parameter specification

| Parameter | Symbol | Condition | Min | Typ | Max | Unit |
|---|--------------------|--|-----|-------|-----|--------------|
| Operating range ³ | R _H | For temperatures < 0 °C and > 60 °C see Figure 1 | -40 | 25 | 85 | °C |
| | | | 0 | | 100 | %RH |
| Supply current | I _{DD,H} | 1 Hz forced mode, humidity and temperature | | 1.8 | 2.8 | µA |
| Absolute accuracy tolerance | A _H | 20...80 %RH, 25 °C, including hysteresis | | ±3 | | %RH |
| Hysteresis ⁴ | H _H | 10→90→10 %RH, 25 °C | | ±1 | | %RH |
| Nonlinearity ⁵ | NL _H | 10→90 %RH, 25 °C | | 1 | | %RH |
| Response time to complete 63% of step ⁶ | τ _{63%} | 90→0 or 0→90 %RH, 25 °C | | 1 | | s |
| Resolution | R _H | | | 0.008 | | %RH |
| Noise in humidity (RMS) | N _H | Highest oversampling, see chapter 3.6 | | 0.02 | | %RH |
| Long term stability | ΔH _{stab} | 10...90 %RH, 25 °C | | 0.5 | | %RH/ year |

³ When exceeding the operating range (e.g. for soldering), humidity sensing performance is temporarily degraded and reconditioning is recommended as described in section 7.8. Operating range only for non-condensing environment.


⁴ For hysteresis measurement the sequence 10→30→50→70→90→70→50→30→10 %RH is used. The hysteresis is defined as the difference between measurements of the humidity up / down branch and the averaged curve of both branches

⁵ Non-linear contributions to the sensor data are corrected during the calculation of the relative humidity by the compensation formulas described in section 4.2.3.

⁶ The air-flow in direction to the vent-hole of the device has to be dimensioned in a way that a sufficient air exchange inside to outside will be possible. To observe effects on the response time-scale of the device an air-flow velocity of approx. 1 m/s is needed.

Ilustración 125 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P7

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|--------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 9 |
|--|--|--------|

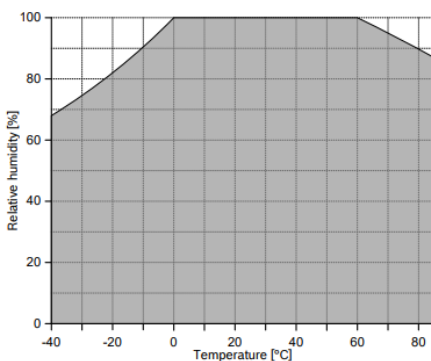


Figure 1: humidity sensor operating range

1.3 Pressure sensor specification

Table 3: Pressure parameter specification

| Parameter | Symbol | Condition | Min | Typ | Max | Unit |
|--|--------------|--|-----|-------|-------|------|
| Operating temperature range | T_A | operational | -40 | 25 | +85 | °C |
| | | full accuracy | 0 | | +65 | |
| Operating pressure range | P | full accuracy | 300 | | 1100 | hPa |
| Supply current | $I_{DD,LP}$ | 1 Hz forced mode, pressure and temperature, lowest power | | 2.8 | 4.2 | µA |
| Temperature coefficient of offset ⁹ | TCO_p | 25...65 °C, 900 hPa | | ±1.5 | | Pa/K |
| | | | | | ±12.6 | |
| Absolute accuracy pressure | $A_{P,full}$ | 300 ... 1100 hPa 0 ... 65 °C | | ±1.0 | | hPa |
| Relative accuracy pressure $V_{DD} = 3.3V$ | A_{rel} | 700 ... 900hPa 25 ... 40 °C | | ±0.12 | | hPa |

⁹ When changing temperature by e.g. 10 °C at constant pressure / altitude, the measured pressure / altitude will change by $(10 \times TCO_p)$.

Ilustración 126 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P8

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 10 |
|--|--|---------|

| | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------|--|------|-----------|------|-----|
| Resolution of pressure output data | R_p | Highest oversampling | | 0.18 | | Pa |
| Noise in pressure | $N_{p,fullBW}$ | Full bandwidth, highest oversampling See chapter 3.6 | | 1.3 | | Pa |
| | | | | 11 | | cm |
| | $N_{p,filtered}$ | Reduced bandwidth, highest oversampling See chapter 3.6 | | 0.2 | | Pa |
| | | | | 1.7 | | cm |
| Solder drift | | Minimum solder height 50 μ m | -0.5 | | +2.0 | hPa |
| Long term stability ¹⁰ | ΔP_{stab} | per year | | ± 1.0 | | hPa |
| Possible sampling rate | $f_{sample,P}$ | Lowest oversampling, see chapter 9.2 | 157 | 182 | | Hz |

1.4 Temperature sensor specification

Table 4: Pressure parameter specification

| Parameter | Symbol | Condition | Min | Typ | Max | Unit |
|---|--------------|---|-----|-----------|-----|---------|
| Operating range | T | Operational | -40 | 25 | 85 | °C |
| | | Full accuracy | 0 | | 65 | °C |
| Supply current | $I_{DD,T}$ | 1 Hz forced mode, temperature measurement only | | 1.0 | | μ A |
| Absolute accuracy temperature ¹¹ | $A_{T,25}$ | 25 °C | | ± 0.5 | | °C |
| | $A_{T,full}$ | 0...65 °C | | ± 1.0 | | °C |
| Output resolution | R_T | API output resolution | | 0.01 | | °C |
| RMS noise | N_T | Lowest oversampling | | 0.005 | | °C |

¹⁰ Long term stability is specified in the full accuracy operating pressure range 0 ... 65 °C

¹¹ Temperature measured by the internal temperature sensor. This temperature value depends on the PCB temperature, sensor element self-heating and ambient temperature and is typically above ambient temperature.

Ilustración 127 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P9

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 11 |
|---|--|---------|

2. Absolute maximum ratings

The absolute maximum ratings are determined over complete temperature range using corner lots. The values are provided in Table 5.

Table 5: Absolute maximum ratings

| Parameter | Condition | Min | Max | Unit |
|------------------------------|-----------------------------|------|------------------|--------------------|
| Voltage at any supply pin | V_{DD} and V_{DDIO} pin | -0.3 | 4.25 | V |
| Voltage at any interface pin | | -0.3 | $V_{DDIO} + 0.3$ | V |
| Storage temperature | $\leq 65\%$ RH | -45 | +85 | $^{\circ}\text{C}$ |
| Pressure | | 0 | 20 000 | hPa |
| ESD | HBM, at any pin | | ± 2 | kV |
| | CDM | | ± 500 | V |
| | Machine model | | ± 200 | V |
| Condensation | No power supplied | | Allowed | |

3. Functional description

3.1 Block diagram

Figure 2 shows a simplified block diagram of the BME280:

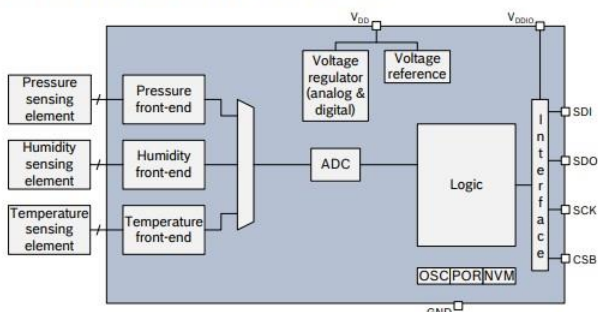


Figure 2: Block diagram of BME280

BST-BME280-DS001-09 | Revision 1.0 | November 2014

Bosch Sensortec

© Bosch Sensortec GmbH reserves all rights even in the event of industrial property rights. We reserve all rights of disposal such as copying and passing on to third parties. BOSCH and the symbol are registered trademarks of Robert Bosch GmbH, Germany.
 Note: Specifications within this document are subject to change without notice.

Ilustración 128 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P10

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 12 |
|--|--|---------|

3.2 Power management

The BME280 has two distinct power supply pins

- V_{DD} is the main power supply for all internal analog and digital functional blocks
- V_{DDIO} is a separate power supply pin used for the supply of the digital interface

A power-on reset (POR) generator is built in; it resets the logic part and the register values after both V_{DD} and V_{DDIO} reach their minimum levels. There are no limitations on slope and sequence of raising the V_{DD} and V_{DDIO} levels. After powering up, the sensor settles in sleep mode (described in chapter 3.3.2).

It is prohibited to keep any interface pin (SDI, SDO, SCK or CSB) at a logical high level when V_{DDIO} is switched off. Such a configuration can permanently damage the device due an excessive current flow through the ESD protection diodes.

If V_{DDIO} is supplied, but V_{DD} is not, the interface pins are kept at a high-Z level. The bus can therefore already be used freely before the BME280 V_{DD} supply is established.

Resetting the sensor is possible by cycling V_{DD} level or by writing a soft reset command. Cycling the V_{DDIO} level will not cause a reset.

3.3 Sensor modes

The BME280 offers three sensor modes: sleep mode, forced mode and normal mode. These can be selected using the *mode*[1:0] setting (see chapter 5.4.5). The available modes are:

- Sleep mode: no operation, all registers accessible, lowest power, selected after startup
- Forced mode: perform one measurement, store results and return to sleep mode
- Normal mode: perpetual cycling of measurements and inactive periods.

The modes will be explained in detail in chapters 3.3.2 (sleep mode), 3.3.3 (forced mode) and 0 (normal mode).

3.3.1 Sensor mode transitions

The supported mode transitions are shown in Figure 3. If the device is currently performing a measurement, execution of mode switching commands is delayed until the end of the currently running measurement period. Further mode change commands or other write commands to the register *ctrl_hum* are ignored until the mode change command has been executed. Mode transitions other than the ones shown below are tested for stability but do not represent recommended use of the device.

Ilustración 129 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P11

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 13 |
|---|--|---------|

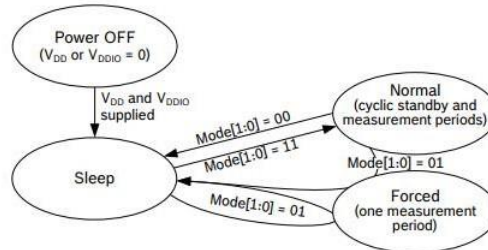


Figure 3: Sensor mode transition diagram

3.3.2 Sleep mode

Sleep mode is entered by default after power on reset. In sleep mode, no measurements are performed and power consumption (I_{DDSM}) is at a minimum. All registers are accessible; Chip-ID and compensation coefficients can be read. There are no special restrictions on interface timings.

3.3.3 Forced mode

In forced mode, a single measurement is performed in accordance to the selected measurement and filter options. When the measurement is finished, the sensor returns to sleep mode and the measurement results can be obtained from the data registers. For a next measurement, forced mode needs to be selected again. This is similar to BMP180 operation. Using forced mode is recommended for applications which require low sampling rate or host-based synchronization. The timing diagram is shown below.

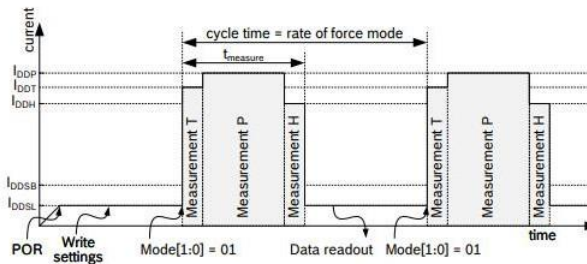


Figure 4: Forced mode timing diagram

Ilustración 130 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P12

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 14 |
|---|--|---------|

3.3.4 Normal mode

Normal mode comprises an automated perpetual cycling between an (active) measurement period and an (inactive) standby period.

The measurements are performed in accordance to the selected measurement and filter options. The standby time is determined by the setting $t_{sb}[2:0]$ and can be set to between 0.5 and 1000 ms according to Table 27.

The total cycle time depends on the sum of the active time (see chapter 9) and standby time $t_{standby}$. The current in the standby period (I_{DDSB}) is slightly higher than in sleep mode. After setting the measurement and filter options and enabling normal mode, the last measurement results can always be obtained at the data registers without the need of further write accesses.

Using normal mode is recommended when using the IIR filter. This is useful for applications in which short-term disturbances (e.g. blowing into the sensor) should be filtered. The timing diagram is shown below:

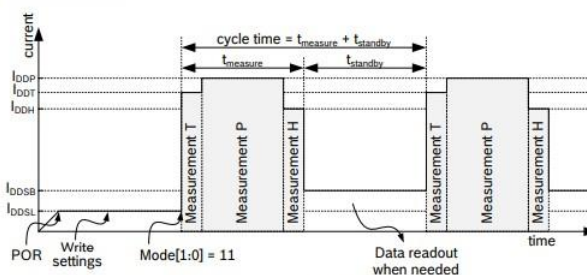


Figure 5: Normal mode timing diagram

the noise. The resolution of the pressure data depends on the IIR filter (see chapter 0) and the

3.4 Measurement flow

The BME280 measurement period consists of a temperature, pressure and humidity measurement with selectable oversampling. After the measurement period, the pressure and temperature data can be passed through an optional IIR filter, which removes short-term fluctuations in pressure (e.g. caused by slamming a door). For humidity, such a filter is not needed and has not been implemented. The flow is depicted in the diagram below.

Ilustración 131 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P13

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

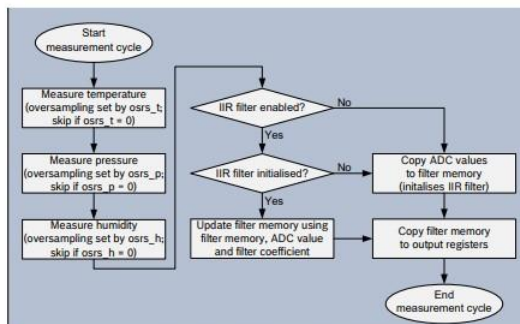


Figure 6: BME280 measurement cycle

The individual blocks of the diagram above will be detailed in the following subchapters.

3.4.1 Humidity measurement

The humidity measurement can be enabled or skipped. When enabled, several oversampling options exist. The humidity measurement is controlled by the `osrs_h[2:0]` setting, which is detailed in chapter 5.4.3. For the humidity measurement, oversampling is possible to reduce the noise. The resolution of the humidity measurement is fixed at 16 bit ADC output.

3.4.2 Pressure measurement

Pressure measurement can be enabled or skipped. When enabled, several oversampling options exist. The pressure measurement is controlled by the `osrs_p[2:0]` setting which is detailed in chapter 5.4.5. For the pressure measurement, oversampling is possible to reduce the noise. The resolution of the pressure data depends on the IIR filter (see chapter 0) and the oversampling setting (see chapter 5.4.5):

- When the IIR filter is enabled, the pressure resolution is 20 bit.
- When the IIR filter is disabled, the pressure resolution is $16 + (osrs_p - 1)$ bit, e.g. 18 bit when `osrs_p` is set to '3'.

3.4.3 Temperature measurement

Temperature measurement can be enabled or skipped. Skipping the measurement could be useful to measure pressure extremely rapidly. When enabled, several oversampling options exist. The temperature measurement is controlled by the `osrs_t[2:0]` setting which is detailed in chapter 5.4.5. For the temperature measurement, oversampling is possible to reduce the noise. The resolution of the temperature data depends on the IIR filter (see chapter 0) and the oversampling setting (see chapter 5.4.5):

- When the IIR filter is enabled, the temperature resolution is 20 bit.
- When the IIR filter is disabled, the temperature resolution is $16 + (osrs_t - 1)$ bit, e.g. 18 bit when `osrs_t` is set to '3'.

Ilustración 132 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P14

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|----------------|
|  | <p>Final Datasheet BME280 Environmental sensor</p> | <p>Page 16</p> |
|---|--|----------------|

3.4.4 IIR filter

The humidity value inside the sensor does not fluctuate rapidly and does not require low pass filtering. However, the environmental pressure is subject to many short-term changes, caused e.g. by slamming of a door or window, or wind blowing into the sensor. To suppress these disturbances in the output data without causing additional interface traffic and processor work load, the BME280 features an internal IIR filter. It effectively reduces the bandwidth of the temperature and pressure output signals¹² and increases the resolution of the pressure and temperature output data to 20 bit. The output of a next measurement step is filtered using the following formula:

$$\text{data_filtered} = \frac{\text{data_filtered_old} \cdot (\text{filter_coefficient} - 1) + \text{data_ADC}}{\text{filter_coefficient}}$$

Data_filtered_old is the data coming from the current filter memory, and data_ADC is the data coming from current ADC acquisition. Data_filtered is the new value of filter memory and the value that will be sent to the output registers.

The IIR filter can be configured to different filter coefficients, which slows down the response to the sensor inputs. Note that the response time with enabled IIR filter depends on the number of samples generated, which means that the data output rate must be known to calculate the actual response time. For register configuration, please refer to Table 28. A sample response time calculation is shown in chapter 9.4.

Table 6: filter settings

| Filter coefficient | Samples to reach ≥75 % of step response |
|--------------------|---|
| Filter off | 1 |
| 2 | 2 |
| 4 | 5 |
| 8 | 11 |
| 16 | 22 |

In order to find a suitable setting for *filter*, please consult chapter 3.5.

When writing to the register *filter*, the filter is reset. The next ADC values will pass through the filter unchanged and become the initial memory values for the filter. If temperature or pressure measurements are skipped, the corresponding filter memory will be kept unchanged even though the output registers are set to 0x80000. When the previously skipped measurement is re-enabled, the output will be filtered using the filter memory from the last time when the measurement was not skipped. If this is not desired, please write to the *filter* register in order to re-initialize the filter.

¹² Since the BME280 does not sample continuously, filtering can suffer from signals with a frequency higher than the sampling rate of the sensor. E.g. environmental fluctuations caused by windows being opened and closed might have a frequency <5 Hz. Consequently, a sampling rate of ODR = 10 Hz is sufficient to obey the Nyquist theorem.

Ilustración 133 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P15

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 17 |
|--|--|---------|

The step response (e.g. response to in sudden change in height) of the different filter settings is displayed in Figure 7.

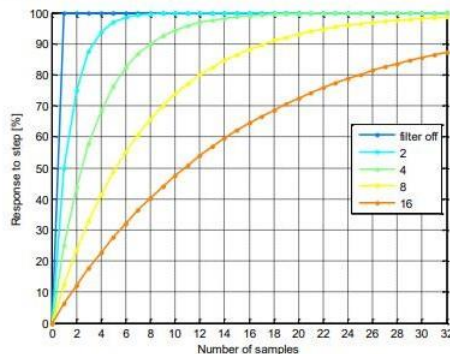


Figure 7: Step response at different IIR filter settings

3.5 Recommended modes of operation

The different oversampling options, filter settings and sensor modes result in a large number of possible settings. In this chapter, a number of settings recommended for various scenarios are presented.

3.5.1 Weather monitoring

Description: Only a very low data rate is needed. Power consumption is minimal. Noise of pressure values is of no concern. Humidity, pressure and temperature are monitored.

Table 7: Settings and performance for weather monitoring

| Suggested settings for weather monitoring | |
|---|--|
| Sensor mode | forced mode, 1 sample / minute |
| Oversampling settings | pressure $\times 1$, temperature $\times 1$, humidity $\times 1$ |
| IIR filter settings | filter off |
| Performance for suggested settings | |
| Current consumption | 0.16 μA |
| RMS Noise | 3.3 Pa / 30 cm, 0.07 %RH |
| Data output rate | 1/60 Hz |

BST-BME280-DS001-09 | Revision 1.0 | November 2014

Bosch Sensortec

© Bosch Sensortec GmbH reserves all rights even in the event of industrial property rights. We reserve all rights of disposal such as copying and passing on to third parties. BOSCH and the symbol are registered trademarks of Robert Bosch GmbH, Germany.
 Note: Specifications within this document are subject to change without notice.

Ilustración 134 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P16

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 18 |
|---|--|---------|

3.5.2 Humidity sensing

Description: A low data rate is needed. Power consumption is minimal. Forced mode is used to minimize power consumption and to synchronize readout, but using normal mode would also be possible.

Table 8: Settings and performance for humidity sensing

| Suggested settings for weather monitoring | |
|---|--|
| Sensor mode | forced mode, 1 sample / second |
| Oversampling settings | pressure $\times 0$, temperature $\times 1$, humidity $\times 1$ |
| IIR filter settings | filter off |
| Performance for suggested settings | |
| Current consumption | 2.9 μ A |
| RMS Noise | 0.07 %RH |
| Data output rate | 1 Hz |

3.5.3 Indoor navigation

Lowest possible altitude noise is needed. A very low bandwidth is preferred. Increased power consumption is tolerated. Humidity is measured to help detect room changes. This setting is suggested for the Android settings 'SENSOR_DELAY_NORMAL' and 'SENSOR_DELAY_UI'.

Table 9: Settings and performance for indoor navigation

| Suggested settings for indoor navigation | |
|--|---|
| Sensor mode | normal mode, $t_{s\text{and}bv} = 0.5$ ms |
| Oversampling settings | pressure $\times 16$, temperature $\times 2$, humidity $\times 1$ |
| IIR filter settings | filter coefficient 16 |
| Performance for suggested settings | |
| Current consumption | 633 μ A |
| RMS Noise | 0.2 Pa / 1.7 cm |
| Data output rate | 25Hz |
| Filter bandwidth | 0.53 Hz |
| Response time (75%) | 0.9 s |

Ilustración 135 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P17

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 19 |
|--|--|---------|

3.5.4 Gaming

Low altitude noise is needed. The required bandwidth is ~2 Hz in order to respond quickly to altitude changes (e.g. be able to dodge a flying monster in a game). Increased power consumption is tolerated. Humidity sensor is disabled. This setting is suggested for the Android settings 'SENSOR_DELAY_GAMING' and 'SENSOR_DELAY_FASTEST'.

Table 10: Settings and performance for gaming

| Suggested settings for gaming | |
|------------------------------------|--|
| Sensor mode | normal mode, $t_{standby} = 0.5$ ms |
| Oversampling settings | pressure $\times 4$, temperature $\times 1$, humidity $\times 0$ |
| IIR filter settings | filter coefficient 16 |
| Performance for suggested settings | |
| Current consumption | 581 μ A |
| RMS Noise | 0.3 Pa / 2.5 cm |
| Data output rate | 83 Hz |
| Filter bandwidth | 1.75 Hz |
| Response time (75%) | 0.3 s |

3.6 Noise

The noise depends on the oversampling and, for pressure and temperature, on the filter setting used. The stated values were determined in a controlled environment and are based on the average standard deviation of 32 consecutive measurement points taken at highest sampling speed. This is needed in order to exclude long term drifts from the noise measurement. The noise depends both on humidity/pressure oversampling and temperature oversampling, since the temperature value is used for humidity/pressure temperature compensation. The oversampling combinations use below results in an optimal power to noise ratio.

Table 11: Noise and current for humidity

| Humidity / temperature oversampling setting | Typical RMS noise in humidity [%RH] at 25 °C | Typ. current [μ A] at 1 Hz forced mode, 25 °C, humidity and temperature measurement, incl. I_{ODSM} |
|---|--|--|
| $\times 1 / \times 1$ | 0.07 | 1.8 |
| $\times 2 / \times 1$ | 0.05 | 2.5 |
| $\times 4 / \times 1$ | 0.04 | 3.8 |
| $\times 8 / \times 1$ | 0.03 | 6.5 |
| $\times 16 / \times 1$ | 0.02 | 11.7 |

Ilustración 136 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P18

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 20 |
|--|--|---------|

Table 12: Noise and current for pressure

| Pressure / temperature oversampling setting | Typical RMS noise in pressure [Pa] at 25 °C | | | | | Typ. current [µA] at 1 Hz forced mode, 25 °C, pressure and temperature measurement, incl. I _{BDSM} |
|---|---|-----|-----|-----|-----|---|
| | IIR filter coefficient | | | | | |
| | off | 2 | 4 | 8 | 16 | |
| x1 / x1 | 3.3 | 1.9 | 1.2 | 0.9 | 0.4 | 2.8 |
| x2 / x1 | 2.6 | 1.5 | 1.0 | 0.6 | 0.4 | 4.2 |
| x4 / x1 | 2.1 | 1.2 | 0.8 | 0.5 | 0.3 | 7.1 |
| x8 / x1 | 1.6 | 1.0 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 12.8 |
| x16 / x2 | 1.3 | 0.8 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 24.9 |

Table 13: Temperature dependence of pressure noise


| RMS noise at different temperatures | |
|-------------------------------------|---|
| Temperature | Typical change in noise compared to 25 °C |
| -10 °C | +25 % |
| 25 °C | ±0 % |
| 75 °C | -5 % |

Table 14: Noise in temperature

| Temperature oversampling setting | Typical RMS noise in temperature [°C] at 25 °C |
|----------------------------------|--|
| x1 | 0.005 |
| x2 | 0.004 |
| x4 | 0.003 |
| x8 | 0.003 |
| x16 | 0.002 |

Ilustración 137 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P19

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|----------------|
|  | <p>Final Datasheet BME280 Environmental sensor</p> | <p>Page 21</p> |
|---|--|----------------|

4. Data readout

To read out data after a conversion, it is strongly recommended to use a burst read and not address every register individually. This will prevent a possible mix-up of bytes belonging to different measurements and reduce interface traffic. Note that in I²C mode, even when pressure was not measured, reading the unused registers is faster than reading temperature and humidity data separately.

Data readout is done by starting a burst read from 0xF7 to 0xFC (temperature and pressure) or from 0xF7 to 0xFE (temperature, pressure and humidity). The data are read out in an unsigned 20-bit format both for pressure and for temperature and in an unsigned 16-bit format for humidity. It is strongly recommended to use the BME280 API, available from Bosch Sensortec, for readout and compensation. For details on memory map and interfaces, please consult chapters 0 and 6 respectively.

After the uncompensated values for pressure, temperature and humidity 'ut', 'up' and 'uh' have been read, the actual humidity, pressure and temperature needs to be calculated using the compensation parameters stored in the device. The procedure is elaborated in chapter 4.2.

4.1 Data register shadowing

In normal mode, the timing of measurements is not necessarily synchronized to the readout by the user. This means that new measurement results may become available while the user is reading the results from the previous measurement. In this case, shadowing is performed in order to guarantee data consistency. Shadowing will only work if all data registers are read in a single burst read. Therefore, the user must use burst reads if he does not synchronize data readout with the measurement cycle. Using several independent read commands may result in inconsistent data.

If a new measurement is finished and the data registers are still being read, the new measurement results are transferred into shadow data registers. The content of shadow registers is transferred into data registers as soon as the user ends the burst read, even if not all data registers were read.


The end of the burst read is marked by the rising edge of CSB pin in SPI case or by the recognition of a stop condition in I²C case. After the end of the burst read, all user data registers are updated at once.

4.2 Output compensation

The BME280 output consists of the ADC output values. However, each sensing element behaves differently. Therefore, the actual pressure and temperature must be calculated using a set of calibration parameters. In this chapter, the method to read out the trimming values will be given. The recommended calculation uses fixed point arithmetic and is given in chapter 4.2.3. In high-level languages like Matlab™ or LabVIEW™, fixed-point code may not be well supported. In this case the floating-point code in appendix 8.1 can be used as an alternative. For 8-bit micro controllers, the variable size may be limited. In this case a simplified 32 bit integer code with reduced accuracy is given in appendix 8.2.

Ilustración 138 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P20

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 22 |
|--|--|---------|

4.2.1 Computational requirements

In the table below an overview is given for the number of clock cycles needed for compensation on a 32 bit Cortex-M3 micro controller with GCC optimization level -O2. This controller does not feature a floating point unit, thus all floating-point calculations are emulated. Floating point is only recommended for PC application, where an FPU is present and these calculations are performed drastically faster.

Table 15: Computational requirements for compensation formulas

| Compensation of | Number of clocks (ARM Cortex-M3) | | |
|-----------------|----------------------------------|----------------|---------------------|
| | 32 bit integer | 64 bit integer | Double precision |
| Humidity | -83 | - | -2900 ¹³ |
| Temperature | -46 | - | -2400 ¹³ |
| Pressure | -112 ¹⁴ | -1400 | -5400 ¹³ |

4.2.2 Trimming parameter readout

The trimming parameters are programmed into the devices' non-volatile memory (NVM) during production and cannot be altered by the customer. Each compensation word is a 16-bit signed or unsigned integer value stored in two's complement. As the memory is organized into 8-bit words, two words must always be combined in order to represent the compensation word. The 8-bit registers are named calib00...calib41 and are stored at memory addresses 0x88...0xA1 and 0xE1...0xE7. The corresponding compensation words are named dig_T# for temperature compensation related values, dig_P# for pressure related values and dig_H# for humidity related values. The mapping is seen in Table 16.

Table 16: Compensation parameter storage, naming and data type


| Register Address | Register content | Data type |
|------------------|-----------------------|----------------|
| 0x88 / 0x89 | dig_T1 [7:0] / [15:8] | unsigned short |
| 0x8A / 0x8B | dig_T2 [7:0] / [15:8] | signed short |
| 0x8C / 0x8D | dig_T3 [7:0] / [15:8] | signed short |
| 0x8E / 0x8F | dig_P1 [7:0] / [15:8] | unsigned short |
| 0x90 / 0x91 | dig_P2 [7:0] / [15:8] | signed short |
| 0x92 / 0x93 | dig_P3 [7:0] / [15:8] | signed short |
| 0x94 / 0x95 | dig_P4 [7:0] / [15:8] | signed short |
| 0x96 / 0x97 | dig_P5 [7:0] / [15:8] | signed short |
| 0x98 / 0x99 | dig_P6 [7:0] / [15:8] | signed short |
| 0x9A / 0x9B | dig_P7 [7:0] / [15:8] | signed short |

¹³ Use only recommended for high-level programming languages like Matlab™ or LabVIEW™

¹⁴ Use only recommended for 8-bit micro controllers

Ilustración 139 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P21

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 23 |
|--|--|---------|

| | | |
|------------------|-----------------------|---------------|
| 0x9C / 0x9D | dig_P8 [7:0] / [15:8] | signed short |
| 0x9E / 0x9F | dig_P9 [7:0] / [15:8] | signed short |
| 0xA1 | dig_H1 [7:0] | unsigned char |
| 0xE1 / 0xE2 | dig_H2 [7:0] / [15:8] | signed short |
| 0xE3 | dig_H3 [7:0] | unsigned char |
| 0xE4 / 0xE5[3:0] | dig_H4 [11:4] / [3:0] | signed short |
| 0xE5[7:4] / 0xE6 | dig_H5 [3:0] / [11:4] | signed short |
| 0xE7 | dig_H6 | signed char |

4.2.3 Compensation formulas

Please note that it is strongly advised to use the API available from Bosch Sensortec to perform readout and compensation. If this is not wanted, the code below can be applied at the user's risk. Both pressure and temperature values are expected to be received in 20 bit format, positive, stored in a 32 bit signed integer. Humidity is expected to be received in 16 bit format, positive, stored in a 32 bit signed integer.

The variable `t_fine` (signed 32 bit) carries a fine resolution temperature value over to the pressure and humidity compensation formula and could be implemented as a global variable. The data type "BME280_S32_t" should define a 32 bit signed integer variable type and can usually be defined as "long signed int".

The data type "BME280_U32_t" should define a 32 bit unsigned integer variable type and can usually be defined as "long unsigned int".

For best possible calculation accuracy in pressure, 64 bit integer support is needed. If this is not possible on your platform, please see appendix 8.2 for a 32 bit alternative.

The data type "BME280_S64_t" should define a 64 bit signed integer variable type, which on most supporting platforms can be defined as "long long signed int". The revision of the code is rev.1.1.1.

```
// Returns temperature in DegC, resolution is 0.01 DegC. Output value of "5123" equals 51.23 DegC.
// t_fine carries fine temperature as global value
BME280_S32_t t_fine;
BME280_S32_t BME280_compensate_T_int32(BME280_S32_t adc_T)
{
    BME280_S32_t var1, var2, T;
    var1 = (((adc_T >> 3) - ((BME280_S32_t)dig_T1 << 1)) * ((BME280_S32_t)dig_T2)) >> 11;
    var2 = (((((adc_T >> 4) - ((BME280_S32_t)dig_T1)) * ((adc_T >> 4) - ((BME280_S32_t)dig_T1))) >> 12) *
        ((BME280_S32_t)dig_T3)) >> 14;
    t_fine = var1 + var2;
    T = (t_fine * 5 + 128) >> 8;
    return T;
}

// Returns pressure in Pa as unsigned 32 bit integer in Q24.8 format (24 integer bits and 8 fractional bits).
// Output value of "24674867" represents 24674867/256 = 96386.2 Pa = 963.862 hPa
BME280_U32_t BME280_compensate_P_int64(BME280_S32_t adc_P)
{
    BME280_S64_t var1, var2, p;
    var1 = ((BME280_S64_t)t_fine) - 128000;
    var2 = var1 * var1 * ((BME280_S64_t)dig_P6);
    var2 = var2 + ((var1 * (BME280_S64_t)dig_P5) << 17);
    var2 = var2 + (((BME280_S64_t)dig_P4) << 35);
    var1 = ((var1 * var1 * ((BME280_S64_t)dig_P3) >> 8) + ((var1 * (BME280_S64_t)dig_P2) << 12);
    var1 = (((((BME280_S64_t)1) << 47) + var1)) * ((BME280_S64_t)dig_P1) >> 33;
    if (var1 == 0)
    {
        return 0; // avoid exception caused by division by zero
    }
    p = 1048576 - adc_P;
    p = (((p < 31) - var2) * 3125) / var1;
    var1 = (((BME280_S64_t)dig_P9) * (p >> 13) * (p >> 13)) >> 25;
    var2 = (((BME280_S64_t)dig_P8) * p) >> 19;
}
```


BST-BME280-DS001-09 | Revision 1.0 | November 2014

Bosch Sensortec

© Bosch Sensortec GmbH reserves all rights even in the event of industrial property rights. We reserve all rights of disposal such as copying and passing on to third parties. BOSCH and the symbol are registered trademarks of Robert Bosch GmbH, Germany.
Note: Specifications within this document are subject to change without notice.

Ilustración 140 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P22

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|----------------|
|  | <p>Final Datasheet BME280 Environmental sensor</p> | <p>Page 24</p> |
|---|--|----------------|

```

p = ((p + var1 + var2) >> 8) + (((BME280_564_t)dig_P7)<<4);
return (BME280_U32_t)p;
}

// Returns humidity in %RH as unsigned 32 bit integer in Q22.10 format (22 integer and 10 fractional bits).
// Output value of "47445" represents 47445/1024 = 46.333 %RH
BME280_U32_t bme280_compensate_h_int32(BME280_S32_t adc_H)
{
    BME280_S32_t v_x1_u32r;

    v_x1_u32r = (t_fine - ((BME280_S32_t)76800));
    v_x1_u32r = (((adc_H << 14) - ((BME280_S32_t)dig_H4) << 20) - (((BME280_S32_t)dig_H5) * v_x1_u32r)) +
        ((BME280_S32_t)16384)) >> 15) * ((((((v_x1_u32r * ((BME280_S32_t)dig_H6) >> 10) + ((v_x1_u32r *
        ((BME280_S32_t)dig_H3)) >> 11) + ((BME280_S32_t)132768))) >> 10) + ((BME280_S32_t)2097152)) *
        ((BME280_S32_t)dig_H2) + 8192) >> 14));
    v_x1_u32r = (v_x1_u32r - (((v_x1_u32r >> 15) * (v_x1_u32r >> 15)) >> 7) * ((BME280_S32_t)dig_H1)) >> 4);
    v_x1_u32r = (v_x1_u32r < 0 ? 0 : v_x1_u32r);
    v_x1_u32r = (v_x1_u32r > 419430400 ? 419430400 : v_x1_u32r);
    return (BME280_U32_t)(v_x1_u32r>>12);
}

```


BST-BME280-DS001-09 | Revision 1.0 | November 2014

Bosch Sensortec

© Bosch Sensortec GmbH reserves all rights even in the event of industrial property rights. We reserve all rights of disposal such as copying and passing on to third parties. BOSCH and the symbol are registered trademarks of Robert Bosch GmbH, Germany.
Note: Specifications within this document are subject to change without notice.

Ilustración 141 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P23

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 25 |
|---|--|---------|

5. Global memory map and register description

5.1 General remarks

The entire communication with the device is performed by reading from and writing to registers. Registers have a width of 8 bits. There are several registers which are reserved; they should not be written to and no specific value is guaranteed when they are read. For details on the interface, consult chapter 6.

5.2 Register compatibility to BMP280

The BME280 is downward register compatible to the BMP280, which means that the pressure and temperature control and readout is identical to BMP280. However, the following exceptions have to be considered:

Table 17: Register incompatibilities between BMP280 and BME280

| Register | Bits | Content | BMP280 | BME280 |
|---------------------|------|---------|--|--|
| 0xD0 "id" | 7:0 | chip_id | Read value is 0x56 / 0x57 (samples) 0x58 (mass production) | Read value is 0x60 |
| 0xF5 "config" | 7:5 | t_sb | '110': 2000 ms '111': 4000 ms | '110': 10 ms '111': 20 ms |
| 0xF7...0xF9 "press" | 19:0 | press | Resolution (16...20 bit) depends only on osrs_p | Without filter, resolution depends on osrs_p; when using filter, resolution is always 20 bit |
| 0xFA...0xFC "temp" | 19:0 | temp | Resolution (16...20 bit) only depends on osrs_t | Without filter, resolution depends on osrs_t; when using filter, resolution is always 20 bit |

5.3 Memory map

The memory map is given in Table 18 below. Reserved registers are not shown.


Table 18: Memory map

| Register Name | Address | bit7 | bit6 | bit5 | bit4 | bit3 | bit2 | bit1 | bit0 | Reset state |
|-----------------|-------------|------------------|------|-------------|------|------|-------------|------|-------------|-------------|
| hum_lsb | 0xFE | hum_lsb<7:0> | | | | | | | | 0x00 |
| hum_msb | 0xFD | hum_msb<7:0> | | | | | | | | 0x80 |
| temp_xlsb | 0xFC | temp_xlsb<7:4> | | | | | | | | 0 |
| temp_lsb | 0xFB | temp_lsb<7:0> | | | | | | | | 0x00 |
| temp_msb | 0xFA | temp_msb<7:0> | | | | | | | | 0x80 |
| press_xlsb | 0xF9 | press_xlsb<7:4> | | | | | | | | 0 |
| press_lsb | 0xF8 | press_lsb<7:0> | | | | | | | | 0x00 |
| press_msb | 0xF7 | press_msb<7:0> | | | | | | | | 0x80 |
| config | 0xF5 | t_sb[2:0] | | filter[2:0] | | | osrs_p[2:0] | | osrs_t[2:0] | 0x00 |
| ctrl_meas | 0xF4 | osrs_p[2:0] | | osrs_t[2:0] | | | mode[1:0] | | 0x00 | |
| status | 0xF3 | measuring[0] | | | | | | | | 0 |
| ctrl_humid | 0xF2 | osrs_h[2:0] | | | | | | | | 0x00 |
| calib00_calib41 | 0xE1...0xFD | calibration data | | | | | | | | individual |
| reset | 0xED | reset[7:0] | | | | | | | | 0x00 |
| id | 0xD0 | chip_id[7:0] | | | | | | | | 0x60 |
| calib00_calib25 | 0xB8...0xA1 | calibration data | | | | | | | | individual |

| Registers: | Reserved registers | Calibration data | Control registers | Data registers | Status registers | Chip ID | Reset |
|------------|--------------------|------------------|-------------------|----------------|------------------|-----------|------------|
| Type: | do not change | read only | read / write | read only | read only | read only | write only |

Ilustración 142 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P24

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 26 |
|--|--|---------|

5.4 Register description

5.4.1 Register 0xD0 "id"

The "id" register contains the chip identification number chip_id[7:0], which is 0x60. This number can be read as soon as the device finished the power-on-reset.

5.4.2 Register 0xE0 "reset"

The "reset" register contains the soft reset word reset[7:0]. If the value 0xB6 is written to the register, the device is reset using the complete power-on-reset procedure. Writing other values than 0xB6 has no effect. The readout value is always 0x00.

5.4.3 Register 0xF2 "ctrl_hum"

The "ctrl_hum" register sets the humidity data acquisition options of the device. **Changes to this register only become effective after a write operation to "ctrl_meas".**

Table 19: Register 0xF2 "ctrl_hum"

| Register 0xF2 "ctrl_hum" | Name | Description |
|-----------------------------|-------------|--|
| Bit 2, 1, 0 | osrs_h[2:0] | Controls oversampling of humidity data. See Table 20 for settings and chapter 3.4.1 for details. |

Table 20: register settings osrs_h

| osrs_h[2:0] | Humidity oversampling |
|-------------|--------------------------------|
| 000 | Skipped (output set to 0x8000) |
| 001 | oversampling × 1 |
| 010 | oversampling × 2 |
| 011 | oversampling × 4 |
| 100 | oversampling × 8 |
| 101, others | oversampling × 16 |

5.4.4 Register 0xF3 "status"

The "status" register contains two bits which indicate the status of the device.

Table 21: Register 0xF3 "status"

| Register 0xF3 "status" | Name | Description |
|---------------------------|--------------|---|
| Bit 3 | measuring[0] | Automatically set to '1' whenever a conversion is running and back to '0' when the results have been transferred to the data registers. |
| Bit 0 | im_update[0] | Automatically set to '1' when the NVM data are being copied to image registers and back to '0' when the copying is done. The data are copied at power-on-reset and before every conversion. |

Ilustración 143 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P25

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 27 |
|--|--|---------|

5.4.5 Register 0xF4 "ctrl_meas"

The "ctrl_meas" register sets the pressure and temperature data acquisition options of the device. The register needs to be written after changing "ctrl_hum" for the changes to become effective.

Table 22: Register 0xF4 "ctrl_meas"

| Register 0xF4 "ctrl_meas" | Name | Description |
|------------------------------|-------------|---|
| Bit 7, 6, 5 | osrs_t[2:0] | Controls oversampling of temperature data. See Table 24 for settings and chapter 3.4.3 for details. |
| Bit 4, 3, 2 | osrs_p[2:0] | Controls oversampling of pressure data. See Table 23 for settings and chapter 3.4.2 for details. |
| Bit 1, 0 | mode[1:0] | Controls the sensor mode of the device. See Table 25 for settings and chapter 3.3 for details. |

Table 23: register settings osrs_p

| osrs_p[2:0] | Pressure oversampling |
|-------------|---------------------------------|
| 000 | Skipped (output set to 0x80000) |
| 001 | oversampling ×1 |
| 010 | oversampling ×2 |
| 011 | oversampling ×4 |
| 100 | oversampling ×8 |
| 101, others | oversampling ×16 |

Table 24: register settings osrs_t

| osrs_t[2:0] | Temperature oversampling |
|-------------|---------------------------------|
| 000 | Skipped (output set to 0x80000) |
| 001 | oversampling ×1 |
| 010 | oversampling ×2 |
| 011 | oversampling ×4 |
| 100 | oversampling ×8 |
| 101, others | oversampling ×16 |

Ilustración 144 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P26

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 28 |
|---|--|---------|

Table 25: register settings *mode*

| <i>mode</i> [1:0] | Mode |
|-------------------|-------------|
| 00 | Sleep mode |
| 01 and 10 | Forced mode |
| 11 | Normal mode |

5.4.6 Register 0xF5 "config"

The "config" register sets the rate, filter and interface options of the device. Writes to the "config" register in normal mode may be ignored. In sleep mode writes are not ignored.

Table 26: Register 0xF5 "config"

| Register 0xF5 "config" | Name | Description |
|------------------------|-----------------------------|--|
| Bit 7, 6, 5 | <i>t_{sb}</i> [2:0] | Controls inactive duration <i>t_{standby}</i> in normal mode. See Table 27 for settings and chapter 0 for details. |
| Bit 4, 3, 2 | filter[2:0] | Controls the time constant of the IIR filter. See Table 27 for settings and chapter 0 for details. |
| Bit 0 | spi3w_en[0] | Enables 3-wire SPI interface when set to '1'. See chapter 6.3 for details. |

Table 27: *t_{sb}* settings

| <i>t_{sb}</i> [2:0] | <i>t_{standby}</i> [ms] |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 000 | 0.5 |
| 001 | 62.5 |
| 010 | 125 |
| 011 | 250 |
| 100 | 500 |
| 101 | 1000 |
| 110 | 10 |
| 111 | 20 |

Ilustración 145 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P27

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 29 |
|--|--|---------|

Table 28: *filter* settings

| <i>filter</i> [2:0] | Filter coefficient |
|---------------------|--------------------|
| 000 | Filter off |
| 001 | 2 |
| 010 | 4 |
| 011 | 8 |
| 100, others | 16 |

5.4.7 Register 0xF7...0xF9 "press" (*_msb, _lsb, _xlsb*)

The "press" register contains the raw pressure measurement output data up[19:0]. For details on how to read out the pressure and temperature information from the device, please consult chapter 4.

Table 29: Register 0xF7 ... 0xF9 "press"

| Register 0xF7...0xF9 "press" | Name | Description |
|---------------------------------|-----------------|--|
| 0xF7 | press_msb[7:0] | Contains the MSB part up[19:12] of the raw pressure measurement output data. |
| 0xF8 | press_lsb[7:0] | Contains the LSB part up[11:4] of the raw pressure measurement output data. |
| 0xF9 (bit 7, 6, 5, 4) | press_xlsb[3:0] | Contains the XLSB part up[3:0] of the raw pressure measurement output data. Contents depend on temperature resolution. |

5.4.8 Register 0xFA...0xFC "temp" (*_msb, _lsb, _xlsb*)


The "temp" register contains the raw temperature measurement output data ut[19:0]. For details on how to read out the pressure and temperature information from the device, please consult chapter 4.

Table 30: Register 0xFA ... 0xFC "temp"

| Register 0xFA...0xFC "temp" | Name | Description |
|--------------------------------|----------------|--|
| 0xFA | temp_msb[7:0] | Contains the MSB part ut[19:12] of the raw temperature measurement output data. |
| 0xFB | temp_lsb[7:0] | Contains the LSB part ut[11:4] of the raw temperature measurement output data. |
| 0xFC (bit 7, 6, 5, 4) | temp_xlsb[3:0] | Contains the XLSB part ut[3:0] of the raw temperature measurement output data. Contents depend on pressure resolution. |

Ilustración 146 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P28

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 30 |
|--|--|---------|

5.4.9 Register 0xFD...0xFE "hum" (*msb*, *lsb*)


The "temp" register contains the raw temperature measurement output data $ut[19:0]$. For details on how to read out the pressure and temperature information from the device, please consult chapter 4.

Table 31: Register 0xFD ... 0xFE "hum"

| Register 0xFD...0xFE "hum" | Name | Description |
|-------------------------------|---------------|---|
| 0xFD | hum_msb[7:0] | Contains the MSB part $uh[15:8]$ of the raw humidity measurement output data. |
| 0xFE | temp_lsb[7:0] | Contains the LSB part $uh[7:0]$ of the raw humidity measurement output data. |

Ilustración 147 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P29

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 31 |
|---|--|---------|

6. Digital interfaces

The BME280 supports the I²C and SPI digital interfaces; it acts as a slave for both protocols. The I²C interface supports the Standard, Fast and High Speed modes. The SPI interface supports both SPI mode '00' (CPOL = CPHA = '0') and mode '11' (CPOL = CPHA = '1') in 4-wire and 3-wire configuration.

The following transactions are supported:

- Single byte write
- multiple byte write (using pairs of register addresses and register data)
- single byte read
- multiple byte read (using a single register address which is auto-incremented)

6.1 Interface selection

Interface selection is done automatically based on CSB (chip select) status. If CSB is connected to V_{DDIO}, the I²C interface is active. If CSB is pulled down, the SPI interface is activated. After CSB has been pulled down once (regardless of whether any clock cycle occurred), the I²C interface is disabled until the next power-on-reset. This is done in order to avoid inadvertently decoding SPI traffic to another slave as I²C data. Since the device startup is deferred until both V_{DD} and V_{DDIO} are established, there is no risk of incorrect protocol detection because of the power-up sequence used. However, if I²C is to be used and CSB is not directly connected to V_{DDIO} but is instead connected to a programmable pin, it must be ensured that this pin already outputs the V_{DDIO} level during power-on-reset of the device. If this is not the case, the device will be locked in SPI mode and not respond to I²C commands.

6.2 I²C Interface

The I²C slave interface is compatible with Philips I²C Specification version 2.1. For detailed timings, please review Table 33. All modes (standard, fast, high speed) are supported. SDA and SCL are not pure open-drain. Both pads contain ESD protection diodes to V_{DDIO} and GND. As the devices does not perform clock stretching, the SCL structure is a high-Z input without drain capability.

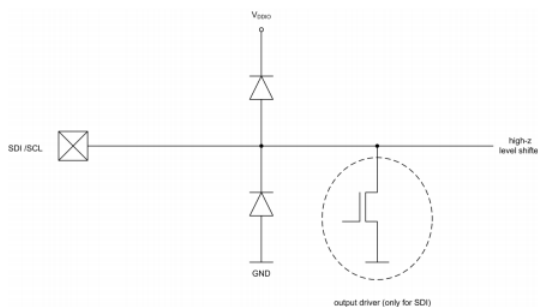


Figure 8: SDI/SCK ESD drawing

Ilustración 148 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P30

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 32 |
|---|--|---------|

The 7-bit device address is 111011x. The 6 MSB bits are fixed. The last bit is changeable by SDO value and can be changed during operation. Connecting SDO to GND results in slave address 1110110 (0x76); connection it to V_{DDIO} results in slave address 1110111 (0x77), which is the same as BMP280's I²C address. The SDO pin cannot be left floating; if left floating, the I²C address will be undefined.

The I²C interface uses the following pins:

- SCK: serial clock (SCL)
- SDI: data (SDA)
- SDO: Slave address LSB (GND = '0', V_{DDIO} = '1')

CSB must be connected to V_{DDIO} to select I²C interface. SDI is bi-directional with open drain to GND: it must be externally connected to V_{DDIO} via a pull up resistor. Refer to chapter 7 for connection instructions.

The following abbreviations will be used in the I²C protocol figures:

- S Start
- P Stop
- ACKS Acknowledge by slave
- ACKM Acknowledge by master
- NACKM Not acknowledge by master

6.2.1 I²C write

Writing is done by sending the slave address in write mode (RW = '0'), resulting in slave address 111011X0 ('X' is determined by state of SDO pin). Then the master sends pairs of register addresses and register data. The transaction is ended by a stop condition. This is depicted in Figure 9.

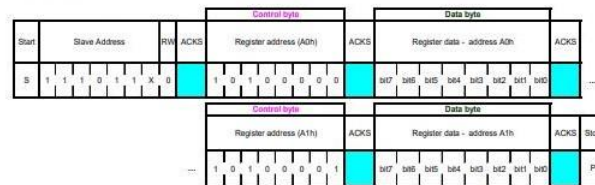


Figure 9: I²C multiple byte write (not auto-incremented)

Ilustración 149 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P31

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 33 |
|---|--|---------|

6.2.2 I²C read

To be able to read registers, first the register address must be sent in write mode (slave address 111011X0). Then either a stop or a repeated start condition must be generated. After this the slave is addressed in read mode (RW = '1') at address 111011X1, after which the slave sends out data from auto-incremented register addresses until a NOACKM and stop condition occurs. This is depicted in Figure 10, where register 0xF6 and 0xF7 are read.

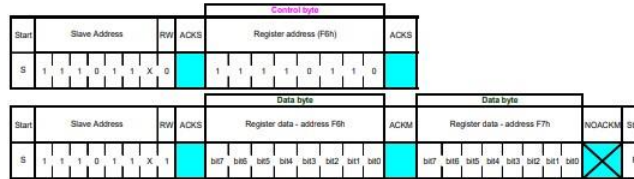


Figure 10: I²C multiple byte read

6.3 SPI interface

The SPI interface is compatible with SPI mode '00' (CPOL = CPHA = '0') and mode '11' (CPOL = CPHA = '1'). The automatic selection between mode '00' and '11' is determined by the value of SCK after the CSB falling edge.

The SPI interface has two modes: 4-wire and 3-wire. The protocol is the same for both. The 3-wire mode is selected by setting '1' to the register spi3w_en. The pad SDI is used as a data pad in 3-wire mode.

The SPI interface uses the following pins:

- CSB: chip select, active low
- SCK: serial clock
- SDI: serial data input; data input/output in 3-wire mode
- SDO: serial data output; hi-Z in 3-wire mode

Refer to chapter 7 for connection instructions.

CSB is active low and has an integrated pull-up resistor. Data on SDI is latched by the device at SCK rising edge and SDO is changed at SCK falling edge. Communication starts when CSB goes to low and stops when CSB goes to high; during these transitions on CSB, SCK must be stable. The SPI protocol is shown in Figure 11. For timing details, please review Table 34.

Ilustración 150 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P32

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

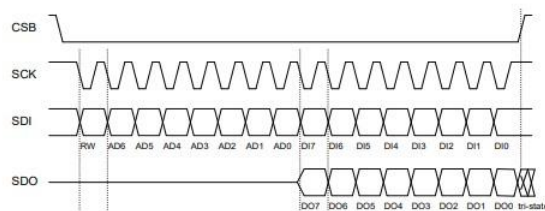


Figure 11: SPI protocol (shown for mode '11' in 4-wire configuration)

In SPI mode, only 7 bits of the register addresses are used; the MSB of register address is not used and replaced by a read/write bit (RW = '0' for write and RW = '1' for read).

 Example: address 0xF7 is accessed by using SPI register address 0x77. For write access, the byte 0x77 is transferred, for read access, the byte 0xF7 is transferred.

6.3.1 SPI write

Writing is done by lowering CSB and sending pairs control bytes and register data. The control bytes consist of the SPI register address (= full register address without bit 7) and the write command (bit 7 = RW = '0'). Several pairs can be written without raising CSB. The transaction is ended by a raising CSB. The SPI write protocol is depicted in Figure 12.

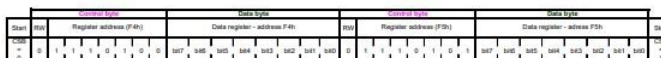


Figure 12: SPI multiple byte write (not auto-incremented)

6.3.2 SPI read

Reading is done by lowering CSB and first sending one control byte. The control bytes consist of the SPI register address (= full register address without bit 7) and the read command (bit 7 = RW = '1'). After writing the control byte, data is sent out of the SDO pin (SDI in 3-wire mode); the register address is automatically incremented. The SPI read protocol is depicted in Figure 13.



Figure 13: SPI multiple byte read

BST-BME280-DS001-09 | Revision 1.0 | November 2014
 Bosch Sensortec

 © Bosch Sensortec GmbH reserves all rights even in the event of industrial property rights. We reserve all rights of disposal such as copying and passing on to third parties. BOSCH and the symbol are registered trademarks of Robert Bosch GmbH, Germany.

 Note: Specifications within this document are subject to change without notice.

Ilustración 151 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P33

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 35 |
|--|--|---------|

6.4 Interface parameter specification

6.4.1 General interface parameters

The general interface parameters are given in Table 32 below.

Table 32: interface parameters

| Parameter | Symbol | Condition | Min | Typ | Max | Unit |
|-------------------------------------|--------------------|--|-----|-----|-----|--------------|
| Input low level | V_{il_si} | $V_{DDIO}=1.2\text{ V to }3.6\text{ V}$ | | | 20 | % V_{DDIO} |
| Input high level | V_{ih_si} | $V_{DDIO}=1.2\text{ V to }3.6\text{ V}$ | 80 | | | % V_{DDIO} |
| Output low level I ² C | V_{ol_SDI} | $V_{DDIO}=1.62\text{ V}, I_{ol}=3\text{ mA}$ | | | 20 | % V_{DDIO} |
| Output low level I ² C | $V_{ol_SDI_1.2}$ | $V_{DDIO}=1.20\text{ V}, I_{ol}=3\text{ mA}$ | | | 23 | % V_{DDIO} |
| Output low level SPI | V_{ol_SDO} | $V_{DDIO}=1.62\text{ V}, I_{ol}=1\text{ mA}$ | | | 20 | % V_{DDIO} |
| Output low level SPI | $V_{ol_SDO_1.2}$ | $V_{DDIO}=1.20\text{ V}, I_{ol}=1\text{ mA}$ | | | 23 | % V_{DDIO} |
| Output high level | V_{oh} | $V_{DDIO}=1.62\text{ V}, I_{oh}=1\text{ mA}$ (SDO, SDI) | 80 | | | % V_{DDIO} |
| Output high level | $V_{oh_1.2}$ | $V_{DDIO}=1.20\text{ V}, I_{oh}=1\text{ mA}$ (SDO, SDI) | 60 | | | % V_{DDIO} |
| Pull-up resistor | R_{pull} | Internal CSB pull-up resistance to V_{DDIO} | 70 | 120 | 190 | k Ω |
| I ² C bus load capacitor | C_b | On SDI and SCK | | | 400 | pF |

6.4.2 I²C timings

For I²C timings, the following abbreviations are used:

- "S&F mode" = standard and fast mode
- "HS mode" = high speed mode
- C_b = bus capacitance on SDA line

All other naming refers to I²C specification 2.1 (January 2000).

The I²C timing diagram is in Figure 14. The corresponding values are given in Table 33.

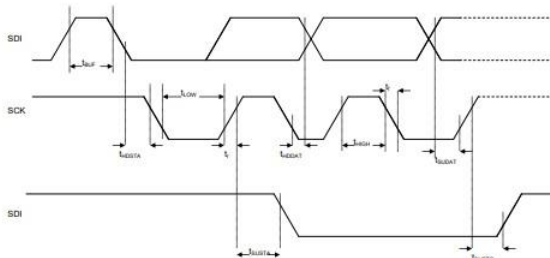


Figure 14: I²C timing diagram

Ilustración 152 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P34

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 36 |
|---|--|---------|

Table 33: I²C timings

| Parameter | Symbol | Condition | Min | Typ | Max | Unit |
|----------------|--------------|---|-----|-----|-----|------|
| SDI setup time | $t_{SU,DAT}$ | S&F Mode | 160 | | | ns |
| | | HS mode | 30 | | | ns |
| SDI hold time | $t_{HD,DAT}$ | S&F Mode, $C_D \leq 100$ pF | 80 | | | ns |
| | | S&F Mode, $C_D \leq 400$ pF | 90 | | | ns |
| | | HS mode, $C_D \leq 100$ pF | 18 | | 115 | ns |
| | | HS mode, $C_D \leq 400$ pF | 24 | | 150 | ns |
| SCK low pulse | t_{LOW} | HS mode, $C_D \leq 100$ pF $V_{DDIO} = 1.62$ V | 160 | | | ns |
| SCK low pulse | t_{LOW} | HS mode, $C_D \leq 100$ pF $V_{DDIO} = 1.2$ V | 210 | | | ns |

The above-mentioned I²C specific timings correspond to the following internal added delays:

- Input delay between SDI and SCK inputs: SDI is more delayed than SCK by typically 100 ns in Standard and Fast Modes and by typically 20 ns in High Speed Mode.
- Output delay from SCK falling edge to SDI output propagation is typically 140 ns in Standard and Fast Modes and typically 70 ns in High Speed Mode.

6.4.3 SPI timings

The SPI timing diagram is in Figure 15, while the corresponding values are given in Table 34. All timings apply both to 4- and 3-wire SPI.

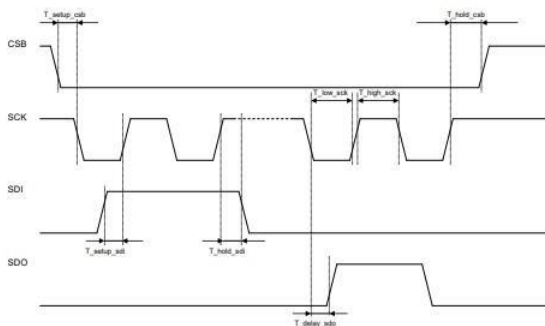


Figure 15: SPI timing diagram

Ilustración 153 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P35

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 37 |
|--|--|---------|

Table 34: SPI timings

| Parameter | Symbol | Condition | Min | Typ | Max | Unit |
|---------------------------|-------------|--|-----|-----|-----|------|
| SPI clock input frequency | F_spi | | 0 | | 10 | MHz |
| SCK low pulse | T_low_sck | | 20 | | | ns |
| SCK high pulse | T_high_sck | | 20 | | | ns |
| SDI setup time | T_setup_sdi | | 20 | | | ns |
| SDI hold time | T_hold_sdi | | 20 | | | ns |
| SDO output delay | T_delay_sdo | 25 pF load, V _{DDIO} =1.6 V min | | | 30 | ns |
| SDO output delay | T_delay_sdo | 25 pF load, V _{DDIO} =1.2 V min | | | 40 | ns |
| CSB setup time | T_setup_csb | | 20 | | | ns |
| CSB hold time | T_hold_csb | | 20 | | | ns |

Ilustración 154 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P36

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

7. Pin-out and connection diagram

7.1 Pin-out

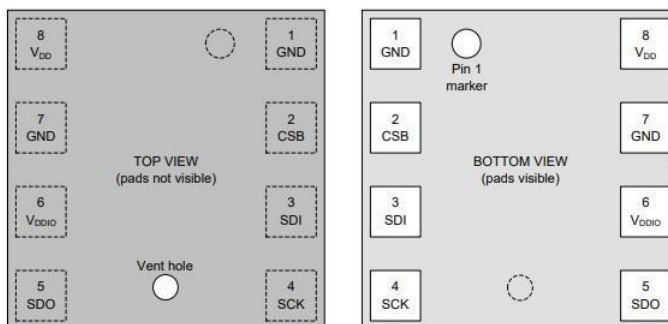


Figure 16: Pin-out top and bottom view

Note: The pin numbering of BME280 is performed in the untypical clockwise direction when seen in top view and counter-clockwise when seen in bottom view.

Table 35: Pin description

| Pin | Name | I/O Type | Description | Connect to | | |
|-----|-------------------|----------|----------------------------|------------|-------------------|-------------------------|
| | | | | SPI 4W | SPI 3W | PC |
| 1 | GND | Supply | Ground | | GND | |
| 2 | CSB | In | Chip select | CSB | CSB | V _{DDIO} |
| 3 | SDI | In/Out | Serial data input | SDI | SDI/SDO | SDA |
| 4 | SCK | In | Serial clock input | SCK | SCK | SCL |
| 5 | SDO | In/Out | Serial data output | SDO | DNC | GND for default address |
| 6 | V _{DDIO} | Supply | Digital / Interface supply | | V _{DDIO} | |
| 7 | GND | Supply | Ground | | GND | |
| 8 | V _{DD} | Supply | Analog supply | | V _{DD} | |

Ilustración 155 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P37

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 39 |
|--|--|---------|

7.2 Connection diagram I²C

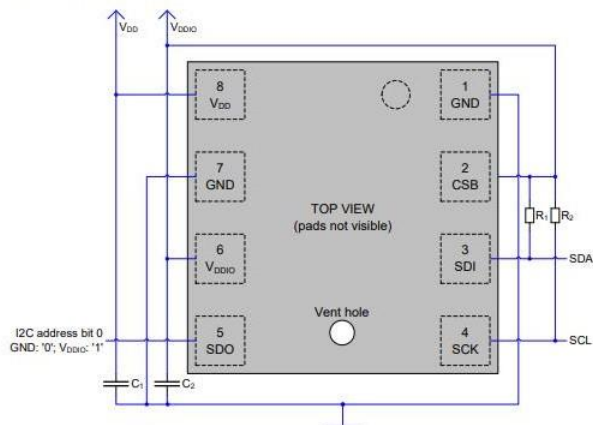


Figure 17: I²C connection diagram

Notes:

- The recommended value for C_1 , C_2 is 100 nF
- The value for the pull-up resistors R_1 , R_2 should be based on the interface timing and the bus load; a normal value is 4.7 k Ω
- A direct connection between CSB and V_{DDIO} is required

Ilustración 156 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P38

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 40 |
|---|--|---------|

7.3 Connection diagram 4-wire SPI

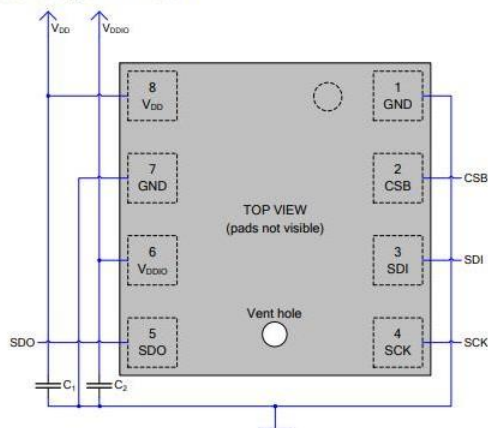


Figure 18: 4-wire SPI connection diagram

Note: The recommended value for C_1 , C_2 is 100 nF

Ilustración 157 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P39

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 41 |
|--|--|---------|

7.4 Connection diagram 3-wire SPI

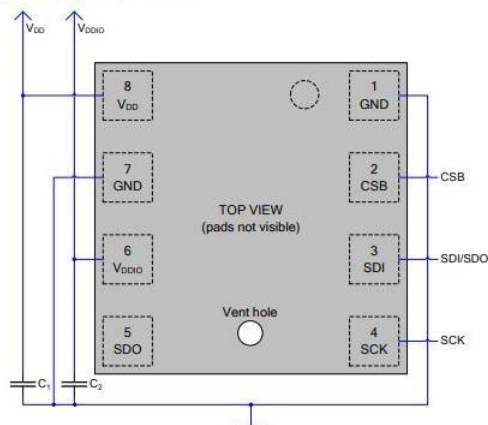


Figure 19: 3-wire SPI connection diagram

Note: The recommended value for C_1 , C_2 is 100 nF

Ilustración 158 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P40

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

7.5 Package dimensions

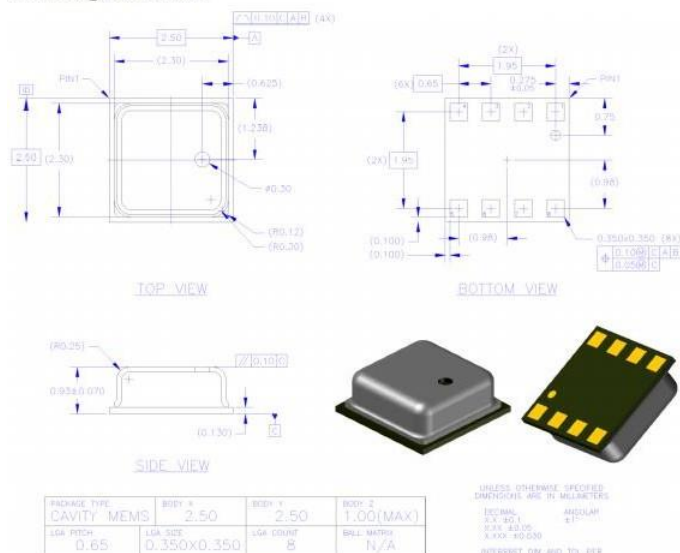



Figure 20: Package dimensions for top, bottom and side view

Ilustración 159 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P41

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 43 |
|---|--|---------|

7.6 Landing pattern recommendation

For the design of the landing pattern, the following dimensioning is recommended:

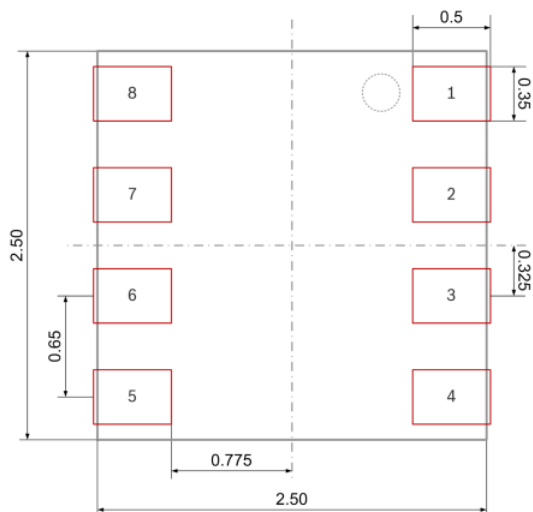


Figure 21: Recommended landing pattern (top view)

Note: red areas demark exposed PCB metal pads.

- In case of a solder mask defined (SMD) PCB process, the land dimensions should be defined by solder mask openings. The underlying metal pads are larger than these openings.
- In case of a non solder mask defined (NSMD) PCB process, the land dimensions should be defined in the metal layer. The mask openings are larger than these metal pads.

Ilustración 160 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P42

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 44 |
|---|--|---------|

7.7 Marking

7.7.1 Mass production devices

Table 36: Marking of mass production parts

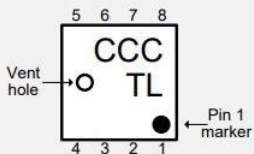
| Marking | Symbol | Description |
|---|--------|---|
|  | CCC | <u>Lot counter</u> : 3 alphanumeric digits, variable to generate mass production trace-code |
| | T | <u>Product number</u> : 1 alphanumeric digit, fixed to identify product type, T = "U" "U" is associated with the product BME280 (part number 0 273 141 185) |
| | L | <u>Sub-contractor ID</u> : 1 alphanumeric digit, variable to identify sub-contractor (L = "P") |

Ilustración 161 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P43

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 45 |
|---|--|---------|

7.7.2 Engineering samples

Table 37: Marking of engineering samples

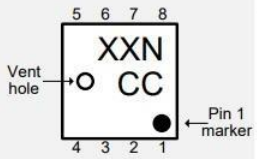
| Marking | Symbol | Description |
|---|--------|---|
|  | XX | Sample ID: 2 alphanumeric digits, variable to generate trace-code |
| | N | Eng. Sample ID: 1 alphanumeric digit, fixed to identify engineering sample, N = "*" or "e" or "E" |
| | CC | Counter ID: 2 alphanumeric digits, variable to generate trace-code |

Ilustración 162 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P44

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 46 |
|---|--|---------|

7.8 Soldering guidelines and reconditioning recommendations

The moisture sensitivity level of the BME280 sensors corresponds to JEDEC Level 1, see also:

- IPC/JEDEC J-STD-020C "Joint Industry Standard: Moisture/Reflow Sensitivity Classification for non-hermetic Solid State Surface Mount Devices"
- IPC/JEDEC J-STD-033A "Joint Industry Standard: Handling, Packing, Shipping and Use of Moisture/Reflow Sensitive Surface Mount Devices".

The sensor fulfils the lead-free soldering requirements of the above-mentioned IPC/JEDEC standard, i.e. reflow soldering with a peak temperature up to 260°C. The minimum height of the solder after reflow shall be at least 50µm. This is required for good mechanical decoupling between the sensor device and the printed circuit board (PCB).

| Profile Feature | Pb-Free Assembly |
|---|------------------|
| Average Ramp-Up Rate ($T_{S_{max}}$ to T_p) | 3° C/second max. |
| Preheat | |
| - Temperature Min ($T_{S_{min}}$) | 150 °C |
| - Temperature Max ($T_{S_{max}}$) | 200 °C |
| - Time ($t_{S_{min}}$ to $t_{S_{max}}$) | 60-180 seconds |
| Time maintained above: | |
| - Temperature (T_L) | 217 °C |
| - Time (t_L) | 60-150 seconds |
| Peak/Classification Temperature (T_p) | 260 °C |
| Time within 5 °C of actual Peak Temperature (t_p) | 20-40 seconds |
| Ramp-Down Rate | 6 °C/second max. |
| Time 25 °C to Peak Temperature | 8 minutes max. |

Note 1: All temperatures refer to topside of the package, measured on the package body surface.

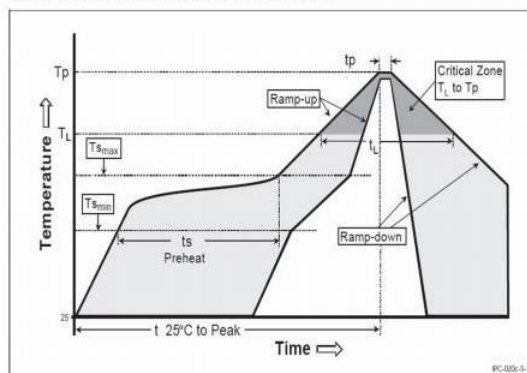


Figure 22: Soldering profile

Ilustración 163 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P45

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 47 |
|---|--|---------|

7.9 Reconditioning Procedure

After exposing the device to operating conditions, which exceed the limits specified in section 1.2, e.g. after reflow, the humidity sensor may possess an additional offset. Therefore the following reconditioning procedure is mandatory to restore the calibration state:

1. Dry-Baking: 120 °C at <5% rH for 2 h
2. Re-Hydration: 70 °C at 75% rH for 6 h

or alternatively

1. Dry-Baking: 120 °C at <5% rH for 2 h
2. Re-Hydration: 25 °C at 75% rH for 24 h

or alternatively after solder reflow only

1. Do not perform Dry-Baking
2. Ambient Re-Hydration: -25 °C at >40% rH for >5d

7.10 Tape and reel specification

7.10.1 Dimensions

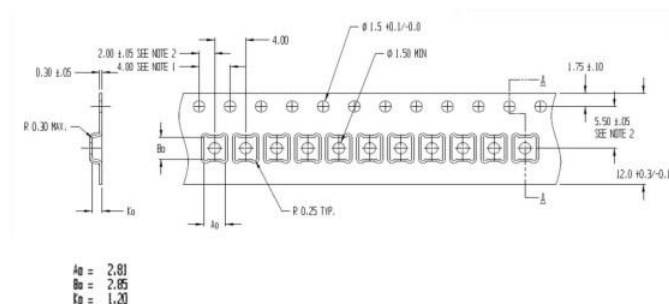



Figure 23: Tape and Reel dimensions

Quantity per reel: 10 kpcs.

Ilustración 164 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P46

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 48 |
|--|--|---------|

7.10.2 Orientation within the reel

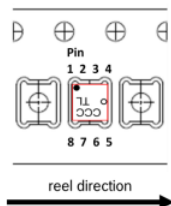



Figure 24: Orientation within tape

Ilustración 165 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P47

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 49 |
|--|--|---------|

7.11 Mounting and assembly recommendations

In order to achieve the specified performance for your design, the following recommendations and the "Handling, soldering & mounting instructions BME280" should be taken into consideration when mounting a pressure sensor on a printed-circuit board (PCB):

- The clearance above the metal lid shall be 0.1mm at minimum.
- For the device housing appropriate venting needs to be provided in case the ambient pressure shall be measured.
- Liquids shall not come into direct contact with the device.
- During operation the sensor chip is sensitive to light, which can influence the accuracy of the measurement (photo-current of silicon). The position of the vent hole minimizes the light exposure of the sensor chip. Nevertheless, Bosch Sensortec recommends avoiding the exposure of BME280 to strong light sources.
- Soldering may not be done using vapor phase processes since the sensor will be damaged by the liquids used in these processes.

7.12 Environmental safety

7.12.1 RoHS

The BME280 sensor meets the requirements of the EC restriction of hazardous substances (RoHS) directive, see also:

Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 8 September 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment.

7.12.2 Halogen content

The BME280 is halogen-free. For more details on the analysis results please contact your Bosch Sensortec representative.

7.12.3 Internal package structure

Within the scope of Bosch Sensortec's ambition to improve its products and secure the mass product supply, Bosch Sensortec qualifies additional sources (e.g. 2nd source) for the package of the BME280.

While Bosch Sensortec took care that all of the technical packages parameters are described above are 100% identical for all sources, there can be differences in the chemical content and the internal structural between the different package sources.

However, as secured by the extensive product qualification process of Bosch Sensortec, this has no impact to the usage or to the quality of the BME280 product.

Ilustración 166 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P48

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|----------------|
|  | <p>Final Datasheet BME280 Environmental sensor</p> | <p>Page 50</p> |
|---|--|----------------|

8. Appendix A: Alternative compensation formulas

8.1 Compensation formulas in double precision floating point

Please note that it is strongly advised to use the API available from Bosch Sensortec to perform readout and compensation. If this is not wanted, the code below can be applied at the user's risk. Both pressure and temperature values are expected to be received in 20 bit format, positive, stored in a 32 bit signed integer. Humidity is expected to be received in 16 bit format, positive, stored in a 32 bit signed integer.

The variable t_fine (signed 32 bit) carries a fine resolution temperature value over to the pressure compensation formula and could be implemented as a global variable.

The data type "BME280_S32_t" should define a 32 bit signed integer variable type and could usually be defined as "long signed int". The revision of the code is rev. 1.1 (pressure and temperature) and rev. 1.0 (humidity).

Compensating the measurement value with double precision gives the best possible accuracy but is only recommended for PC applications.

```
// Returns temperature in DegC, double precision. Output value of "51.23" equals 51.23 DegC.
// t_fine carries fine temperature as global value
BME280_S32_t t_fine;
double BME280_compensate_T_double(BME280_S32_t adc_T)
{
    double var1, var2, T;
    var1 = (((double)adc_T)/16384.0 - ((double)dig_T1)/1024.0) * ((double)dig_T2);
    var2 = (((double)adc_T)/131072.0 - ((double)dig_T1)/8192.0) *
            (((double)adc_T)/131072.0 - ((double)dig_T1)/8192.0) * ((double)dig_T3);
    t_fine = (BME280_S32_t)(var1 + var2);
    T = (var1 + var2) / 5120.0;
    return T;
}

// Returns pressure in Pa as double. Output value of "96386.2" equals 96386.2 Pa = 963.862 hPa
double BME280_compensate_P_double(BME280_S32_t adc_P)
{
    double var1, var2, p;
    var1 = ((double)t_fine/2.0) - 64000.0;
    var2 = var1 * var1 * ((double)dig_P6) / 32768.0;
    var2 = var2 + var1 * ((double)dig_P5) * 2.0;
    var2 = (var2/4.0) + ((double)dig_P4) * 65536.0;
    var1 = ((double)dig_P3) * var1 - var1 * 524288.0 + ((double)dig_P2) * var1 / 524288.0;
    var1 = (1.0 + var1 / 32768.0) * ((double)dig_P1);
    if (var1 == 0.0)
    {
        return 0; // avoid exception caused by division by zero
    }
    p = 1048576.0 - (double)adc_P;
    p = (p - (var2 / 4096.0)) * 6250.0 / var1;
    var1 = ((double)dig_P9) * p * p / 2147483648.0;
    var2 = p * ((double)dig_P8) / 32768.0;
    p = p * (var1 + var2 + ((double)dig_P7) / 16.0);
    return p;
}

// Returns humidity in %rh as double. Output value of "46.332" represents 46.332 %rh
double BME280_compensate_H_double(BME280_S32_t adc_H)
{
    double var_H;
    var_H = ((double)t_fine) - 76800.0;
    var_H = (adc_H - ((double)dig_H4) * 64.0 + ((double)dig_H5) / 16384.0 * var_H) *
            (((double)dig_H2) / 65536.0 * (1.0 + ((double)dig_H6) / 67108864.0 * var_H) *
            (1.0 + ((double)dig_H3) / 67108864.0 * var_H));
    var_H = var_H * (1.0 - ((double)dig_H1) * var_H / 524288.0);
    if (var_H > 100.0)
        var_H = 100.0;
    else if (var_H < 0.0)
        var_H = 0.0;
    return var_H;
}
```

BST-BME280-DS001-09 | Revision 1.0 | November 2014 Bosch Sensortec
 © Bosch Sensortec GmbH reserves all rights even in the event of industrial property rights. We reserve all rights of disposal such as copying and passing on to third parties. BOSCH and the symbol are registered trademarks of Robert Bosch GmbH, Germany.
 Note: Specifications within this document are subject to change without notice.

Ilustración 167 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P49

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|---------|
|  | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 51 |
|---|--|---------|

8.2 Pressure compensation in 32 bit fixed point

Please note that it is strongly advised to use the API available from Bosch Sensortec to perform readout and compensation. If this is not wanted, the code below can be applied at the user's risk. Both pressure and temperature values are expected to be received in 20 bit format, positive, stored in a 32 bit signed integer.

The variable `t_fine` (signed 32 bit) carries a fine resolution temperature value over to the pressure compensation formula and could be implemented as a global variable.

The data type "BME280_S32_t" should define a 32 bit signed integer variable type and can usually be defined as "long signed int".

The data type "BME280_U32_t" should define a 32 bit unsigned integer variable type and can usually be defined as "long unsigned int".

Compensating the pressure value with 32 bit integer has an accuracy of typically 1 Pa (1-sigma). At high filter levels this adds a significant amount of noise to the output values and reduces their resolution.

```
// Returns temperature in DegC, resolution is 0.01 DegC. Output value of "3123" equals 31.23 DegC.
// t_fine carries fine temperature as global value
BME280_S32_t t_fine;
BME280_S32_t BME280_compensate_T_int32(BME280_S32_t adc_T)
{
    BME280_S32_t var1, var2, T;
    var1 = (((adc_T >> 3) - ((BME280_S32_t)dig_T1<<1)) * ((BME280_S32_t)dig_T2) >> 11);
    var2 = (((((adc_T >> 4) - ((BME280_S32_t)dig_T1)) * ((adc_T >> 4) - ((BME280_S32_t)dig_T1)) >> 12) +
    ((BME280_S32_t)dig_T3)) >> 14);
    t_fine = var1 + var2;
    T = (t_fine * 5 + 128) >> 8;
    return T;
}

// Returns pressure in Pa as unsigned 32 bit integer. Output value of "96386" equals 96386 Pa = 963.86 hPa
BME280_U32_t BME280_compensate_P_int32(BME280_S32_t adc_P)
{
    BME280_S32_t var1, var2;
    BME280_U32_t p;
    var1 = (((BME280_S32_t)t_fine)>>1) - (BME280_S32_t)64000;
    var2 = (((var1>>2) * (var1>>2)) >> 11) * ((BME280_S32_t)dig_P6);
    var2 = var2 + ((var1 * (BME280_S32_t)dig_P5)<<1);
    var2 = (var2>>2) + (((BME280_S32_t)dig_P4)<<16);
    var1 = (((dig_P3 * ((var1>>2) * (var1>>2)) >> 13) >> 3) + (((BME280_S32_t)dig_P2) * var1)>>1)>>18;
    var1 = (((32768+var1) * (BME280_S32_t)dig_P1)>>15);
    if (var1 == 0)
    {
        return 0; // avoid exception caused by division by zero
    }
    p = (((BME280_U32_t) ((BME280_S32_t)1048576)-adc_P)-(var2>>12))*3125;
    if (p < 0x80000000)
    {
        p = (p << 1) / ((BME280_U32_t)var1);
    }
    else
    {
        p = (p / (BME280_U32_t)var1) * 2;
    }
    var1 = (((BME280_S32_t)dig_P9) * ((BME280_S32_t)((p>>3) * (p>>3))>>13))>>12;
    var2 = (((BME280_S32_t)(p>>2)) * ((BME280_S32_t)dig_P8))>>13;
    p = (BME280_U32_t)((BME280_S32_t)p + ((var1 + var2 + dig_P7) >> 4));
    return p;
}
```

Ilustración 168 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P50

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|----------------|
|  | <p>Final Datasheet BME280 Environmental sensor</p> | <p>Page 52</p> |
|---|--|----------------|

9. Appendix B: Measurement time and current calculation

In this chapter, formulas are given to calculate measurement rate, filter bandwidth and current consumption in different settings.

9.1 Measurement time

The active measurement time depends on the selected values for humidity, temperature and pressure oversampling and can be calculated in milliseconds using the formulas below.

$$t_{\text{measure,typ}} = 1 + [2 \cdot T_{\text{oversampling}}]_{\text{OSRS,t}\neq 0} + [2 \cdot P_{\text{oversampling}} + 0.5]_{\text{OSRS,p}\neq 0} + [2 \cdot H_{\text{oversampling}} + 0.5]_{\text{OSRS,h}\neq 0}$$

$$t_{\text{measure,max}} = 1.25 + [2.3 \cdot T_{\text{oversampling}}]_{\text{OSRS,t}\neq 0} + [2.3 \cdot P_{\text{oversampling}} + 0.575]_{\text{OSRS,p}\neq 0} + [2.3 \cdot H_{\text{oversampling}} + 0.575]_{\text{OSRS,h}\neq 0}$$

For example, using temperature oversampling $\times 1$, pressure oversampling $\times 4$ and no humidity measurement, the measurement time is:

$$I_{\text{DD,forced}} = I_{\text{DDSL}} \cdot (1 - t_{\text{measure}} \cdot \text{ODR}) + \frac{\text{ODR}}{1000}$$

$$t_{\text{measure,typ}} = 1 + [2 \cdot 1] + [2 \cdot 4 + 0.5] + [0] = 11.5 \text{ ms}$$

$$t_{\text{measure,max}} = 1.25 + [2.3 \cdot 1] + [2.3 \cdot 4 + 0.575] + [0] = 13.325 \text{ ms}$$

9.2 Measurement rate in forced mode

In forced mode, the measurement rate depends on the rate at which it is forced by the master. The highest possible frequency in Hz can be calculated as:

$$\text{ODR}_{\text{max,forced}} = \frac{1000}{t_{\text{measure}}}$$

If measurements are forced faster than they can be executed, the data rate saturates at the attainable data rate. For the example above with 11.5 ms measurement time, the typically achievable output data rate would be:

$$\text{ODR}_{\text{max,forced}} = \frac{1000}{11.5} = 87 \text{ Hz}$$

9.3 Measurement rate in normal mode

The measurement rate in normal mode depends on the measurement time and the standby time and can be calculated in Hz using the following formula:

$$\text{ODR}_{\text{normal,mode}} = \frac{1000}{t_{\text{measure}} + t_{\text{standby}}}$$

The accuracy of t_{standby} is described in the specification parameter $\Delta t_{\text{standby}}$. For the example above with 11.5 ms measurement time, setting normal mode with a standby time of 62.5 ms would result in a data rate of:

$$\text{ODR}_{\text{normal,mode}} = \frac{1000}{11.5 + 62.5} = 13.51 \text{ Hz}$$

Ilustración 169 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P51

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|---|--|----------------|
|  | <p>Final Datasheet BME280 Environmental sensor</p> | <p>Page 53</p> |
|---|--|----------------|

9.4 Response time using IIR filter

When using the IIR filter, the response time of the sensor depends on the selected filter coefficient and the data rate used. It can be calculated using the following formula:

$$t_{\text{response, 75\%}} = \frac{1000 \cdot n_{\text{samples, 75\%}}}{ODR}$$

For the example above with a data rate of 13.51 Hz, the user could select a filter coefficient of 8. According to Table 6, the number of samples needed to reach 75% of a step response using this filter setting is 11. The response time with filter is therefore:

$$t_{\text{response, 75\%}} = \frac{1000 \cdot 11}{13.51} = 814 \text{ ms}$$

9.5 Current consumption

The current consumption depends on the selected oversampling settings, the measurement rate and the sensor mode, but not on the IIR filter setting. It can be calculated as:

$$I_{DD, \text{forced}} = I_{DDSL} \cdot (1 - t_{\text{measure}} \cdot ODR) + \frac{ODR}{1000} \cdot (205 + I_{DDT} \cdot [2 \cdot T_{\text{oversampling}}]_{\text{osrs, t} \neq 0} + I_{DDP} \cdot [2 \cdot P_{\text{oversampling}} + 0.5]_{\text{osrs, p} \neq 0} + I_{DDH} \cdot [2 \cdot H_{\text{oversampling}} + 0.5]_{\text{osrs, h} \neq 0})$$


$$I_{DD, \text{normal}} = I_{DDSB} \cdot (1 - t_{\text{measure}} \cdot ODR) + \frac{ODR}{1000} \cdot (205 + I_{DDT} \cdot [2 \cdot T_{\text{oversampling}}]_{\text{osrs, t} \neq 0} + I_{DDP} \cdot [2 \cdot P_{\text{oversampling}} + 0.5]_{\text{osrs, p} \neq 0} + I_{DDH} \cdot [2 \cdot H_{\text{oversampling}} + 0.5]_{\text{osrs, h} \neq 0})$$

Note that the only difference between forced and normal mode current consumption is that the current for the inactive time is either I_{DDSL} or I_{DDSB} . For the example above, the current would be

$$\begin{aligned} I_{DD, \text{normal}} &= 0.2 \cdot (1 - 0.0115 \cdot 13.51) + \frac{13.51}{1000} (205 + 350 \cdot [2 \cdot 1] + 714 \cdot [2 \cdot 4 + 0.5] + [0]) \\ &= 0.2 \cdot (0.845) + \frac{13.51}{1000} (205 + 700 + 6069 + 0) \\ &= 0.2 + 94.2 = 94.4 \mu\text{A} \end{aligned}$$

Ilustración 170 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P52

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 54 |
|--|--|---------|

10. Legal disclaimer

10.1 Engineering samples

Engineering Samples are marked with an asterisk (*) or (e) or (E). Samples may vary from the valid technical specifications of the product series contained in this data sheet. They are therefore not intended or fit for resale to third parties or for use in end products. Their sole purpose is internal client testing. The testing of an engineering sample may in no way replace the testing of a product series. Bosch Sensortec assumes no liability for the use of engineering samples. The Purchaser shall indemnify Bosch Sensortec from all claims arising from the use of engineering samples.

10.2 Product use

Bosch Sensortec products are developed for the consumer goods industry. They may only be used within the parameters of this product data sheet. They are not fit for use in life-sustaining or security sensitive systems. Security sensitive systems are those for which a malfunction is expected to lead to bodily harm or significant property damage. In addition, they are not fit for use in products which interact with motor vehicle systems.

The resale and/or use of products are at the purchaser's own risk and his own responsibility. The examination of fitness for the intended use is the sole responsibility of the purchaser.

The purchaser shall indemnify Bosch Sensortec from all third party claims arising from any product use not covered by the parameters of this product data sheet or not approved by Bosch Sensortec and reimburse Bosch Sensortec for all costs in connection with such claims.

The purchaser must monitor the market for the purchased products, particularly with regard to product safety, and inform Bosch Sensortec without delay of all security relevant incidents.

10.3 Application examples and hints

With respect to any examples or hints given herein, any typical values stated herein and/or any information regarding the application of the device, Bosch Sensortec hereby disclaims any and all warranties and liabilities of any kind, including without limitation warranties of non-infringement of intellectual property rights or copyrights of any third party. The information given in this document shall in no event be regarded as a guarantee of conditions or characteristics. They are provided for illustrative purposes only and no evaluation regarding infringement of intellectual property rights or copyrights or regarding functionality, performance or error has been made.

10.4 Handling Instructions

Detailed handling instructions are described in the document "handling, soldering & mounting instructions (HSMI)".

Important to highlight is the directive to avoid during manufacturing, transport and usage of the sensor in devices the contact of high concentration of chemical solvents and long exposure times. Chemical interactions of chemical compounds with the sensor shall be prevented. These are especially outgassing of corrugated plastic, organic glues, sticky tape made with adhesives, labels, marker or outgassing package materials such as bubble wrap, foams and others shall be avoided. It is recommended to ventilate the production and manufacturing area.

BST-BME280-DS001-09 | Revision 1.0 | November 2014


Bosch Sensortec

© Bosch Sensortec GmbH reserves all rights even in the event of industrial property rights. We reserve all rights of disposal such as copying and passing on to third parties. BOSCH and the symbol are registered trademarks of Robert Bosch GmbH, Germany.

Note: Specifications within this document are subject to change without notice.

Ilustración 171 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P53

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

| | | |
|--|--|---------|
|  BOSCH | Final Datasheet BME280 Environmental sensor | Page 55 |
|--|--|---------|

11. Document history and modification

| Rev. No | Chapter | Description of modification/changes | Date |
|---------|---------|-------------------------------------|------------|
| 0.1 | | Document creation | 2012-11-06 |
| 1.0 | | Final datasheet | 2014-11-12 |

Bosch Sensortec GmbH
Gerhard-Kindler-Strasse 8
72770 Reutlingen / Germany

contact@bosch-sensortec.com
www.bosch-sensortec.com

Modifications reserved
Specifications subject to change without notice
Document number: BST-BME280-DS001-09
Revision_1.0_November 2014

BST-BME280-DS001-09 | Revision 1.0 | November 2014 Bosch Sensortec
© Bosch Sensortec GmbH reserves all rights even in the event of industrial property rights. We reserve all rights of disposal such as copying and passing on to
third parties. BOSCH and the symbol are registered trademarks of Robert Bosch GmbH, Germany.
Note: Specifications within this document are subject to change without notice.

Ilustración 172 Datasheet Sensor Presión Atmosférica P54

Fuente: <https://datasheet4u.com/datasheet-parts/BME280-datasheet.php?id=1096951>

Anexo 2.6. Datasheet sensor radiación PAR

apogee
INSTRUMENTS

OWNER'S MANUAL

QUANTUM SENSOR

Models SQ-100 and SQ-300 Series
(including SS models)



APOGEE INSTRUMENTS, INC. | 721 WEST 1800 NORTH, LOGAN, UTAH 84321, USA
TEL: (435) 792-4700 | FAX: (435) 787-8268 | WEB: APOGEEINSTRUMENTS.COM

Copyright © 2019 Apogee Instruments, Inc.

Ilustración 173 Datasheet Sensor Radiación PAR P1

<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

TABLE OF CONTENTS

| | |
|---|----|
| Owner's Manual | 1 |
| Certificate of Compliance..... | 3 |
| Introduction | 4 |
| Sensor Models | 5 |
| Specifications | 6 |
| Deployment and Installation..... | 9 |
| Cable Connectors | 10 |
| Operation and Measurement | 11 |
| Maintenance and Recalibration | 15 |
| Troubleshooting and Customer Support..... | 17 |
| Return and Warranty Policy..... | 18 |

Ilustración 174 Datasheet Sensor Radiación PAR P2

<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

CERTIFICATE OF COMPLIANCE

EU Declaration of Conformity

This declaration of conformity is issued under the sole responsibility of the manufacturer:

Apogee Instruments, Inc.
721 W 1800 N
Logan, Utah 84321
USA

for the following product(s):

Models: SQ-110, SQ-120, SQ-301, SQ-303, SQ-306, SQ-321, SQ-323, SQ-326
Type: Quantum Sensor

The object of the declaration described above is in conformity with the relevant Union harmonization legislation:

| | |
|-------------|--|
| 2014/30/EU | Electromagnetic Compatibility (EMC) Directive |
| 2011/65/EU | Restriction of Hazardous Substances (RoHS 2) Directive |
| 2015/863/EU | Amending Annex II to Directive 2011/65/EU (RoHS 3) |

Standards referenced during compliance assessment:

EN 61326-1:2013 Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements
EN 50581:2012 Technical documentation for the assessment of electrical and electronic products with respect to the restriction of hazardous substances

Please be advised that based on the information available to us from our raw material suppliers, the products manufactured by us do not contain, as intentional additives, any of the restricted materials including lead (see note below), mercury, cadmium, hexavalent chromium, polybrominated biphenyls (PBB), polybrominated diphenyls (PBDE), bis(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP), butyl benzyl phthalate (BBP), dibutyl phthalate (DBP), and diisobutyl phthalate (DIBP). However, please note that articles containing greater than 0.1% lead concentration are RoHS 3 compliant using exemption 6c.

Further note that Apogee Instruments does not specifically run any analysis on our raw materials or end products for the presence of these substances, but rely on the information provided to us by our material suppliers.

Signed for and on behalf of:
Apogee Instruments, October 2019



Bruce Bugbee
President
Apogee Instruments, Inc.

Ilustración 175 Datasheet Sensor Radiación PAR P3

<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

INTRODUCTION

Radiation that drives photosynthesis is called photosynthetically active radiation (PAR) and is typically defined as total radiation across a range of 400 to 700 nm. PAR is often expressed as photosynthetic photon flux density (PPFD): photon flux in units of micromoles per square meter per second ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, equal to microEinsteins per square meter per second) summed from 400 to 700 nm (total number of photons from 400 to 700 nm). While Einsteins and micromoles are equal (one Einstein = one mole of photons), the Einstein is not an SI unit, so expressing PPFD as $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ is preferred.

The acronym PPF is also widely used and refers to the photosynthetic photon flux. The acronyms PPF and PPFD refer to the same parameter. The two terms have co-evolved because there is not a universal definition of the term "flux". Some physicists define flux as per unit area per unit time. Others define flux only as per unit time. We have used PPFD in this manual because we feel that it is better to be more complete and possibly redundant.

Sensors that measure PPFD are often called quantum sensors due to the quantized nature of radiation. A quantum refers to the minimum quantity of radiation, one photon, involved in physical interactions (e.g., absorption by photosynthetic pigments). In other words, one photon is a single quantum of radiation.

Typical applications of quantum sensors include incoming PPFD measurement over plant canopies in outdoor environments or in greenhouses and growth chambers, and reflected or under-canopy (transmitted) PPFD measurement in the same environments.

Apogee Instruments SQ series quantum sensors consist of a cast acrylic diffuser (filter), photodiode, and signal processing circuitry mounted in an anodized aluminum housing, and a cable to connect the sensor to a measurement device. Sensors are potted solid with no internal air space, and are designed for continuous PPFD measurement in indoor or outdoor environments. SQ series sensors output an analog voltage that is directly proportional to PPFD under sunlight (e.g., model SQ-110) or electric lights (e.g., model SQ-120). The voltage signal from the sensor is directly proportional to radiation incident on a planar surface (does not have to be horizontal), where the radiation emanates from all angles of a hemisphere.

Ilustración 176 Datasheet Sensor Radiación PAR P4

<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

SENSOR MODELS

This manual covers the unamplified models SQ-100 series and SQ-300 series. Additional models are covered in their respective manuals.

| Model | Signal | Calibration |
|--------|--------------|-----------------------------|
| SQ-110 | Self-powered | Sunlight |
| SQ-120 | Self-powered | Electric light |
| SQ-311 | Self-powered | Sunlight |
| SQ-321 | Self-powered | Electric light |
| SQ-313 | Self-powered | Sunlight |
| SQ-323 | Self-powered | Electric light |
| SQ-316 | Self-powered | Sunlight |
| SQ-326 | Self-powered | Electric light |
| SQ-212 | 0-2.5 V | Sunlight |
| SQ-222 | 0-2.5 V | Electric light |
| SQ-214 | 4-20 mA | Sunlight |
| SQ-224 | 4-20 mA | Electric light |
| SQ-215 | 0-5 V | Sunlight |
| SQ-225 | 0-5 V | Electric light |
| SQ-420 | USB | Sunlight and Electric light |
| SQ-421 | SDI-12 | Sunlight and Electric light |
| SQ-422 | Modbus | Sunlight and Electric light |

Line quantum sensors, SQ-300 series, provide spatially averaged PPFD measurements. All sensors along the length of the line are connected in parallel, and as a result, Apogee line quantum sensors output a single voltage signal that is directly proportional to PPFD averaged from the location of the individual sensors.

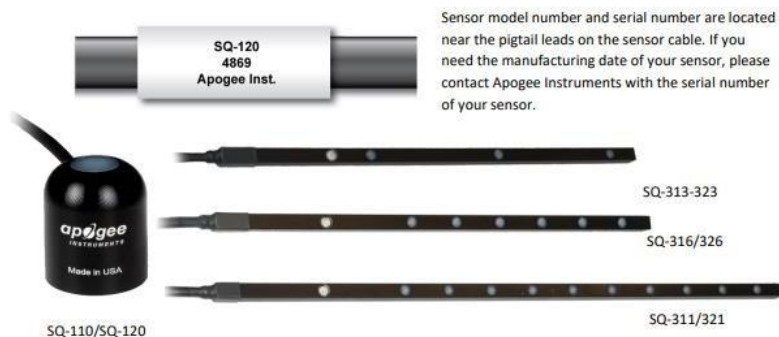


Ilustración 177 Datasheet Sensor Radiación PAR P5

<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

SPECIFICATIONS

| | SQ-100-SS Series | SQ-313/316/323/326-SS | SQ-311/321-SS |
|---|--|---|---|
| Power Supply | Self-powered | | |
| Sensitivity | 0.2 mV per $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ | | |
| Calibration Factor (Reciprocal of Sensitivity) | 5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ per mV | | |
| Calibration Uncertainty | ± 5 % (see Calibration Traceability below) | | |
| Calibrated Output Range | 0 to 800 mV | | |
| Measurement Repeatability | Less than 0.5 % | | |
| Long-term Drift (Non-stability) | Less than 2 % per year | | |
| Non-linearity | Less than 1 % (up to 4000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) | | |
| Response Time | Less than 1 ms | | |
| Field of View | 180° | | |
| Spectral Range | 410 to 655 nm (wavelengths where response is greater than 50 % of maximum; see Spectral Response below) | | |
| Spectral Selectivity | Less than 10 % from 469 to 655 nm | | |
| Directional (Cosine) Response | ± 5 % at 75° zenith angle (see Cosine Response below) | | |
| Temperature Response | 0.06 ± 0.06 % per C (see Temperature Response below) | | |
| Operating Environment | -40 to 70 C; 0 to 100 % relative humidity; can be submerged in water up to depths of 30 m | | |
| Dimensions | 24 mm diameter, 33 mm height | 500 mm length, 15 mm width, 15 mm height | 700 mm length, 15 mm width, 15 mm height |
| Mass | 90 g (with 5m of lead wire) | 275 g | 375 g |
| Cable | 5 m of two conductor, shielded, twisted-pair wire; TPR jacket (high water resistance, high UV stability, flexibility in cold conditions); pigtail lead wires; stainless steel (316), M8 connector located 25 cm from sensor head | | |

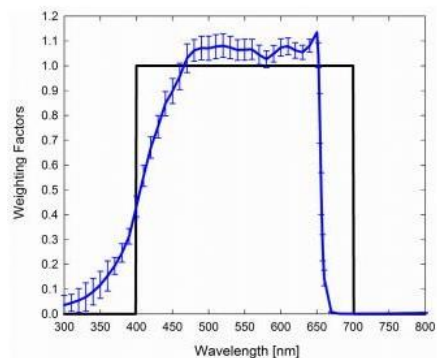
Calibration Traceability

Apogee SQ series quantum sensors are calibrated through side-by-side comparison to the mean of transfer standard quantum sensors under a reference lamp. The reference quantum sensors are recalibrated with a 200 W quartz halogen lamp traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST).

Ilustración 178 Datasheet Sensor Radiación PAR P6

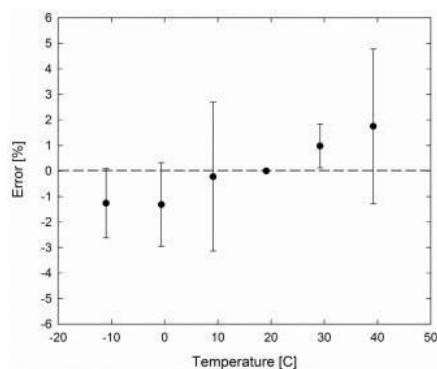
<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

Spectral Response



Mean spectral response of six SQ series quantum sensors (*error bars represent two standard deviations above and below mean*) compared to PPFD weighting function. Spectral response measurements were made at 10 nm increments across a wavelength range of 300 to 800 nm in a monochromator with an attached electric light source. Measured spectral data from each quantum sensor were normalized by the measured spectral response of the monochromator/electric light combination, which was measured with a spectroradiometer.

Temperature Response

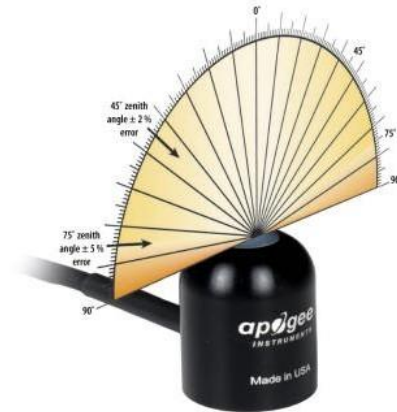


Mean temperature response of eight SQ series quantum sensors (*errors bars represent two standard deviations above and below mean*). Temperature response measurements were made at 10 C intervals across a temperature range of approximately -10 to 40 C in a temperature controlled chamber under a fixed, broad spectrum, electric lamp. At each temperature set point, a spectroradiometer was used to measure light intensity from the lamp and all quantum sensors were compared to the spectroradiometer. The spectroradiometer was mounted external to the temperature control chamber and remained at room temperature during the experiment.

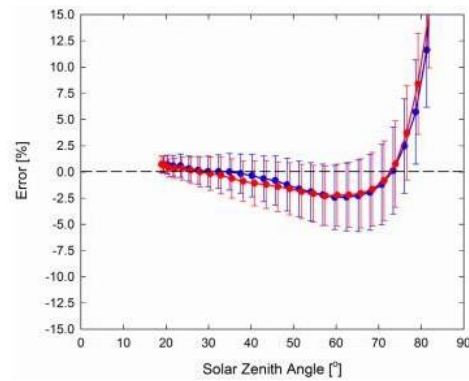
Ilustración 179 Datasheet Sensor Radiación PAR P7

<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

Cosine Response



Directional, or cosine, response is defined as the measurement error at a specific angle of radiation incidence. Error for Apogee SQ series quantum sensors is approximately $\pm 2\%$ and $\pm 5\%$ at solar zenith angles of 45° and 75° , respectively.



Mean cosine response of twenty-three SQ series quantum sensors (**error bars represent two standard deviations above and below mean**). Cosine response measurements were made by direct side-by-side comparison to the mean of four reference thermopile pyranometers, with solar zenith angle-dependent factors applied to convert total shortwave radiation to PPFD. Blue points represent the AM response and red points represent the PM response.

Ilustración 180 Datasheet Sensor Radiación PAR P8

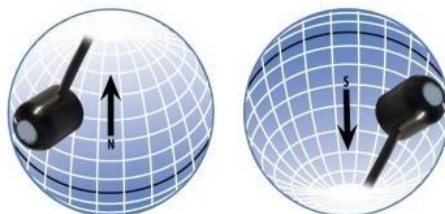
<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

DEPLOYMENT AND INSTALLATION

Mount the sensor to a solid surface with the nylon mounting screw provided to prevent galvanic corrosion. To accurately measure PPFD incident on a horizontal surface, the sensor must be level. An Apogee Instruments model AL-100 Leveling Plate is recommended to level the sensor when used on a flat surface or being mounted to surfaces such as wood. To facilitate mounting on a mast or pipe, the Apogee Instruments model AL-120 Solar Mounting Bracket with Leveling Plate is recommended.



To minimize azimuth error, the sensor should be mounted with the cable pointing toward true north in the northern hemisphere or true south in the southern hemisphere. Azimuth error is typically less than 1 %, but it is easy to minimize by proper cable orientation.



In addition to orienting the cable to point toward the nearest pole, the sensor should also be mounted such that obstructions (e.g., weather station tripod/tower or other instrumentation) do not shade the sensor. **Once mounted, the green cap should be removed from the sensor.** The green cap can be used as a protective covering for the sensor when it is not in use.

Ilustración 181 Datasheet Sensor Radiación PAR P9

<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

CABLE CONNECTORS

Apogee started offering in-line cable connectors on some bare-lead sensors in March 2018 to simplify the process of removing sensors from weather stations for calibration (the entire cable does **not** have to be removed from the station and shipped with the sensor).

The ruggedized M8 connectors are rated IP68, made of corrosion-resistant marine-grade stainless-steel, and designed for extended use in harsh environmental conditions.

Instructions

Pins and Wiring Colors: All Apogee connectors have six pins, but not all pins are used for every sensor. There may also be unused wire colors inside the cable. To simplify datalogger connection, we remove the unused pigtail lead colors at the datalogger end of the cable.

If you ever need a replacement cable, please contact us directly to ensure ordering the proper pigtail configuration.

Alignment: When reconnecting your sensor, arrows on the connector jacket and an aligning notch ensure proper orientation.

Disconnection for extended periods: When disconnecting the sensor for an extended period of time from a station, protect the remaining half of the connector still on the station from water and dirt with electrical tape or other method.

Tightening: Connectors are designed to be firmly finger-tightened only. There is an o-ring inside the connector that can be overly compressed if a wrench is used. Pay attention to thread alignment to avoid cross-threading. When fully tightened, 1-2 threads may still be visible.



Inline cable connectors are installed 30 cm from the head (pyranometer pictured)



A reference notch inside the connector ensures proper alignment before tightening.



When sending sensors in for calibration, only send the short end of the cable and half the connector.



Finger-tighten firmly

Ilustración 182 Datasheet Sensor Radiación PAR P10

<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

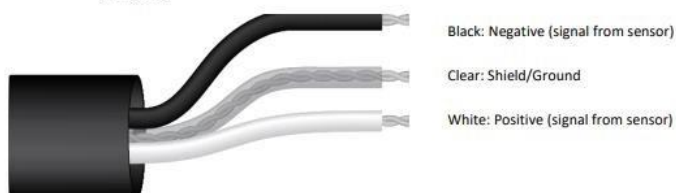
OPERATION AND MEASUREMENT

Connect the sensor to a measurement device (meter, datalogger, controller) capable of measuring and displaying or recording a millivolt signal (an input measurement range of approximately 0-500 mV is required to cover the entire range of PPFD from the sun). In order to maximize measurement resolution and signal-to-noise ratio, the input range of the measurement device should closely match the output range of the quantum sensor. **DO NOT connect the sensor to a power source. The sensor is self-powered and applying voltage will damage the sensor.**

VERY IMPORTANT: Apogee changed the wiring colors of all our bare-lead sensors in March 2018 in conjunction with the release of inline cable connectors on some sensors. To ensure proper connection to your data device, please note your serial number or if your sensor has a stainless-steel connector 30 cm from the sensor head then use the appropriate wiring configuration listed below. With the switch to connectors, we also changed to using cables that only have 4 or 7 internal wires. To make our various sensors easier to connect to your device, we clip off any unused wire colors at the end of the cable depending on the sensor. If you cut the cable or modify the original pigtail, you may find wires inside that are not used with your particular sensor. In this case, please disregard the extra wires and follow the color-coded wiring guide provided.

Wiring for: SQ-110 and SQ-120 Serial Numbers 25370 and above

SQ-313, SQ-323, SQ-316, SQ-326, SQ-311, SQ-311 Serial Number 3205 and above or with a connector



Wiring for: SQ-110 and SQ-120 Serial Numbers range 0-25369

SQ-313, SQ-323, SQ-316, SQ-326, SQ-311, SQ-311 Serial Numbers range 0-3204



Ilustración 183 Datasheet Sensor Radiación PAR P11

<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

Sensor Calibration

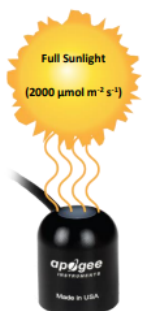
All Apogee un-amplified quantum sensor models (SQ-100 and SQ-300 series) have a standard PPFD calibration factor of exactly:

$$5.0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{ per mV}$$

Multiply this calibration factor by the measured mV signal to convert sensor output to PPFD in units of $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$:

$$\text{Calibration Factor (} 5.0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{ per mV)} * \text{Sensor Output Signal (mV)} = \text{PPFD (} \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}\text{)}$$

$$5.0 \quad * \quad 400 \quad = \quad 2000$$



Sensor Output
400 mV

Example of PPFD measurement with an Apogee quantum sensor. Full sunlight yields a PPFD on a horizontal plane at the Earth's surface of approximately $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. This yields an output signal of 400 mV. The signal is converted to PPFD by multiplying by the calibration factor of $5.00 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{ per mV}$.

Spectral Errors and Yield Photon Flux Measurements

Apogee quantum sensors are calibrated to measure PPFD for either sunlight or electric light. The difference between the calibrations is 12 %. A sensor calibrated for electric lights (calibration source is T5 cool white fluorescent lamps) will read approximately 12 % low in sunlight.

In addition to PPFD measurements, Apogee SQ series quantum sensors can also be used to measure yield photon flux density (YFPD): photon flux density weighted according to plant photosynthetic efficiency (McCree, 1972) and summed. YFPD is also expressed in units of $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, and is similar to PPFD, but has been reported to be more closely correlated to photosynthesis than PPFD in some studies. PPFD is usually measured and reported because the PPFD spectral weighting function (equal weight given to all photons between 400 and 700 nm; no weight given to photons outside this range) is easier to define and measure, and as a result, PPFD is widely accepted. The calibration factor for YFPD is 4.50 and $4.45 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{ per mV}$ for sunlight and electric light measurements, respectively.

The weighting functions for PPFD and YFPD are shown in the graph below, along with the spectral response of Apogee SQ series quantum sensors. The closer the spectral response matches the defined PPFD or YFPD spectral weighting functions, the smaller spectral errors will be. The table below provides spectral error estimates for PPFD and YFPD measurements from light sources different than the calibration source. The method of Federer and Tanner (1966) was used to determine spectral errors based on the PPFD and YFPD spectral weighting functions,

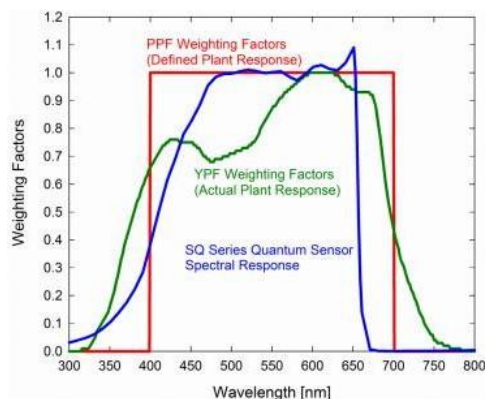
Ilustración 184 Datasheet Sensor Radiación PAR P12

<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

measured sensor spectral response, and radiation source spectral outputs (measured with a spectroradiometer). This method calculates spectral error and does not consider calibration, cosine, and temperature errors.

Federer, C. A., and C. B. Tanner, 1966. Sensors for measuring light available for photosynthesis. Ecology 47:654-657.

McCree, K. J., 1972. The action spectrum, absorbance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. Agricultural Meteorology 9:191-216.



Radiation weighting factors for PPFD (defined plant response to radiation), YPF (measured plant response to radiation), and Apogee SQ Series quantum sensors (sensor sensitivity to different wavelengths of radiation).

Ilustración 185 Datasheet Sensor Radiación PAR P13

<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

Spectral Errors for PPF and YPF Measurements with Apogee SQ Series Quantum Sensors

| Radiation Source (Error Calculated Relative to Sun, Clear Sky) | PPFD Error [%] | YPFD Error [%] |
|---|----------------|----------------|
| Sun (Clear Sky) | 0.0 | 0.0 |
| Sun (Cloudy Sky) | 1.4 | 1.6 |
| Reflected from Grass Canopy | 5.7 | -6.3 |
| Reflected from Deciduous Canopy | 4.9 | -7.0 |
| Reflected from Conifer Canopy | 5.5 | -6.8 |
| Transmitted below Grass Canopy | 6.4 | -4.5 |
| Transmitted below Deciduous Canopy | 6.8 | -5.4 |
| Transmitted below Conifer Canopy | 5.3 | 2.6 |
| Radiation Source (Error Calculated Relative to Cool White Fluorescent, T5) | | |
| Cool White Fluorescent (T5) | 0.0 | 0.0 |
| Cool White Fluorescent (T8) | -0.3 | -1.2 |
| Cool White Fluorescent (T12) | -1.4 | -2.0 |
| Compact Fluorescent | -0.5 | -5.3 |
| Metal Halide | -3.7 | -3.7 |
| Ceramic Metal Halide | -6.0 | -6.4 |
| High Pressure Sodium | 0.8 | -7.2 |
| Blue LED (448 nm peak, 20 nm full-width half-maximum) | -12.7 | 8.0 |
| Green LED (524 nm peak, 30 nm full-width half-maximum) | 8.0 | 26.2 |
| Red LED (635 nm peak, 20 nm full-width half-maximum) | 4.8 | -6.2 |
| Red, Blue LED Mixture (85 % Red, 15 % Blue) | 2.4 | -4.4 |
| Red, Green, Blue LED Mixture (72 % Red, 16 % Green, 12 % Blue) | 3.4 | 0.2 |
| Cool White Fluorescent LED | -4.6 | -0.6 |
| Neutral White Fluorescent LED | -6.7 | -5.2 |
| Warm White Fluorescent LED | -10.9 | -13.0 |

Quantum sensors can be a very practical means of measuring PPF and YPF from multiple radiation sources, but spectral errors must be considered. The spectral errors in the table above can be used as correction factors for individual radiation sources.

Underwater Measurements and Immersion Effect

When a quantum sensor that was calibrated in air is used to make underwater measurements, the sensor reads low. This phenomenon is called the immersion effect and happens because the refractive index of water (1.33) is greater than air (1.00). The higher refractive index of water causes more light to be backscattered (or reflected) out of the sensor in water than in air (Smith,1969; Tyler and Smith,1970). As more light is reflected, less light is transmitted through the diffuser to the detector, which causes the sensor to read low. Without correcting for this effect, underwater measurements are only relative, which makes it difficult to compare light in different environments.

The SQ-100 and SQ-300 series sensors have an immersion effect correction factor of 1.08. This correction factor should be multiplied to measurements made underwater.

Further information on underwater measurements and the immersion effect can be found at <http://www.apogeeinstruments.com/underwater-par-measurements/>.

Ilustración 186 Datasheet Sensor Radiación PAR P14

<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

MAINTENANCE AND RECALIBRATION

Moisture or debris on the diffuser is a common cause of low readings. The sensor has a domed diffuser and housing for improved self-cleaning from rainfall, but materials can accumulate on the diffuser (e.g., dust during periods of low rainfall, salt deposits from evaporation of sea spray or sprinkler irrigation water) and partially block the optical path. Dust or organic deposits are best removed using water or window cleaner and a soft cloth or cotton swab. Salt deposits should be dissolved with vinegar and removed with a soft cloth or cotton swab. **Never use an abrasive material or cleaner on the diffuser.**

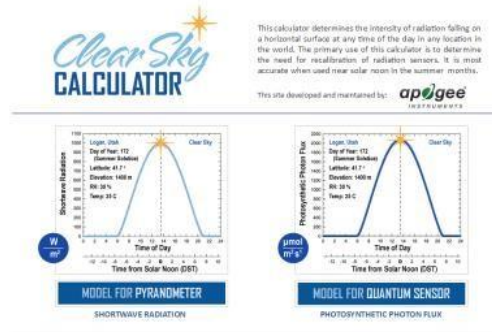
Although Apogee sensors are very stable, nominal accuracy drift is normal for all research-grade sensors. To ensure maximum accuracy, we generally recommend sensors are sent in for recalibration every two years, although you can often wait longer according to your particular tolerances.

To determine if your sensor needs recalibration, the Clear Sky Calculator (www.clearskycalculator.com) website and/or smartphone app can be used to indicate the total shortwave radiation incident on a horizontal surface at any time of day at any location in the world. It is most accurate when used near solar noon in spring and summer months, where accuracy over multiple clear and unpolluted days is estimated to be $\pm 4\%$ in all climates and locations around the world. For best accuracy, the sky must be completely clear, as reflected radiation from clouds causes incoming radiation to increase above the value predicted by the clear sky calculator. Measured values of total shortwave radiation can exceed values predicted by the Clear Sky Calculator due to reflection from thin, high clouds and edges of clouds, which enhances incoming shortwave radiation. The influence of high clouds typically shows up as spikes above clear sky values, not a constant offset greater than clear sky values.

To determine recalibration need, input site conditions into the calculator and compare total shortwave radiation measurements to calculated values for a clear sky. If sensor shortwave radiation measurements over multiple days near solar noon are consistently different than calculated values (by more than 6%), the sensor should be cleaned and re-leveled. If measurements are still different after a second test, email calibration@apogeeinstruments.com to discuss test results and possible return of sensor(s).

Ilustración 187 Datasheet Sensor Radiación PAR P15

<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>



Homepage of the Clear Sky Calculator. Two calculators are available: one for quantum sensors (PPFD) and one for pyranometers (total shortwave radiation).

Clear Sky CALCULATOR FOR QUANTUM SENSORS

1. For best accuracy comparison should be made on clear, non-polluted, summer days within one hour of solar noon.
 2. Enter input parameters in the blue cells at right. Calculations are shown below.
 3. Sensor must be level and perfectly clear. Enter your measured solar radiation in the blue "Measured PPFD" cell at far right.
 4. Difference between the model and your sensor is shown in the yellow "DIFFERENCE FROM MODEL" cell at right.
 5. How the model on regular days. Contact Apogee for recalibration if the measured value is more than 5 % different than the estimated value. You will be contacted within two business days.

For a discussion on model accuracy and sensitivity of input parameters, CLICK HERE.

RECALCULATE MODEL

Input Parameters for Estimating Photosynthetic Photon Flux (PPFD):

Latitude =
 Longitude =
 Longitude₂ =
 Elevation =
 Day of Year =
 Day of Day =
 Daylight Savings =
 Air Temperature =
 Relative Humidity =

Output from Model:

Model Estimated PPFD = **1284** $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
 Measured PPFD = **1299** $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
DIFFERENCE FROM MODEL = -4.2 %

CONTACT APOGEE FOR RECALIBRATION

Name:
 Email:
 Phone:
 Serial #:
 Comments:

Please include all requested information. **SEND INFO TO APOGEE**

This site is developed and maintained by: **apogee** instruments
 calibration@apogee-inst.com

INPUT AND OUTPUT DEFINITIONS

Latitude = latitude of the measurement site (degrees) for southern hemisphere, insert as a negative number (this may be obtained from <http://weather.gov/latlong.html>)
 Longitude = longitude of the measurement site (degrees), expressed as positive degrees west of the standard meridian in Greenwich, England (e.g. 74° for New York, 260° for London, Thailand, and 102° for Hanoi, Vietnam)
 Longitude₂ = longitude of the center of your local time zone (degrees) expressed as positive degrees

Clear Sky Calculator for quantum sensors. Site data are input in blue cells in middle of page and an estimate of PPFD is returned on right-hand side of page.

Ilustración 188 Datasheet Sensor Radiación PAR P16

<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

TROUBLESHOOTING AND CUSTOMER SUPPORT

Independent Verification of Functionality

Apogee SQ-100 and SQ-300 series quantum sensors are self-powered devices and output a voltage signal proportional to incident PPFD. A quick and easy check of sensor functionality can be determined using a voltmeter with millivolt resolution. Connect the positive lead wire from the voltmeter to the white wire from the sensor and the negative (or common) lead wire from the voltmeter to the black wire from the sensor. Direct the sensor head toward a light source and verify the sensor provides a signal. Increase and decrease the distance from the sensor head to the light source to verify that the signal changes proportionally (decreasing signal with increasing distance and increasing signal with decreasing distance). Blocking all radiation from the sensor should force the sensor signal to zero.

Compatible Measurement Devices (Dataloggers/Controllers/Meters)

SQ-100 and SQ-300 series quantum sensors are calibrated with a standard calibration factor of $5.0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ per mV, yielding a sensitivity of 0.2 mV per $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Thus, a compatible measurement device (e.g., datalogger or controller) should have resolution of at least 0.2 mV in order to provide PPFD resolution of $1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

An example datalogger program for Campbell Scientific dataloggers can be found on the Apogee webpage at <http://www.apogeeinstruments.com/content/Quantum-Sensor-Unamplified.CR1>.

Cable Length

When the sensor is connected to a measurement device with high input impedance, sensor output signals are not changed by shortening the cable or splicing on additional cable in the field. Tests have shown that if the input impedance of the measurements device is greater than 1 mega-ohm there is negligible effect on the calibration, even after adding up to 100 m of cable. All Apogee sensors use shielded, twisted pair cable to minimize electromagnetic interference. For best measurements, the shield wire must be connected to an earth ground. This is particularly important when using the sensor with long lead lengths in electromagnetically noisy environments.

Modifying Cable Length

See Apogee webpage for details on how to extend sensor cable length:

<http://www.apogeeinstruments.com/how-to-make-a-weatherproof-cable-splice/>.

Unit Conversion Charts

Apogee SQ series quantum sensors are calibrated to measure PPFD in units of $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Units other than photon flux density (e.g., energy flux density, illuminance) may be required for certain applications. It is possible to convert the PPFD value from a quantum sensor to other units, but it requires spectral output of the radiation source of interest. Conversion factors for common radiation sources can be found on the Unit Conversions page in the Support Center on the Apogee website (<http://www.apogeeinstruments.com/unit-conversions/>; scroll down to Quantum Sensors section). A spreadsheet to convert PPFD to energy flux density or illuminance is also provided on the Unit Conversions page in the Support Center on the Apogee website (<http://www.apogeeinstruments.com/content/PPFD-to-Illuminance-Calculator.xls>).

Ilustración 189 Datasheet Sensor Radiación PAR P17

<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

RETURN AND WARRANTY POLICY

RETURN POLICY

Apogee Instruments will accept returns within 30 days of purchase as long as the product is in new condition (to be determined by Apogee). Returns are subject to a 10 % restocking fee.

WARRANTY POLICY

What is Covered

All products manufactured by Apogee Instruments are warranted to be free from defects in materials and craftsmanship for a period of four (4) years from the date of shipment from our factory. To be considered for warranty coverage an item must be evaluated either at our factory or by an authorized distributor.

Products not manufactured by Apogee (spectroradiometers, chlorophyll content meters, EE08-SS probes) are covered for a period of one (1) year.

What is Not Covered

The customer is responsible for all costs associated with the removal, reinstallation, and shipping of suspected warranty items to our factory.

The warranty does not cover equipment that has been damaged due to the following conditions:

1. Improper installation or abuse.
2. Operation of the instrument outside of its specified operating range.
3. Natural occurrences such as lightning, fire, etc.
4. Unauthorized modification.
5. Improper or unauthorized repair.

Please note that nominal accuracy drift is normal over time. Routine recalibration of sensors/meters is considered part of proper maintenance and is not covered under warranty.

Who is Covered

This warranty covers the original purchaser of the product or other party who may own it during the warranty period.

What We Will Do

At no charge we will:

1. Either repair or replace (at our discretion) the item under warranty.
2. Ship the item back to the customer by the carrier of our choice.

Different or expedited shipping methods will be at the customer's expense.

How To Return An Item

1. Please do not send any products back to Apogee Instruments until you have received a Return Merchandise

Ilustración 190 Datasheet Sensor Radiación PAR P18

<https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

Authorization (RMA) number from our technical support department by calling (435) 245-8012 or by submitting an online RMA form at www.apogeeinstruments.com/tech-support-recalibration-repairs/. We will use your RMA number for tracking of the service item.

2. Send all RMA sensors and meters back in the following condition: Clean the sensor's exterior and cord. Do not modify the sensors or wires, including splicing, cutting wire leads, etc. If a connector has been attached to the cable end, please include the mating connector – otherwise the sensor connector will be removed in order to complete the repair/recalibration.
3. Please write the RMA number on the outside of the shipping container.
4. Return the item with freight pre-paid and fully insured to our factory address shown below. We are not responsible for any costs associated with the transportation of products across international borders.
5. Upon receipt, Apogee Instruments will determine the cause of failure. If the product is found to be defective in terms of operation to the published specifications due to a failure of product materials or craftsmanship, Apogee Instruments will repair or replace the items free of charge. If it is determined that your product is not covered under warranty, you will be informed and given an estimated repair/replacement cost.

Apogee Instruments, Inc.
721 West 1800 North Logan, UT
84321, USA

PRODUCTS BEYOND THE WARRANTY PERIOD

For issues with sensors beyond the warranty period, please contact Apogee at techsupport@apogeeinstruments.com to discuss repair or replacement options.

OTHER TERMS

The available remedy of defects under this warranty is for the repair or replacement of the original product, and Apogee Instruments is not responsible for any direct, indirect, incidental, or consequential damages, including but not limited to loss of income, loss of revenue, loss of profit, loss of wages, loss of time, loss of sales, accrual of debts or expenses, injury to personal property, or injury to any person or any other type of damage or loss.

This limited warranty and any disputes arising out of or in connection with this limited warranty ("Disputes") shall be governed by the laws of the State of Utah, USA, excluding conflicts of law principles and excluding the Convention for the International Sale of Goods. The courts located in the State of Utah, USA, shall have exclusive jurisdiction over any Disputes.

This limited warranty gives you specific legal rights, and you may also have other rights, which vary from state to state and jurisdiction to jurisdiction, and which shall not be affected by this limited warranty. This warranty extends only to you and cannot be transferred or assigned. If any provision of this limited warranty is unlawful, void or unenforceable, that provision shall be deemed severable and shall not affect any remaining provisions. In case of any inconsistency between the English and other versions of this limited warranty, the English version shall prevail.

This warranty cannot be changed, assumed, or amended by any other person or agreement.

APOGEE INSTRUMENTS, INC. | 721 WEST 1800 NORTH, LOGAN, UTAH 84321, USA
TEL: (435) 792-4700 | FAX: (435) 787-8268 | WEB: APOGEEINSTRUMENTS.COM

Copyright © 2019 Apogee Instruments, Inc.

Ilustración 191 Datasheet Sensor Radiación PAR P19

Fuente: <https://www.apogeeinstruments.com/content/SQ-100-300-manual.pdf>

Anexo 2.7. Datasheet sensor Ph

| Table of Contents | | |
|-----------------------------------|--|----|
| Part 1 | Introduction | |
| 1.1 | General | 3 |
| 1.2 | Sensor Features | 3 |
| 1.3 | Sensor Specifications | 4 |
| 1.4 | Important Notes | 5 |
| Part 2 | Installation | |
| 2.1 | General | 6 |
| 2.2 | Electrical | 8 |
| Part 3 | Maintenance and Troubleshooting | |
| 3.1 | Cleaning the Sensor | 10 |
| 3.2 | Replacing the Saltbridge | 11 |
| 3.3 | Troubleshooting | 12 |
| Diagrams and Illustrations | | |
| Figure 1-1 | PHE-45P Sensor Dimensions | 5 |
| Figure 2-1 | Integral Mount to PHTX-45 Monitor/Analyzer | 6 |
| Figure 2-2 | PHE-45P Sensor Types | 7 |
| Figure 2-3 | Cable Description | 8 |
| Figure 2-4 | Wiring Diagram, PHE-45P - PHTX-45 | 9 |
| Figure 3-1 | Replacing the Saltbridge and Reference Buffer | 11 |

Ilustración 192 Datasheet Sensor Ph P1

Fuente: <https://assets.omega.com/manuals/M3697.pdf>

Part 1 - Introduction

1.1 General

The Model PHE-45P pH Sensor measures the pH of aqueous solutions in industrial and municipal process applications. It is designed to perform in the harshest of environments, including applications that poison conventional pH sensors. All seals are dual o-ring using multiple sealing materials. The sensor is designed for use with the Omega PHTX-45 Monitor/Analyzer.

1.2 Sensor Features

- A high volume, dual junction saltbridge is utilized to maximize the in-service lifetime of the sensor. The annular junction provides a large surface area to minimize the chance of fouling. Large electrolyte volume and dual reference junctions minimize contamination of the reference solution. The saltbridge is replaceable.
- The reference element of the sensor is a second glass pH electrode immersed in a reference buffer solution. This glass reference system greatly increases the range of sensor applications.
- An integral preamplifier is encapsulated in the body of the sensor. This creates a low impedance signal output which ensures stable readings in noisy environments and increases the maximum possible distance between sensor and transmitter to 3,000 feet (914 meters).
- System diagnostics warn the user in the event of electrode breakage, loss of sensor seal integrity or integral temperature element failure.
- Pt1000 RTD. The temperature element used in the PHE-45P sensor is highly accurate and provides a highly linear output.

Ilustración 193 Datasheet Sensor Ph P2

Fuente: <https://assets.omega.com/manuals/M3697.pdf>

| Part 1 - Introduction | 1.3 Sensor Specifications |
|--|--|
| 1.3 Sensor Specifications | |
| PHE-45P | |
| Measuring Range | 0 to 14.00 pH |
| Sensitivity | 0.002 pH |
| Stability | 0.02 pH per 24 hours, non-cumulative |
| Wetted Materials | PEEK, ceramic, titanium, glass, Viton, EDPM (optional: 316 stainless steel with 316SS body) |
| Sensor Cable | 6 Conductor (5 are used) plus 2 shields, 15 feet (4.6 meters) length standard |
| Temperature Range | -5 to +95 °C (23 to 203 °F) |
| Pressure Range | 0 to 100 psig |
| Maximum Flow Rate | 10 feet (3 meters) per second |
| Max. Sensor-Analyzer Distance | 3,000 feet (914 meters) |
| Sensor Body Options | 1" NPT convertible, 1¼" insertion, 1½" or 2" sanitary-style |
| Weight | 1 lb. (0.45 kg) |
| <p><i>Notes:</i> 1. The type of hardware used to mount the sensor may limit the maximum temperature and pressure ratings. Please consult the hardware manufacturer's specifications to obtain the relevant temperature and pressure rating information.</p> <p>2. The maximum flow rate specification is lower for process solutions with low ionic conductivity or high suspended solids concentration. High flow rates in low ionic conductivity processes may cause a measurement error due to static electrical discharge. High flow rates in processes with high suspended solids concentration may decrease the functional life of the sensor by eroding the pH-sensitive glass electrode.</p> | |
| Rev. C, 05/03 | 4 |
| | PHE-45P |

Ilustración 194 Datasheet Sensor Ph P3

Fuente: <https://assets.omega.com/manuals/M3697.pdf>

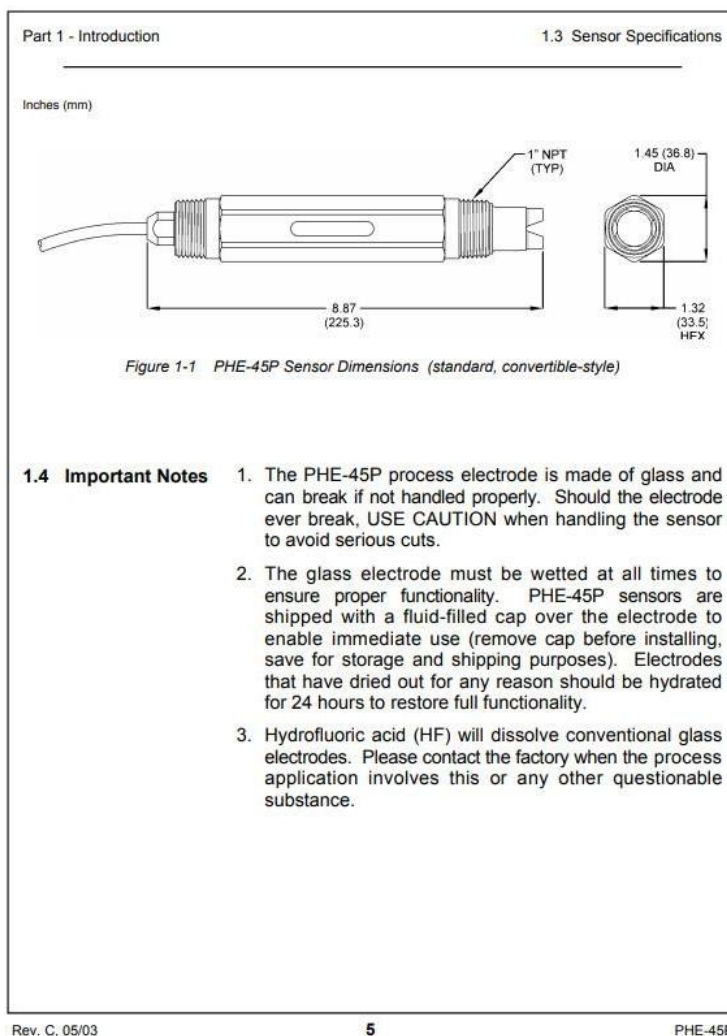


Ilustración 195 Datasheet Sensor Ph P4

Fuente: <https://assets.omega.com/manuals/M3697.pdf>

Part 2 - Installation

2.1 General

The PHE-45P pH Sensor is designed for industrial and municipal process applications. Mounting options include flow-through, submersion, insertion (special hardware required), or integral mount to the Omega PHTX-45 pH Monitor/Analyzer (see Figures 2-1 and 2-2). The sensor's built-in preamp allows sensor-to-instrument distances of up to 3,000 feet (914 meters). However, to ensure ease of calibration, install the transmitter as close to the sensor as possible.

The sensor should be mounted vertically (electrode face down) whenever possible. When mounting on an angle, make sure sensor is at least 10° above horizontal. Do not mount sensor completely on its side or upside down.

Do NOT use a sealant (e.g., pipe dope) when mounting the insertion or convertible style sensor. Use industrial/plumber pipe tape when needed.

See Model PHTX-45 Monitor/Analyzer Instruction Manual for detailed calibration instructions.

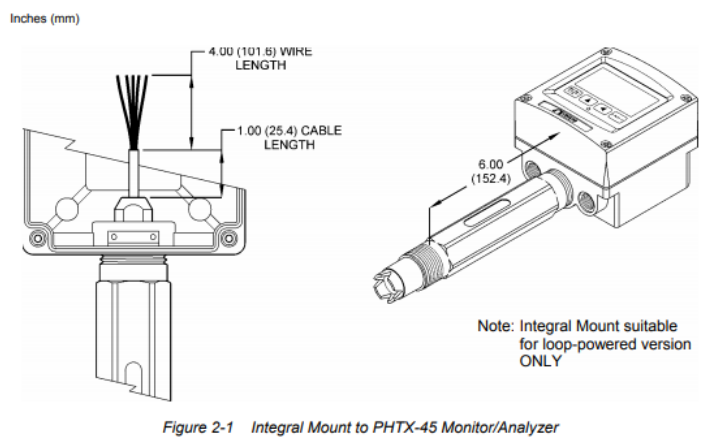
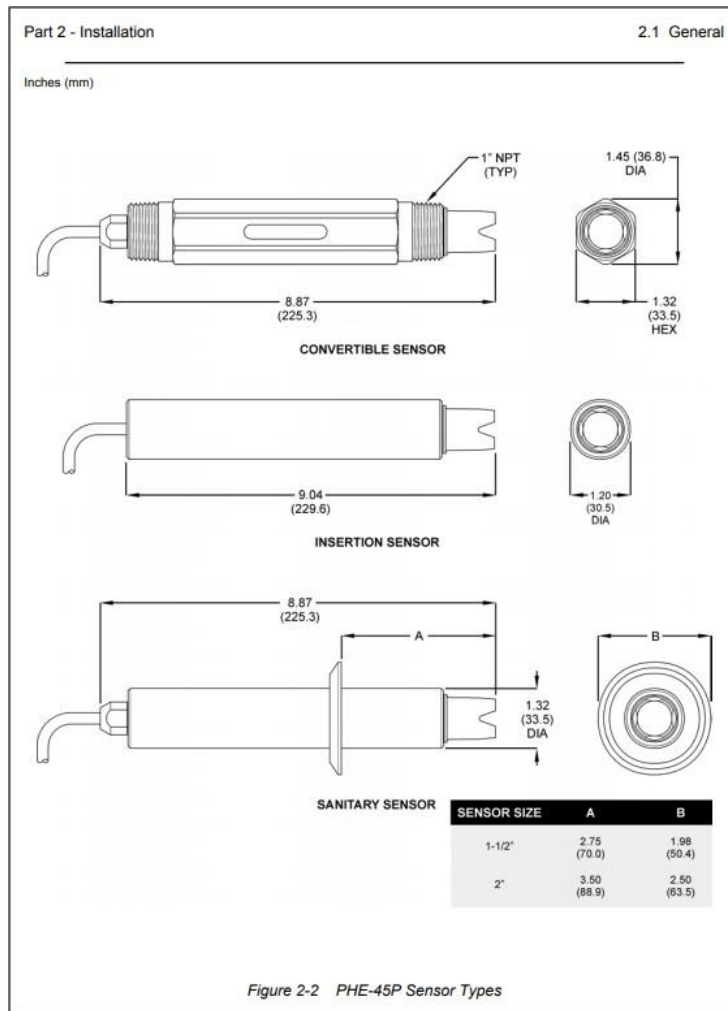


Ilustración 196 Datasheet Sensor Ph P5

Fuente: <https://assets.omega.com/manuals/M3697.pdf>



Rev. C, 05/03

7

PHE-45P

Ilustración 197 Datasheet Sensor Ph P6

Fuente: <https://assets.omega.com/manuals/M3697.pdf>

Part 2 - Installation 2.2 Electrical

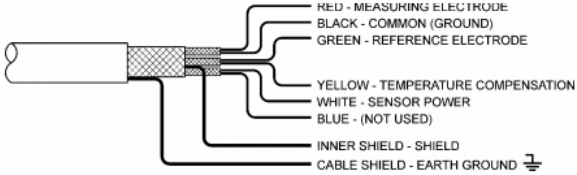
2.2 Electrical

The Model PHE-45P Sensor has a built-in preamplifier and comes standard with 15 feet of 6 conductor (only 5 are used) double shielded cable. The cable is permanently attached to the sensor, and a PEEK cordgrip is used to seal around the cable. Nevertheless, the cable should always be kept as clean and dry as possible.

DANGER: DO NOT connect sensor cable to power lines. Serious injury may result.

Take care to route sensor cable away from AC power lines, adjustable frequency drives, motors, or other noisy electrical signal lines. Do not run signal lines in the same conduit as AC power lines. Run signal cable in dedicated metal conduit if possible. For optimum electrical noise protection, run an earth ground wire to the ground terminal in the transmitter.

Refer to Figure 2-3, Cable Description and Figure 2-4, Wiring Diagram for illustrative details on electrical installation.



RED - MEASURING ELECTRODE
BLACK - COMMON (GROUND)
GREEN - REFERENCE ELECTRODE
YELLOW - TEMPERATURE COMPENSATION
WHITE - SENSOR POWER
BLUE - (NOT USED)
INNER SHIELD - SHIELD
CABLE SHIELD - EARTH GROUND

Figure 2-3 Cable Description, Model PHE-45P

Note: Only the custom 6-wire shielded interconnect cable attached to the sensor must be used when connecting the Model PHE-45P sensor to the analyzer. This high-performance, double shielded, polyethylene jacketed cable is specially designed to provide the proper signal shielding for the sensor used in this system. No substitutions can be made. Substituted cables may cause problems with system performance.

Ilustración 198 Datasheet Sensor Ph P7

Fuente: <https://assets.omega.com/manuals/M3697.pdf>

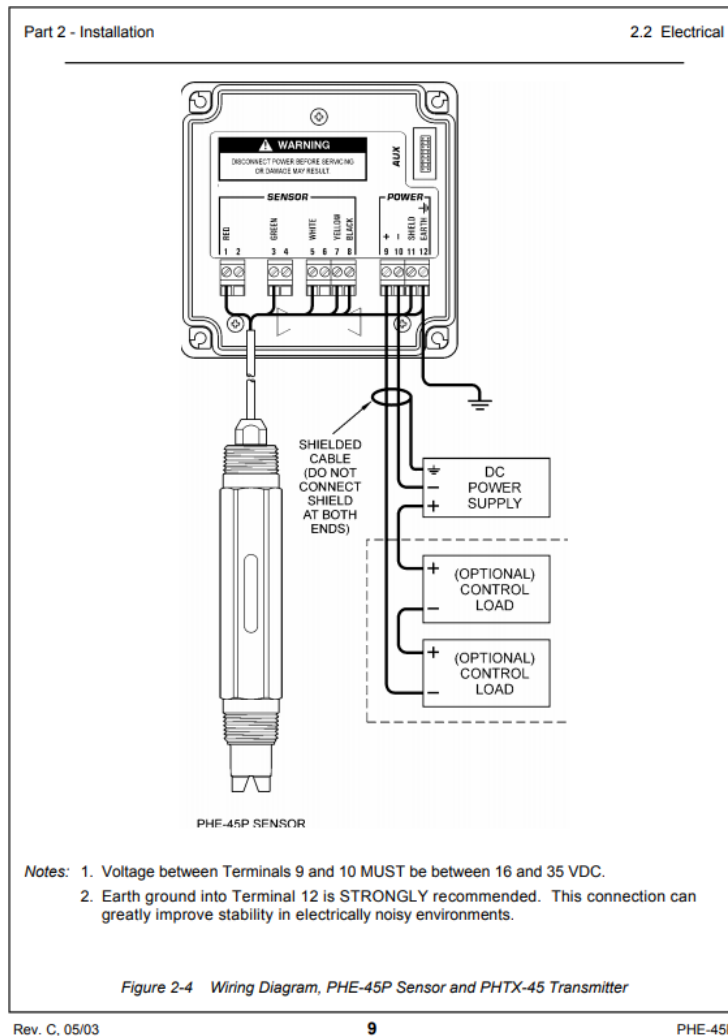


Ilustración 199 Datasheet Sensor Ph P8

Fuente: <https://assets.omega.com/manuals/M3697.pdf>

Part 3 - Maintenance and Troubleshooting

3.1 Cleaning the Sensor

Keep the sensor as clean as possible for optimum measurement accuracy - this includes both the saltbridge and the measuring electrode glass. Frequency of cleaning depends upon the process solution.

1. Carefully wipe the measuring end of the sensor with a clean soft cloth. Then rinse with clean, warm water - use distilled or de-ionized water if possible. This should remove most contaminate buildup.

2. Prepare a mild solution of soap and warm water. Use a non-abrasive detergent (such as dishwashing liquid).

Note: DO NOT use a soap containing any oils (such as lanolin). Oils can coat the glass electrode and harm sensor performance.

4. Use a small, extra-soft bristle brush (such as a mushroom brush) to thoroughly clean the electrode and saltbridge surfaces. If surface deposits are not completely removed after performing this step, use a dilute acid to dissolve the deposits. After soaking, rinse the sensor thoroughly with clean, warm water. Placing the sensor in pH 7 buffer for about 10 minutes will help to neutralize any remaining acid.

Note: DO NOT soak the sensor in dilute acid solution for more than 5 minutes. This will help to prevent the acid from being absorbed into the saltbridge.

WARNING: ACIDS ARE HAZARDOUS. Always wear eye and skin protection when handling. Follow all Material Safety Data Sheet recommendations. A hazardous chemical reaction can be created when certain acids come in contact with process chemicals. Make this determination before cleaning with any acid, regardless of concentration.

Ilustración 200 Datasheet Sensor Ph P9

Fuente: <https://assets.omega.com/manuals/M3697.pdf>

Part 3 - Maintenance and Troubleshooting 3.2 Replacing the Saltbridge

3.2 Replacing the Saltbridge

1. Hold the sensor with the process electrode pointing up. Place a cloth or towel around the saltbridge. Turn the saltbridge counterclockwise (by hand) to loosen and remove the saltbridge. Do NOT use pliers.
2. Pour out the old reference buffer by inverting the sensor (process electrode pointing down). If the reference buffer does not run out, gently shake or tap the sensor.
3. Rinse the reference chamber of the sensor with de-ionized water. Fill the reference chamber of the sensor with fresh Reference Cell Buffer. The chamber holds 6 to 7 mL of solution. MAKE SURE that 6 to 7 mL is used when refilling. The chamber should be FULL.

NOTE: The Reference Buffer Solution, 7.0 pH included with the saltbridge is NOT typical pH 7 buffer, it is a special "high-capacity" buffer developed to ensure the highest possible stability of the reference portion of the pH measurement. No substitutions should be made.

4. Inspect the new saltbridge to verify that there are 2 o-rings inside the threaded section of the saltbridge.
5. Place the new saltbridge over the ground assembly of the sensor. Place a cloth or towel around the saltbridge and hand-tighten the saltbridge by turning it clockwise.

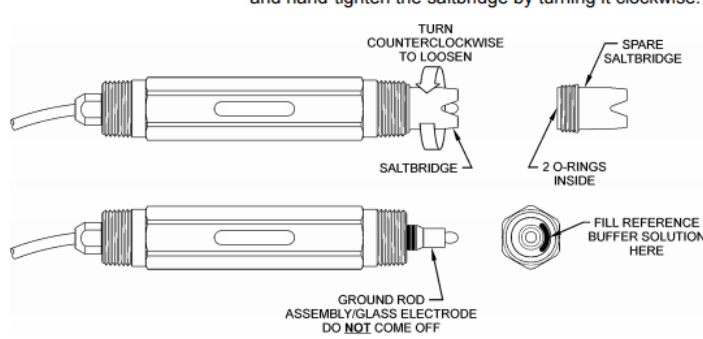


Figure 3-1 Replacing the Saltbridge and Reference Buffer

Ilustración 201 Datasheet Sensor Ph P10

Fuente: <https://assets.omega.com/manuals/M3697.pdf>

Part 3 - Maintenance and Troubleshooting 3.3 Troubleshooting

3.3 Troubleshooting The first step in resolving any measurement problem is to determine whether the trouble lies in the sensor or the transmitter. Since measurement problems can often be traced to dirty sensor electrode glass and/or saltbridge, cleaning the sensor using the method outlined in Section 3.1 should always be the first step in any troubleshooting.

If the sensor cannot be calibrated after cleaning, replace the saltbridge and reference cell buffer 7 pH as outlined in Section 3.2.

If the sensor still cannot be calibrated, perform the following test. A multimeter, 7 pH buffer and another buffer at least 2 pH units away will be needed.

1. With transmitter power on and sensor connected, place the multimeter's positive (+) lead on the white position of the transmitter terminal strip and the negative (-) lead on the black position. The multimeter should read between -4.2 and -6.5 VDC.
2. Disconnect the sensor's red, green, yellow, and white wires from the transmitter or junction box. Re-check Step 1.
3. Place the sensor in pH 7 buffer. As in calibration, allow the temperatures of the sensor and buffer to equilibrate at room temperature (approximately 25 °C).
4. Verify that the sensor's temperature element (Pt1000 RTD) is functioning properly by measuring the resistance between the sensor's yellow and black wires. The nominal resistance value at 25 °C is 1097 ohms. Use the following table as a guide to the approximate resistance value:

| °C | RTD Ω |
|----|-------|
| 20 | 1078 |
| 25 | 1097 |
| 30 | 1117 |
| 35 | 1136 |

Ilustración 202 Datasheet Sensor Ph P11

Fuente: <https://assets.omega.com/manuals/M3697.pdf>

Part 3 - Maintenance and Troubleshooting 3.3 Troubleshooting

5. Reconnect the yellow and white wires.
6. Connect the multimeter's positive (+) lead to the red wire and its negative (-) lead to the green wire. With the sensor in the pH 7 buffer at approximately 20-30 °C, measure the DC millivolts. The sensor offset reading should be between -50 and +50 mV. If it is not, replace sensor reference solution and saltbridge (See Section 3.2) and re-test.
7. With the multimeter connected as in Step 5, rinse the sensor with clean water and place it in the second buffer. Allow the temperatures to equilibrate as before. Now measure the sensor span reading. Use the following table to determine approximate mV:

| pH | mV |
|-------|------|
| 2.00 | +296 |
| 4.00 | +178 |
| 7.00 | 0 |
| 9.18 | -129 |
| 10.00 | -178 |

Note: The mV values listed above are for ideal conditions (sensor offset = 0 mV) and therefore represent mid-points in a range. The table shows the difference in mV which should be seen when going from one pH value to another. For example, at 7.00 pH, the mV reading will be from -50 to +50 mV (at room temperature) if the sensor is working properly. If the reading is exactly +20 mV, then going to 4.00 pH buffer should produce a reading of +198 mV, or a difference of +178 mV.

Rev. C, 05/03 13 PHE-45P

Ilustración 203 Datasheet Sensor Ph P12

Fuente: <https://assets.omega.com/manuals/M3697.pdf>

Anexo 2.8. Datasheet sensor radiación solar

ONSET

S-LIB-M003 Sensor

Solar Radiation (Silicon Pyranometer) Smart Sensor

Effectively measure light levels with this silicon pyranometer sensor. The Solar Radiation Smart Sensor enables rapid deployment. Since HOBO data loggers recognize this sensor, no complicated programming or setup is required. This product offers a measurement range of 0 to 1280 W/m² over a spectral range of 300 to 1100 nm. A measurement averaging mode is available.



Also available in a wireless model for use with the HOBOnet Field Monitoring System.

- Measurement range of 0 to 1280 W/m² over a spectral range of 300 to 1100 nm
- Plug-n-play smart sensor
- Compatible with H21, H22, and U30 family loggers

Ilustración 204 Datasheet Sensor Radiación Solar P1

Fuente: <https://www.onsetcomp.com/datasheet/S-LIB-M003>

S-LIB-M003 Sensor Specifications

Measurement range: 0 to 1280 W/m²
Operating temperature range: -40° to 75°C (-40° to 167°F)
Accuracy: ±10 W/m² or ±5%, whichever is greater in sunlight. Additional temperature induced error ±0.38 W/m² /°C from 25°C (0.21 W/m²/°F from 77°F)
Resolution: 1.25 W/m²
Drift: <±2% per year
Spectral range: 300 to 1100 nm
Cosine response error: ±5%, 0° to 70°; ±10%, 70° to 80° from vertical
Azimuth error: ±2% error at 45° from vertical, 360° rotation
Calibration: Factory recalibration available
Housing: anodized aluminum housing with acrylic diffuser and o-ring seal
Dimensions: 4.1 cm high x 3.2 cm diameter (1 5/8 in. x 1 1/4 in.)
Approximate weight: 120 g (4 oz)
Cable length: 3 m (9.8 ft)
Length of Smart Sensor Network Cable: 3 m
Measurement parameters: average over logging interval, user-defined sampling interval from 1 second

Note: Light sensor bracket (M-LBA) and light sensor level (M-LLA) recommended

Contact Us

Sales (8am to 5pm ET, Monday through Friday)

- ▶ Email sales@onsetcomp.com
- ▶ Call 1-508-759-9500
- ▶ In U.S. toll free 1-800-564-4377
- ▶ Fax 1-508-759-9100

Technical Support (8am to 8pm ET, Monday through Friday)

- ▶ Contact Product Support www.onsetcomp.com/support/contact
- ▶ Call 1-508-759-9500
- ▶ In U.S. toll free 1-877-564-4377

Onset Computer Corporation
470 MacArthur Boulevard
Bourne, MA 02532

Copyright© 2019 Onset Computer Corporation. All rights reserved. Onset, HOB0, HOB0ware are registered trademarks of Onset Computer Corporation. Other products and brand names may be trademarks or registered trademarks of their respective owners. Patented technology (U.S. Patent 6,826,664)

Ilustración 205 Datasheet Sensor Radiación Solar P2

Fuente: <https://www.onsetcomp.com/datasheet/S-LIB-M003>

Anexo 2.9. Datasheet sensor temperatura suelo

EVALUATION KIT AVAILABLE

MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Applications

- Industrial
- Appliances
- HVAC

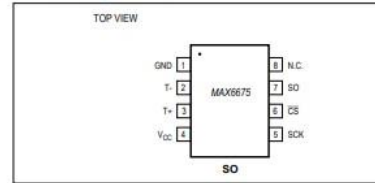
Features

- Direct Digital Conversion of Type -K Thermocouple Output
- Cold-Junction Compensation
- Simple SPI-Compatible Serial Interface
- 12-Bit, 0.25°C Resolution
- Open Thermocouple Detection

Ordering Information

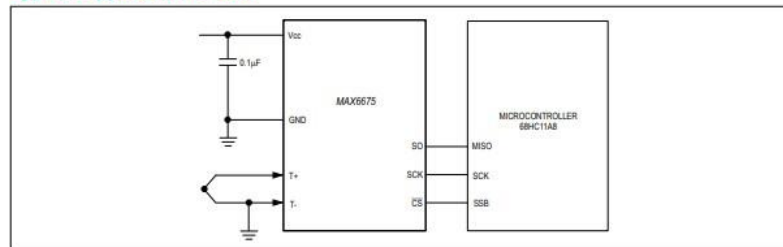
| PART | TEMP RANGE | PIN-PACKAGE |
|------------|----------------|-------------|
| MAX6675ISA | -20°C to +85°C | 8 SO |

Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Typical Application Circuit



19-2235; Rev 2; 4/14



Ilustración 206 Datasheet Sensor Temperatura P1

Fuente: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX6675.pdf>

MAX6675 Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Absolute Maximum Ratings

| | | | |
|--|--------------------------|---|-----------------|
| Supply Voltage (V_{CC} to GND) | -0.3V to +6V | Storage Temperature Range | -65°C to +150°C |
| SO, SCK, CS, T-, T+ to GND | -0.3V to $V_{CC} + 0.3V$ | Junction Temperature | +150°C |
| SO Current | 50mA | SO Package | |
| ESD Protection (Human Body Model) | ±2000V | Vapor Phase (60s) | +215°C |
| Continuous Power Dissipation ($T_A = +70^\circ\text{C}$) | 471mW | Infrared (15s) | +220°C |
| 8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C) | 471mW | Lead Temperature (soldering, 10s) | +300°C |
| Operating Temperature Range | -20°C to +85°C | | |

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Electrical Characteristics

($V_{CC} = +3.0V$ to $+5.5V$, $T_A = -20^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$, unless otherwise noted. Typical values specified at $+25^\circ\text{C}$.) (Note 1)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS | |
|----------------------------------|------------|---|------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|---|
| Temperature Error | | $T_{\text{THERMOCOUPLE}} = +700^\circ\text{C}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$ (Note 2) | $V_{CC} = +3.3V$ | -5 | +5 | LSB | |
| | | | $V_{CC} = +5V$ | -6 | +6 | | |
| | | $T_{\text{THERMOCOUPLE}} = 0^\circ\text{C}$ to $+700^\circ\text{C}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$ (Note 2) | $V_{CC} = +3.3V$ | -8 | +8 | | |
| | | | $V_{CC} = +5V$ | -9 | +9 | | |
| | | $T_{\text{THERMOCOUPLE}} = +700^\circ\text{C}$ to $+1000^\circ\text{C}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$ (Note 2) | $V_{CC} = +3.3V$ | -17 | +17 | | |
| | | | $V_{CC} = +5V$ | -19 | +19 | | |
| Thermocouple Conversion Constant | | | | 10.25 | | $\mu\text{V}/\text{LSB}$ | |
| Cold-Junction Compensation Error | | $T_A = -20^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$ (Note 2) | $V_{CC} = +3.3V$ | -3.0 | +3.0 | °C | |
| | | | $V_{CC} = +5V$ | -3.0 | +3.0 | | |
| Resolution | | | | 0.25 | | °C | |
| Thermocouple Input Impedance | | | | 60 | | k Ω | |
| Supply Voltage | V_{CC} | | 3.0 | 5.5 | | V | |
| Supply Current | I_{CC} | | | 0.7 | 1.5 | mA | |
| Power-On Reset Threshold | | V_{CC} rising | | 1 | 2 | 2.5 | V |
| Power-On Reset Hysteresis | | | | 50 | | mV | |
| Conversion Time | | (Note 2) | | 0.17 | 0.22 | s | |
| SERIAL INTERFACE | | | | | | | |
| Input Low Voltage | V_{IL} | | | | $0.3 \times V_{CC}$ | V | |
| Input High Voltage | V_{IH} | | | $0.7 \times V_{CC}$ | | V | |
| Input Leakage Current | I_{LEAK} | $V_{IN} = \text{GND or } V_{CC}$ | | | ±5 | μA | |
| Input Capacitance | C_{IN} | | | 5 | | pF | |

Ilustración 207 Datasheet Sensor Temperatura P2

Fuente: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX6675.pdf>

MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Electrical Characteristics (continued)

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|-------------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------|-----|-----|-------|
| Output High Voltage | V _{OH} | I _{SOURCE} = 1.6mA | V _{CC} - 0.4 | | | V |
| Output Low Voltage | V _{OL} | I _{SINK} = 1.6mA | | | 0.4 | V |
| TIMING | | | | | | |
| Serial Clock Frequency | f _{SCL} | | | | 4.3 | MHz |
| SCK Pulse High Width | t _{CH} | | 100 | | | ns |
| SCK Pulse Low Width | t _{CL} | | 100 | | | ns |
| CSB Fall to SCK Rise | t _{CSS} | C _L = 10pF | 100 | | | ns |
| CSB Fall to Output Enable | t _{DOV} | C _L = 10pF | | | 100 | ns |
| CSB Rise to Output Disable | t _{TR} | C _L = 10pF | | | 100 | ns |
| SCK Fall to Output Data Valid | t _{DO} | C _L = 10pF | | | 100 | ns |

Note 1: All specifications are 100% tested at T_A = +25°C. Specification limits over temperature (T_A = T_{MIN} to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization, not production tested.

Note 2: Guaranteed by design. Not production tested.

Typical Operating Characteristics

(V_{CC} = +3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

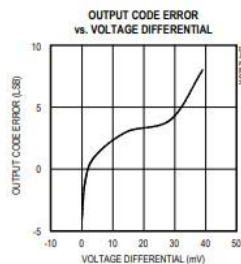
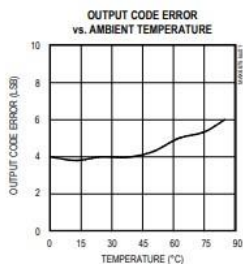


Ilustración 208 Datasheet Sensor Temperatura P3

Fuente: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX6675.pdf>

MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-
to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Pin Description

| PIN | NAME | FUNCTION |
|-----|-----------------|---|
| 1 | GND | Ground |
| 2 | T- | Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground externally. |
| 3 | T+ | Chromel Lead of Type-K Thermocouple |
| 4 | V _{CC} | Positive Supply. Bypass with a 0.1µF capacitor to GND. |
| 5 | SCK | Serial Clock Input |
| 6 | CS | Chip Select. Set CS low to enable the serial interface. |
| 7 | SO | Serial Data Output |
| 8 | N.C. | No Connection |

Detailed Description

The MAX6675 is a sophisticated thermocouple-to-digital converter with a built-in 12-bit analog-to-digital converter (ADC). The MAX6675 also contains cold-junction compensation sensing and correction, a digital controller, an SPI-compatible interface, and associated control logic.

The MAX6675 is designed to work in conjunction with an external microcontroller (µC) or other intelligence in thermostatic, process-control, or monitoring applications.

Temperature Conversion

The MAX6675 includes signal-conditioning hardware to convert the thermocouple's signal into a voltage compatible with the input channels of the ADC. The T+ and T- inputs connect to internal circuitry that reduces the introduction of noise errors from the thermocouple wires.

Before converting the thermoelectric voltages into equivalent temperature values, it is necessary to compensate for the difference between the thermocouple cold-junction side (MAX6675 ambient temperature) and a 0°C virtual reference. For a type-K thermocouple, the voltage changes by 41µV/°C, which approximates the thermocouple characteristic with the following linear equation:

$$V_{OUT} = (41\mu V / ^\circ C) 5 (T_R - T_{AMB})$$

Where:

V_{OUT} is the thermocouple output voltage (µV).

T_R is the temperature of the remote thermocouple junction (°C).

T_{AMB} is the ambient temperature (°C).

Cold-Junction Compensation

The function of the thermocouple is to sense a difference in temperature between two ends of the thermocouple wires. The thermocouple's hot junction can be read from 0°C to +1023.75°C. The cold end (ambient temperature of the board on which the MAX6675 is mounted) can only range from -20°C to +85°C. While the temperature at the cold end fluctuates, the MAX6675 continues to accurately sense the temperature difference at the opposite end.

The MAX6675 senses and corrects for the changes in the ambient temperature with cold-junction compensation. The device converts the ambient temperature reading into a voltage using a temperature-sensing diode. To make the actual thermocouple temperature measurement, the MAX6675 measures the voltage from the thermocouple's output and from the sensing diode. The device's internal circuitry passes the diode's voltage (sensing ambient temperature) and thermocouple voltage (sensing remote temperature minus ambient temperature) to the conversion function stored in the ADC to calculate the thermocouple's hot-junction temperature.

Optimal performance from the MAX6675 is achieved when the thermocouple cold junction and the MAX6675 are at the same temperature. Avoid placing heat-generating devices or components near the MAX6675 because this may produce cold-junction-related errors.

Digitization

The ADC adds the cold-junction diode measurement with the amplified thermocouple voltage and reads out the 12-bit result onto the SO pin. A sequence of all zeros means the thermocouple reading is 0°C. A sequence of all ones means the thermocouple reading is +1023.75°C.

Ilustración 209 Datasheet Sensor Temperatura P4

Fuente: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX6675.pdf>

MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-
to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Applications Information

Serial Interface

The *Typical Application Circuit* shows the MAX6675 interfaced with a microcontroller. In this example, the MAX6675 processes the reading from the thermocouple and transmits the data through a serial interface. Force \overline{CS} low and apply a clock signal at SCK to read the results at SO. Forcing \overline{CS} low immediately stops any conversion process. Initiate a new conversion process by forcing \overline{CS} high.

Force \overline{CS} low to output the first bit on the SO pin. A complete serial interface read requires 16 clock cycles. Read the 16 output bits on the falling edge of the clock. The first bit, D15, is a dummy sign bit and is always zero. Bits D14–D3 contain the converted temperature in the order of MSB to LSB. Bit D2 is normally low and goes high when the thermocouple input is open. D1 is low to provide a device ID for the MAX6675 and bit D0 is three-state.

Figure 1a is the serial interface protocol and Figure 1b shows the serial interface timing. Figure 2 is the SO output.

Open Thermocouple

Bit D2 is normally low and goes high if the thermocouple input is open. In order to allow the operation of the open thermocouple detector, T- must be grounded. Make the ground connection as close to the GND pin as possible.

Noise Considerations

The accuracy of the MAX6675 is susceptible to power-supply coupled noise. The effects of power-supply noise can be minimized by placing a 0.1 μ F ceramic bypass capacitor close to the supply pin of the device.

Thermal Considerations

Self-heating degrades the temperature measurement accuracy of the MAX6675 in some applications. The magnitude of the temperature errors depends on the thermal conductivity of the MAX6675 package, the

mounting technique, and the effects of airflow. Use a large ground plane to improve the temperature measurement accuracy of the MAX6675.

The accuracy of a thermocouple system can also be improved by following these precautions:

- Use the largest wire possible that does not shunt heat away from the measurement area.
- If small wire is required, use it only in the region of the measurement and use extension wire for the region with no temperature gradient.
- Avoid mechanical stress and vibration, which could strain the wires.
- When using long thermocouple wires, use a twisted-pair extension wire.
- Avoid steep temperature gradients.
- Try to use the thermocouple wire well within its temperature rating.
- Use the proper sheathing material in hostile environments to protect the thermocouple wire.
- Use extension wire only at low temperatures and only in regions of small gradients.
- Keep an event log and a continuous record of thermocouple resistance.

Reducing Effects of Pick-Up Noise

The input amplifier (A1) is a low-noise amplifier designed to enable high-precision input sensing. Keep the thermocouple and connecting wires away from electrical noise sources.

Chip Information

TRANSISTOR COUNT: 6720
PROCESS: BiCMOS

Ilustración 210 Datasheet Sensor Temperatura P5

Fuente: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX6675.pdf>

MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

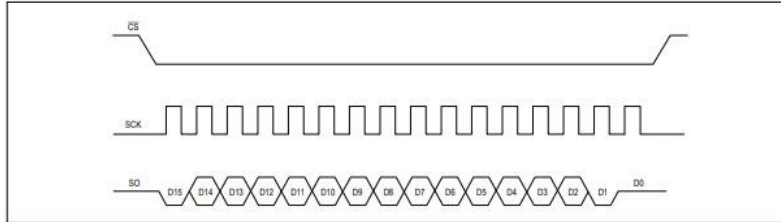


Figure 1a. Serial Interface Protocol

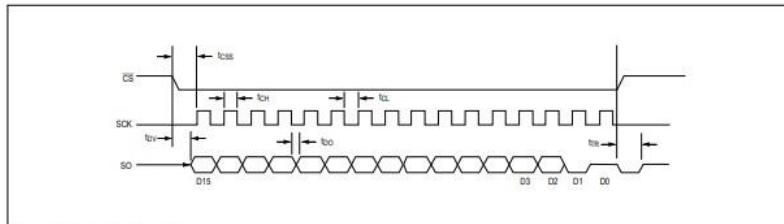


Figure 1b. Serial Interface Timing

| BIT | DUMMY SIGN BIT | 12-BIT TEMPERATURE READING | | | | | | | | | | | | THERMOCOUPLE INPUT | DEVICE ID | STATE |
|-----|----------------|----------------------------|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|-----|--------------------|-----------|-------------|
| Bit | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | 0 | MSB | | | | | | | | | | | LSB | | 0 | Three-state |

Figure 2. SO Output

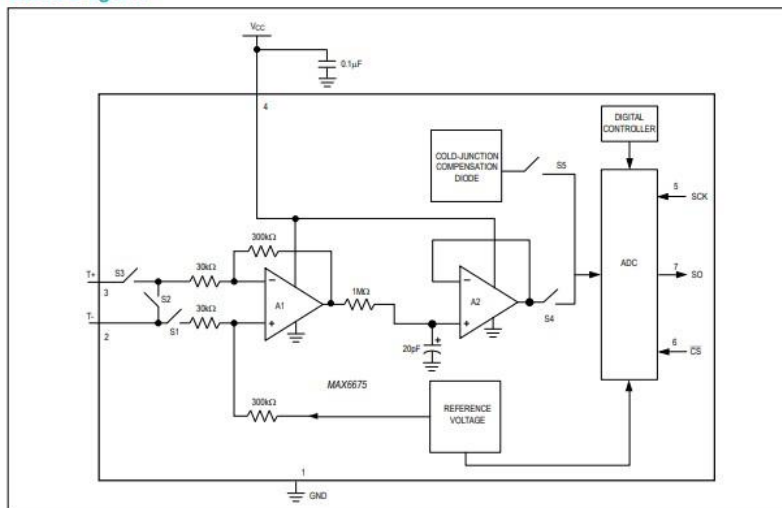
Ilustración 211 Datasheet Sensor Temperatura P6

Fuente: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX6675.pdf>

MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Block Diagram



Package Information

For the latest package outline information and land patterns (footprints), go to www.maximintegrated.com/packages. Note that a "+", "#", or "-" in the package code indicates RoHS status only. Package drawings may show a different suffix character, but the drawing pertains to the package regardless of RoHS status.

| PACKAGE TYPE | PACKAGE CODE | OUTLINE NO. | LAND PATTERN NO. |
|--------------|--------------|-------------|------------------|
| 8 SO | SB+2 | 21-0041 | 90-0096 |

Ilustración 212 Datasheet Sensor Temperatura P7

Fuente: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX6675.pdf>

MAX6675 Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Revision History

| REVISION NUMBER | REVISION DATE | DESCRIPTION | PAGES CHANGED |
|-----------------|---------------|------------------------------|---------------|
| 2 | 4/14 | Removed automotive reference | 1 |

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim Direct at 1-888-629-4642, or visit Maxim Integrated's website at www.maximintegrated.com.

Maxim Integrated cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim Integrated product. No circuit patent licenses are implied. Maxim Integrated reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time. The parametric values (min and max limits) shown in the Electrical Characteristics table are guaranteed. Other parametric values quoted in this data sheet are provided for guidance.

Maxim Integrated and the Maxim Integrated logo are trademarks of Maxim Integrated Products, Inc. © 2014 Maxim Integrated Products, Inc. | 8

Ilustración 213 Datasheet Sensor Temperatura P8

Fuente: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX6675.pdf>

Anexo 2.10. Datasheet sensor velocidad de viento



Sensor de velocidad de viento PCE-FST-200-201

Sensor de viento resistente para instalación fija / con recubrimiento en polvo / resistente a la intemperie, gracias a diferentes sellados

El sensor de velocidad de viento es un anemómetro, que mediante un sencillo montaje se puede acoplar a numerosos instrumentos de medición. El sensor de velocidad del viento inicia la medición a partir de los movimientos del viento más pequeños y transmite directamente esos valores de forma analógica. Gracias a su tipo de construcción, el sensor de velocidad de viento desafía cualquier fenómeno meteorológico. El sensor de velocidad de viento tiene una aleación de metal, que le protege contra la oxidación del aire, evitando así que se oxide. Las partes más sensibles del sensor de velocidad de viento están protegidas por sellados frente al agua y otras partículas, como por ejemplo, micropartículas de polvo. El sensor de velocidad de viento de la serie PCE-FST-200-201 es un anemómetro, que puede percibir hasta los movimientos más insignificantes del viento. Por eso también puede registrar movimientos inferiores a 0,5 m/s. El sensor de velocidad de viento se presenta en varias versiones, que se diferencian en función de la señal de salida. El sensor de velocidad de viento se presenta con una salida de 4... 20 mA y otra de 0... 10 VDC. Para más preguntas acerca del sensor de velocidad de viento, por favor consulte los siguientes datos técnicos o utilice nuestro [formulario de contacto](#) o llámenos: 902 044 604 para España, para Latinoamérica e internacional +34 967 543 695 o en el número +56 2 29382029 para Chile. Nuestros técnicos e ingenieros le asesorarán sobre el sensor de velocidad de viento, y por supuesto, sobre el resto de productos en el campo de los [sistemas de regulación y control](#), [equipos de laboratorios](#), [medidores](#) o de las [balanzas](#) de PCE Ibérica SL.



- Aleaciones metálicas
- Protección mediante varios sellados
- Montaje sencillo
- Gran resistencia
- Señal de salida analógica
- Medición desde velocidad del viento mínima

PCE Ibérica S.L. | Mayor 53 – Bajo | 02500 Tobarra (Albacete)
Tel: +34 967 543 548 | Fax: +34 967 543 542 | Email: info@pce-iberica.es
<http://www.pce-iberica.es/>

Ilustración 214 Datasheet Sensor Velocidad de Viento P1

Fuente: <https://www.pce-iberica.es/hoja-datos/hoja-datos-pce-fst-200-201.pdf>

Especificaciones técnicas del sensor de velocidad del viento PCE-FST-200-201

| | |
|--------------------------------|--|
| Señal de salida | 4 ... 20 mA (PCE-FST-200-201-I) 0 ... 10 V DC (PCE-FST-200-201-U) |
| Alimentación operativa | 12 ... 36 VDC |
| Rango de medición | 0,5 m/s ... 50 m/s |
| Medición a partir de | ≤ 0,5 m/s |
| Precisión | 10,5 m/s (<5 m/s) ±3 % de la escala (≥5 m/s) |
| Rango de temperatura operativa | -20 ... +85 °C a ≤95 % H. r. |
| Máx. velocidad del viento | 70 m/s a máx. 30 minutos |
| Conexión eléctrica | M12 |
| Tipo de protección | IP 65 |

Contenido del envío del sensor de velocidad del viento PCE-FST-200-201

1 x Sensor de velocidad del viento PCE-FST-200-201-I o 1 x Sensor de velocidad del viento PCE-FST-200-201-U, 1 x Manual de instrucciones

Aquí encuentra usted una visión general de [todos los medidores](#) que le ofrece PCE Instruments.



PCE Ibérica S.L. | Mayor 53 – Bajo | 02500 Tobarra (Albacete)
Tel: +34 967 543 548 | Fax: +34 967 543 542 | Email: info@pce-iberica.es
<http://www.pce-iberica.es/>

Ilustración 215 Datasheet Sensor Velocidad de Viento P2

Fuente: <https://www.pce-iberica.es/hoja-datos/hoja-datos-pce-fst-200-201.pdf>