



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**



**SISTEMA DE CONTROL BASADO EN IOT PARA MONITOREAR
EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA DE HOGARES EN
CHICLAYO**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

AUTORES:

**BACH. GILBERTO FERNANDO RIOS LLÚNCOR
BACH. YOVER CARRANZA DÍAZ**

ASESOR:

ING. SEGUNDO FRANCISCO SEGURA ALTAMIRANO

**LAMBAYEQUE-PERÚ
2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**



**SISTEMA DE CONTROL BASADO EN IOT PARA MONITOREAR EL
SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA DE HOGARES EN CHICLAYO**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

SUSTENTADA POR:

**BACH. GILBERTO FERNANDO RIOS LLÚNCOR
AUTOR**

**BACH. YOVER CARRANZA DÍAZ
AUTOR**

ASESORADO POR:

**ING. SEGUNDO FRANCISCO SEGURA ALTAMIRANO
ASESOR**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**



**SISTEMA DE CONTROL BASADO EN IOT PARA MONITOREAR
EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA DE HOGARES EN
CHICLAYO**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

APROBADO POR:

**Ing. CARLOS LEONARDO OBLITAS VERA
PRESIDENTE (A)**

**MSc. LUCIA ISABEL CHAMAN CABRERA
SECRETARIO (A)**

**M.Sc. OSCAR UCHELLY ROMERO CORTEZ
VOCAL**

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a:

Dios, por darme voluntad, fuerza e inspiración para enfrentar los retos de la vida y deseo que ilumine a los responsables de decisiones de la Universidad, para que tomen acción en resolver la problemática analizada en esta tesis.

Mis padres, quienes me han enseñado lo que es una vida consagrada al trabajo y llena de valores, por tenerlos a mi lado y tener la dicha de seguir aprendiendo de ellos.

Mis hermanos que con su apoyo y crítica constructiva me permiten conocer mis debilidades, ayudándome a esforzarme por ser cada día mejor.

Mi asesor el Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano por su orientación en el desarrollo de la presente tesis.

*Carranza Díaz Yover
Bachiller Ingeniería Electrónica
Lambayeque 2018*

El presente trabajo de tesis en primer lugar me gustaría agradecerte a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A mi familia, en especial a mi madre María y a mi tía Nilda porque siempre estuvieron pendientes de mi desarrollo como profesional y persona. Apoyándome en los momentos difíciles.

Al Ingeniero Segundo Francisco Segura Altamirano, asesor de tesis por la orientación y apoyo que me brindó para la realización de esta tesis, por su amistad que hizo posible aprender más que lo estudiado en el proyecto.

*Gilberto Fernando Ríos Lluncor
Bachiller Ingeniería Electrónica
Lambayeque 2018*

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres que con su amor, paciencia y ejemplo me guían en la senda del buen camino por el apoyo que ellos me dan para lograr mis objetivos.

A mis hermanos que de una u otra manera me llenan de felicidad e inspiración para ser cada día mejor.

Gracias por todo.

Carranza Diaz Yover

Bachiller Ingeniería Electrónica

Lambayeque 2018

A mi madre María. Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi tía Nilda. Por los ejemplos de perseverancia y constancia que la caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

Gilberto Fernando Rios Lluncor

Bachiller Ingeniería Electrónica

Lambayeque 2018

RESUMEN

En esta tesis se buscó solucionar las deficiencias de los sistemas tradicionales de bombeo que no cuentan con un sistema de monitoreo, lo ocasiona el desperdicio de agua potable y un malfuncionamiento de la bomba que afecta las actividades y calidad de vida de los usuarios.

Se realizó un análisis minucioso, del estado actual de los sistemas de bombeo tradicionales, mostrando con sustento fotográfico sus principales deficiencias y malas prácticas, apoyándonos en esto, se desarrolló una tarjeta de adquisición de datos y driver que nos permitirá reemplazar este sistema, además esta tarjeta permite conectarnos a computadoras de una sola tarjeta como las Raspberry Pi 3, en donde se programa las interfaces locales para control y monitoreo y las interfaces que permiten la publicación de valores y estados en Internet y también las notificaciones y alertas que correspondan que permiten el monitoreo remoto del sistema de bombeo.

Finalmente se diseñó un Sistema de Control basado en IoT para monitoreo del Sistema de bombeo de agua en hogares de Chiclayo y se implementó el software de control y monitoreo respectivo , usando IoT gracias a que se implementó de servicios de publicación en la nube gratuitos, que nos permiten monitorear el sistema desde cualquier parte del mundo, inclusive de teléfonos inteligentes, además que el nuevo sistema de control de bombeo se diseñó con la finalidad de salvaguardar los ya equipos utilizados, y con un monto accesible para los usuarios.

ABSTRACT

In this thesis sought to solve the deficiencies of traditional pumping systems that do not have a monitoring system, causing the waste of drinking water and a malfunctioning of the pump that affects the activities and quality of life of users.

A meticulous analysis of the current state of the traditional pumping systems was carried out, showing with photographic support its main deficiencies and bad practices, supporting us in this, we developed a data acquisition card and driver that will allow us to replace this system, in addition this card allows us to connect to computers of a single card as Raspberry Pi 3, where a local interface is programmed for control and monitoring and the interfaces that allow the publication of values and states in Internet.

Finally, a control system based on IoT was designed to monitor the water pumping system in homes in Chiclayo and implemented the control and monitoring software, using IoT thanks to the implementation of free cloud publishing services, which allow us to monitor the systems from anywhere in the world, including smart phones, and that the new pumping control system was designed to safeguard the equipment already used.

ÍNDICE

Agradecimientos	I
Dedicatoria	II
Resumen	III
Abstract	IV
1. Introducción	1
1.1. Descripción del Problema	1
1.2. Formulación del Problema	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos de la Investigación	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. Hipótesis	4
2. Análisis	5
2.1. Sistema de bombeo Actual	5
2.1.1. El Tanque Elevado	6
2.1.2. Electro bomba	8
2.1.3. Sensores de Nivel ON/OFF	10
2.2. Instalaciones de Bombeo Tradicional	12
3. Sistemas de Control, IoT y Sistemas Embebidos	14
3.1. Sistemas de control	14
3.1.1. ¿Qué es un sistema de control?	14
3.1.2. Elementos de un Sistema de Control	15
Sensores	15
Controladores	19
Actuadores	21
3.2. Internet de las Cosas - Internet of Things - IoT	26
3.2.1. Los Dominios de Aplicación Clave de IoT	26
3.3. Raspberry Pi	27
3.3.1. Tarjetas de extensión	28
Tarjeta ADC/DAC de alta Precisión	29
4. Sistema de Control y Monitoreo con IoT	30
4.1. Solución Propuesta	30
4.1.1. Módulo de Adquisición y Driver	32
Módulo de Adquisición	32
Driver	32
4.1.2. Tarjeta Principal	38

Pines de Conexiones de la tarjeta Principal	42
4.2. Tablero de Control	44
4.2.1. Conexiones Eléctricas	46
5. Simulación y Resultados	48
5.1. Desarrollo del Programa de Control Principal	48
5.1.1. Control de Nivel de Tanques y control de motor y válvula	49
5.1.2. Construcción de Interfaz local	52
5.1.3. IoT - Publicación y envío de mensajes	52
6. Conclusiones	56
7. Recomendaciones	57
Apéndice A. Costos del Proyecto	58
A.1. Estimación de Costos	58
A.1.1. Costos de Instrumentación	58
A.1.2. Costos de Ingeniería	58
A.1.3. Inversión	58
Apéndice B. Datasheet de Equipos	60
Bibliografía	72

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1. Población con Acceso a Agua Potable.	2
2.1.Sistema de bombeo Tradicional. Tomado de Folleto Publicitario de Hidrostral	6
2.2. Tanque de Rotoplas de 750 litros	8
2.3. Tanque de Eternit de 1100 y 600 litros	8
2.4. Uso de Tanques Elevados en Chiclayo	8
2.5. Uso de Tanques Elevados en Chiclayo	8
2.6. Electro bomba con succión negativa	9
2.7. Electro bomba con succión positiva	9
2.8. Tabla de Selección de bombas para tanque elevado	10
2.9. Electrobomba Instalada en Cisterna	10
2.10.Control de Nivel con Sensor de Nivel ON/OFF	11
2.11. Sensores de Nivel ON/OFF	12
2.12. Esquema de Conexionado de Sistemas de Bombeo Domestico.	
Elaboración Propia	13
3.1. Esquema General de Sistema de Control	15
3.2. Sensor de Presión MPXVGP y conexionado	16
3.3. Uso de Sensor de Presión como sensor de Nivel de Líquido	18
3.4. Raspberry Pi 3	28
3.5. Tarjetas de Expansión para Raspberry Pi	28
3.6. Tarjeta ADC/DAC para Raspberry Pi	29

ÍNDICE DE FIGURAS

4.1. Sistema de Bombeo y Modificaciones	31
4.2. Encapsulado del MPXV4006GP	33
4.3. Conexión recomendada para desacoplamiento de fuente y filtrado de salida	33
4.4. Circuito de Adquisición con el MPXV4006GP	34
4.5. Relé Q3F-1Z-12VDC	34
4.6. Transistor Q2N3904 case y terminales	35
4.7. Transistor BD135 case y terminales	36
4.8. Circuito Driver	37
4.9. Esquema del Circuito Driver Completo	38
4.10. Tarjeta Driver Construido: De frente	39
4.11. Tarjeta Driver Construido: Posterior	39
4.12. 02 Tarjetas Driver Construido	40
4.13. Conexión de Tarjeta Principal y módulo de adquisición de datos	41
4.14. Tarjeta Principal	41
4.15. Pines de conexión de Tarjeta Principal	42
4.16. Disposición de 'pines de conexión de Tarjeta Principal	43
4.17. Distribución de Elementos en el tablero	45
4.18. Elementos fijados en el tablero	45
4.19. Tablero en base de madera	45
4.20. Disposición de fuentes DC	47
4.21. Conexiones a las tarjetas del Tablero	47
5.1. Solución Diseñada	49
5.2. Diagrama de flujo del programa de control de nivel	50
5.3. Función en Python para el diagrama de flujo 5.2	51
5.4. Código que genera la interfaz gráfica	52
5.5. Interfaz gráfica	53
5.6. Configuración de dweet.io y publicación de variables	53
5.7. Consola construida en freeboard	54
5.8. Código para el envío de mensajes en la forma de correo electrónico	54
5.9. Correo enviado por alarma de falta de agua	55

ÍNDICE DE TABLAS

2.1. Dimensiones, Capacidad y Peso de Tanques Elevados Típicos. De Folletos de fabricantes	7
3.1. Especificaciones de Raspberry Pi 3	27
4.1. Características Operativas del MPXV4006GP	32
4.2. Características Operativas del transistor QN2N3904	35
4.3. Características Operativas del transistor BD135	36
4.4. Pruebas del Driver para diferentes valores de Carga	37
A.1. Costos de Instrumentación	59
A.2. Costos de Ingeniería	59
A.3. Inversión	59

1 Introducción

La educación científica de los jóvenes es al menos tan importante, quizá incluso más, que la propia investigación

Glenn Theodore Seaborg

En este capítulo, vamos a delimitar la investigación, para esto establecemos la pregunta de investigación, basado en la problemática encontrada, para lo cual hemos establecido una Hipótesis, junto con el objetivo general y los objetivos específicos, que intentaremos completar para demostrar nuestra tesis.

1.1 Descripción del Problema

Según la Organización Mundial de la Salud 1.1 Mil millones de personas no tiene acceso a agua de calidad, inclusive en el Perú en la Región Loreto, solo la mitad de la población cuenta con acceso a agua potable y en Lima el 8% de la población tampoco tiene acceso al agua potable.[Comercio, 2015].

Podemos ver en la figura 1.1 como es el acceso al agua potable en los principales departamentos de la región norte del Perú.

Esta falta de agua potable, inclusive en las ciudades más importantes, se ve incrementada por el desperdicio en su uso que hace la mayoría de la población, pues según la Organización.

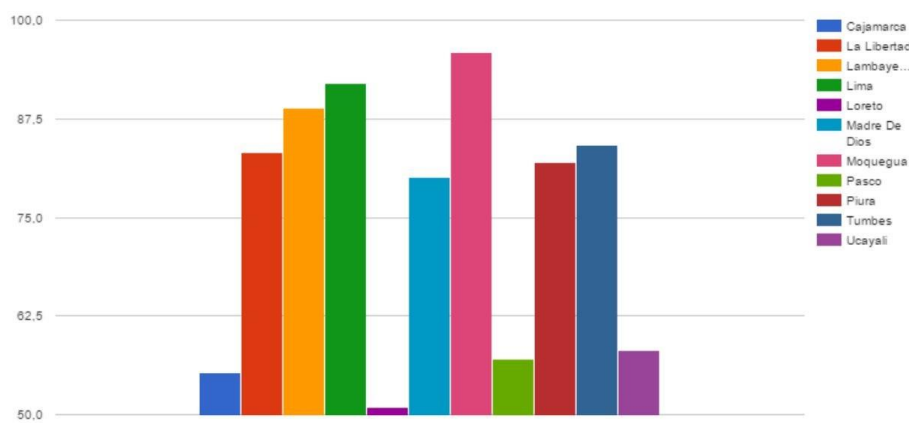


Figura 1.1 Poblacion con Acceso a Agua Potable. .

Mundial de la Salud (OMS) se requieren un mínimo de 25 litros de agua para cubrir las necesidades básicas. Sin embargo en los países desarrollados el consumo es mucho mayor. Por ejemplo, en los Estados Unidos el uso per cápita es diez veces mayor, es decir 262 litros promedio por día, mucho de los cuales se debe por un lado a una falta de cultura de cuidado del agua, así como a deficiencias de la infraestructura en las instalaciones domiciliaria y gestión por parte de las empresas servidoras.

En los hogares usualmente hay fugas que no son detectadas y el agua se desperdicia de manera constante. Este problema; en los hogares que cuentan con un sistema de tanques y bombas, es mayor pues ocasiona que la bomba de agua se active más veces de lo necesario lo que conlleva a un gasto adicional también de energía eléctrica. Al problema de las fuga hay que agregarle el deficiente sistema de control que solo se basa en un sistema de nivel ON/OFF que solo controla el mínimo y el máximo establecido y que al ser un sistema mecánico está expuesto a desgaste y mal funcionamiento que en la mayoría de las veces ocasiona el daño de la bomba y los usuarios detectan el problema cuando ya no tienen agua.

El problema que tenemos es la falta de monitoreo y las recurrentes fallas de control del sistema de bombeo de agua del hogar que ocasiona principalmente el desperdicio del agua potable, funcionamiento de la bomba en horarios que no hay consumo aparente de agua debido a las fugas y afecta las actividades y calidad de vida de los usuarios.

1.2 Formulación del Problema

¿Como el diseño de un sistema de control automático basado en IoT permitirá el monitoreo el sistema de bombeo de agua, disminuyendo el desperdicio de agua y las fallas del sistema de bombeo de agua?

1.3 Justificación

Como todos sabemos uno de los más grandes problemas actualmente es el uso racional de los recursos hídricos. Ya mostramos antes que estos son desperdiciados principalmente debido a una mala cultura de ahorro y también por una deficiente infraestructura tanto de la empresa prestadora como también de las instalaciones de los usuarios. Aquí no intentamos resolver educar a los usuarios con una cultura de ahorro si no más bien le damos la oportunidad de que asuma la responsabilidad en lo relativo a sus instalaciones con un sistema amigable y de fácil uso y por un costo inferior a sistemas comerciales.

En esta tesis tendremos la oportunidad de aplicar de los enfoque teóricos y prácticos que se manejan actualmente en cuanto al desarrollo de equipos de monitoreo doméstico.

Cabe destacar que estos sistemas de monitoreo doméstico permitirá también un ahorro significativo de energía eléctrica, además de disminuir los costos de mantenimiento pues permitirá detectar las fallas antes de que sucedan, dando la posibilidad de efectuar acciones preventivas o correctivas, desde cualquier lugar y con un menor impacto en el funcionamiento y en el costo del sistema.

En este sentido, la ejecución de la investigación permitirá aplicar los elementos teóricos de los sistemas de control automático, el desarrollo práctico de aplicaciones de monitoreo por Internet, mediante el modelo propuesto en este trabajo y que pretende generar soluciones específicas en este elemento fundamental como es el sistema de bombeo de agua en los hogares.

Un aporte de este trabajo, se encuentra en el hecho de que gracias a su ejecución, se abre las posibilidades de mejoramiento de los sistemas de bombeo de agua en los hogares con respecto a los utilizados ahora, permitiendo una mayor rapidez en la respuesta ante eventualidades y una mayor flexibilidad en el uso.

Finalmente, este trabajo es importante para los autores, puesto que nos servirá para poner en práctica los conocimientos adquiridos en el desarrollo de la carrera, en relación a los sistemas automáticos de control, así como también los nuevos conocimientos adquiridos respecto a Internet de las cosas y su aplicación práctica.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de control automático basado en Internet de las cosas para monitorear el sistema de bombeo de agua, y disminuir el desperdicio de agua y las fallas de sistema de bombeo de agua.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Estudiar las teorías de Control Automático y los elementos de un sistema de bombeo de Agua de hogares que nos permitan realizar una adecuado diagnóstico.
2. Analizar los diferentes sensores y actuadores remotos de un sistema de bombeo de agua de hogares y seleccionar los que permitan una lectura continua y una resistencia adecuada al ambiente de trabajo-
3. Diseño del sistema de control y de la aplicación de monitoreo remoto, con la capacidad de medidas continuas y analisis de las mismas.
4. Realizar pruebas de simulación del sistema para verificar su funcionamiento.

1.5 Hipótesis

Si se diseña e implementa un sistema de control automático basado en Internet de las cosas se podrá monitorear el sistema de bombeo de agua, disminuyendo el desperdicio de agua y las fallas de sistema de bombeo de agua.

2 Análisis

El agua y la tierra, los dos fluidos esenciales de los que depende la vida, se han convertido en latas globales de basura

Jacques-Yves Cousteau.

Acá evidenciamos que usualmente los sistemas de bombeo de agua en Chiclayo, tienen la misma estructura, es decir una cisterna en el primer piso un sensor on/off, una bomba centrífuga para impulsar al agua y un tanque de menor capacidad con otro sensor on/off para abastecer de agua al hogar. Es un sistema de control del que no se puede obtener información en tiempo real del nivel de los tanques, el estado de la bomba ni estadísticas de gasto de agua, ni del consumo eléctrico.

2.1 Sistema de bombeo Actual

Los sistemas de bombeo que más se encuentra en nuestra localidad son los que se conocen como sistemas de bombeo tradicional [Hidrostal., 2009] que consta de lo siguiente: Ver figura 2.1¹

1. Tanque Elevado

¹ Folleto Publicitario de Hidrostal

2. Electro bomba de gran caudal monofásico con potencias que pueden ser de 0.6HP, 0.8HP, 1.4HP, o 2.0HP de succión y descarga de 1". Opcionalmente existen motores trifásicos de 1.9HP. Estos sistemas requieren que el sellado de las tuberías sea completamente hermético y se evita el uso de codos, y más bien se usa curvas.
3. Una cisterna con una capacidad mayor que la del tanque elevado, ubicada a nivel de piso y que recibe el suministro de agua de la calle.
4. Un sistema de sensores de nivel on/off.

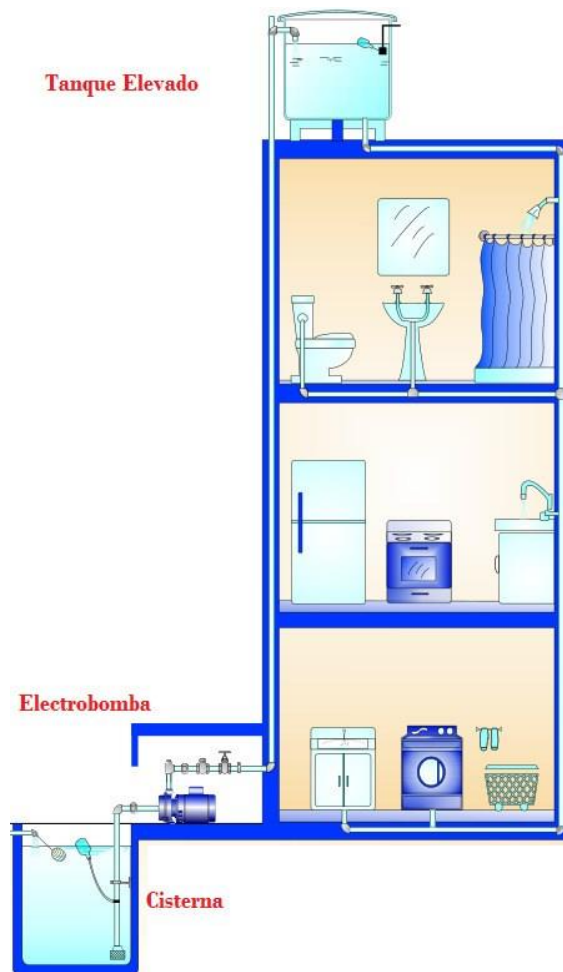


Figura 2.1 Sistema de bombeo Tradicional. Tomado de Folleto Publicitario de Hidrostal.

2.1.1 El Tanque Elevado

En general los tanques de agua son un elemento esencial en una red de abastecimiento de agua potable, pues compensan las variaciones horarias de la demanda de agua potable.

Esto es debido a que el consumo de agua en un hogar no es uniforme a lo largo del día, mientras que el suministro de agua de la calle es constante durante el día y con ligero aumento en la noche.

El tanque de agua que ahora detallamos son de uso privado pues se encuentran en el interior de la vivienda y es usado exclusivamente para los moradores de esta.

En particular el tanque elevado tiene la función de asegurar en la red de la vivienda la presión de agua adecuada en los periodos de pico de consumo.

Actualmente los tanques elevados preferidos son de materiales de fibra de vidrio, existiendo muchos fabricantes que en promedio ofrecen productos similares como podemos ver en la tabla 2.1 de capacidades y dimensiones de dos fabricantes de nuestro medio.

Tabla 2.1 Dimensiones, Capacidad y Peso de Tanques Elevados Típicos. De Folletos de fabricantes.

Eternit			
Capacidad (litros)	Altura (mm)	Diametro (mm)	Peso (Kg aprox)
350	1052	716	9.61
600	1110	969	14.00
1100	1420	1082	20.18
2500	1620	1520	35.76
Rotoplas			
Capacidad (litros)	Altura (mm)	Diametro (mm)	Peso (Kg aprox)
250	780	700	8.00
750	1050	1110	15.00
1100	1430	1100	19.50
2500	1650	1550	37.00

En las figuras 2.2 y 2.3 se observa estos tipos de tanque elevados que ofrecen estos fabricantes.

Adicionalmente se muestran en las figuras 2.4 y 2.5, como estos tipos de tanques; y sistemas de bombeo, se utilizan masiva mente en nuestra ciudad.

2.1.2 Electro bomba

Las electro bombas que más se ha encontrado en el abastecimiento de agua potable con las bombas centrífugas horizontales las cuales describiremos brevemente.



Figura 2.2 Tanque de Rotoplas de 750 litros.



Figura 2.3 Tanque de Eternit de 1100 y 600 litros.



Figura 2.4 Uso de Tanques Elevados en Chiclayo.

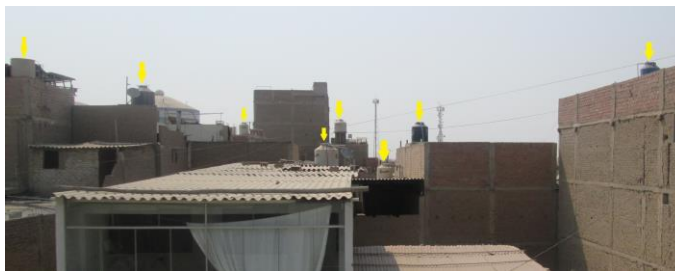


Figura 2.5 Uso de Tanques Elevados en Chiclayo.

Esto son equipos que tienen el eje de transmisión de la bomba en forma horizontal. Tienen la ventaja de poder ser instaladas en lugar distinto de la fuente de abastecimiento, lo cual posibilita su ubicación en lugares secos, libre de inundaciones, ventilados, de fácil acceso, etc.

Se clasifican según la posición del eje de la bomba con respecto al nivel de agua en la cisterna de bombeo. Así tenemos las bombas de succión positiva, cuando la posición de eje esta debajo de la superficie de agua y en el caso de bombas de succión negativa la posición del eje esta encima del nivel de agua. (Ver figuras 2.6 y 2.7)

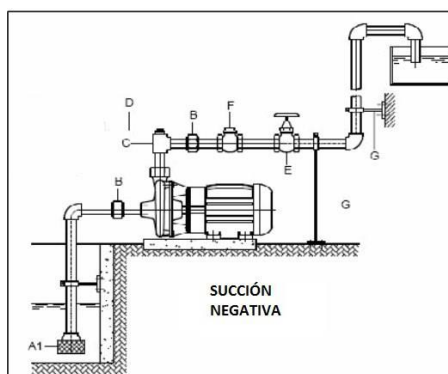


Figura 2.6 Electro bomba con succión negativa.

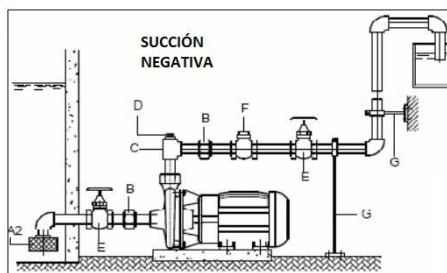


Figura 2.7 Electro bomba con succión positiva.

Se ha encontrado hasta dos tipos de bombas centrífugas horizontales, una de ellas requiere que el sellado de la tubería de succión sea completamente hermético mientras

que la otra tiene cualidades autocebantes, es decir, puede bombear agua incluso con una ligera filtración en la tubería de succión.

A pesar que la selección del equipo depende del número de pisos de la vivienda, así como del tipo de accesorios que se utilizan como lavaderos, duchas, etc. Los fabricantes proporcionan una tabla que puede orientar respecto a la potencia de la bomba a adquirir en función del número de pisos de la vivienda. (Ver figura 2.8)

MODELO	A1E			A1C		
VIVIENDA Nº PISOS	POTENCIA (HP)			POTENCIA (HP)		
	0.6	0.8	1.4	0.6	0.8	1.4
1						
2						
3						
4						
5						
6						
DESCARGA DE LA BOMBA	$\phi 1''$			$\phi 1''$		

Figura 2.8 Tabla de Selección de bombas para tanque elevado.

En la figura 2.9 se observa una electrobomba instalada en un sistema típico.



Figura 2.9 Electrobomba Instalada en Cisterna.

2.1.3 Sensores de Nivel ON/OFF

Estos sensores constan de dos pesos muertos unidos a un switch mediante una cuerda, de tal manera que la distancia entre ellos es graduable para de esta manera establecer los niveles mínimos o máximos, tanto en la cisterna o en el tanque elevado, ver figura 2.11a

En una instalación correcta estos sensores deberían estar manejando un contactor que finalmente es el que activa la electro bomba, pero encontramos que en la mayoría de las instalaciones este switch es que activa directamente la electro bomba, ocasionando un deterioro que ocasiona fallas lo que obliga el reemplazo constante de esta pieza. Ver figuras 2.11b, 2.11d



Figura 2.10 Control de Nivel con Sensor de Nivel ON/OFF.



(a) Sensor en Tanque Elevado.



(b) Deterioro de Sensor.



(c) Pesos Muertos de Sensor.



(d) Sensor en Cisterna.

Figura 2.11 Sensores de Nivel ON/OFF.

2.2 Instalaciones de Bombeo Tradicional

Ya en la figura 2.1 se muestra un esquema de los sistemas de bombeo tradicional, en la figura 2.12 se muestra el conexionado eléctrico mayormente encontrado. El gran problema en este tipo de conexión es que los interruptores de los sensores de nivel ON/OFF son los que conducen la corriente necesaria para la electro bomba, cuando lo recomendado es la instalación de un contactor que sería el circuito de fuerza y estos interruptores serían parte del circuito de mando como es la forma correcta para los automatismos eléctricos. Adicionalmente, posiblemente lo más importante, es que este sistema no tiene ningún sistema de alarmas de mal funcionamiento global y/o algún tipo de sistema o sensor que indique algún mal funcionamiento de algunas de las partes que lo componen.

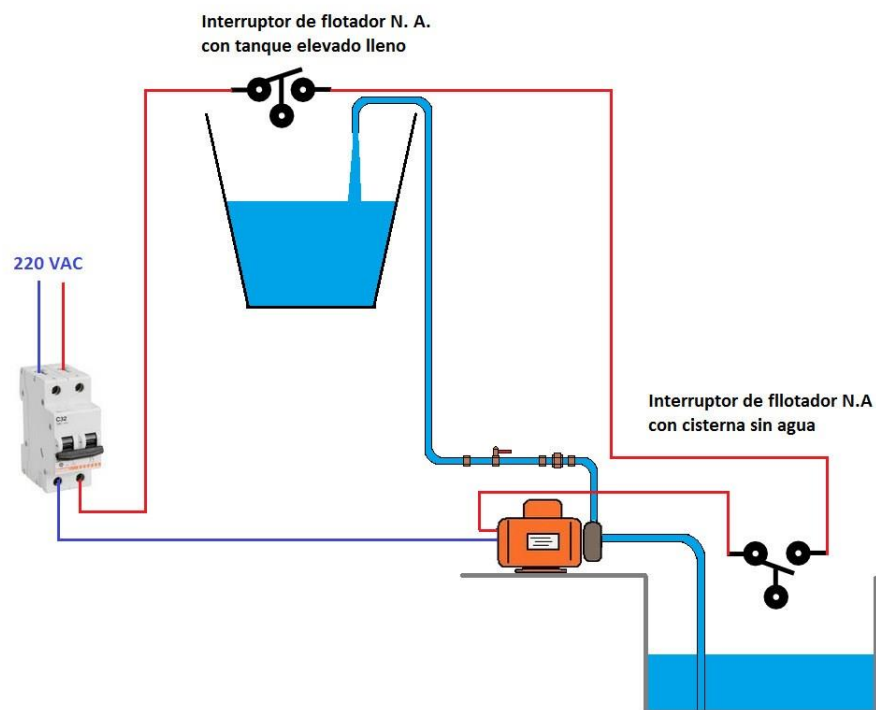


Figura 2.12 Esquema de Conexionado de Sistemas de Bombeo Domestico. Elaboración Propia.

3 Sistemas de Control, IoT y Sistemas Embebidos

Los modelos matemáticos pueden adoptar muchas formas distintas. Dependiendo del sistema del que se trate y de las circunstancias específicas, un modelo matemático puede ser más conveniente que otros. (...) Una vez obtenido un modelo matemático de un sistema, se usan diversos recursos analíticos, así como computadoras, para estudiarlo y sintetizarlo.

Katsuhiko Ogata

3.1 Sistemas de control

3.1.1 ¿Que es un sistema de control?

Un sistema es un ente que recibe acciones externas o variables de entrada, y cuya respuesta a estas acciones son las denominadas variables de salida [Benjamín, 2015].(Ver figura 3.1)

Las acciones externas al sistema se clasifican en dos grupos, variables de control, que son aquellas que se pueden manipular, y las perturbaciones sobre las que no es posible ningún tipo de control.[Ogata, 2003]

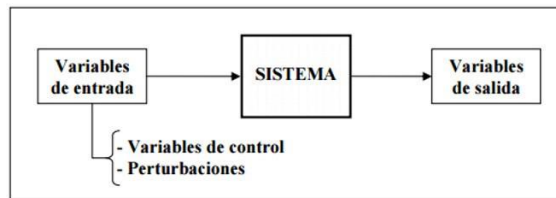


Figura 3.1 Esquema General de Sistema de Control.

Cuando hablamos de sistema de control nos referimos al sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema.

La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida.

Un sistema de control debe conseguir su objetivo cumpliendo algunos requisitos:

1. Garantizar estabilidad, y no dejar que las perturbaciones influyan en el accionamiento.
2. Ser eficiente, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable.
3. Ser de fácil implementación, además de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

3.1.2 Elementos de un Sistema de Control

Sensores

Los sensores y los transmisores permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.

El sensor se produce un fenómeno mecánico, eléctrico o similar, el cual se relaciona con la variable de proceso que se mide.

El transmisor convierte este fenómeno en una señal que se puede transmitir y por lo tanto, ésta tiene relación con la variable de proceso. La finalidad del transmisor es convertir la salida de un sensor en una señal lo suficientemente intensa como para que se pueda transmitir a un controlador o cualquier otro dispositivo receptor.

1. Sensores de presión

Son elementos que transforman la magnitud física de presión o fuerza por unidad de superficie en otra magnitud eléctrica que será la que emplearemos en los equipos de automatización o adquisición estándar. b. Sensores de flujo Son los dispositivos que instalados en las tuberías son capaces de determinar si hay circulación de un gas o fluido, es decir, estos sensores nos indican la ausencia o presencia de fluido, mas no miden el caudal.

Acá mencionamos específicamente los sensores de presión de *Freescale Semiconductor* las serie MPX[Fu, 2011], que usan transductores piezoelectricos, que es el estado del arte de sensores monolíticos diseñados para el electrodomésticos, cuidado de salud y el mercado industrial, ademas de ser ideales para sistemas basados en Microcontroladores o Microprocesadores y puede ser aplicado a mediciones de nivel de líquidos. En la figura 3.2 se observa el *MPXV4006GP*, cuya característica importante es que no requiere el uso de amplificadores, pues su salida a escala completa es de 4.826V, con un rango de presión de hasta 6.0KPa y una sensibilidad de 766mv/kPa.

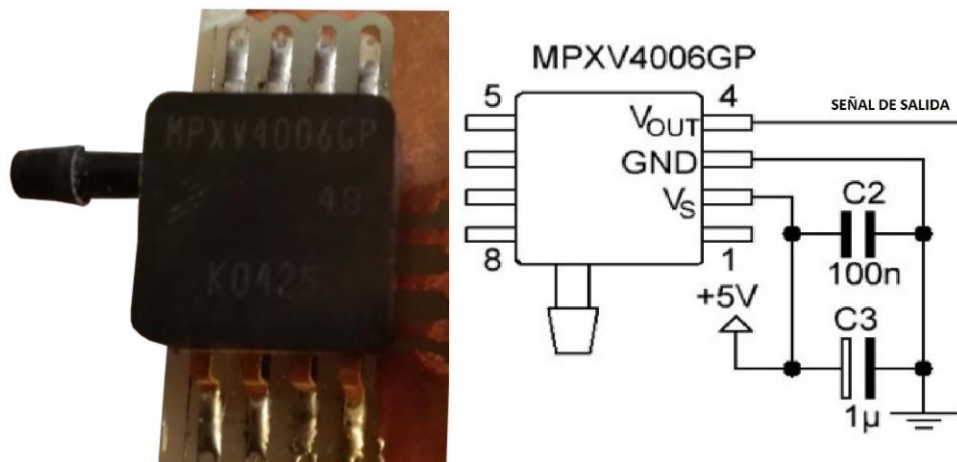


Figura 3.2 Sensor de Presión MPXVGP y conexionado.

2. Sensores de nivel

Los tres medidores de nivel más importantes son el diferencial de presión, el de flotador y el de burbujeo.

El método de diferencial de presión consiste en detectar la diferencia de presión entre la presión en el fondo del líquido y en la parte superior del líquido, la cual es ocasionada por el peso que origina el nivel del líquido.

El extremo con que se detecta la presión en el fondo del líquido se conoce como extremo de alta presión, y el que se utiliza para detectar en la parte superior del líquido, como extremo de baja presión.

Con el Sensor de Flotador se detecta el cambio en la fuerza de empuje sobre un cuerpo sumergido en el líquido. La fuerza que se requiere para mantener el flotador en su lugar es proporcional al nivel del líquido y se convierte en una señal en el transmisor.

El Sensor de Burbujeo es otro tipo de sensor de presión hidrostática, y consiste, en un tubo con gas inerte que se sumerge en el líquido; el aire o gas inerte que fluye a través del tubo se regula para producir una corriente continua de burbujas, y la presión que se requiere para producir esta corriente continua es una medida de la presión hidrostática o nivel de líquido.

Como mencionamos en el ítem anterior, respecto a los sensores de presión de *Freescale Semiconductor*, esto se pueden usar como sensores de nivel de líquidos si se disponen como se muestra en la figura 3.3 [Hamelain, 2005].

También en [Hamelain, 2005] también realiza una comparación entre diferentes tecnologías de sensores de nivel de líquidos, donde podemos observar que los sensores de silicio, tienen las ventajas de ser de bajo costo, buena resolución, tamaño pequeño y un rango amplio de medidas, como desventajas es la necesidad de dispositivos electrónicos y energía para su funcionamiento.

3. Sensores de temperatura

La temperatura, es la variable que con mayor frecuencia se mide en la industria de proceso; una razón simple es que casi todos los fenómenos físicos se ven afectados por ésta.

Para elegir el sensor de temperatura adecuado se debe tener en cuenta los siguientes factores:

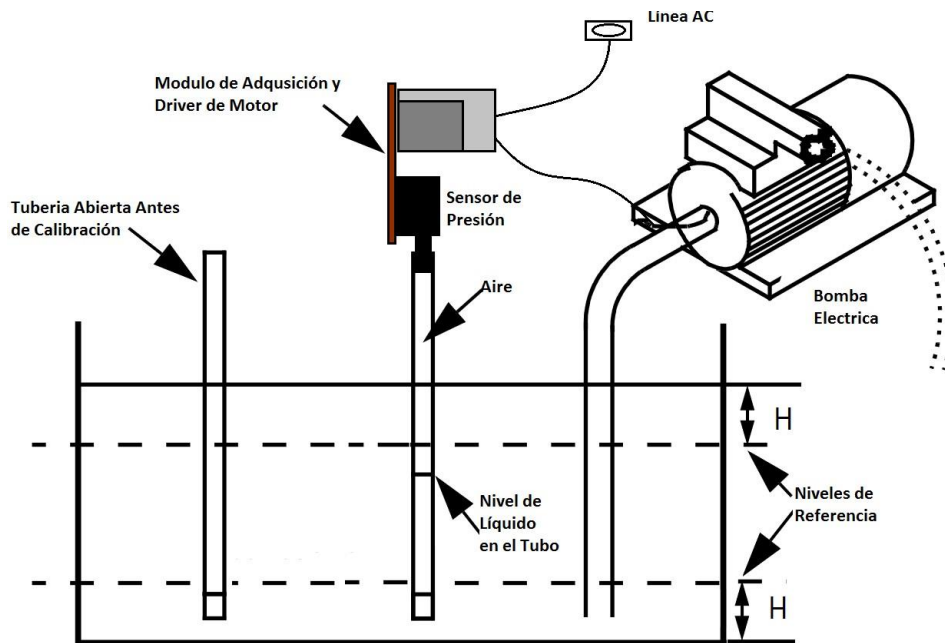


Figura 3.3 Uso de Sensor de Presión como sensor de Nivel de Líquido.

- Temperatura máxima.
- Rango de temperatura a medir.
- Exactitud.
- Velocidad de respuesta.
- Costo
- Requerimiento de mantenimiento.

Controladores

Es el que calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia, previamente utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta.

1. Controladores analógicos:

Una señal analógica es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representada por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo, representando un dato de información en función del tiempo. Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad, tensión o potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión, térmicas como la temperatura y mecánicas.

Entre los controladores analógicos tenemos a los contactares, que son interruptores con accionamiento electromagnético. Al excitar la bobina a través, de los terminales en el circuito de mando se genera un campo magnético en el núcleo, que atrae la armadura retenida por resortes. En consecuencia se cierran los contactos abiertos en reposo y se abren los cerrados en reposo.

Otro tipo de controlador analógico es el relé térmico de protección que se destinan a controlar el calentamiento de los arrollamientos de los motores y a provocar la apertura automática del contactor cuando se alcanza un calentamiento límite.

2. Controladores Digitales:

Son instalaciones que se componen de una entrada de sensor, un indicador digital y una salida de regulación. Existen controladores digitales para diferentes trabajos de medición y regulación.

a) Microcontrolador Un microcontrolador es un circuito integrado que en su interior contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada y salida y periféricos.

Estas partes están interconectadas dentro del microcontrolador, y en conjunto forman lo que se le conoce como microcomputadora. Se puede decir con toda propiedad que un microcontrolador es una microcomputadora completa encapsulada en un circuito integrado.

El propósito fundamental de los microcontroladores es el de leer y ejecutar los programas que el usuario le escribe, es por esto que la programación es una actividad básica e indispensable cuando se diseñan circuitos y sistemas que los incluyan.

b) Controlador Lógico Programable: Es un dispositivo electrónico de control de procesos y se basa en una lógica, definida a través de un programa de computación.

Para poder explicar el funcionamiento de un PLC es necesario definir primeramente las partes:

- Interfaces de entradas y salidas
- CPU (Unidad Central de Proceso)
- Memoria
- Dispositivos de Programación

Al PLC se le ingresa el programa a través del dispositivo adecuado (un cargador de programa o PC) y éste es almacenado en la memoria de la CPU lo que constituye el programa que va a ejecutar el controlador durante su funcionamiento.

La CPU, constituye el "cerebro" del PLC, procesa la información que recibe del exterior proveniente de los distintos sensores a través de la interfaz de entrada y de acuerdo con el programa, emite una salida a través de la interfaz de salida con la que se logra actuar sobre el proceso.

En los módulos de entrada pueden ser conectados distintos dispositivos externos tales como:

- Sensores inductivos, capacitivos, ópticos
- Interruptores
- Pulsadores
- Llaves
- Finales de carrera
- Detectores de proximidad

En los módulos de salida pueden ser conectados dispositivos externos para actúan directamente en el proceso tales como:

- Contactores
- Electroválvulas
- Variadores de velocidad

La CPU funciona cíclicamente ejecutando el programa, al comenzar el ciclo, la CPU lee el estado de las señales de entrada, seguido ejecuta el programa a continuación la CPU ejecuta tareas internas de diagnóstico y comunicación, ya al final del ciclo se actualizan las señales de salidas con las que se actúa sobre el proceso. El tiempo del ciclo depende del tamaño y complejidad del programa del programa, del número de entradas y salidas y de la cantidad de comunicación requerida.

c) Computadoras:

La función de la computadora consiste en tratar la información que se le suministra y provee los resultados requeridos.

Actuadores

Es el encargado de ejecutar la acción calculada por el controlador y modificar las variables de control.

Proporciona fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión

hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina “neumático”, “hidráulico” o “eléctrico”.

1. Actuador Neumático

En este tipo de actuador la fuente de energía es aire a presión entre 5 y 10 bar. Existen dos tipos:

a) Cilíndricos Neumáticos En este tipo de actuador el desplazamiento se consigue como la consecuencia de la diferencia de presión en ambos lados del cilindro sobre un embolo, existen dos clases:

I. Efecto Simple

En este tipo el embolo se desplaza en un sentido como resultado del empuje ejercido por el aire a presión, mientras que en el otro sentido se desplaza como consecuencia del efecto de un muelle.

II. Doble Efecto

El aire a presión es el encargado de empujar al embolo en las dos direcciones, al poder ser Introducido de forma arbitraria en cualquiera de las dos cámaras.

b) Motores Neumáticos (de aletas rotativas o de pistones axiales)

Se consigue el movimiento de rotación de un eje mediante el aire a presión.

I. Motores de aletas rotativas

Al entrar aire a presión en uno de los compartimientos formados por dos aletas la carcasa, tienden a girar hacia un sentido.

II. Motores de pistones axiales

Tienen un eje de giro solidario a un tambor que se obliga a girar por las fuerzas que ejercen varios cilindros, que se apoyan sobre un plano inclinado.

Ventajas.

- Baratos
- Rápidos
- Sencillos
- Robustos Desventajas.
- Dificulta de control continuo
- Instalación especial (compresor , filtros)
- Ruidoso

c) Actuador Hidráulico

En este tipo de actuador su fuente de energía es aceites minerales a una presión comprendida entre los 50 y 100 bares.

Características:

- La precisión obtenida es mayor que la de los actuadores neumáticos.
- Permiten desarrollar elevadas fuerzas y pares.
- Estabilidad frente a cargas estáticas.
- Elevada capacidad de carga y relación potencia peso
- Autolubricación y robustez Ventajas:
- Rápidos
- Alta relación potencia peso.
- Autolubricantes.
- Alta capacidad de carga.
- Estabilidad frente a cargas estáticas Desventajas:
- Díficil mantenimiento
- Instalación especial(filtros, eliminación aire)
- Frecuentes fugas

- costosos

d) Actuador Eléctrico

Este tipo de actuador presenta gran control sencillez y precisión, por tanto son los más utilizados en los robots industriales actuales. Existen tres tipos:

I. Motores de corriente continua DC

Posee un codificador de posición (encoder) que facilita su control, se encuentra constituido por devanados internos, el inductor e inducido.

Inductor:

Está situado en el estator y crea un campo magnético de dirección fija.

Inducido:

Situado en el rotor hace girar al mismo, debido a la fuerza de Lorentz, como combinación de la corriente circulante por el campo magnético de excitación.

II. Motores paso a paso

En estos motores, la señal de control son trenes de impulsos que van actuando rotativamente sobre una serie de electroimanes dispuestos en el extractor, por cada pulso recibido, el rotor del motor gira un determinado número discreto de grados.

Para conseguir el giro del motor en un determinado número de grados, las bobinas del estator deben ser excitadas a una frecuencia que determina la velocidad de giro. Se dividen en:

- Imanes permanentes.

El rotor posee una polarización magnética constante, gira para orientar sus polos de acuerdo al campo magnético creado por las fases del estator.

- Reluctancia variable

El rotor está formado por un material ferro-magnético que tiende a orientarse de modo que facilite el camino de las líneas de fuerza del campo magnético generada por las bobinas del estator.

III. Motores De Corriente Alterna

Las mejoras que se han introducido hacen que se presenten como un gran competidor de los motores de DC, esto se debe principalmente a su Construcción de rotores síncronos sin escobillas, su Uso de convertidores estáticos y su Empleo de la microelectrónica Se dividen:

- **Motores Síncronos**

La velocidad de giro depende únicamente de la frecuencia de la tensión que alimenta el inducido, para poder variar esta con precisión, el control de velocidad se realiza mediante un convertidor de frecuencia.

- **Motores Asíncronos**

La rotación del eje está sincronizada con la frecuencia de la corriente de alimentación; el período de rotación es exactamente igual a un número entero de ciclos de CA. Su velocidad de giro es constante y depende de la frecuencia de la tensión de la red eléctrica a la que esté conectada y por el número de pares de polos del motor, siendo conocida esa velocidad como “velocidad de sincronismo”. Ventajas:

- Precisos
- Fiables
- Fácil control
- Sencilla instalación
- silenciosos Desventajas:
- Potencia limitada

3.2 Internet de las Cosas - Internet of Things - IoT

En términos generales, IoT se refiere a la interconexión en red de objetos cotidianos, que a menudo están equipados con inteligencia ubicua. IoT aumentará la ubicuidad de Internet integrando cada objeto para la interacción a través de sistemas embebidos, lo que conduce a una red de dispositivos altamente distribuida, que se comunican con humanos y otros dispositivos.[Xia et al., 2012]

Gracias a los rápidos avances en la tecnología subyacente; como la interconexión, la potencias de las pequeñas computadoras, etc; IoT está abriendo grandes oportunidades para nuevas aplicaciones que de hecho mejoraran la calidad de vida de todas las personas.

La conexión de objetos físicos (*physical things*) a Internet hace posible a acceso remoto a datos de sensores y al control del mundo físico a distancia. La mezcla de datos capturados con datos recuperados de otras fuentes, por ejemplo, con datos que están contenidos en la web, da lugar a nuevos servicios sinérgicos que van más allá de los servicios que pueden ser proporcionados por un sistema embebido aislado.[Kopetz, 2011] IoT conduce a una computación más inteligente, pues la era que se vivimos es la era del conocimiento, la que estará apoyada por la computación, comunicación, percepción y actuación que está en todas partes. IoT ofrece entornos más inteligentes, puesto que los artículos físicos y concretos y muebles se verán fortalecidos con la computación y componentes habilitados para la comunicación [Anupama C. Raman, 2017]

3.2.1 Los Dominios de Aplicación Clave de IoT

- Nuevas posibilidades de negocio: IoT ayudara a las empresas a crear nuevos flujos de valor para los clientes, acelerando el mercado y respondiendo rápidamente las necesidades de los clientes.
- Tendiendo a la era del Conocimiento como servicio (Insights as a service (IaaS)): Con la cantidad de datos de IoT, la estabilidad y madurez de los productos y plataformas de análisis de datos de IoT, el nuevo modelo de servicio IaaS esta destinado a florecer. Los datos de IoT se convierten en un activo estratégico para cualquier organización.

- Nuevas Oportunidades de Ingreso: El IOT puede ayudar a las empresas a garantizar servicios adicionales en la parte superior De líneas de negocio tradicionales. Nuevas vías de mercado se abrirán con el fin de aumentar los ingresos de la empresa.
- La automatización en su apogeo: Con cada cosa tangible en un ambiente de la empresa que consigue potenciado y conectado, habrá una nueva ola de automatización convincente

3.3 Raspberry Pi

La Raspberry Pi, es una minicomputadora diseñada por Eben Upton como herramienta de enseñanza de programación para los colegios de bajo costo. En la tabla 3.1, se detallan las especificaciones de la Raspberry Pi 3, que es la tercera generación.

Tabla 3.1 Especificaciones de Raspberry Pi 3.

Raspberry Pi 3
1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53
802.11 bgn Wireless LAN and Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE)
1GB RAM
64 Bit CPU
4 x USB ports
4 pole Stereo output and Composite video port
Full size HDMI
10/100 BaseT Ethernet socketbr
Micro SD port for loading your operating system and storing data 40pin
extended GPIO to enhance your “real world” projects.



Figura 3.4 Raspberry Pi 3.

Raspberry Pi es efectivamente una computadora que soporta sistemas operativos modernos, conectarse con un teclado, un mouse, comunicarse con Internet, conectarse con un monitor de alta resolución [McEwen and Cassimally, 2013].(Ver figura 3.4).

3.3.1 Tarjetas de extensión

Debido a que la Raspberry Pi puede ser útil como una computadora de propósito general, se ha desarrollado varias tarjetas de expansión, tales como extensiones de puerto USB.

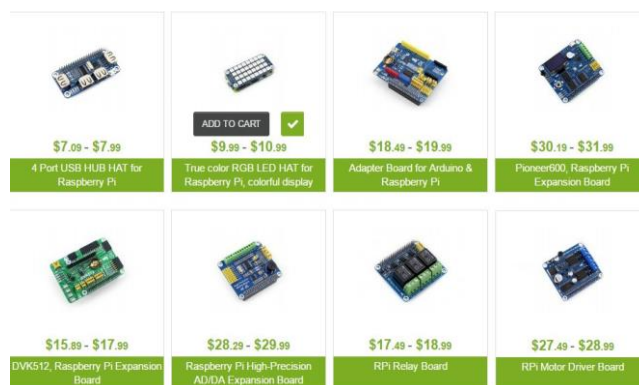


Figura 3.5 Tarjetas de Expansión para Raspberry Pi.

Tarjetas ADC/DAC de alta precisión, tarjetas de control de motores. (Ver figura 3.5)

Tarjeta ADC/DAC de alta Precisión

Debido a que no existe funciones ADC/DAC en la Raspberry Pi, esta tarjeta permite adquisición de señales de alta precisión. Esta tarjeta cuenta con el ADS1256, con 8 canales de 24 bits y 30Ksps y el DAC8532 un convertido digital de de alta precisión de 16 bits.(Ver figura 3.6)

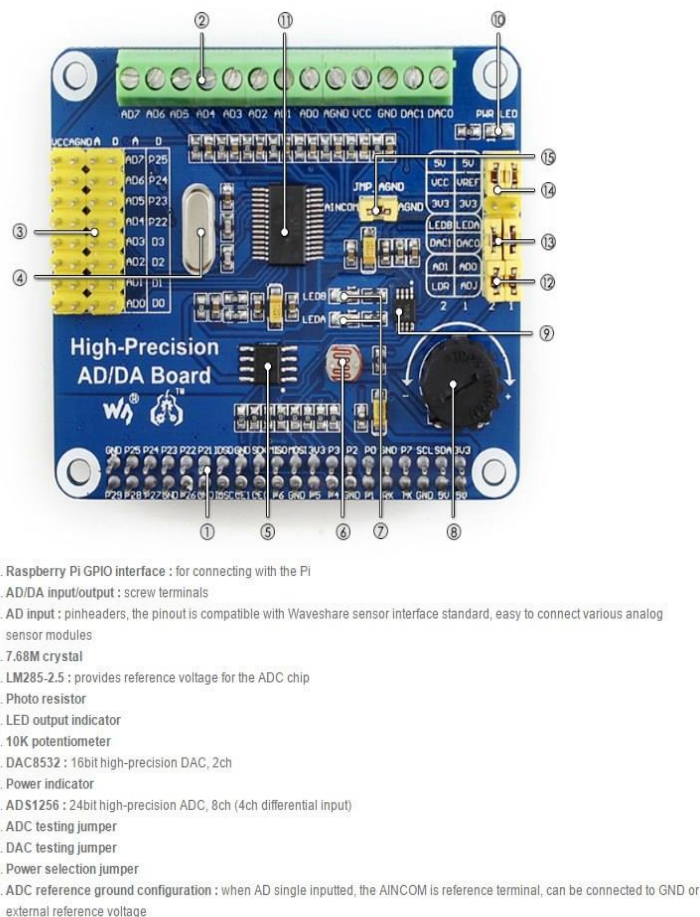


Figura 3.6 Tarjeta ADC/DAC para Raspberry Pi.

4 Sistema de Control y Monitoreo con IoT

*No fracasar de vez en cuando es una señal que no
estas haciendo nada innovador*

Woody Allen

4.1 Solución Propuesta

Con la intención de diseñar el sistema de control y de la aplicación de monitoreo se considera realizar las modificaciones y/o reemplazos al sistemas de bombeo tradicional, las cuales se harán en donde se indica en la figura 4.1

Los Módulos de Adquisición y Driver de Electrovalvula/Motor, son tarjetas que cuentan con un sensor de nivel basado en lo sensores de presión MPXV de *freescale Semiconductor* y un relé que permite manejar cargas de hasta 10A a 220VAC, los cuales son apropiados para manejar los contactos auxiliares de los Contactores que finalmente activaran o desactivaran a la electrobomba o manejar directamente una electrovalvula para cortar o permitir el paso del agua.

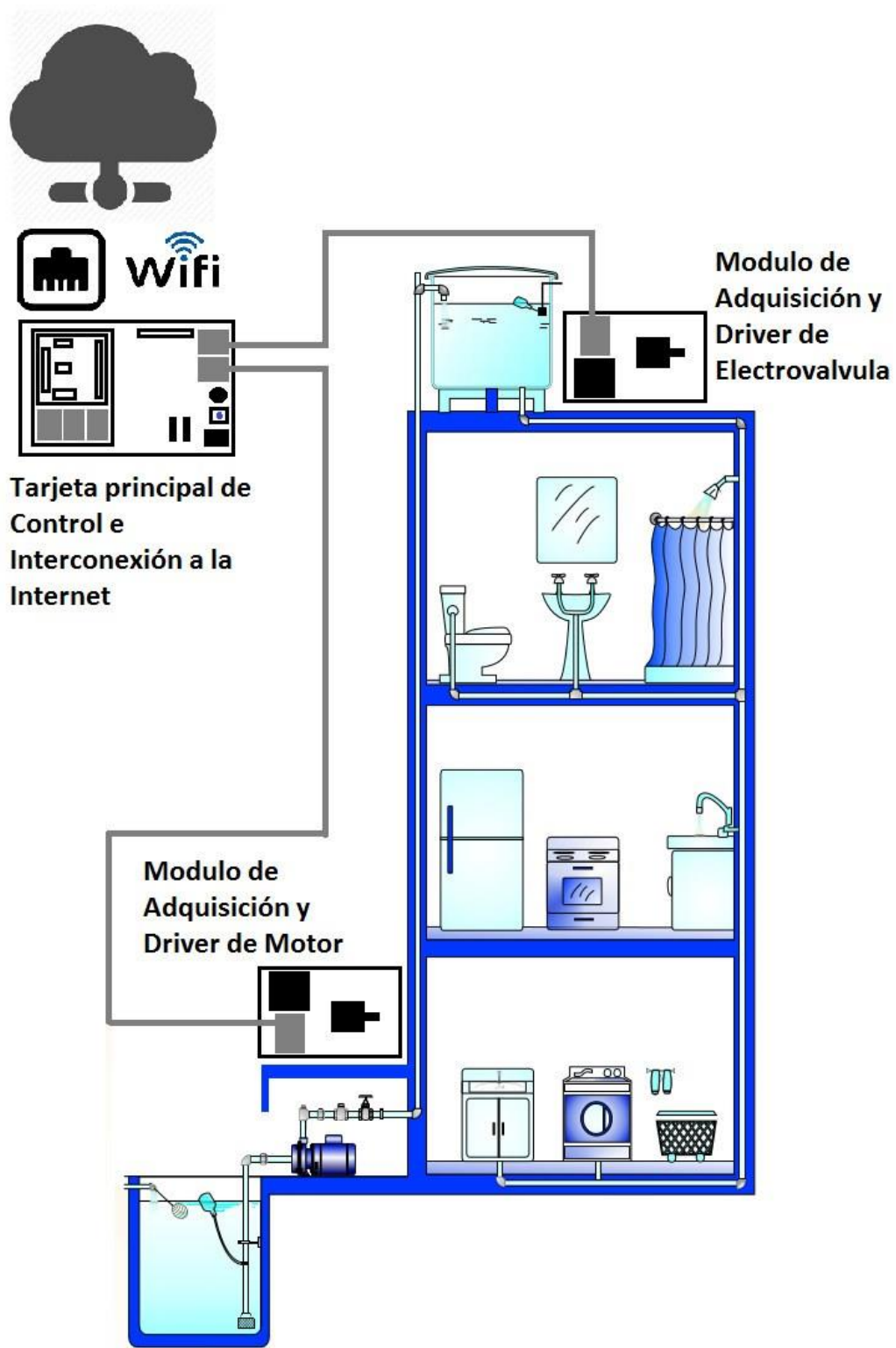


Figura 4.1 Sistema de Bombeo y Modificaciones.

Tabla 4.1 Características Operativas del MPXV4006GP.

Características	Simbolo	Min	Típico	Max	Unidades
Rango de Presión	P_{OP}	0	-	6.0 612	KPa mm H_2O
Voltaje de Alimentación	V_S	4.75	5.0	5.25	Vdc
Corriente de Alimentación	I_S	-	-	10	mAdc
Voltaje a Escala completa	V_{FSS}	-	4.6	-	V
Offset	V_{off}	0.152	0.265	0.378	V
Sensibilidad	V/P	-	766 7.511	-	mV/KPa mV/mm H_2O
Exactitud (10° a 60°)	-	-	2.46 ± . -±5.0		% V_{FSS} con autocero
	-	-	-		% V_{FSS} sin autocero

La tarjeta de principal de control e Interconexión a Internet, cuenta con una computadora del tamaño de una tarjeta de crédito (Raspberry Pi 3), con un modulo ADC/DAC de alta precisión, además de contar con conectividad Ethernet y Wi-Fi.

4.1.1 Modulo de Adquisición y Driver

Módulo de Adquisición

El modulo de adquisición cuenta principalmente con un sensor de presión MPXV4006GP. (Ver la figura 4.2 para el encapsulado) y en la tabla 4.1 se tienen las características operativas de este sensor.

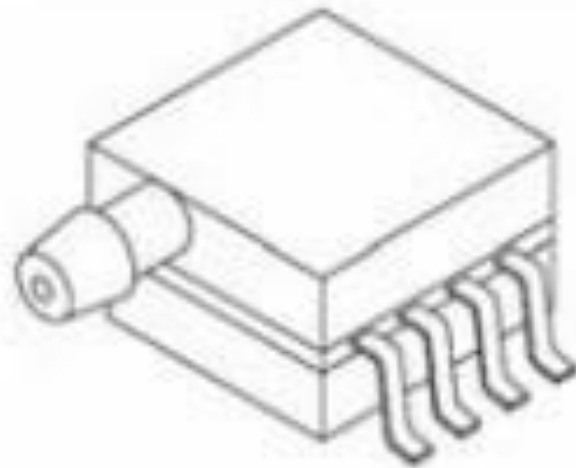
La forma de conexión recomendada es la que se muestra en la figura 4.3, donde se recomienda un desacoplamiento tanto de la fuente de alimentación como en la salida del sensor a la entrada A/D del microcontrolador o microprocesador.

En el circuito se debería realizar la conexión indicada en la figura 4.4, donde se deberá alimentar con una fuente de 5V_{DC} y tomar la salida del directamente del pin 4 usando un condensador de filtrado de 470pF.

Driver

Para el driver se ha considerado usar un relé de 12V, específicamente el Q3F-1Z-12VDC, que puede manejar cargas de 10A a 220VAC y 10A a 30VDC. (Ver figura 4.5)

La resistencia de esta bobina es de 100 Ohm, lo que indica que necesita una corriente de al menos 120mA, para lo cual se diseña un circuito amplificador de corriente compuesto



MPXV4006GP
CASE 1369-01

Figura 4.2 Encapsulado del MPXV4006GP.

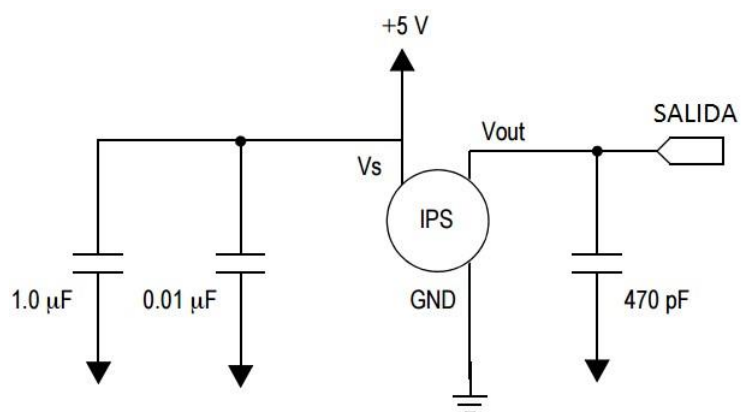


Figura 4.3 Conexión recomendada para desacoplamiento de fuente y filtrado de salida por un transistor NPN QN2N3904 y un transistor NPN BD135.

El QN2N3904 es un transistor NPN de silicio de pequeña señal, que viene en encapsulado TO-92, en la figura 4.6 se ve el encapsulado y la identificación de los terminales, dentro de

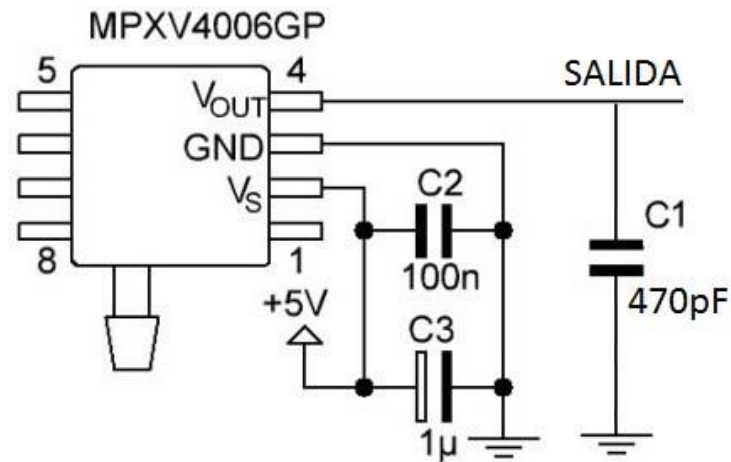


Figura 4.4 Circuito de Adquisición con el MPXV4006GP.



Figura 4.5 Relé Q3F-1Z-12VDC.

sus aplicaciones está la de conmutación de pequeñas cargas con alta ganancia y voltaje de saturación pequeño. En la tabla 4.2 se tienen las características operativas importantes de este transistor.

El BD135, es un transistor de silicio de media potencia, que viene en encapsulado TO225, en la figura 4.7 se ve el encapsulado y la identificación de terminales, dentro de sus aplicaciones están la de amplificadores de audio y drivers, con corrientes máximas

de hasta 1.5A. En la tabla 4.3 se tienen las características operativas mas importantes de este transistor.

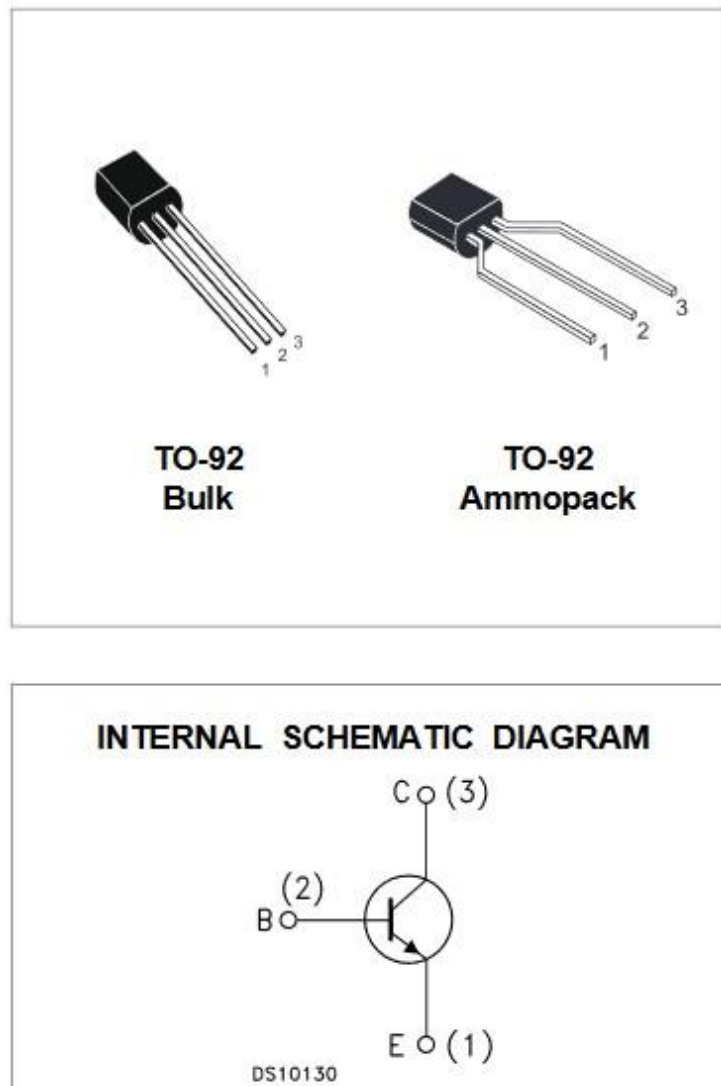


Figura 4.6 Transistor Q2N3904 case y terminales.

Tabla 4.2 Características Operativas del transistor QN2N3904.

<u>Símbolo</u>	<u>Parámetro</u>	<u>Valor</u>	<u>Unidades</u>
V_{CBO}	Voltaje Colector Base ($I_E=0$)	60	V
V_{CEO}	Voltaje Colector Emisor ($I_B=0$)	40	V
V_{EBO}	Voltaje Emisor Base ($I_C=0$)	6	V
I_C	Corriente de Colector	200	mA
P_{tot}	Disipación Total a $T_C=25C$	625	mW
T_j	Max Temperatura de Unión	150	°C

Se ha diseñado el circuito mostrado en al figura 4.8, donde se utiliza como pre-driver

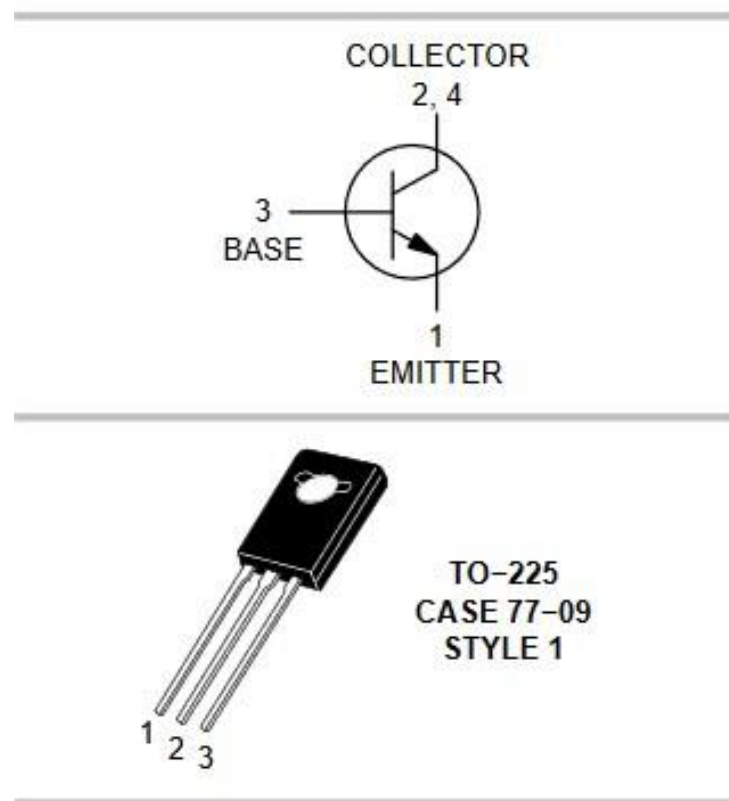


Figura 4.7 Transistor BD135 case y terminales.

Tabla 4.3 Características Operativas del transistor BD135.

<u>Símbolo</u>	<u>Parámetro</u>	<u>Valor</u>	<u>Unidades</u>
V_{CBO}	Voltaje Colector Base ($I_E=0$)	60	V
V_{CEO}	Voltaje Colector Emisor ($I_B=0$)	60	V
V_{EBO}	Voltaje Emisor Base ($I_C=0$)	5.0	V
I_C	Corriente de Colector	1.5	A
P_{tot}	Disipación Total a $T_C=25C$	1.25	W
T_j	Max Temperatura de Unión	150	$^{\circ}C$

el Q2N3904, conectado a una fuente de 5VDC y en su base una resistencia de 470 Ohm conectado a uno de los puertos GPIO de la Raspberry Pi 3 y como driver BD135, conectado desde el emisor del Q2N3904 con una resistencia de 150 Ohm a la base del mismo, en el circuito se muestra una resistencia de 100 Ohm simulando la bobina del relé.

En la tabla 4.4 se muestran la pruebas realizadas al circuito driver para diferentes valores de carga, se ha medido la corriente de base del Q2N3904, la corriente de base de BD135, la corriente de carga y las potencias disipadas por la carga y por el transistor BD135, se

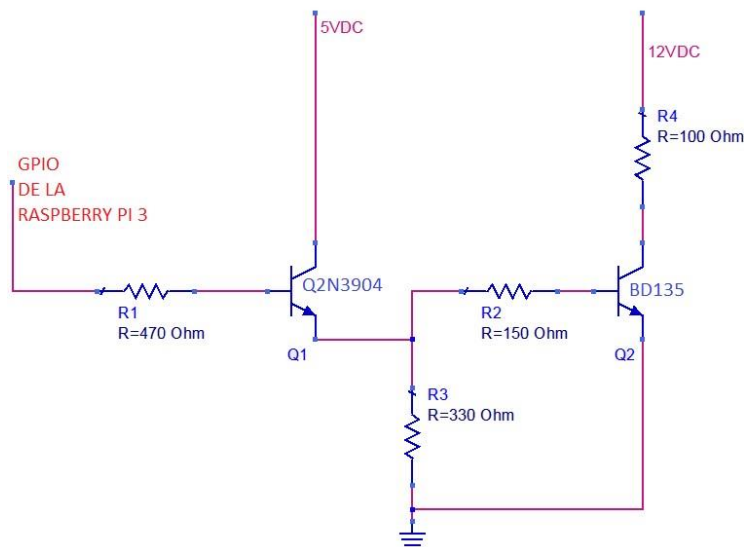


Figura 4.8 Circuito Driver .

Tabla 4.4 Pruebas del Driver para diferentes valores de Carga.

I_{B1}	I_{B2}	I_L	R_L	P_L	P_D
μA	mA	A	Ohm	W	W
236	21.5	1.140	10	13.60	1.02
239	21.9	0.392	30	04.30	0.33
240	22.0	0.172	70	01.90	0.14
240	22.1	0.154	80	01.70	0.12
241	22.1	0.098	100	01.33	0.09
241	22.1	0.099	120	01.10	0.08

ha probado para un rango de corrientes de carga desde 99mA hasta 1.14A, con potencias de carga que van desde 1.10W a 13.6W con potencia disipada por el transistor BD135 desde 80mW a 1.02W, todos estos valores dentro de los rangos de funcionamiento de los dispositivos, establecidos en el Datasheet, reproducidos en los apéndices de este trabajo.

Lo más importante es el valor de la corriente de I_{B1} que esta en el rango de $240\mu A$, que sera justamente la corriente proporcionada por el GPIO de la Raspberry Pi 3 y con esto valores están dentro de los rangos de operación de estos puertos.

las diferentes tarjetas es el RJ-45, CAT5, que está compuesto de 04 pares de cable trenzado

AWG24 [Wikipedia, 2017] que tiene una resistencia DC de 84.216Ω cada $1000m$ o 8.4Ω cada $100m$ y soporta una corriente máxima de DC de $0.58A$

Pensando en simplificar y darle escalabilidad se optó por desarrollar una tarjeta principal donde se instalaran los parte del driver (El detalle se muestra en la figura 4.13) en este cable la corriente máxima que circulara estará en el rango de $40mA$ a $50mA$.

considerando la información de [Wikipedia, 2017] para una distancia de cable de 100m se tendrá una caída de voltaje de 0.27V , llegandose en ese caso a mantener las condiciones de operación del módulo de adquisición de datos.

También se consideró que las fuentes de voltaje de 5VDC y 12VDC deberían estar en la tarjeta principal. Ahora consideramos el consumo de corriente de las fuentes de voltaje de 5VDC y de 12VDC.

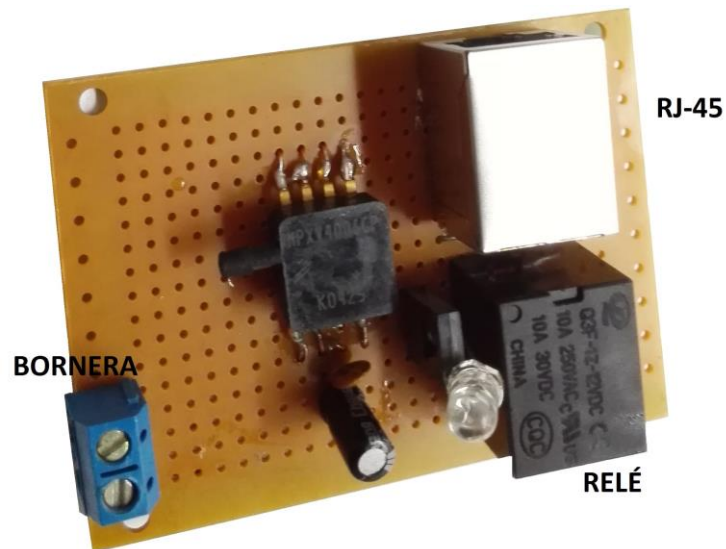


Figura 4.10 Tarjeta Driver Construido: De frente .

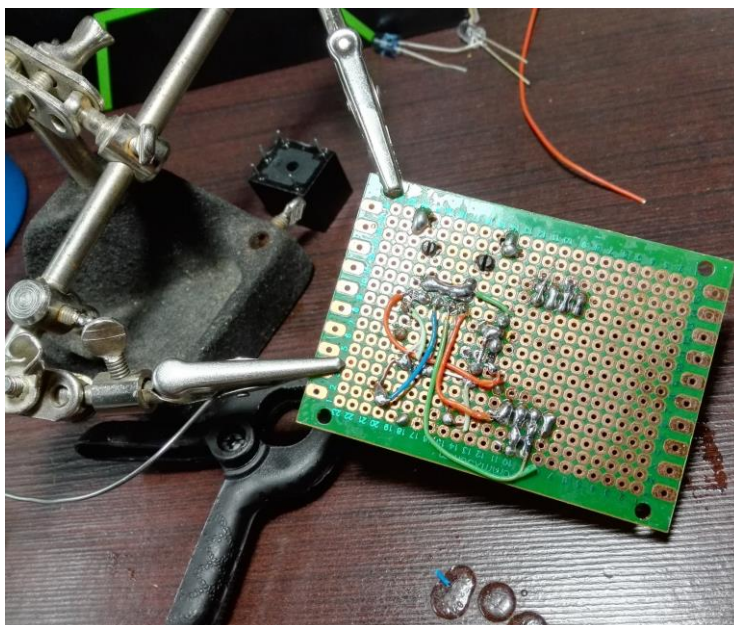


Figura 4.11 Tarjeta Driver Construido: Posterior.

La fuente de voltaje de 5VDC, lo único que alimenta en el módulo de adquisición es el sensor MPXV4006, que según su datasheet (en el apéndice) indica un consumo de corriente de tan solo 10mA, considerando siempre los 100m de cable UTP CAT5, la caída de voltaje solo es de 0.08V que no es un valor significativo, indicando pues que el voltaje del sensor estará siempre dentro de su rango de operación, en cuanto a la salida de voltaje, esta estará en el rango de 0.2 a 4.8V que se conecta directamente a la tarjeta ADC/DAC de alta precisión de 24 bits y con velocidad de muestreo máxima de 30Ksps que nos da un rango amplio de exactitud a las medidas tomadas.

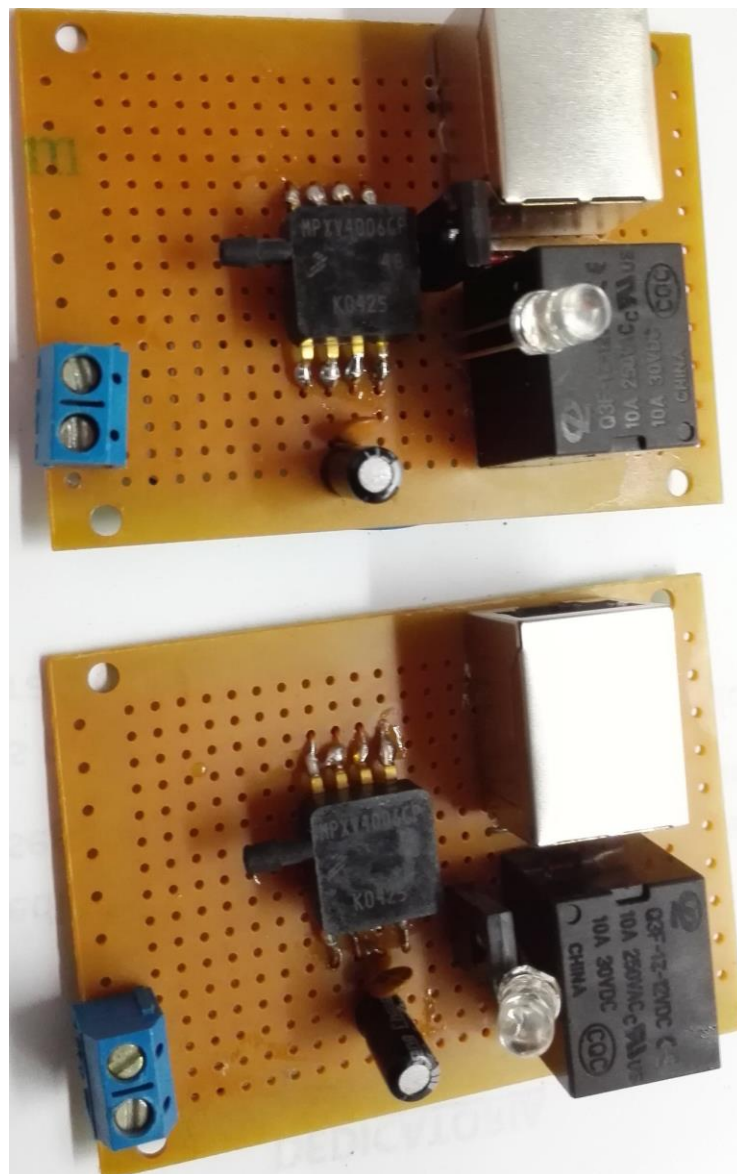


Figura 4.12 02 Tarjetas Driver Construido.

La fuente de voltaje de 12VDC alimenta la bobina del relé, que como vimos en 4.1.1 la corriente máxima es de $120mA$ lo que nos podríamos tener una caída de voltaje de $1.068V$, realizadas las pruebas se pudo medir que la corriente en la bobina del rele solo llego a $100mA$, a pesar de tener una operación estable del rele se optó por elevar el voltaje de este regulador conectando 02 diodos en el pin de referencia del regulador con lo que se consigue un voltaje de $13.2V$ y una corriente de $122mA$ en la bobina del rele, que es un valor mas adecuado.

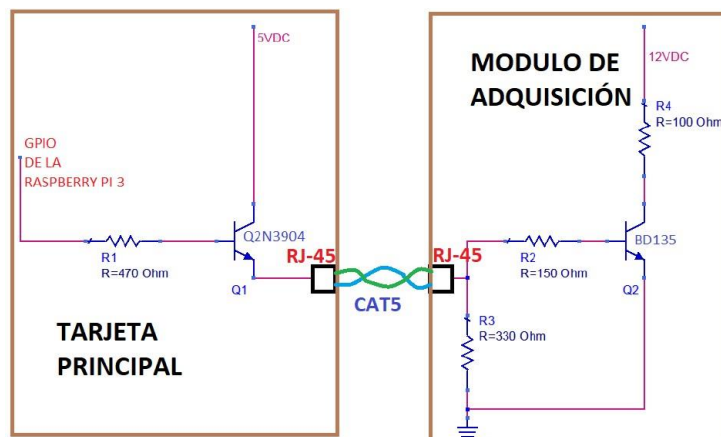


Figura 4.13 Conexión de Tarjeta Principal y modulo de adquisición de datos.

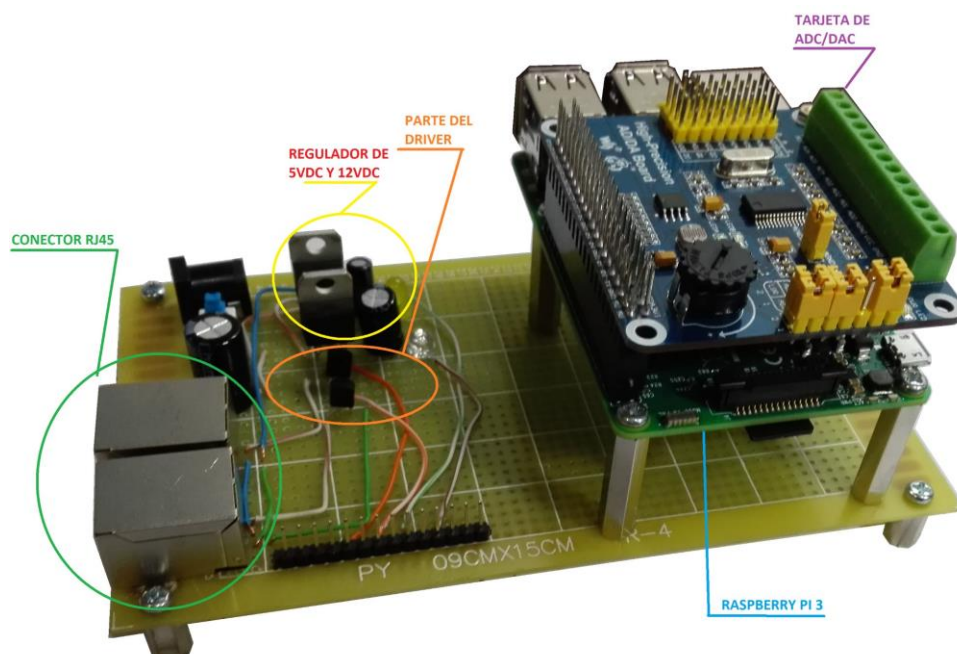


Figura 4.14 Tarjeta Principal.

Con estas consideraciones la tarjeta principal finalizada se puede observar en la figura 4.14, donde se han marcado las diferentes partes de la que está compuesto. Ahi se observa pues la parte de regulación de voltaje, la parte del circuito de driver, los conectores RJ45, para su conexión con los módulos de adquisición, la tarjeta ADC/DAC de alta precisión y principalmente la Raspberry Pi 3.

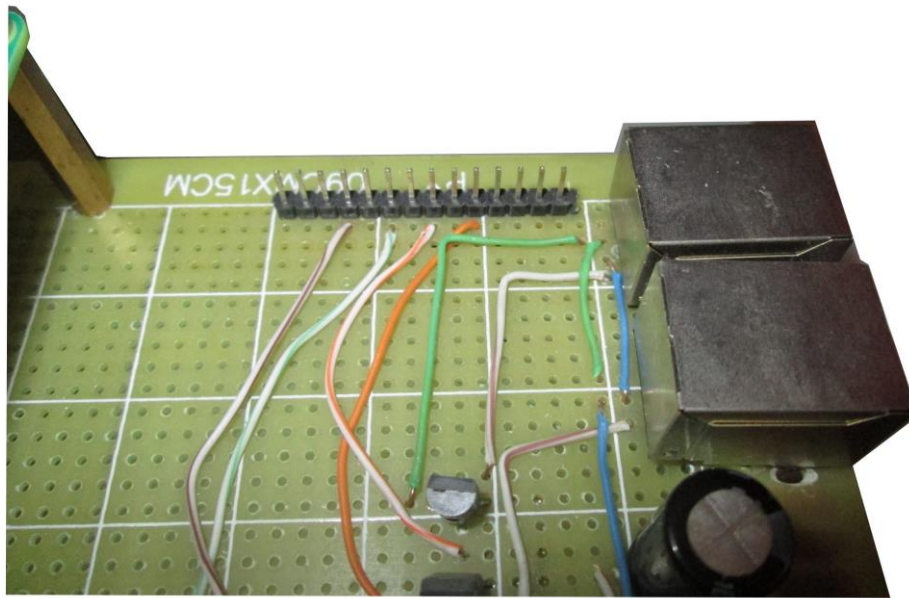


Figura 4.15 Pines de conexión de Tarjeta Principal.

Pines de Conexiones de la tarjeta Principal

La tarjeta principal deberá conectarse con la, la tarjeta ADC/DAC Waveshare de alta precisión, además de recibir las señales que permitirá activar y/o desactivar los actuadores, en este caso la electro bomba o la válvula de control colocada a la salida de los tanques elevados. Esta conexión se consigue con los pines que se muestran en la figura 4.15

En la figura 4.16 se indican la disposición de los pines y un nombre indicativo de su función que a continuación detallamos:

1. **GND** Es la conexión de tierra o común del circuito. Este pin deberá conectarse al punto de referencia de las Raspberry pi 3.

2. **5V** En este pin tenemos un voltaje de 5V, que en el escenario real se usaría para alimentar tanto la Raspberry pi 3, la pantalla HDMI y cualquier hardware digital que se considere en la aplicación.
3. **12V** Esta salida se puede usara para energizar elementos de control tales como los reles u otros.

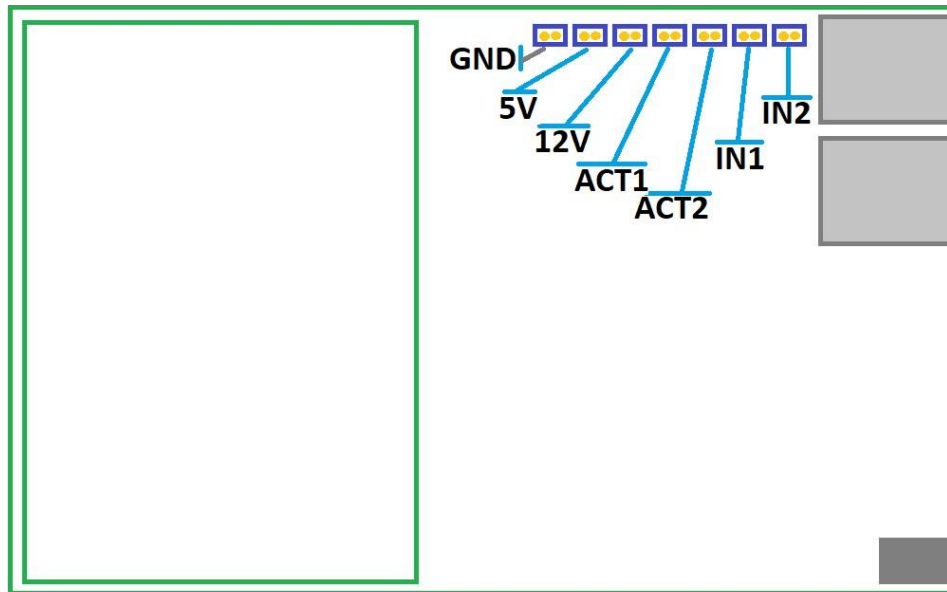


Figura 4.16 Disposición de ‘pines de conexión de Tarjeta Principal.

4. **ACT1** Es una señal digital, que sale directamente de un pin GPIO de la Raspberry para propósitos de activación y desactivación de actuadores. En este caso esta señal se usara para activar o desactivar la electrobomba,
5. **ACT2** Cumple el mismo propósito que la señal anterior, pero esto activa o desactiva la electroválvula en la salida de las cisternas ubicadas en la zona alta de la casa.
6. **IN1** Es la señal del sensor de nivel correspondiente a la Cisterna ubicada en la parte baja de la casa. item **IN2** Igual que la anterior es el sensor de nivel correspondiente a la cisterna ubicada en la parte alta de la casa.

4.2 Tablero de Control

Una vez que se ha diseñado y/o construido todos los elementos considerados para la solución propuesta, se integran todos estos en un Tablero, en la figura 4.17 se muestra la distribución de los diferentes elementos en el tablero.

En la figura 4.18 se observa ya los elementos fijados a un tablero de acrílico. Podemos observar la tarjeta principal, los módulos de adquisición de datos, mencionados anteriormente. Lo nuevo que observamos son pulsadores y luces que indicaran los modos de operación y posibles alarmas, una pantalla touch de 5 pulgadas que servirá como interfaz de usuario y una placa de prototipado para realizar la simulación de las diferentes señales para comprobar el normal funcionamiento de la solución propuesta.

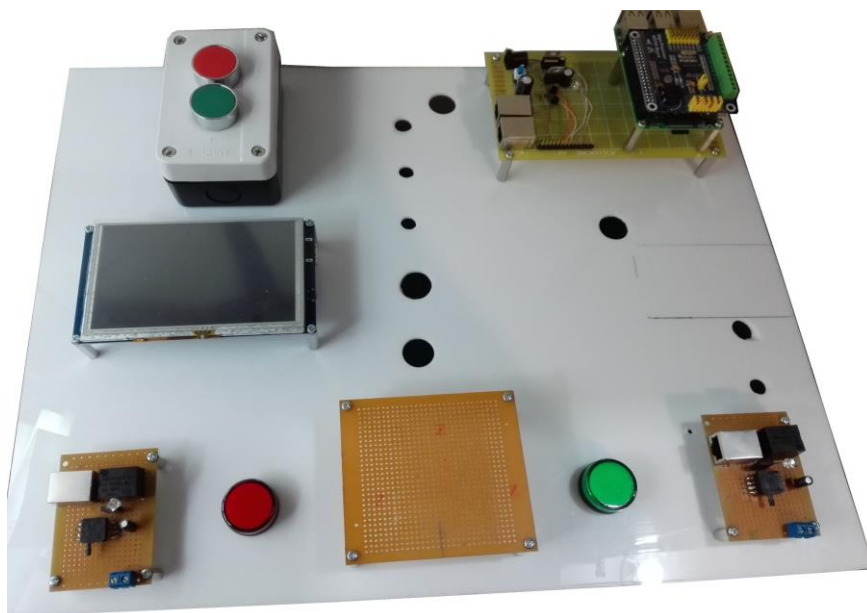


Figura 4.17 Distribución de Elementos en el tablero.

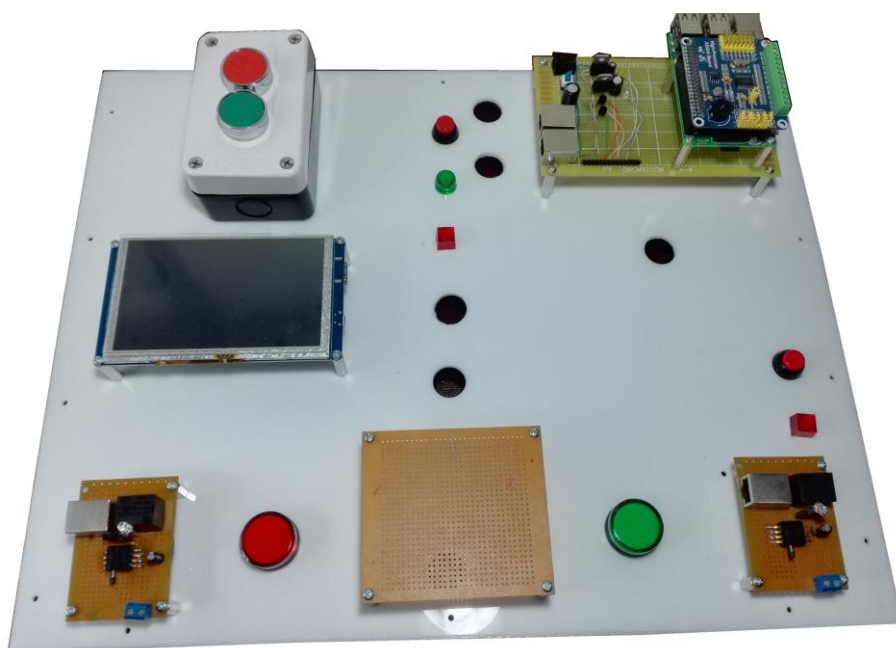


Figura 4.18 Elementos fijados en el tablero.



Figura 4.19 Tablero en base de madera.

Finalmente se muestra el tablero montado en una base de madera (ver figura 4.19) que permite asentararlo sobre una mesa, lo que permite acceder cómodamente a los diferentes elementos, lo facilitara la programación y las pruebas de desempeño que se realizaran posteriormente.

4.2.1 Conexiones Eléctricas

El tablero consta principalmente de:

- Una tarjeta Raspberry pi 3 con una tarjeta ADC/DAC de alta precisión que requiere en su conjunto de 5VDC /2.5A para su operación normal.
- Pantalla TouchScre en HDMI, con resolución de 800x480, cuya alimentación proviene de uno de los puertos USB de las Raspberry Pi 3.



Figura 4.20 Disposición de fuentes DC.

- Tarjeta principal que requiere una entrada de 15VDC/1.3A.
- Adicionalmente se necesita contar con 220VAC para los indicadores del tablero y para poder realizar las diferentes pruebas de desempeño.

Se ha optado por usar fuentes DC independientes para la Raspberry pi 3, y de la tarjeta principal. En la figuras 4.20 y 4.21 se muestra la disposición de los elementos mencionados.

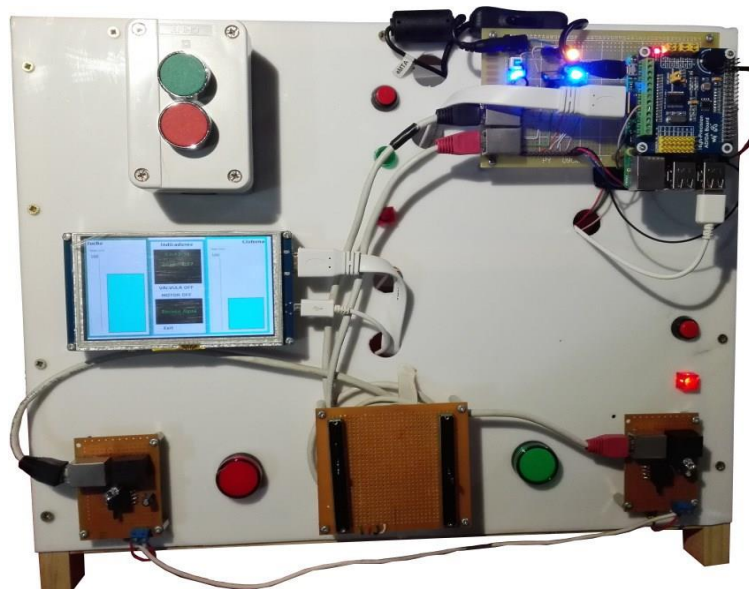


Figura 4.21 Conexiones a las tarjetas del Tablero.

5 Simulación y Resultados

Tanto el cerebro como la computadora pueden hacer operaciones matemáticas y otras tareas lógicas. Mientras que, por lo general, la computadora es más rápida en realizarlas, el cerebro es mejor para interpretar el mundo exterior, experimentar los fenómenos mentales.

Facundo Manes

5.1. Desarrollo del Programa de control principal

La solución diseñada se puede ver de manera global en la figura 5.1. El sistema es entonces capaz de obtener los datos de nivel de la cisterna y del tanque gracias a las tarjetas de adquisición de datos diseñadas y realizar las acciones sobre el motor o la electroválvula con el driver en la misma tarjeta de adquisición de datos. El control de nivel se realizara teniendo en cuenta los niveles mínimo y máximo que garanticen una operación segura del motor, además de garantizar del mínimo desperdicio de agua, además se realizara un cálculo aproximado del consumo diario y se mantendrá un histórico de mismo, finalmente y no menos importante se tiene un módulo que permite publicar estos resultados en servicios

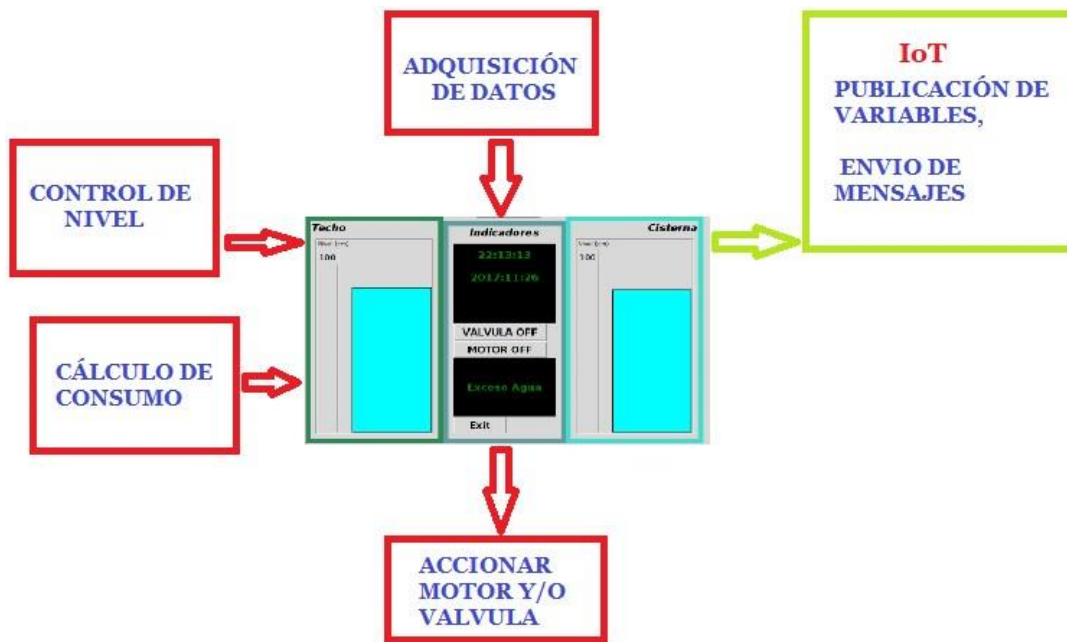


Figura 5.1 Solución Diseñada.

de nube gratuitos que nos permite ver el estado del sistema en cualquier lugar del mundo, además de recibir correos de notificaciones en caso de alarmas.

5.1.1 Control de Nivel de Tanques y control de motor y válvula

Se ha desarrollado un programa principal, que se ejecutara localmente que permite controlar el nivel del tanque elevado, generalmente en el techo o parte más elevada de la casa y de la cisterna, ubicada generalmente en el primer piso, adicionalmente se puede estimar aproximadamente el consumo de agua usando la información de las dimensiones y capacidad de los tanques elevados típicos, mostrada en la tabla 2.1.

En la figura 5.2 está el diagrama de flujo considerado para este efecto, de este mismo podemos determinar que este sistema puede operar si es que se permite la operación del mismo.

Este programa principal depende de las siguientes variables:

- **Operacion:** Variable que determina la operación de todo el sistema. Esto es debido a alguna alarma y se generan mensajes que se envían a un correo electrónico predeterminado. (Operacion como nombre de variable no lleva acento).

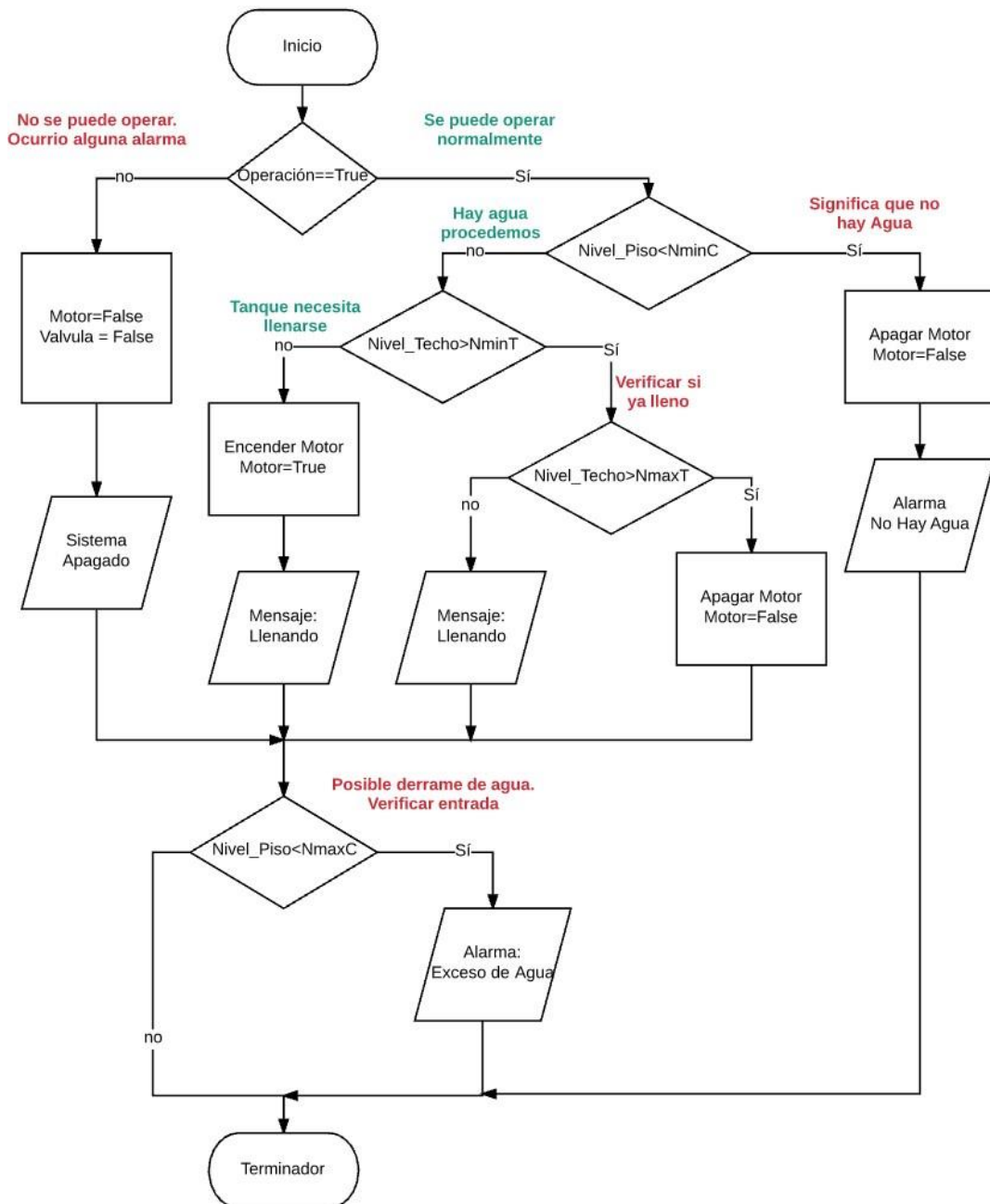


Figura 5.2 Diagrama de flujo del programa de control de nivel.

- **NminC:** Nivel mínimo de la cisterna.
- **NmaxC:** Nivel máximo de la cisterna.
- **NminT:** Nivel mínimo del tanque elevado.
- **NmaxT:** Nivel máximo del tanque elevado.


```

def control_tanque():
    global motor, valvula, operacion
    if operacion==True:
        if mis_medidas()[0]*25>Nminc:
            if mis_medidas()[1]*25>Nmint:
                if mis_medidas()[1]*25>Nmaxt:
                    motor=False
                    advertencias.configure(text="Tanque Llenado")
                    #se deberia enviar mensajes
                if mis_medidas()[0]>Nmaxc:
                    advertencias.configure(text="Exceso Agua")
                    #Mensaje de alarma fallo boya inferior
                else:
                    advertencias.configure(text="Llenando")
                    #enviar mensaje de llenando
            else:
                motor=True
                advertencias.configure(text="Llenando")
                #Mensaje de llenando
        else:
            motor=False
            advertencias.configure(text="Falta Agua")
            #Mensaje de falta de agua
    else:
        motor=False
        valvula=False
        advertencias.configure(text="Sistema Apagado")
        #Mensaje de sistema apagado
    win.after(5000, control_tanque)

```

Figura 5.3 Función en Python para el diagrama de flujo 5.2.

- **Nivel_Piso y Nivel_Tanque:** Variables que toma en cuenta el valor de nivel actual de la cisterna y del tanque respectivamente. Esto es medido con la tarjeta de adquisición de datos.
- **Motor:** Esta variable es una bandera que determina el estado actual del motor. Si su valor es **True** el motor está bombeando agua de la cisterna al tanque elevado, de lo contrario está apagado.
- **Válvula:** Esta variable es una bandera que determina el estado actual de una válvula eléctrica conectada en la salida del tanque elevado la cual permite el paso del agua a todo la casa. Si su valor es **False** no pasa el agua, de lo contrario el agua está pasando. (Valvula como nombre de variable no lleva acento).

```

#ventana_principal
win = Tk()
win.title("Control de Sistema de Agua Domestico")
win.geometry('800x480')

win.attributes("-fullscreen", True) #true if start with fullscreen
myFont = tkFont.Font(family = 'Helvetica', size = tml_label, weight = 'bold')
myFont1 = tkFont.Font(family = 'Helvetica', size = tml_controles, weight = 'bold', slant='italic')
myFont2 = tkFont.Font(family = 'Helvetica', size = tml_indicadores, weight = 'bold')
myFontreloj = tkFont.Font(family = 'Consolas', size = tml_controles, weight = 'bold')

eventana_techo=LabelFrame(win, text="Techo",labelanchor='nw',font = myFont1,
.....highlightbackground="sea green", highlightcolor="cyan",
.....highlightthickness=10, width=wtt_x, height=wtt_y,
.....bd= 0,padx=10,pady=10,relief=RIDGE)
eventana_techo.grid(row=1, column=1,sticky="sw")

eventana_control=LabelFrame(win, text="Indicadores",labelanchor='n', font = myFont1,
.....highlightbackground="cadet blue", highlightcolor="cyan",
.....highlightthickness=10, width=wtt_x, height=wtt_y, bd= 0,padx=10,pady=10)
eventana_control.grid(row=1, column=2,sticky="sw")

eventana_piso=LabelFrame(win, text="Cisterna",labelanchor='ne', font = myFont1,
.....highlightbackground="turquoise", highlightcolor="cyan",
.....highlightthickness=10, width=wtt_x, height=wtt_y, bd= 0,padx=10,pady=10)
eventana_piso.grid(row=1, column=3,sticky="sw")

```

Figura 5.4 Código que genera la interfaz gráfica.

5.1.2 Construcción de Interfaz local

Se ha desarrollado una interfaz local, que se ejecuta en la Raspberry Pi 3, y que muestra en tiempo real los niveles de la cisterna y del tanque elevado, además de la hora, el estado del motor, de la válvula, mensajes de estado actual de sistema y mensajes de advertencia.

En este caso es un sistema controlado por eventos por lo que no se justifica un diagrama de bloques, pero es importante resaltar que el código de la figura 5.3 se ejecuta y es el que mantiene actualizada las variables y se asegura del envío de los mensajes correspondientes.

El resultado se muestra en la figura 5.5.

5.1.3 IoT - Publicación y envío de mensajes

Para estos módulos se usara los servicios de **dweet.io**, que como menciona en su página web, permite realizar mensajería ridículamente sencilla (y alertas) para Internet de las cosas. Además, existe una librería en python para la Raspberry Pi que nos ha permitido enviar los valores de las variables, mensajes y alertas a la nube. En la figura 5.6 se observa el código necesario para conseguirlo.

Una vez que las variables están en la nube se usara **freeboard** que también es un servicio libre y que nos permite desarrollar consolas (dashboard) mas amigables para la presentación

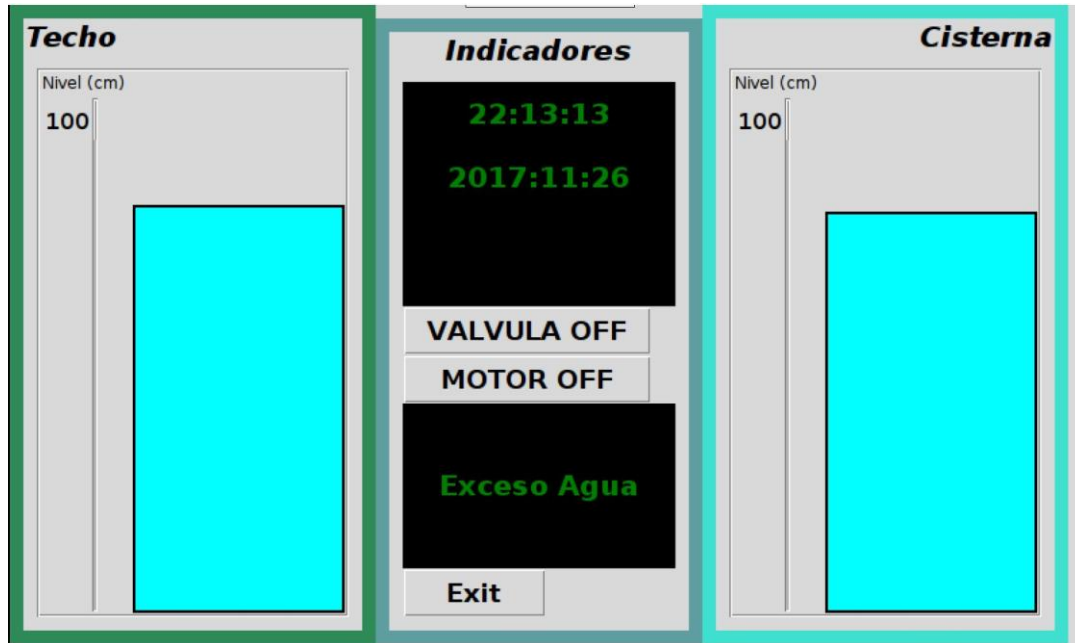


Figura 5.5 Interfaz gráfica.

```
#####configuracion dweet
import requests
import os
import dweetpy
dweetIO = "https://dweet.io/dweet/for/"
myName = "YoverFernando"
myKey = "control02"
myKey2 = "Nivel02"
tempC = []
cnt=0
#####fin de configuracion dweet
###Configuracion de Variables a Publicar
dweet={"nivel_piso":int(mis_medidas()[0]/3.7), "nivel_techo":int(mis_medidas()[1]/3.7)}
#Publicación de variables
dweetpy.dweet_for(myName,dweet)
```

Figura 5.6 Configuración de dweet.io y publicación de variables.

de los valores de nuestras variables. En la figura 5.7 se muestra la consola desarrollada para este proyecto, se observa las variables de nivel de la cisterna y del tanque.

Los envíos de mensajes se realizan usando los servicios de correos electrónicos, que es un simple procedimiento en python y se ha construido un módulo para cada uno de los posibles alarmas que requiere el sistema. En la figura 5.8 se muestra uno de los módulos que indica una alarma de falta de agua y que se activara si es que el nivel de la cisterna esta debajo de su nivel mínimo.

En la figura 5.9 se puede ver el resultado del correo enviado en el caso de una alarma de falta de agua.

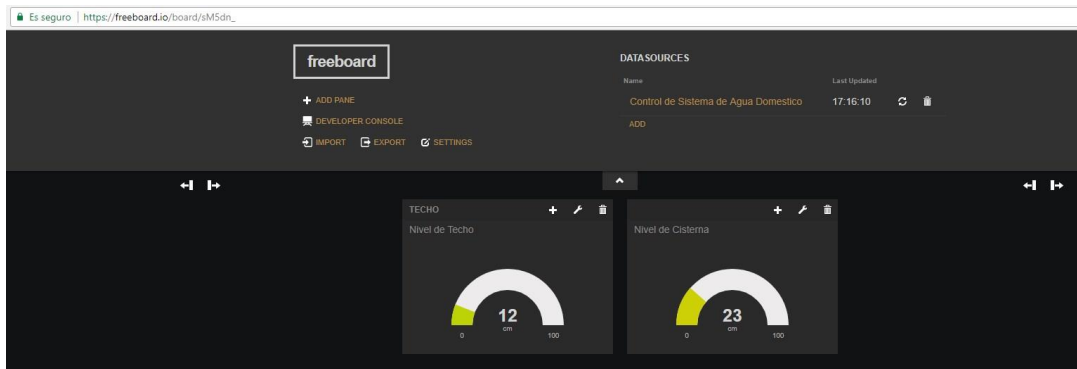


Figura 5.7 Consola construida en **freeboard**.

```
import smtplib
from email.MIMEMultipart import MIMEMultipart
from email.MIMEText import MIMEText

fromaddr = "yoverfernando2017@gmail.com"
toaddr = "yoverfernando2017@gmail.com"
msg = MIMEMultipart()
msg['From'] = fromaddr
msg['To'] = toaddr
msg['Subject'] = "IoT Control"

body = "FALTA AGUA -- QUE SUGIERE"
msg.attach(MIMEText(body, 'plain'))

server = smtplib.SMTP('smtp.gmail.com', 587)
server.starttls()
server.login(fromaddr, "waltermi10")
text = msg.as_string()
server.sendmail(fromaddr, toaddr, text)
server.quit()
```

Figura 5.8 Código para el envío de mensajes en la forma de correo electrónico.



Figura 5.9 Correo enviado por alarma de falta de agua.

6 Conclusiones

Se diseñó e implementó un sistema de control automático basado en Internet de las cosas para monitorear el sistema de bombeo de agua, lográndose disminuir el desperdicio de agua y las fallas de sistema de bombeo de agua.

Se seleccionó un sensor de nivel que permite la medida continua del nivel, tanto de la cisterna como del tanque del techo, lo cual posibilita la medición del consumo y su posterior registro, además de un relé que permite activar cargas de hasta 10A/220VAC con lo cual se diseñó y construyó un Módulo de adquisición y Driver y tarjeta principal.

Se implementó el software de control y monitoreo respectivo, usando IoT gracias a la implementación de servicios de publicación en la nube gratuitos, que nos permiten monitorear el sistema desde cualquier parte del mundo, inclusive de teléfonos inteligentes.

7 Recomendaciones

Se recomienda agregar un contactor que accione la electrobomba para evitar deterioro de este actuador.

Se debe tener cuidado al momento de soldar la placa que contiene a los sensores para evitar el sobrecalentamiento.

Se debe y puede colocar la tarjeta de adquisición de datos desarrollada en el encapsulado de los sensores de nivel tradicionales, para protegerlos del desgaste, además de cubrir los circuitos con silicona y evitar cortocircuitos por la humedad a la que estarán expuestos.

La limitación principal de servicios en la nube gratuitos es la cantidad de datos que se pueden publicar, por esa razón en este proyecto se realizan publicaciones cada 5 segundos, esto se puede mejorar si se contrata servicios pagados.

Al ser un prototipo desarrollado, donde el principal objetivo ha sido la ingeniería de los sensores y drivers que permita adaptarse a instalaciones tradicionales, se puede usar en lugar de la Raspberry un simple módulo WiFi ESP8266, con lo cual los costos disminuirían notablemente.

Costos del Proyecto

El presente capítulo comprende todos los costos de implementar el proyecto. La evaluación económica es muy importante al momento de tomar la decisión de automatizar el sistema tradicional de bombeo de agua en los hogares de Chiclayo, porque en base a ello se verá si es rentable la implementación, así como la reingeniería del sistema incrementaría la calidad, evitara pérdida de materia prima, además de evitar el deterioro del motor gracias al sistema de protección.

A.1 Estimación de Costos

A.1.1 Costos de Instrumentación

A.1.2 Costos de Ingeniería

Comprende los costos por las horas empleadas en el montaje y verificación de todos los dispositivos empleados.

A.1.3 Inversión

Corresponde al costo total que abarca la implementación y puesta en marcha del Proyecto. 60

Tabla A.1 Costos de Instrumentación.

Item	Descripción	P. unit S/.	Ctd	P. Total S/.
01	Sensor de presión MPXV4006GP	80.00	02.	160.00
02	Relé 12V Q3F-1Z	5.00	02	10.00
03	Transistor NPN QN2N3904	2.00	02	4.00
04	Transistor NPN BD135	3.00	02	6.00
05	Resistencias (150 Ohm, 470 Ohm, 100 Ohm, 330 Ohm)	0.20	04	0.80
06	Bornera	0.50	02	1.00
07	Conector hembra RJ-45	2.00	02	4.00
08	Condensadores electrolíticos (100nF, 1uF, 470pF)	0.5	03	1.50
09	Raspberry Pi 3 High Precision ADC/DAC	199.00	01	199.00
10	Pulsadores	5.00	02	10.00
11	Lamparas de Señalización	5.00	2.0	10.00
12	Pantalla Touch Screen HDMI 5" y cable HDMI	195	01	195.00
Total				521.30

Tabla A.2 Costos de Ingeniería.

Actividad	HORAS DE TRABAJO (Un Ingeniero y un ayudante)	COSTO (horas de trabajo Ingeniero)	COSTO (horas de trabajo ayudante)
Programación y Ensamblaje	08	400.00	200.00
Instalación y puesta en servicio	08	400.00	200.00
Total			1200.00

Tabla A.3 Inversión.

DESCRIPCIÓN	MONTO S/.
COSTOS DE INSTRUMENTACIÓN	521.30
COSTO DE INGENIERÍA	1200.00
Total	1721.30

Apéndice B

Datasheet de Equipos

+ Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

The MPXV4006 series piezoresistive transducers are state-of-the-art monolithic silicon pressure sensors designed for the appliance, consumer, health care and industrial market. The analog output can be read directly into the A/D input of Freescale microcontrollers. This transducer combines advanced micromachining techniques, thin-film metallization, and bipolar processing to provide an accurate, high level analog output signal that is proportional to the applied pressure. The axial port has been modified to accommodate industrial grade tubing.

Features

- 2.5% Maximum Error over +10°C to +60°C with Auto Zero
- 5% Maximum Error over +10°C to +60°C without Auto Zero
- Durable Thermoplastic (PPS) Package
- Available in Surface Mount (SMT) or Through-Hole (DIP) Configurations
- Available with Standard Fluorosilicone Gel or Media Resistant Gel

**MPXV4006
Series
Integrated Pressure
Sensor**
0 to 6 kPa (0 to 0.87 psi)
0.2 to 4.8 V Output

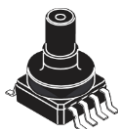
Application Examples

- Washing Machine Water Level Measurement (Reference AN1950)
- Ideally Suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Appliance Liquid Level and Pressure Measurement
- Respiratory Equipment

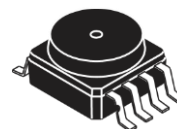
ORDERING INFORMATION

Device Name	Package Options	Case No.	# of Ports			Pressure Type			Option		Device Marking
			None	Single	Dual	Gauge	Differential	Absolute	Surface Mount	ThroughHole	
Small Outline Package (Media Resistant Gel) (MPVZ4006 Series)											
MPVZ4006GW6U	Rail	1735		•		•			•		MZ4006GW
MPVZ4006GW7U	Rail	1560		•		•				•	MZ4006GW
MPVZ4006G6U	Rail	482	•				•		•		MPVZ4006G
MPVZ4006G6T1	Tape and Reel	482	•				•		•		MPVZ4006G
MPVZ4006G7U	Rail	482B	•				•			•	MPVZ4006G
Small Outline Package (MPXV4006 Series)											
MPXV4006GC6U	Rail	482A		•		•			•		MPXV4006G
MPXV4006GC6T1	Tape and Reel	482A		•		•			•		MPXV4006G
MPXV4006GC7U	Rail	482C		•		•				•	MPXV4006G
MPXV4006GP	Tray	1369		•		•			•		MPXV4006GP
MPXV4006DP	Tray	1351			•		•		•		MPXV4006DP

SMALL OUTLINE PACKAGE SURFACE MOUNT

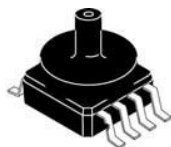


CASE 1735-01

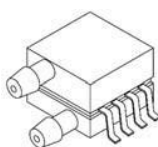


MPVZ4006GW6U
CASE 482-01

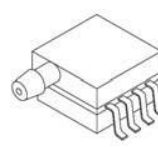
MPVZ4006G6U/T1



MPXV4006GC6U/C6T1
CASE 482A-01

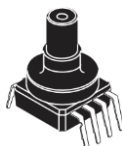


MPXV4006DP
CASE 1351-01

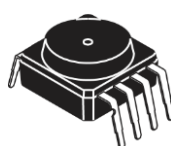


MPXV4006GP
CASE 1369-01

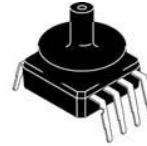
SMALL OUTLINE PACKAGE THROUGH-HOLE



MPVZ4006GW7U
CASE 1560-02



MPVZ4006G7U
CASE 482B-03



MPXV4006GC7U
CASE 482C-03

Operating Characteristics

Table 1. Operating Characteristics ($V_S = 5.0$ Vdc, $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted, $P_1 > P_2$)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Pressure Range	POP	0	—	6.0 612	kPa mm H ₂ O
Supply Voltage ⁽¹⁾	V_S	4.75	5.0	5.25	Vdc
Supply Current	I_S	—	—	10	mAdc
Full Scale Span ⁽²⁾	V_{FSS}	—	4.6	—	V
Offset ⁽³⁾⁽⁵⁾	V_{off}	0.152	0.265	0.378	V
Sensitivity	V/P	—	766 7.511	—	mV/kPa mV/mm H ₂ O
Accuracy ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ (10 to 60°C)	— —	— —	— —	±2.46 ±5.0	% V_{FSS} with auto zero % V_{FSS} without auto zero

1. Device is ratiometric within this specified excitation range.
2. Full Scale Span (V_{FSS}) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.
3. Offset (V_{off}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.
4. Accuracy (error budget) consists of the following:
 - Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure over the specified pressure range.
 - Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.
 - Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from minimum or maximum rated pressure, at 25°C.
 - Offset Stability: Output deviation, after 1000 temperature cycles, -30 to 100°C, and 1.5 million pressure cycles, with minimum rated pressure applied.
 - TcSpan: Output deviation over the temperature range of 10° to 60°C, relative to 25°C.
 - TcOffset: Output deviation with minimum pressure applied, over the temperature range of 10° to 60°C, relative to 25°C.
5. Auto Zero at Factory Installation: Due to the sensitivity of the MPXV4006, external mechanical stresses and mounting position can affect the zero pressure output reading. To obtain the 2.46% FSS accuracy, the device output must be "autozeroed" after installation. Autozeroing is defined as storing the zero pressure output reading and subtracting this from the device's output during normal operations. The specified accuracy assumes a maximum temperature change of ±5°C between autozero and measurement.



MPXV4006

Sensors
Freescale Semiconductor



2N3904

SMALL SIGNAL NPN TRANSISTOR

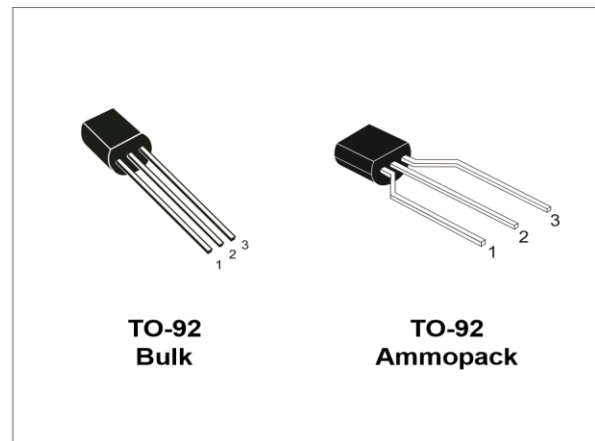
PRELIMINARY DATA

Ordering Code	Marking	Package / Shipment
2N3904	2N3904	TO-92 / Bulk
2N3904-AP	2N3904	TO-92 / Ammopack

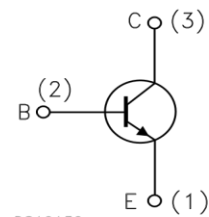
- SILICON EPITAXIAL PLANAR NPN TRANSISTOR
- TO-92 PACKAGE SUITABLE FOR THROUGH-HOLE PCB ASSEMBLY
- THE PNP COMPLEMENTARY TYPE IS 2N3906

APPLICATIONS

- WELL SUITABLE FOR TV AND HOME APPLIANCE EQUIPMENT
- SMALL LOAD SWITCH TRANSISTOR WITH HIGH GAIN AND LOW SATURATION VOLTAGE



INTERNAL SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CBO}	Collector-Base Voltage ($I_E = 0$)	60	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage ($I_B = 0$)	40	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)	6	V
I_C	Collector Current	200	mA
P_{tot}	Total Dissipation at $T_C = 25^\circ\text{C}$	625	mW
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to 150	$^\circ\text{C}$
T_J	Max. Operating Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$

February 2003

1/5

2N3904

THERMAL DATA

$R_{thj-amb}$ •	Thermal Resistance Junction-Ambient	Max	200	$^{\circ}\text{C/W}$
$R_{thj-case}$ •	Thermal Resistance Junction-Case	Max	83.3	$^{\circ}\text{C/W}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CEX}	Collector Cut-off Current ($V_{BE} = -3\text{ V}$)	$V_{CE} = 30\text{ V}$			50	nA
I_{BEX}	Base Cut-off Current ($V_{BE} = -3\text{ V}$)	$V_{CE} = 30\text{ V}$			50	nA
$V_{(BR)CEO}^{*}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_B = 0$)	$I_C = 1\text{ mA}$	40			V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage ($I_E = 0$)	$I_C = 10\text{ }\mu\text{A}$	60			V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_C = 0$)	$I_E = 10\text{ }\mu\text{A}$	6			V
$V_{CE(sat)}^{*}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{ mA}$ $I_B = 1\text{ mA}$ $I_C = 50\text{ mA}$ $I_B = 5\text{ mA}$			0.2 0.2	V V
$V_{BE(sat)}^{*}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{ mA}$ $I_B = 1\text{ mA}$ $I_C = 50\text{ mA}$ $I_B = 5\text{ mA}$	0.65		0.85 0.95	V V
h_{FE}^{*}	DC Current Gain	$I_C = 0.1\text{ mA}$ $V_{CE} = 1\text{ V}$ $I_C = 1\text{ mA}$ $V_{CE} = 1\text{ V}$ $I_C =$ 10 mA $V_{CE} = 1\text{ V}$ $I_C = 50\text{ mA}$ $V_{CE} = 1\text{ V}$ $I_C = 100\text{ mA}$ $V_{CE} = 1\text{ V}$	60 80 100 60 30		300	
f_T	Transition Frequency	$I_C = 10\text{ mA}$ $V_{CE} = 20\text{ V}$ $f = 100\text{ MHz}$	250	270		MHz
C_{CBO}	Collector-Base Capacitance	$I_E = 0$ $V_{CB} = 10\text{ V}$ $f = 1\text{ MHz}$		4		pF
C_{EBO}	Emitter-Base Capacitance	$I_C = 0$ $V_{EB} = 0.5\text{ V}$ $f = 1\text{ MHz}$		18		pF
NF	Noise Figure	$V_{CE} = 5\text{ V}$ $I_C = 0.1\text{ mA}$ $f = 10\text{ Hz to }15.7\text{ KHz}$ $R_G = 1\text{ K}\Omega$		5		dB
t_d t_r	Delay Time Rise Time	$I_C = 10\text{ mA}$ $I_B = 1\text{ mA}$ $V_{CC} = 30\text{ V}$			35 35	ns ns
t_s t_f	Storage Time Fall Time	$I_C = 10\text{ mA}$ $I_{B1} = -I_{B2} = 1\text{ mA}$ $V_{CC} =$ 30 V			200 50	ns ns

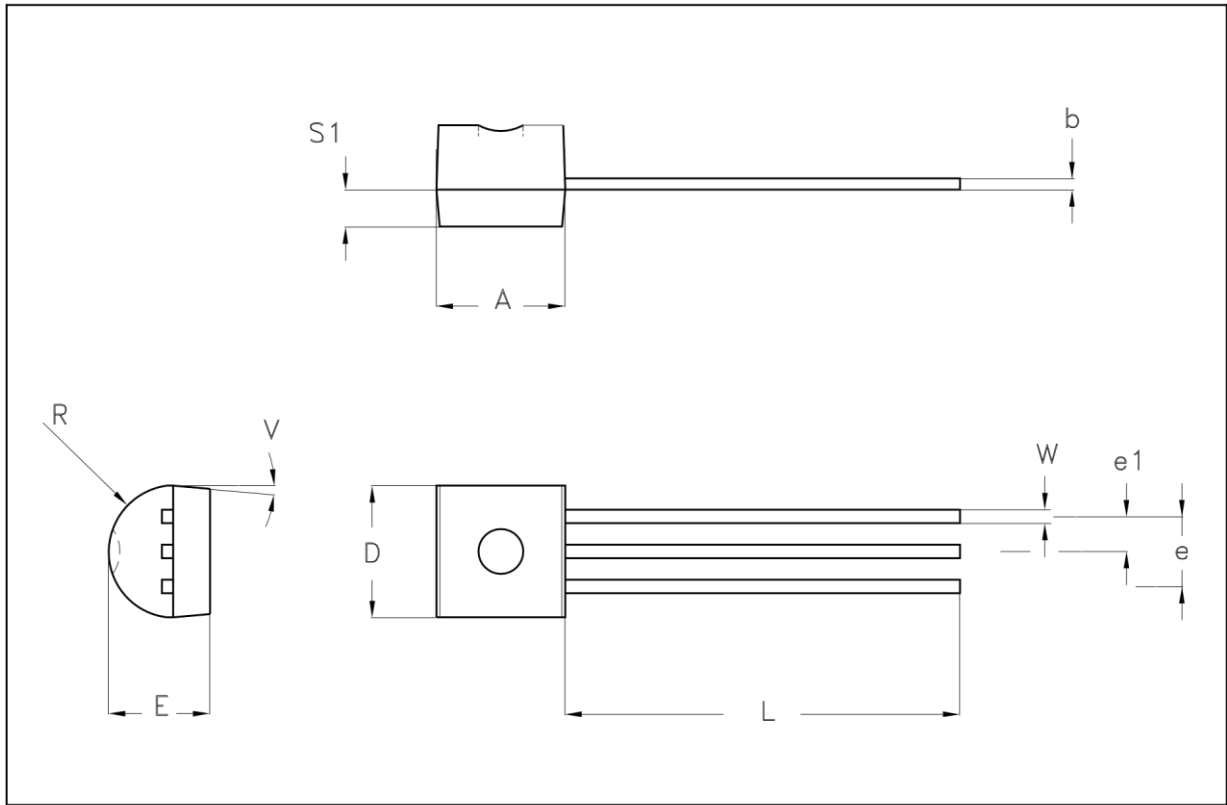
* Pulsed: Pulse duration = 300 μs , duty cycle $\leq 2\%$



2N3904

TO-92 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.32		4.95	0.170		0.195
b	0.36		0.51	0.014		0.020
D	4.45		4.95	0.175		0.194
E	3.30		3.94	0.130		0.155
e	2.41		2.67	0.095		0.105
e1	1.14		1.40	0.045		0.055
L	12.70		15.49	0.500		0.609
R	2.16		2.41	0.085		0.094
S1	1.14		1.52	0.045		0.059
W	0.41		0.56	0.016		0.022
V	4 degree		6 degree	4 degree		6 degree



BD135G, BD137G, BD139G

Plastic Medium-Power Silicon NPN Transistors

This series of plastic, medium-power silicon NPN transistors are designed for use as audio amplifiers and drivers utilizing complementary or quasi complementary circuits.

Features

- High DC Current Gain
- BD 135, 137, 139 are complementary with BD 136, 138, 140
- These Devices are Pb-Free, Halogen Free/BFR Free and are RoHS Compliant*

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage BD135G BD137G BD139G	V _{CEO}	45 60 80	V _{dc}
Collector-Base Voltage BD135G BD137G BD139G	V _{CBO}	45 60 100	V _{dc}
Emitter-Base Voltage	V _{EB0}	5.0	V _{dc}
Collector Current	I _C	1.5	A _{dc}
Base Current	I _B	0.5	A _{dc}
Total Device Dissipation @ T _A = 25°C Derate above 25°C	P _D	1.25 10	Watts mW/°C
Total Device Dissipation @ T _C = 25°C Derate above 25°C	P _D	12.5 100	Watts mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T _J , T _{stg}	-55 to +150	°C

Stresses exceeding those listed in the Maximum Ratings table may damage the device. If any of these limits are exceeded, device functionality should not be assumed, damage may occur and reliability may be affected.

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction-to-Case	R _{JC}	10	°C/W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	R _{JA}	100	°C/W

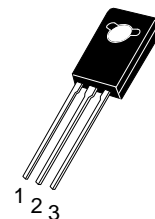
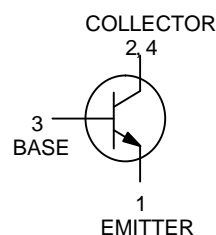
*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.



ON Semiconductor®

<http://onsemi.co>

1.5 A POWER TRANSISTORS NPN SILICON 45, 60, 80 V, 12.5 W



TO-225
CASE 77-09
STYLE 1

MARKING DIAGRAM



Y = Year
WW = Work Week
BD1xx = Device Code
xx = 35, 37, 39
G = Pb-Free Package

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
BD135G	TO-225 (Pb-Free)	500 Units / Box
BD135TG	TO-225 (Pb-Free)	50 Units / Rail
BD137G	TO-225 (Pb-Free)	500 Units / Box

BD139G	TO-225 (Pb-Free)	500 Units / Box
--------	---------------------	-----------------

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2013

December, 2013 – Rev. 17

Publication Order Number:

BD135/D

BD135G, BD137G, BD139G

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_C = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
Collector-Emitter Sustaining Voltage* (I _C = 0.03 A, I _B = 0) BD135G BD137G BD139G	BV _{CEO} *	45 60 80	–	V _{dc}
Collector Cutoff Current (V _{CB} = 30 V _{dc} , I _E = 0) (V _{CB} = 30 V _{dc} , I _E = 0, T _C = 125°C)	I _{CBO}	– –	0.1 10	A _{dc}
Emitter Cutoff Current (V _{BE} = 5.0 V _{dc} , I _C = 0)	I _{EBO}	–	10	A _{dc}
DC Current Gain (I _C = 0.005 A, V _{CE} = 2 V) (I _C = 0.15 A, V _{CE} = 2 V) (I _C = 0.5 A, V _{CE} = 2 V)	h _{FE} *	25 40 25	– 250 –	–
Collector-Emitter Saturation Voltage* (I _C = 0.5 A, I _B = 0.05 A)	V _{CE(sat)} *	–	0.5	V _{dc}
Base-Emitter On Voltage* (I _C = 0.5 A, V _{CE} = 2.0 V _{dc})	V _{BE(on)} *	–	1	V _{dc}

Product parametric performance is indicated in the Electrical Characteristics for the listed test conditions, unless otherwise noted. Product performance may not be indicated by the Electrical Characteristics if operated under different conditions.

*Pulse Test: Pulse Width ≤ 300 s, Duty Cycle ≤ 2.0%.

TYPICAL CHARACTERISTICS

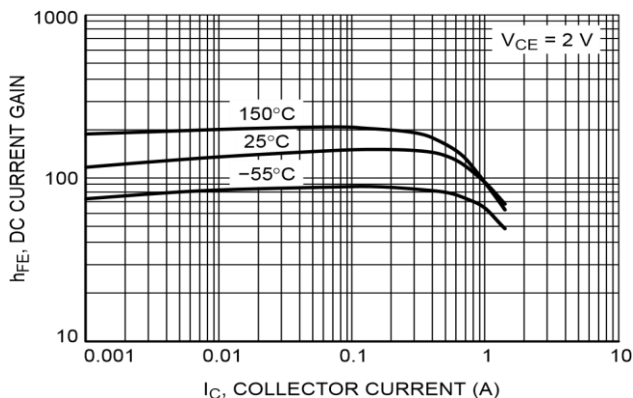


Figure 1. DC Current Gain

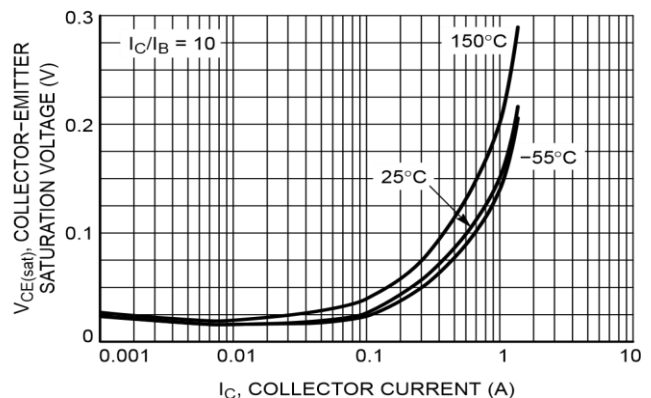


Figure 2. Collector-Emitter Saturation Voltage

BD135G, BD137G, BD139G

TYPICAL CHARACTERISTICS

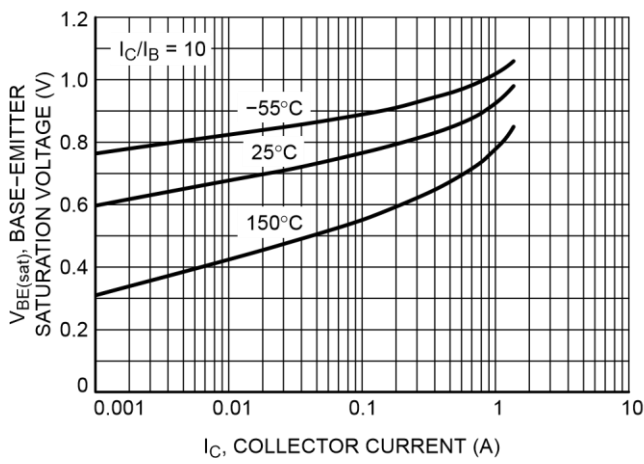


Figure 3. Base-Emitter Saturation Voltage

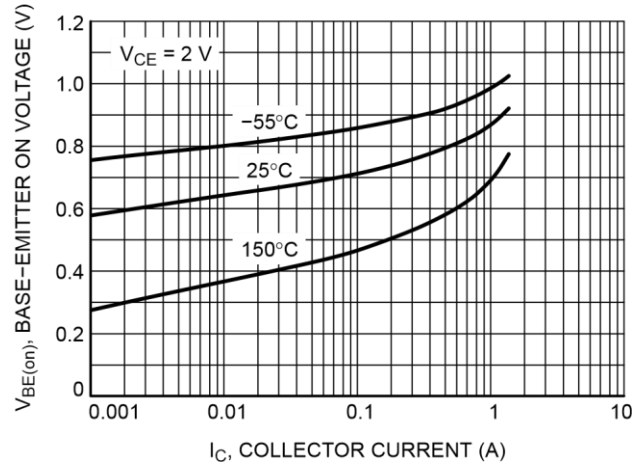


Figure 4. Base-Emitter On Voltage

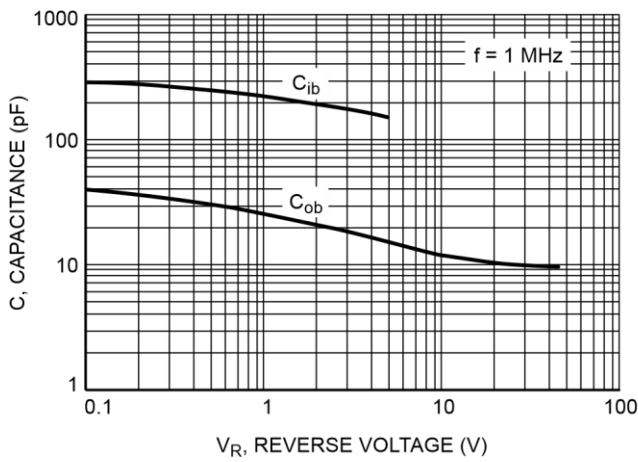


Figure 5. Capacitance

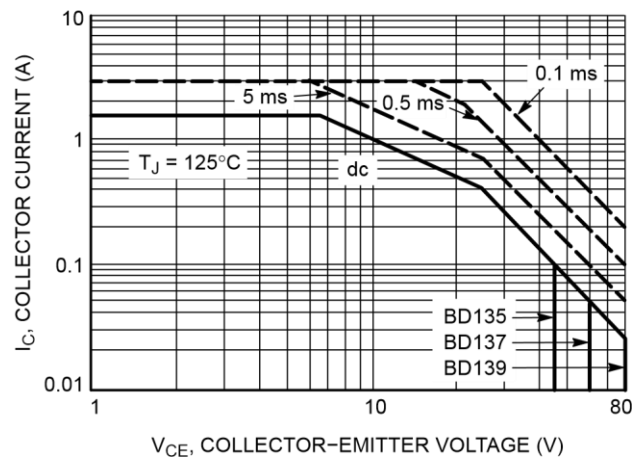


Figure 6. Active-Region Safe Operating Area

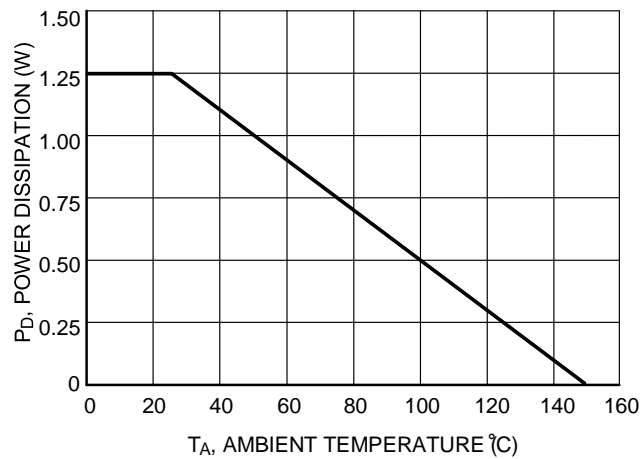


Figure 7. Power Derating

Bibliografía

- [Anupama C. Raman, 2017] Anupama C. Raman, P. R. (2017). *The Internet of Things Enabling Technologies, Platforms, and Use Cases*. Taylor and Francis Group, Boca Raton, La Florida, first edition.
- [Benjamín, 2015] Benjamín, K. (2015). Sistemas de control automático.
- [Comercio, 2015] Comercio, E. (2015). Agua potable. a cuantos peruanos les falta?
- [Fu, 2011] Fu, J. (2011). *Sensors for Industrial and Medical Applications*. Freescale Semiconductor.
- [Hamelain, 2005] Hamelain, J. (2005). Liquid level control using a pressure sensor. *Freescale Application Note AN1516*.
- [Hidrostal., 2009] Hidrostal. (2009). Equipos de bombeo para agua en casas, edificios, hoteles, restaurantes y condominios. Portada del Sol 722 Lima 36, Peru.
- [Kopetz, 2011] Kopetz, H. (2011). Internet of things. In *Real-time systems*, pages 307–323. Springer.
- [McEwen and Cassimally, 2013] McEwen, A. and Cassimally, H. (2013). *Designing the internet of things*. John Wiley & Sons.
- [Ogata, 2003] Ogata, K. (2003). *Ingeniería de control moderna*. Pearson Educación.
- [Wikipedia, 2017] Wikipedia (2017). Calibre de alambre estadounidense — wikipedia, la enciclopedia libre.
- [Xia et al., 2012] Xia, F., Yang, L. T., Wang, L., and Vinel, A. (2012). Internet of things. *International Journal of Communication Systems*, 25(9):1101.