



FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS APLICADAS

Guía de implementación de un sistema automatizado para la operación del punto de hidratación, y procesos de los hormigones preparados en concretera, insertando un sistema con microcontrolador que entregue ordenes visuales y auditivas al proceso de preparación de hormigones.

AUTOR

Santiago Rodrigo Velásquez Silva

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

**GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA
OPERACIÓN DEL PUNTO DE HIDRATACIÓN, Y PROCESO DE LOS
HORMIGONES PREPARADOS EN CONCRETERA, INSERTANDO UN
SISTEMA CON MICROCONTROLADOR QUE ENTREGUE ORDENES
VISUALES Y AUDITIVAS AL PROCESO DE PREPARACIÓN DE
HORMIGONES.**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Tecnólogo en Construcción y Domótica

Profesor Guía:

Ing. Fabricio Vélez Terreros

Autor:

SANTIAGO RODRIGO VELASQUEZ SILVA

Año

2020

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, guía de implementación de un sistema automatizado para la operación del punto de hidratación, y proceso de los hormigones preparados en concreteira, insertando un sistema con microcontrolador que entregue ordenes visuales y auditivas al proceso de preparación de hormigones, a través de reuniones periódicas con el estudiante Santiago Rodrigo Velásquez Silva, en el semestre 2019 - 2020, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



Ing. Germán Fabricio Vélez Terreros

C.I. 0603782475

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, guía de implementación de un sistema automatizado para la operación del punto de hidratación, y proceso de los hormigones preparados en concretera, insertando un sistema con microcontrolador que entregue ordenes visuales y auditivas al proceso de preparación de hormigones, del estudiante Santiago Rodrigo Velásquez Silva, en el semestre 2019 - 2020, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the printed name of the professor.

Arq. Francisco Javier Zaldumbide Zurita

CI: 1718906280

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Santiago Rodrigo Velásquez Silva', is written over a horizontal line.

Santiago Rodrigo Velásquez Silva

CI: 1715002877

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios y a mi familia por la confianza, salud, y tiempo para poder culminar con éxito este objetivo.

Gracias a cada uno de mis formadores que con vocación impartieron sus conocimientos en mi aula de estudio y fueron ese apoyo fundamental para apuntillar este proyecto.

DEDICATORIA

Dedicado a mi familia, compañeros de trabajo y de vida que me han apoyado a lo largo de estos años, siendo ese motor que impulsó cada momento difícil, momentos duros que la vida nos coloca al frente, siendo ese apoyo incondicional de vida y haciéndose merecedores de un reconocimiento al culminar con éxito los objetivos planteados a lo largo de estos años.

RESUMEN

El presente proyecto se centra en un sistema automatizado útil para el proceso de los hormigones, donde la actividad de la construcción se origina plantas de producción que manejan porciones de arena en un 34%, grava 48%, cemento 12% y agua en un 6%; dónde los fenómenos sísmicos han creado la necesidad de tener edificaciones seguras; teniendo en cuenta que el 60% de construcciones han sido realizadas sin una planificación, ni control de materiales y sin mano de obra calificada.

El principal problema describe el desorden y falta de control en la preparación de hormigones, en una concreteira de capacidad para un saco de aglutinante; donde se ha desarrollado una gran variedad de procesos útiles en la estructuración y abastecimiento de hormigón sin que permita respaldar su trabajo, generándose inconvenientes en obras de menor volumen; originando mala calidad del concreto el cual no alcanza la resistencia requerida, dándose estructuras deficientes, con una mezcla inadecuada.

La solución a los problemas definidos se ha iniciado seleccionando un controlador, con el diseño del hardware sobre la base a la integración de los componentes detallados que sirvan en el funcionamiento, empleándose pulsadores de bajo rebote conectados sendas entradas en el Arduino, visualizándose el tipo de mezclas, así como los parámetros necesarios en una pantalla LCD, dosificando materiales determinados en un caudal requerido, donde la preparación de hormigón para contrapisos requiere una expulsión de salida de agua de 0.625 min; en tanto que la estructuración de plintos necesita un tiempo de 0.7 min y la dosificación 0.625 min. Dónde la práctica se da basándose en la conexión del protoboard a los relés mediante el empleo de los puentes, ubicando los leds y LCD.

Palabras claves: sistema automatizado, edificaciones seguras, preparación de hormigón, dosificación de materiales.

ABSTRACT

This project focuses on an automated system useful for the concrete process, where the construction activity originates from production plants that handle portions of sand at 34%, gravel at 48%, cement at 12% and water at 6%; where seismic events have created the need for safe buildings; bearing in mind that 60% of the constructions have been carried out without planning, material control and without skilled labor.

The main problem describes the disorder and the lack of control in the preparation of concretes, in a cement mixer with capacity for a binder bag; where a great variety of useful processes has been developed in the structuring and supply of concrete without allowing its work to be supported, creating inconveniences in smaller volume works; originating a poor quality of the concrete that does not reach the required resistance, giving deficient structures, with an inadequate mix.

The solution to the defined problems was started by selecting a controller, with the hardware design based on the integration of the detailed components that serve in the operation, using low bounce buttons connected to each input on the Arduino, showing the type of mixes, as well as the necessary parameters on an LCD screen, dosing certain materials at a required flow rate, where the preparation of concrete for subsoils requires a water outlet expulsion of 0.625 min; while the base structure requires a time of 0.7 min and a dose of 0.625 min. Where the practice is based on connecting the breadboard to the relays using the jumpers, locating the LEDs and the LCD screen.

Keywords: automated system, secure buildings, concrete preparation, material dosing.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO I. GENERALIDADES.....	2
1.1. Antecedente.....	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4. Alcance	6
1.5. Justificación del proyecto	7
1.5.1. Justificación Teórica.....	7
1.5.2. Justificación Práctica.....	8
1.5.3. Justificación Metodológica	8
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Hormigón	11
2.1.1. Proceso Productivo del Concreto	11
2.1.1.1. Características de los materiales	12
2.1.2. Clasificación de las plantas concreteras.....	15
2.1.3. Concreteras	18
2.2. Hidratación del concreto: agua de curado y agua de mezclado	19
2.2.1. Estudio microestructural de los procesos de hidratación	20
2.2.2. Aspectos a tomar en cuenta en Fabricación del hormigón	21

2.2.3.	Tiempo de fraguado del hormigón.....	22
2.3.	Dispositivos electrónicos	23
2.3.1.	El resistor	23
2.3.2.	El capacitor	24
2.3.3.	El diodo.....	25
2.3.4.	El relevador.....	26
2.4.	Automatización de procesos industriales	26
2.4.1.	Modelo estructural de un sistema automatizado	27
2.4.2.	Parámetros a determinar en el proceso.	28
2.4.3.	Factores de análisis al realizar una automatización	30
2.4.4.	Tipo de mezcla automatizada	31
2.4.5.	Elementos del control de una automatización	32
2.4.6.	Plataformas de desarrollo	32
3.	CAPÍTULO III. EJECUCIÓN DEL PROYECTO	34
3.1.	Selección del controlador	34
3.2.	Descripción de materiales e instrumentos utilizados	35
3.3.	Diseño del Hardware.....	52
3.4.	Dosificación de materiales	58
3.4.1.	Hormigón	58
3.4.2.	Dosificación de materiales en base al caudal requerido.....	59
3.4.2.1.	Pulsador 1 (Preparación de hormigón para contrapisos).....	59
3.4.2.2.	Pulsador 2 (Preparación de hormigón para plintos)	60
3.4.2.3.	Pulsador 3 (Dosificación de materiales)	61

3.5.	Elaboración de hormigón en concretera de un saco tradicional	62
3.6.	Elaboración de hormigón en concretera en un sistema automatizado.	63
4.	CAPÍTULO IV. IMPLEMENTACIÓN.....	66
4.1.	Ejecución de la práctica	66
4.2.	Diagramas esquemáticos.....	76
4.3.	Descripción	77
4.3.1.	Programa Principal.....	77
4.4.	Cronograma de actividades	92
5.	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
5.1.	Conclusiones	93
5.2.	Recomendaciones	96
	Referencias.....	97
	Anexos.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aplicación del cemento	13
Tabla 2. Clasificación de los agregados.....	13
Tabla 3. Tipo de impurezas	14
Tabla 4. Clasificación de los aditivos	15
Tabla 5. Aspectos principales en la fabricación de hormigón.....	22
Tabla 6. Análisis de características requeridas en el controlador.....	34
Tabla 7. Multímetro.....	35
Tabla 8. Capacitor electrolítico	36
Tabla 9. Capacitor cerámico	37
Tabla 10. Pantalla LCD 16X2	38
Tabla 11. Potenciómetro.....	39
Tabla 12. Arduino	40
Tabla 13. Protoboard	41
Tabla 14. Puentes	42
Tabla 15. Pulsadores de 2 pines.....	43
Tabla 16. Relés electrónicos.....	44
Tabla 17. Uniones	45
Tabla 18. Cinta de Teflón.....	46
Tabla 19. Abrazaderas	47
Tabla 20. Bomba Periférica	48
Tabla 21. Resistencia de 200 Ohmios	49
Tabla 22. Led.....	50

Tabla 23. Manguera de Ø 1"	51
Tabla 24. Proceso de elaboración del hormigón 180 Kg/cm ³	64
Tabla 25. Proceso de elaboración del hormigón 210 Kg/cm ³	64
Tabla 26. Proceso de elaboración del hormigón 240 Kg/cm ³	64
Tabla 27. Análisis 1 para la preparación del hormigón.....	64
Tabla 28. Análisis 2 para la preparación del hormigón.....	65
Tabla 29. Armado, paso I.....	66
Tabla 30. Armado, paso II.....	67
Tabla 31. Armado, paso III.....	68
Tabla 32. Armado, paso IV	69
Tabla 33. Funcionamiento I	70
Tabla 34. Funcionamiento II	71
Tabla 35. Funcionamiento III	72
Tabla 36. Funcionamiento IV	73
Tabla 37. Funcionamiento V	74
Tabla 38. Funcionamiento VI	75
Tabla 39. Cronograma de actividades	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Árbol de problemas	4
Figura 2: Diagrama del proceso productivo de elaboración de concreto	12
Figura 3: Clasificación de las plantas dosificadoras de hormigón.....	16
Figura 4: Sistemas del proceso de dosificación	18
Figura 5: Concretera de ½ saco	19
Figura 6: Concretera de 1 saco	19
Figura 7: Modelo estructural de un sistema automatizado.....	27
Figura 8: Desarrollo de una red de transferencia de datos	28
Figura 9: Desarrollo de una red de transferencia de datos	29
Figura 10: Configuración de parámetros	31
Figura 11: Configuración de la mezcla	32
Figura 12: Conexión de los botones de selección de tipo de mezcla y botón de pausa.	52
Figura 13: Conexión de la pantalla LCD.....	53
Figura 14: Conexión de los LEDs señalizadores de proceso.....	54
Figura 15: Conexión del Buzzer para señalización acústica.....	55
Figura 16: Conexión del Módulo de relé a pin de salida del Arduino.	55
Figura 17: Diagrama de fuerza para manejo de la bomba de agua a través de un módulo de relé controlado por Arduino.....	56
Figura 18: Esquema simplificado del sistema, incluyendo botón de paro de emergencia.	57

Figura 19: Esquema del sistema eléctrico.....	58
Figura 20: Máquina concretera	59
Figura 21: Diagrama de Control	76
Figura 22: Diagrama de Fuerza.....	76
Figura 23: Diagrama de flujo del programa principal.	78
Figura 24: Diagrama de flujo de la subrutina para preparación de concreto de 180kg/cm ²	81
Figura 25: Diagrama de flujo de la subrutina para preparación de concreto de 210kg/cm ²	82
Figura 26: Diagrama de flujo de la subrutina para preparación de concreto de 210kg/cm ²	83
Figura 27: Interrupción de Pausa.	91

INTRODUCCIÓN

El hormigón es uno de los materiales de construcción, constituido de varios aditamentos que deben ser repartidos en proporciones definidas; dónde la reacción de hidratación es aquella en la que el cemento se transforma en un agente aglomerante; debido a los procesos químicos responsables de la formación de nuevos compuestos, que generan propiedades mecánicas útiles en las aplicaciones estructurales; donde un proceso complejo y dinámico, se va dando según el tiempo y las fases en las que van sucediendo distintas reacciones químicas.

Los procesos productivos del concreto mediante un premezclado para luego ser transportado y utilizados en proporciones correctas de materiales; los cuales son útiles en la elaboración de hormigones de buena textura y resistencia según el tipo de estructura o requerimiento. Está compuesto de arena que es un elemento de desintegración obtenido de las rocas, grava son compuestos gruesos encontrados en canteras, cemento es un material capaz de endurecerse, agua es preferible que se potable y aditivos son sustancias que modifican las propiedades durante la mezcla.

La mezcla de hormigones se da en concreteiras las cuales facilitan el proceso de mezclado para obtener un hormigón deseado según su diseño, donde el tema de hidratación es muy considerable el cual se da con agua de mezclado en la proporción que el concreto requerido según el volumen para que el cemento se hidrate y logre las condiciones adecuadas para una óptima manejabilidad. El agua de curado para el concreto ya endurecido para que llegue a niveles de resistencia planteado, su importancia radica en las condiciones en las que el concreto pierde agua; ya sea por altas temperaturas o por el calor que pueda existir a su alrededor las condiciones del viento, entre otros.

1. CAPÍTULO I. GENERALIDADES

1.1. Antecedente

La actividad de la construcción se origina desde el principio de los tiempos evolucionando de acuerdo con las necesidades del ser humano, tecnificándose con el descubrimiento de las reacciones que se dan cuando se fusionan distintos materiales, que optimizan el trabajo de los elementos estructurales para uso y conveniencia de la construcción, a nivel mundial la importancia radica en aplicaciones como tuberías, elaborándose una guía técnica de hormigones para el desempeño artesanal, los cuales no crean productos eficientes de calidad, utilizando plantas de producción que manejan porciones de arena en un 34%, grava 48%, cemento 12% y agua en un 6%.

En el país se ha logrado automatizar muchos procesos industriales, en forma macro y de la mano de este concepto están muy conocidas hormigoneras que ofrecen producto con garantías y normas internacionales, las cuales están ligadas a trabajos de gran alcance y magnitud, dejando como deficiente el trabajo manual como hace algunos años se lo desempeñaba en las diferentes obras.

Los fenómenos sísmicos que han existido en los últimos tiempos, han creado la necesidad de tener edificaciones seguras, que no representen riesgo para la vida de los habitantes, ya que el 60% de las construcciones de la ciudad, han sido realizados sin una planificación, ni control de materiales, ni normativas y sin mano de obra calificada, que pueda brindar el servicio de calidad que entregan las diferentes empresas de tipo constructoras, en sitios donde se realizan hormigones de forma manual de tipo artesanal o con la ayuda de concreteras de un saco de capacidad, exigiendo a los fabricantes estandarizar los procesos de manufacturación así como la maquinaria base que utilizan. (Jácome, 2017)

1.2. Formulación del problema

Se ha llegado a desarrollar a nivel industrial una gran variedad de procesos para la preparación y abastecimiento de hormigón a las diferentes partes del país, en los cuales el constructor necesita brindar garantías que permitan respaldar su trabajo, pero existe un problema cuando se trata de recurrir a la preparación de hormigón en pequeñas cantidades, cuando el avance de obra debe ser paulatino en los trabajos de menor volumen como en la elaboración de aceras, bordillos, cajas de revisión, pequeños plintos, cunetas, zanjas, etc.

En la elaboración de aceras, bordillos, cajas de revisión, pequeños plintos, cunetas, zanjas, etc., sin dejar a un lado la importancia que se da en obras de gran magnitud, siempre que se necesita preparar de la misma forma hormigón para los elementos pequeños con un volumen menor a un metro cúbico, preparándose manualmente con personal muchas veces no calificado, tratando de ser lo más cuidadosos posibles con las cantidades de material, humedad y tiempo de mezclado necesarios, dejando a consideración a un encargado con los conocimientos del caso, sin tener la certeza de que ese hormigón sea realizado de una manera correcta para que cumpla con la resistencia que el elemento necesita para su correcto funcionamiento, y aumentando volúmenes de aglutinante o de agua para tratar de asegurar la eficiencia de la preparación sin darse cuenta que esto produce un desperdicio de los mismos.

Por esta razón se ha fundamentado el problema, en el desorden que se genera, Al agregar cada elemento de elaboración reduciendo la calidad del mismo o generando fallas como no llevar un orden al incorporar los agregados sin llevar una medida del punto de hidratación tratando de llegar al mismo con una apreciación visual de la viscosidad de la mezcla generando una ineficiencia en su desempeño de resistencia y causando problemas de oxidación prematura en el hierro con el que se fusiona, en la preparación de hormigón en concreteiras de un saco, por lo que al automatizar el proceso para elaborar hormigón en la misma estructura de la concreteira, mediante la inserción de un microcontrolador, que permita tener un manejo eficiente, con tiempos de mezclado y humedad

necesaria, garantizando su funcionamiento mecánico de manera correcta, optimizando el desempeño de la máquina en la preparación de elementos.

Al no tener el énfasis en este proceso, se tendría efectos en la preparación del hormigón por exceso o falta de agua, cuando ya está vertido en el área de trabajo y se comienza a ver los primeros efectos visuales generados por su mala calidad, al dejar fraguar el material sin alcanzar la resistencia requerida para el elemento que se está trabajando, dejando como resultado una estructura deficiente, la cual presenta problemas a largo plazo, como la oxidación prematura del hierro en elementos de hormigón armado o burbujas de aire dentro del elemento fundido.

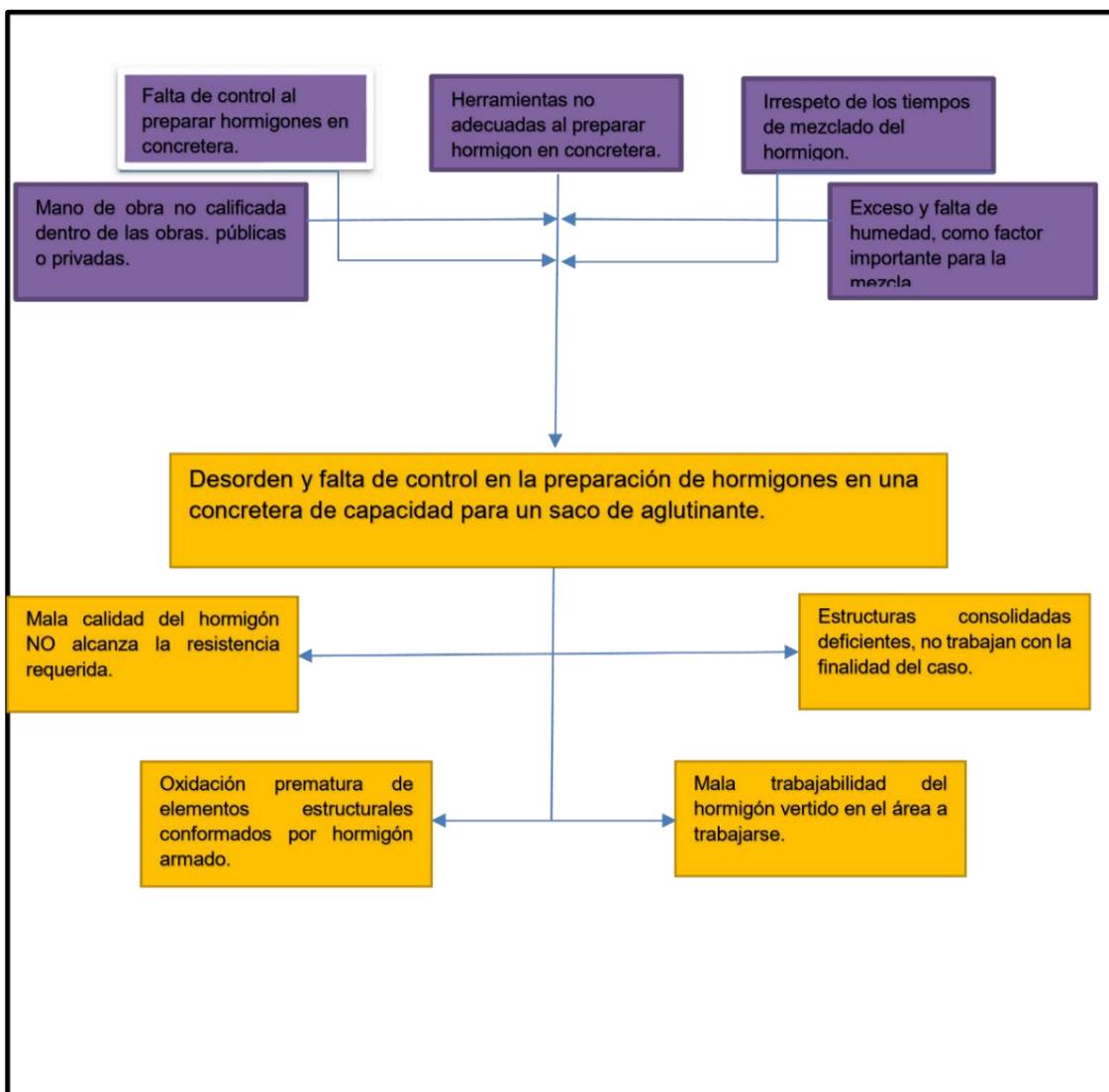


Figura 1: Árbol de problemas

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Elaborar una guía práctica de implementación de un sistema automatizado en una concreteira con capacidad para un saco de aglutinante mediante un microcontrolador (Arduino), para lograr un proceso eficiente al elaborar hormigones en la misma, optimizar el gasto de materiales y regular la cantidad de agua que es abastecida a la mezcla.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el proceso técnico para la elaboración de hormigones en concreteira.
- Informe técnico de los ensayos en el sitio de algunas obras realizadas con concreteira.
- Realizar un sondeo a profesionales en obras públicas y privadas sobre el proceso de realización de hormigones en obra con concreteira y su grado de garantía al elaborarlos en obra.
- Análisis de la elaboración de hormigones en concreteiras con capacidad de un saco de aglutinante.
- Análisis de desperdicios al fabricar hormigones en obras de difícil acceso.
- Análisis del número de trabajadores que se necesita para elaborar hormigones con concreteira y su desempeño.
- Determinación del personal para operar este tipo de maquinaria.
- Determinar las variables que se usarán para automatizar el proceso y como se medirán.
- Realizar la programación requerida para operar un microcontrolador arduino.

- Adecuación de la estructura de la máquina para la inserción del sistema de automatización.
- Implementación del circuito de control en base al problema planteado.
- Informe de pruebas de trabajo y rendimiento con la caja en marcha dentro de la concreteira.

1.4. Alcance

Tomando en cuenta el trabajo a realizarse se requiere elaborar un estudio de hormigones realizados en concreteiras de un saco, cada uno de los mismos de acuerdo a su dosificación tanto de agregados como de aglutinante según la resistencia necesaria.

En la guía se reflejará cada una de las actividades y necesidades de conocimientos útiles para el desarrollo, del operario de la maquina como de los ayudantes para la elaboración de las mezclas.

En la parte eléctrica se necesitará la implementación de un microcontrolador que automatice tiempos, que genere componentes visuales para la elaboración del concreto, lo cual se va a dar mediante el uso de un microcontrolador (Arduino), el cual ayudará al control en baja potencia para la manipulación de una bomba de agua enfocada a resolver el problema con la programación

La utilización de un microcontrolador significa el trabajo en baja potencia, en el cual se plantea otro problema que se da al utilizar el programa en alta potencia, mediante el uso de relés, los cuales ayudan para que las máquinas de mayor potencia sean controladas.

Una vez insertado el sistema a la máquina se procederá a realizar las pruebas de funcionamiento en conjunto, efectuándose pruebas de campo con el cono de Abrams, donde se revisa su nivel de asentamiento para verificar su consistencia, fabricándose probetas de hormigón para efectuar ensayos de compresión comprobando su manufacturación, mediante su optimización.

1.5. Justificación del proyecto

1.5.1. Justificación Teórica

Para la implementación de este proyecto ha sido fundamental los conocimientos adquiridos en esta carrera, poniendo en práctica las siguientes materias:

- Propedéutico técnico de matemáticas
- Introducción a la computación
- Introducción a la construcción
- Matemática básica
- Electricidad básica
- Dibujo para construcciones
- Instalaciones eléctricas
- Aplicaciones numéricas
- Materiales de construcción
- Maquinarias de construcción
- Lectura de planos
- Análisis de costos de construcción
- Administración de obra
- Maquinarias de construcción
- Seguridad e higiene en el trabajo
- Estructuras
- Edificación y obra civil
- Programación de equipos domóticos
- Bases de electrónica
- Bases de circuitos digitales
- Cableado de sistemas demóticos
- Proyectos domóticos.

1.5.2. Justificación Práctica.

Insertando este sistema a una concreteira para realizar hormigones en obra, tanto el cliente como el constructor serán los más beneficiados, ya que el factor principal será la elaboración de un hormigón de calidad que este reducido en un alto porcentaje el error de volúmenes y tiempos de mezclado, además del manejo eficaz del equipo controlado por el personal que opera la máquina.

El microcontrolador Arduino será programado para que cualquier usuario con previa capacitación pueda elaborar las diferentes clases de hormigón que se necesita en obras civiles, brindando un mayor control de calidad del mismo.

Además, a nivel general se beneficiarán en su totalidad los constructores y los usuarios de la obra ya que las garantías de la elaboración de sus estructuras se verán reflejada en la calidad del hormigón, elaborado con este sistema de fabricación, dejando así una satisfacción y ahorro dentro de la construcción de elementos estructurales que contengan hormigones hechos en concreteira.

1.5.3. Justificación Metodológica

La justificación metodológica se da de la siguiente manera:

- Mediante una visita técnica a una construcción en actividad, se determinará el proceso práctico para la elaboración de hormigones en concreteiras, comparando el teórico para analizar las deficiencias.
- Para realizar el estudio técnico en el sitio, será necesario elaborar ensayos en un determinado laboratorio.
- Elaborar encuestas a profesionales con experiencia en obras públicas y privadas, sobre el proceso de fabricación de hormigones en obra con concreteira y su grado de garantía al elaborarlos en obra.
- Otro factor es la utilización de un manual de uso de los fabricantes de concreteiras, para analizar las partes técnicas de su funcionamiento y poder deducir el proceso de la máquina para la elaboración del hormigón.

- Mediante una visita técnica, se observa un proceso para elaboración de un metro cubico de hormigón, tanto de volumen preparado como de rendimiento en el sitio, disminuyéndose el porcentaje de desperdicio, mediante una comparación teórica – práctico del proceso.
- Tomando datos de las visitas realizadas a las diferentes obras de la cantidad de personal necesario y su preparación técnica, se determinará el número de trabajadores y su desempeño en cada una de las actividades a realizar para garantizar el trabajo óptimo.
- Con los datos obtenidos en las visitas técnicas y las encuestas realizadas a los diferentes profesionales, se determinará el conocimiento que debe tener cada una de las personas que participan en la elaboración de los hormigones.
- Realización de un estudio del proceso, buscando los elementos que se necesitan para medir volúmenes de agregados y así determinando las variables que se usarán para controlar el proceso y los equipos que se necesitan para la medición automatizada del proceso.
- Después de determinar los procesos que se necesitan insertar, se realizará la programación requerida para que opere el microcontrolador mediante un software gratuito propio de la empresa Arduino.
- Se adicionará en la tapa del motor de la concreteira una estructura ligera que permitirá adecuar la misma para la inserción del sistema de automatización.
- Se realizará la instalación de cableado con los elementos electrónicos y el microcontrolador, la cual podrá reemplazar al técnico encargado del proceso.
- Mientras se realizan los trabajos en la caja de se realizará el diagrama del circuito eléctrico a implementar mediante aspectos técnicos adquiridos.

- Para finalizar el proyecto se realizará pruebas de trabajo y rendimiento con la caja en marcha de la concreteira tomando datos, de lo que se requiere optimizar en el proceso tanto de materiales, mano de obra y tiempos de elaboración.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Hormigón

Es una conjunción del término “fórmico” que quiere decir moldeable o dar forma, nombrado también como concreto, el cual se genera de la mezcla de cemento en un 12%, arena 34%, grava 48% y agua 6%. (Falconí & Pincha, 2012)

2.1.1. Proceso Productivo del Concreto

Según Alca, Maldonado, Reátegui (2019), el concreto se puede preparar mediante un proceso de premezclado para luego ser transportado utilizados en proporciones correctas de materiales para elaborar concreto de buena textura y resistencia según el tipo de estructura o requerimiento, el cual este compuesto de:

- **Arena:** Elemento fino que se obtiene de la desintegración de las rocas.
- **Grava:** Elemento grueso, encontrado en canteras y lechos de ríos en forma natural (Material Pétreo desintegrado).
- **Cemento:** Material molido que se genera con la cantidad adecuada de agua para formar una pasta capaz de endurecerse.
- **Agua:** Es de preferencia potable.
- **Aditivos:** Es la sustancia que modifica las propiedades del concreto durante la mezcla.



Figura 2: Diagrama del proceso productivo de elaboración de concreto

Fuente: (Alca, Maldonado, & Reátegui, 2015)

2.1.1.1. Características de los materiales

Las características principales que tienen los materiales que forman el concretos son:

- **Cemento**, es un componente constituido por varios materiales fragmentados, endureciéndose al contacto con el agua.

Las propiedades del cemento de adhesión y cohesión por su aplicación generado debido a su endurecimiento son:

Tabla 1. Aplicación del cemento

APLICACION
Uso común, sin necesidades especiales.
Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del Tipo I, donde se desea incorporación de aire.
Cuando se desea una moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del Tipo II, donde se desea incorporación de aire.
Para usarse cuando se desea alta resistencia inicial o temprana.
Cemento con incorporador de aire para el mismo uso que el Tipo III, donde se desea incorporación de aire.
Para usarse cuando se desea bajo calor de hidratación.
Para usarse cuando se desea alta resistencia a la acción de los sulfatos.

Fuente: (Falconí & Pincha, 2012)

- **Agregados**, son cualquier sustancia sólida que brinda resistencia mecánica al concreto.

Tabla 2. Clasificación de los agregados

AGREGADO	TAMAÑO DE LAS PARTICULAS	NOMBRE CORRIENTE
Fracción muy fina	< 0,002mm	Arcilla
	0,002mm – 0,074mm	Limo
Fino	0,075mm – 4,76mm	Arena
Grueso	4,76mm – 19,1mm	Gravilla
	19,1mm – 50,8mm	Grava
	50,8mm – 152,4mm	Piedra
	> 152,4 mm	Rajón o Piedra bola

Fuente: (Falconí & Pincha, 2012)

- **Agua**, permite que desarrolle la capacidad ligante del cemento, en base a características de resistencia y trabajabilidad del concreto.

Tabla 3. Tipo de impurezas

TIPO DE IMPUREZAS	VALOR MÁXIMO RECOMENDADO (partes por millón)
Ácidos inorgánicos (ácido sulfúrico)	10000 ppm
Aceite mineral (por masa de cemento)	2%
Aguas con algas	NO RECOMENDABLE
Agua de mar: Para concreto no reforzado	3500 ppm
Para concreto pretensado o reforzado	NO RECOMENDABLE
Aguas sanitarias	20 ppm
Carbonato de calcio y magnesio	400 ppm
Cloruro de calcio	30000ppm
Cloruro de magnesio	40000 ppm
Hidróxido de potasio (por masa de cemento)	1,2%
Hidróxido de sodio (por masa de cemento)	0,5%
Partículas en suspensión pH 6-8	2000 ppm
Sales de hierro	40000 ppm
Sales de magnesio, estaño, zinc, cobre y plomo	500 ppm

Fuente: (Falconí & Pincha, 2012)

- **Aditivos**, permiten modificar la mezcla de manera controlada, según normativas y organismos.

Tabla 4. Clasificación de los aditivos

TIPO	CARACTERÍSTICAS
A	Reductor de agua
B	Retardador de fraguado
C	Acelerador de fraguado
D	Reductor de agua y retardador
E	Reductor de agua y acelerador
F	Reductor de agua de alto efecto
G	Reductor de agua de alto efecto y retardador
S	Aditivos de comportamiento específico

Fuente: (Falconí & Pincha, 2012)

2.1.2. Clasificación de las plantas concreteras

Abarca (2013), dice que las plantas concreteras a nivel industrial se dividen según sus características como se detalla en la Figura 3.

Según el tipo de concreto que se produce

1. Plantas de Mezclado: Interviene en la producción una mezcladora que ayuda a homogenizar la masa del premezclado.
2. Plantas de dosificado: Interviene en el dosificado cuya característica es que no tiene las mezcladoras, y se dosifica sus componentes en un camión concretera que homogeniza la mezcla.
3. Plantas de Grava Cemento: Es la producción de mezcla en forma semi - seca de grava dosificando y pesando los elementos de forma continua.

Según la movilidad de la planta

1. Plantas Fijas: Lugares destinados para producción con instalaciones fijas.
2. Plantas Móviles: Los trabajos u obras se trasladan a un lugar determinado hasta la finalización de un proyecto y se instala y ensambla en el lugar de trabajo.

Según el sistema de acopio de agregados

1. Plantas verticales: El acopio es por la parte superior de la planta mediante la elevación previa antes del almacenamiento.
2. Plantas horizontales: El acopio se lo realiza a nivel del suelo de la planta y para la producción del hormigón se dosifica y eleva hasta la planta del concreto.

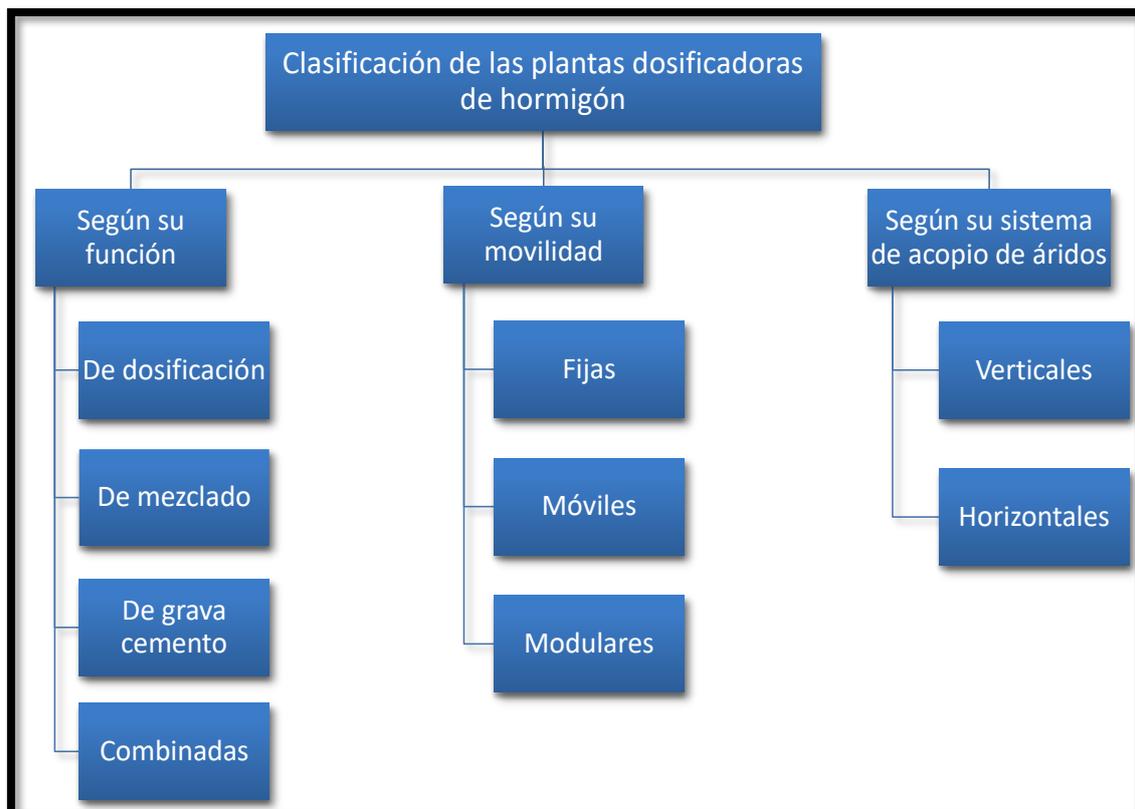


Figura 3: Clasificación de las plantas dosificadoras de hormigón

Fuente: (Abarca, 2013)

Según Abarca (2013), la planta de concreto está integrada por elementos tales como:

1. **Batería de Tolvas:** Recipientes que trabajan en conjunto a gran capacidad donde se almacena el agregado que se usa en el proceso de fabricación. Según el número de recipientes será igual al número de agregados que use la planta.
2. **Sistema de Pesaje de Agregados:** Este sistema pasa la cantidad programada según la dosificación del agregado en la matriz de concreto, se usa una cinta pesadora para los distintos tipos de agregados dentro del ciclo de pesaje, o también se puede utilizar un sistema de tolvas pesadoras que independientemente pesan cada tipo de agregado.
3. **Sistema de elevación y transporte de agregados:** Las soluciones más óptimas en este proceso se definen con cintas transportadoras como un sistema más confiable. Además, los elevadores de cangilones ocupan menor espacio en la planta.
4. **Silos de Cemento:** Donde se almacena el cemento incorporando sistemas de filtrado, válvulas de seguridad de sobrepresión, sistemas de niveles y de inyección de aire que evitan la aparición orificios en la masa del cemento almacenado y cuya extracción se realiza directamente por gravedad.
5. **Transportadores de cemento:** El tornillo sin fin ayuda como método de transporte.
6. **Sistema de Pesaje de cemento:** Mediante una báscula o tolva pesadora que incorpora células de carga.
7. **Sistema de pesaje de agua:** Se usa el mismo sistema del numeral anterior, aunque también existe la posibilidad económica de usar un contador de agua de medición volumétrica.

- 8. Mezcladora:** Se usa en las plantas de concreto de premezclado según el tipo de concreto producido, la viscosidad, la homogeneidad y el tamaño de agregados.
- 9. Sistema de Control:** Son sistemas automatizados en las plantas de concreto que tienen sistemas integrados de control de peso y producción.

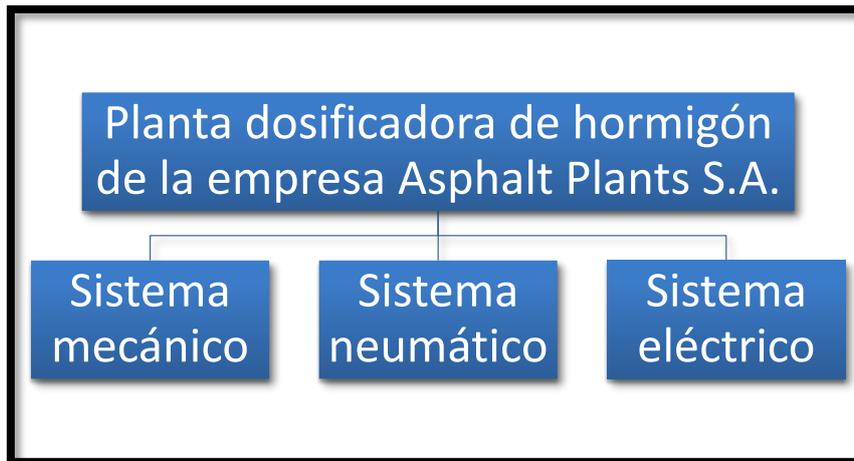


Figura 4: Sistemas del proceso de dosificación

Fuente: (Abarca, 2013)

2.1.3. Concreteeras

Estas maquinarias contribuyen y facilitan el proceso de mezclado para obtener el concreto deseado según su diseño y la capacidad que tiene el motor ensamblado en la misma.

CONCRETERA 1½ SACO



✚ CONCRETERA 1½ SACO



Figura 5: Concretera de ½ saco
Fuente: (Macas & Vallejo, 2010)

✚ CONCRETERA 1 SACO



Figura 6: Concretera de 1 saco
Fuente: (Macas & Vallejo, 2010)

2.2. Hidratación del concreto: agua de curado y agua de mezclado

Para el tema a tratar donde el punto de hidratación es fundamental se puede mencionar que el agua como componente del proceso en una concretera realiza una serie de reacciones en el material en sus propiedades físicas y mecánicas dependiendo de ella el desempeño del concreto y su aplicación.

Según Osorio (2010), los factores que intervienen en el proceso de hidratación del concreto es:

Agua de Mezclado: Es la proporción que el concreto requiere según el volumen para que el cemento se hidrate y lograr las condiciones adecuadas para una óptima manejabilidad del mismo.

Agua de Curado: Esta cantidad de agua adicional para el concreto ya endurecido para que llegue a niveles de resistencia planteado, su importancia radica en las condiciones en las que el concreto pierde agua, ya sea por altas temperaturas o por el calor que pueda existir a su alrededor las condiciones del viento, etc.

Diseño de la Mezcla: Relación agua/cemento esta mezcla determina la resistencia y durabilidad del cemento, se recomienda relaciones agua/cemento bajas (0.45) ayudan en la resistencia de los componentes para la compresión y mejor desempeño en su estructura para contrarrestar el embate de agentes del medio ambiente y con respecto a su durabilidad.

En ciertos casos si se utilizara agua de mar se aplica en concretos que no requieran un refuerzo metálico, pues sus sales afectan los elementos componentes de la varilla, es por ello que se detalla el control de uso del agua como agente de hidratación, ya que en el cemento se requiere proporcionar propiedades de fraguado y endurecimiento en un sólido compacto con los agregados.

2.2.1. Estudio microestructural de los procesos de hidratación de cementos con adiciones

Se ha considerado tomar en cuenta el proceso de hidratación para ciertos elementos que se pueden fabricar en una concretera, por ello se manifiesta un estudio microestructural y de los procesos de hidratación de los cementos con adiciones, mediante micropartículas esféricas vítreas que se adicionan al cemento durante el proceso de formado, para obtener el material deseado se analiza la composición mediante la química del aluminio y silicio, disminuyendo la cantidad de CaCO_3 para ayudar a reducir la contaminación de CO_2 . En la

aplicación de este proceso el producto obtenido se puede presentar una finura adecuada reduciendo así las emisiones de CO₂ por el ahorro de combustible que se realiza en el molino, esto ayuda a obtener materiales cementantes variados si es el caso de escasos de caliza. (Monteagudo, 2014)

Para determinar el grado de hidratación se verifica mediante Ensayo de ATD_TG, el cual se adapta a la norma ASTM E 1131, 2008, que pone de manifiesto el análisis termogravimétrico y composicional de sólidos y líquidos para evaluar la pasta obtenida para el caso del Cemento Pórtland ordinario objeto del tema de estudio. Se detallan a continuación las gráficas de su aplicación. (Monteagudo, 2014)

Según los ensayos aplicados se determinan el grado de hidratación partiendo de los resultados obtenidos, pudiendo interpretar el comportamiento a futuro del material según la interpolación numérica de la cantidad de agua. (Monteagudo, 2014)

Por lo que este tipo de estudio abarca tres niveles de caracterización microestructural, macroestructural y el comportamiento a largo plazo para su durabilidad, según las adiciones que se aplican al proceso, los cuales se dan en forma microscópica para poder comprender su granulometría con los elementos agregados entendiendo de manera más adecuada la caracterización microscópica como la relación mesoscópica con la evolución del proceso de hidratación. (Monteagudo, 2014)

2.2.2. Aspectos a tomar en cuenta en Fabricación del hormigón

En esta etapa se miden los materiales que conforman la mezcla hasta el proceso final para obtener la homogeneidad deseada, mediante la dosificación se determina las proporciones que deben combinarse de los materiales para obtener las condiciones requeridas para el hormigón.

Tabla 5. Aspectos principales en la fabricación de hormigón

TIPO DE CONDICIÓN	CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN CONSIDERARSE		PARAMETROS QUE LAS CONDICIONAN
DISEÑO	Resistencia		Tipo de Cemento Razón Agua/Cemento
USO EN OBRA	Trabajabilidad	Fluidez	Dosis de agua
		Consistencia	Granulometría
	Características del Elemento		Tamaño Máximo
DURABILIDAD	Condiciones Ambientales Ataques Agresivos		Tipo de Cemento Uso de Aditivos Dosis Mínima Cemento

CONDICIONES DE PARTIDA PARA DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN	Tipo de cemento
	Razón Agua/Cemento
	Tamaño máximo
	Fluidez
	Consistencia
	Uso de Aditivos



Fuente: (Sanhueza, 2018)

2.2.3. Tiempo de fraguado del hormigón

Para el tema de investigación se define al fraguado como la fase que alcanza la pasta de cemento u hormigón en el que ha reducido la blandura a un bajo nivel, por lo que el fraguado inicial es la primera rigidización, mientras el final es donde se obtiene un nivel más significativo, dependiendo del tiempo, esto es un periodo en el que las reacciones químicas entre el agua y cemento conllevan a un proceso según la velocidad de reacción y el calor que permiten nuevos compuestos que generan un endurecimiento y se obtenga un agregado de la mezcla del hormigón obteniendo algo fuerte y denso para identificar su resistencia.

Según lo planteado el fraguado inicial se presenta entre dos a cuatro horas después del hormigonado ayudando a identificar el tiempo límite en el que el hormigón fresco ya no se puede mezclar óptimamente, mientras el final se produce en un tiempo de cuatro a ocho horas después del hormigonado, siendo la sección donde se produce la resistencia que se genera a mayor velocidad, dependiendo de factores como la temperatura, la relación agua/cemento, cemento/adiciones, tipo de cemento, agregados químicos y el tiempo de aplicación de mezclado. (Gabalec, 2008)

2.3. Dispositivos electrónicos

2.3.1. El resistor



Figura 7. Resistor de baja potencia.

Fuente: (Witaker, 2001)

Es un dispositivo que ofrece valores de resistencia eléctrica constantes, independientemente del valor de corriente o tensión aplicados a sus extremos, así como de su valor de frecuencia. Estos dispositivos pueden ser fijos o variables, se fabrican de diferentes materiales y su principal aplicación es la de fijar un valor de corriente dentro de los ramales de un circuito, a través de la caída de tensión generada sobre este elemento. (Witaker, 2001)

En circuitos digitales se aplican generalmente para garantizar los valores lógicos durante la transición de un estado a otro; a esta aplicación se denomina “Resistencia de Pull Up” (cuando el dispositivo va referido al valor alto de voltaje) o “Resistencia de Pull Down” (cuando el resistor va referido al nivel bajo o tierra), como se muestra en la figura 8. (Hernández, 2017)

Su unidad de medida es el Ohmio (Ω) y se simboliza con la letra “R”.

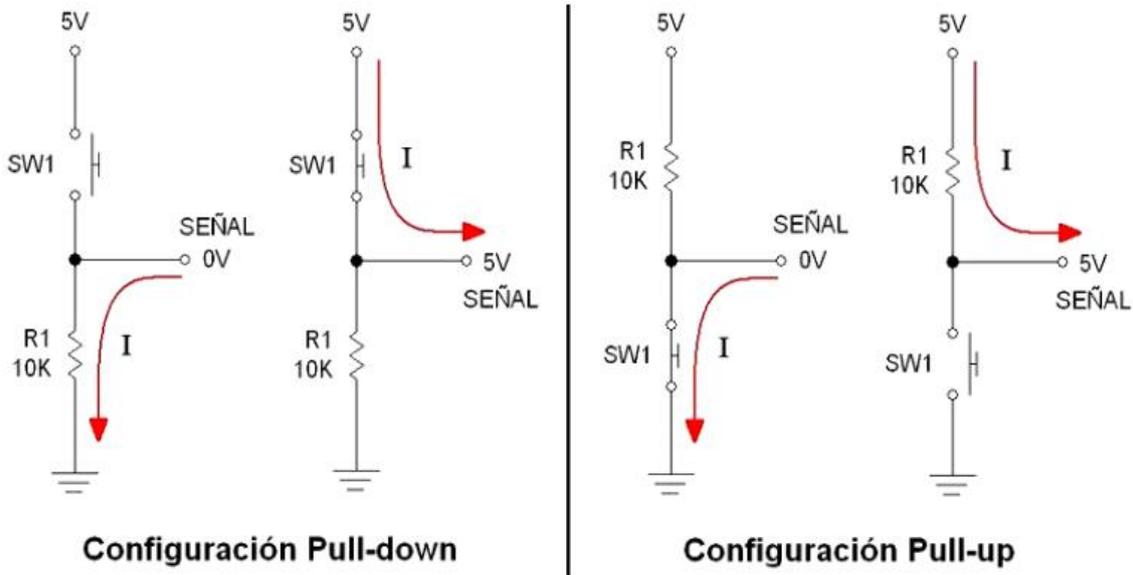


Figura 8. Aplicaciones del resistor como resistencias de Pull-down y Pull-up.

Fuente: (Witaker, 2001)

2.3.2. El capacitor

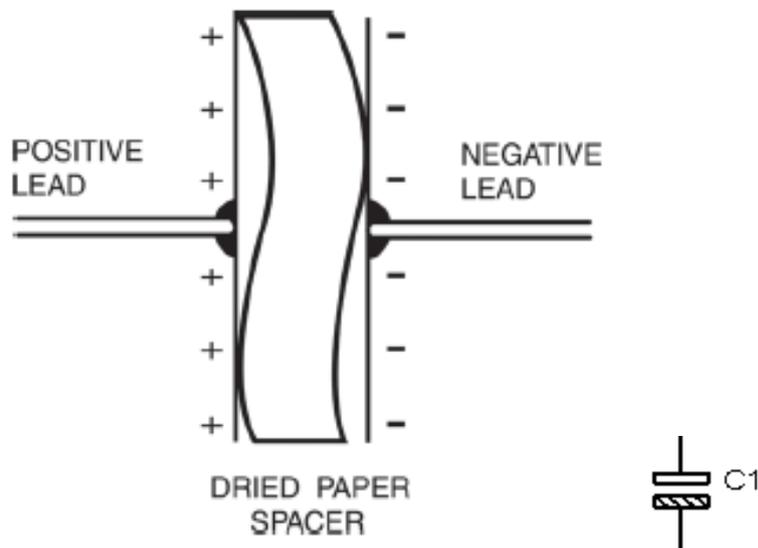


Figura 9. Construcción de un capacitor.

Fuente: (Witaker, 2001)

Es un dispositivo pasivo que consiste en dos cuerpos o placas de material conductor separadas por un material dieléctrico, capaces de almacenar carga eléctrica de igual valor, pero con signo diferente en cada placa ($Q+$ y $Q-$) cuando

sobre sus terminales se aplica una tensión. Los capacitores pueden ser polarizados o no polarizados; los primeros se emplean cuando la suma de tensiones continuas o alternas debe necesariamente aplicarse sobre el terminal positivo del dispositivo, mientras que los segundos se emplean cuando existe una tensión que no va a ser aplicada directamente al dispositivo. Su principal aplicación está en el filtrado de señal, así, dependiendo de las condiciones del circuito y su funcionamiento, los capacitores pueden estabilizar señales o eliminar componentes de señal. Se representa con la letra C y su unidad de medida es el Faradio (F). (Witaker, 2001)

2.3.3. El diodo

El diodo es un dispositivo pasivo formado por la unión de una capa de material semiconductor tipo p con una capa de material semiconductor tipo n, formando el ánodo y cátodo del dispositivo, respectivamente. El diodo permite el paso de la corriente que lo atraviesa en sentido ánodo – cátodo, por lo que su comportamiento puede ser similar a un interruptor que se abre o se cierra según se cumpla esta condición de polarización. Existen varios tipos de diodos, como el diodo semiconductor (del cual se aprovecha su característica de conmutación como interruptor), el diodo zener (empleado para regular señales de voltaje) o el diodo LED (Diodo Emisor de Luz), entre otros. En la Figura 10 se muestran los tipos de diodos mencionados con su respectivo símbolo.

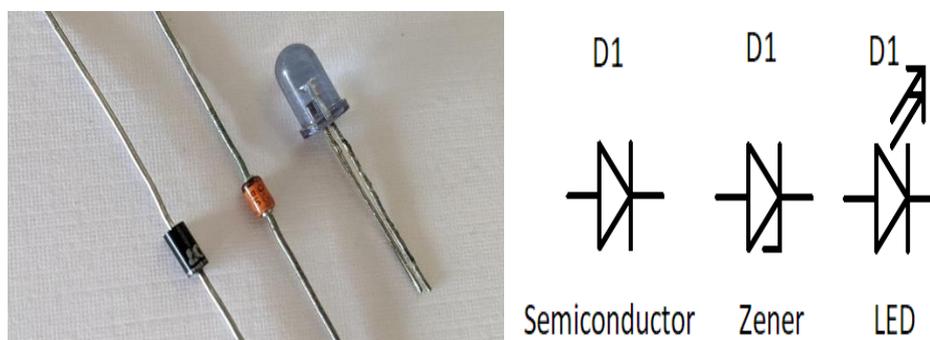


Figura 10. tipos de diodo

Fuente: (Witaker, 2001)

2.3.4. El relevador

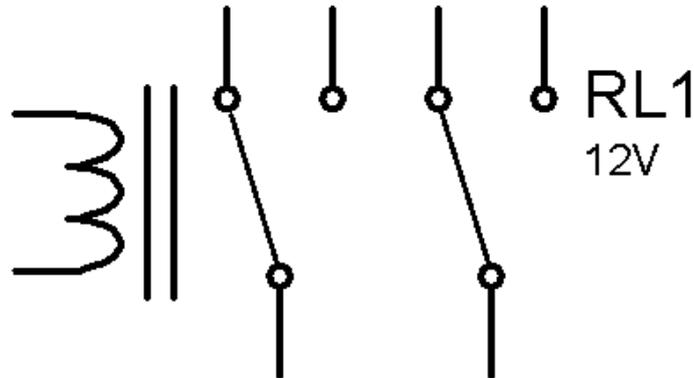


Figura 11. Símbolos del relé

Fuente: (Witaker, 2001)

Un relevador o relé es un dispositivo que consiste en una bobina y un grupo de contactos de interruptor, los cuales son accionados magnéticamente cuando a través de la bobina se presenta un flujo de corriente. (Witaker, 2001)

Este dispositivo es de gran aplicación para el control de equipos o sistemas de potencias mayores a la del sistema de control, permitiendo separar circuitos y haciendo posible el manejo de grandes sistemas mediante controladores electrónicos de pequeña potencia. En estos dispositivos importante tomar en cuenta el voltaje y tipo de corriente de trabajo de la bobina, además de la corriente y tensión máxima de operación de los contactos.

2.4. Automatización de procesos industriales

Automatización es la reducción total o parcial de la intervención humana para ejecutar ciertas tareas industriales, desde las tareas más sencillas como regular temperatura a la más compleja de gestión automatizada dentro de un sistema de producción, donde intervienen elementos tecnológicos en los procesos de distribución de robótica y automática la fabricación o producción de distintos servicios, mejorando la gestión de grandes complejos industriales para el aumento de la productividad y la calidad. (García, 1999)

Los componentes que intervienen en la automatización son los transductores y los captadores de información, relés, contactores, motores, órganos de desplazamiento lineal, sistemas basados en el microprocesador, dependiendo si es un sistema secuencial o servosistema. (García, 1999)

2.4.1. Modelo estructural de un sistema automatizado

El modelo estructural de un sistema automatizado según García (1999) se divide en dos partes que son:

Parte Operativa: La conforman un conjunto de dispositivos, maquinas o subprocesos que pueden diseñarse para la fabricación de un producto.

Parte de Control o Mando: Tiene implementación tecnológica electrónica, neumática, hidráulica etc, realiza la coordinación de varias operaciones que se encargan de la parte operativa.

Modelo estructural de un sistema automatizado

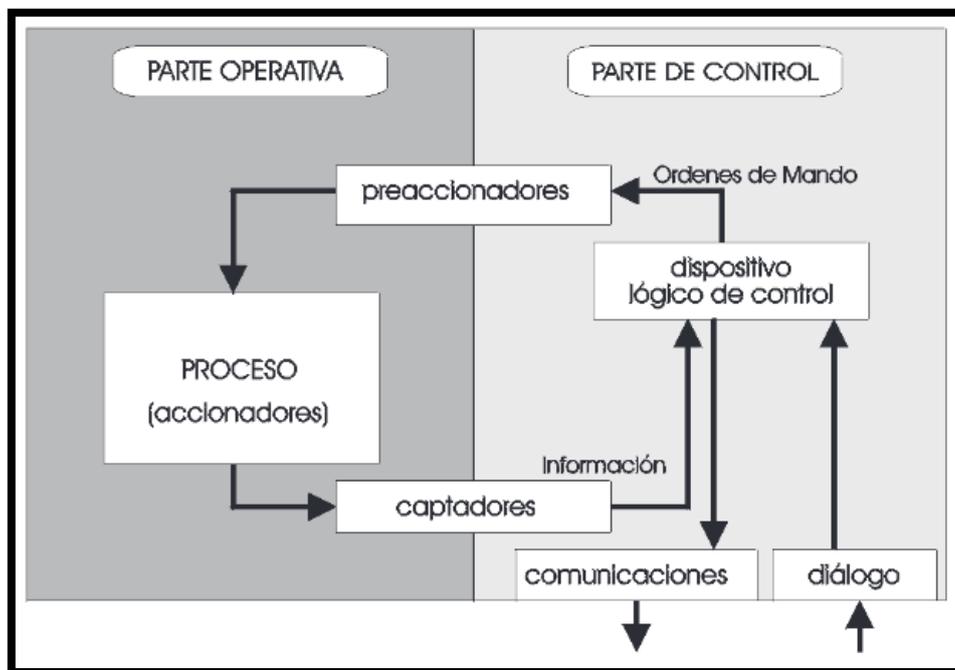


Figura 12: Modelo estructural de un sistema automatizado

Fuente: (García, 1999)

Al hablar de la automatización de un proceso industrial intervienen una serie de dispositivos tecnológicos que aseguran un control de situaciones previstas de antemano situando el proceso y el recurso humano a situaciones confiables.

2.4.2. Parámetros a determinar en el proceso de automatización y medición.

Los parámetros de desarrollo de un proceso de automatización son:

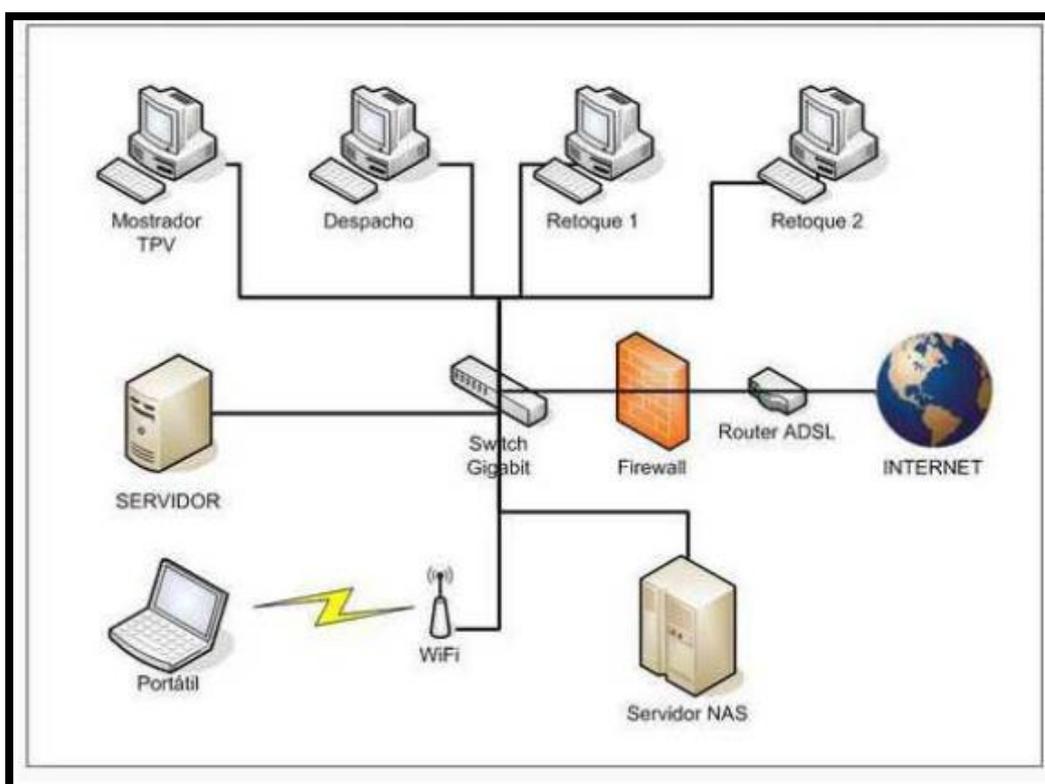


Figura 13: Desarrollo de una red de transferencia de datos

Fuente: (Elkjar & Smidth, 1970)

Según Elkjar & Smidth (1970), al mencionar la palabra automatización se conoce que existen dominaciones automáticas que relacionan en el ámbito de la producción la economía y la calidad, generando un desarrollo en los métodos de medición, con equipos electrónicos de medición y regulación conjuntamente con un ordenador determinando ciertos parámetros:

1. La instrumentación debe ser completa y tener mayor control de los procesos químicos y físicos.
2. Centralizar el control de estos procesos para mejorar la distribución del personal en la planta.
3. Un control sin vigilancia local de todos los procesos desde una central.
4. Control y dirección de los procesos químicos con un grado de alto de estabilización para aprovechar y mejorar su calidad.

El plan de acción de mejoras de una automatización es:

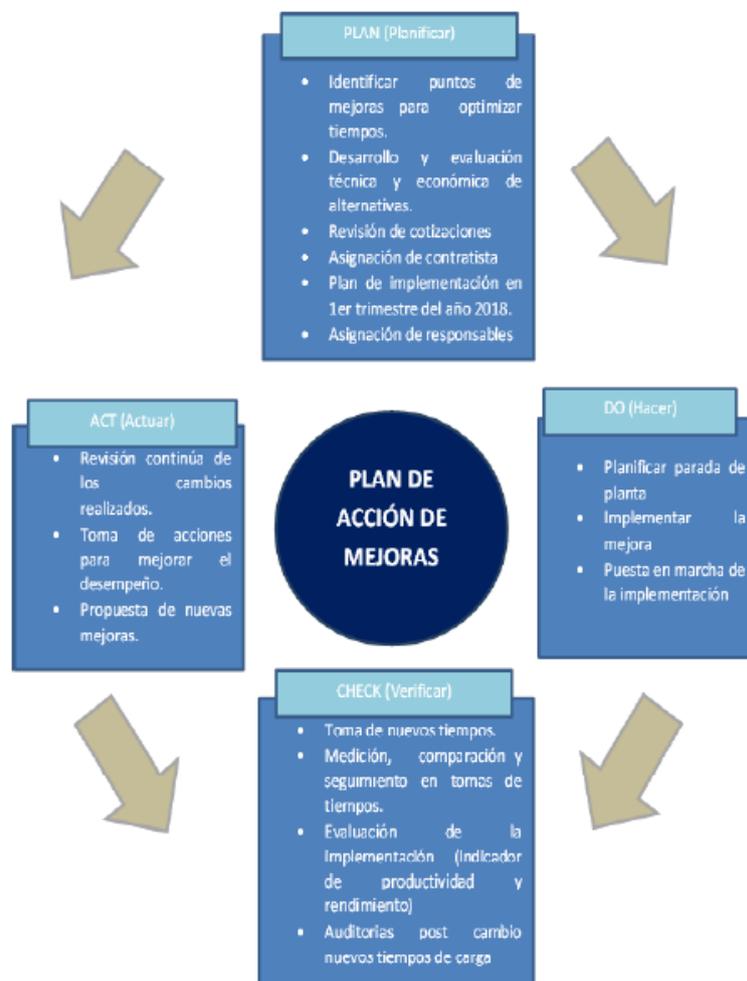


Figura 14: Desarrollo de una red de transferencia de datos

Fuente: (Checa, 2018)

2.4.3. Factores de análisis al realizar una automatización

Para desarrollar un proyecto de automatización se presentan distintos factores para cambiar un proceso manual y automatizarlo, según Cajamarca & Castro (2013), son:

Factor 1: Implementación

- ✓ Cada mecanismo deberá ser capaz de realizar acciones repetitivas de manera continua y ágil sin errores.
- ✓ Se mejorará la precisión en cuanto a dimensiones o características físicas del producto final.
- ✓ Al realizar la automatización se reducen errores humanos definiendo los requerimientos de producción en el proceso que se desea automatizar

Factor 2: Recursos Humanos

Los recursos seleccionados se tienen que adaptar rápida a los cambios que desea la empresa para aumentar la eficiencia del personal y reducir los costos. Al implementar un proceso de automatización todos los usuarios deben estar involucrados par aportar ideas y detalles logrando una solución más sencilla y garantizar el éxito del proyecto.

Desde el punto de vista humano se toma en cuenta:

- Se garantiza la mano de obra calificada
- Se elimina y reduce labores que provoquen inseguridad a las personas
- La administración se simplifica de recursos humanos a maquinaria
- Los errores humanos se eliminan para evitar afectación en el proceso de terminado.

Factor 3: Recursos económicos

Se relaciona de forma costo/beneficio, mediante la inversión con el impacto financiero sobre la empresa. En la parte económica debe ser sustentable para la empresa contribuyendo como un ingreso influyente en la parte tecnológica de la misma. Los efectos de los sistemas de automatización pueden determinarse en las siguientes categorías:

1. Si se observa en la parte de desempleo aumentaría en las áreas automatizadas.
2. Los modelos laborales y las características de empleo cambiarían por el hecho que se debería incrementar nuevos conocimientos y formación del personal.
3. Se puede cambiar la organización de la empresa según su adaptación a los nuevos sistemas y el potencial que ofrecen.

2.4.4. Tipo de mezcla automatizada

El tipo de mezcla automatizada se puede dividir en:

- Seleccionada, permite elegir una nueva configuración al usuario.

CONFIGURACION DE PARAMETROS			
GRAVA	30 %	200 kg	
ARENA	30 %	200 kg	
CEMENTO	15%	100 kg	
AGUA	10 %	200 m3	
ADITIVO A	10%	40 m3	
ADITIVO B	5 %	20 m3	

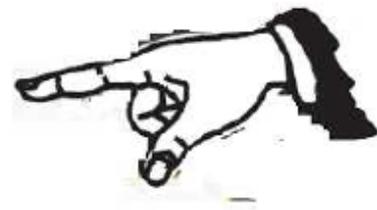


Figura 15: Configuración de parámetros

Fuente: (Pérez, 2014)

CONFIGURACION DE LA MEZCLA	
TIEMPO DE MEZCLADO	20 min
	30 min
VELOCIDAD DE MEZCLADO	Intermedio (110 RPM)
	Alto (145 RPM)

Figura 16: Configuración de la mezcla

Fuente: (Pérez, 2014)

- Programada, permite escoger automáticamente material establecida y determinada.

2.4.5. Elementos del control de una automatización

Los códigos de instrucciones se denominan programación, los cuales generan instrucciones organizadas en un determinado lenguaje, que un dispositivo lógico puede interpretar para la toma de decisiones o acciones establecidas referente a microprocesadores. (Centeno, 2017)

Un microprocesador se define como el dispositivo que puede almacenar un código o programa en la memoria interna para ser ejecutado en el momento que se energiza. Estas instrucciones pueden ejecutarse en cuestión de microsegundos y resuelve muchos problemas al momento de requerir exactitud en ciertos procesos, para el caso de la producción de concreto se enlista una serie de elementos que permiten la comunicación con el microprocesador y el programa internos que posee. (Centeno, 2017)

2.4.6. Plataformas de desarrollo

Según (Centeno, 2017), las plataformas de desarrollo son:

- **Placas** que contienen microcontroladores en distintos dispositivos para su comunicación con el exterior. Estos dispositivos lo pueden conformar puertos USB,Wi-Fi, entradas y salidas digitales o analógicas, etc.

Su funcionalidad consiste en elaborar proyectos de forma sencilla y económica ofreciendo soluciones más simples. Se pueden identificar como El Arduino, El RaspberryPi, el Wiring, El Netduino, etc.

- **Arduino:** Placas de desarrollo con plataforma de hardware libre, cuyo diseño ayuda en el uso de la electrónica de proyectos multidisciplinarios.
- **Lenguaje de programación C:** Lenguaje de programación nivel medio.
- **Lenguaje de programación Node.js:** Node.js es un entorno multiplataforma de código abierto. Se ejecuta en un servidor y no en un navegador
- **Base de datos MongoDB:** Sistema orientado a documentos bajo código abierto.
- **Comunicación serial:** Los dispositivos envían y reciben la información.
- **HMI - Human-Machine Interface (Interfaz humano-máquina):** Interactúan usuario y equipo encargado del control.
- **Estructura de un programa:** Está compuesta por dos partes básicas que contienen estamentos o instrucciones necesarias de una estructura básica.

```
void setup()
{
  estamentos;
}
void loop()
{
  estamentos;
}
```

- **Setup()** recoge la configuración y **loop()** contiene el programa que ejecuta la parte cíclica. Las dos funciones funcionan en conjunto para la configuración de entradas y activación de salidas.

3. CAPÍTULO III. EJECUCIÓN DEL PROYECTO

3.1. Selección del controlador

Existen en el mercado gran cantidad de plataformas de control capaces de desempeñar las funciones requeridas en este proyecto. Sin embargo, se ha optado por el uso de la plataforma libre Arduino por las ventajas que implica su uso, ya sea por la facilidad de programación y acceso a librerías, como por su bajo costo. Debido a que, comercialmente, se cuenta también con diferentes placas Arduino, cada una con diferentes prestaciones, es necesario realizar un análisis previo de las capacidades que esta deberá cumplir para que sea posible su uso como controlador del sistema. Para ello, en la Tabla 6 se ha elaborado una lista de los componentes y funciones que necesarios para el prototipo, a fin de facilitar la selección de la placa comercial.

Tabla 6. Análisis de características requeridas en el controlador.

Componente	Observación	Número y tipo de entrada/salida
Pantalla LCD	Requiere 6 pines del Arduino	6 Entradas/Salidas digitales
Botones de selección 180 kg/cm ² ; 210 kg/cm ² y 240kg/cm ²	Pulsador	3 Entradas digitales
Botón de pausa	Pulsador/Interruptor	1 Entrada digital
LEDs indicadores de proceso		4 Salidas digitales
Buzzer		1 Salida digital
Control externo de bomba de agua		1 Salida digital
Total de pines		16 Entradas/Salidas digitales

De acuerdo con el análisis anterior, se requiere de un Arduino que ofrezca 16 pines configurables como entradas o salidas digitales. En función de esto, se vuelve visible que la placa más apropiada es el Arduino UNO, que, entre otras características, posee 14 pines digitales (Entrada/Salida) y 6 pines analógicos que pueden también ser configurados como entrada o salida digital y que pueden manejar una corriente de 20mA. **(ARDUINO UNO, 2020)**

3.2. Descripción de materiales e instrumentos utilizados

Tabla 7. Multímetro

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Multímetro	N° 1	
		
<p>Descripción:</p> <p>Es un instrumento sustentado por batería con display LCD de 3 ½", que opera con corriente alterna (CA) de hasta 750 V y corriente continua (CD) de hasta 1000 V, usado para medir magnitudes eléctricas de tipo activas o pasivas como tensiones, corrientes, resistencia, entre otras.</p>		
<p>Elaborado por:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>	<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>	

Fuente: (Márquez & Raimundo, 2013)

Tabla 8. Capacitor electrolítico

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Capacitor 470 uF a 50 V.		N° 2
		
<p>Descripción:</p> <p>El capacitor 470uF a 50V es un elemento electrolítico, usado para filtros transitorios durante la activación de la bomba.</p>		
<p>Elaborado por:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

Fuente: (Geek Factory, 2018)

Tabla 9. Capacitor cerámico

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Capacitor cerámico		N° 3
		
<p>Descripción:</p> <p>El capacitor cerámico de 100 nF es usado para el filtrado transitorio durante la activación de la bomba.</p>		
<p>Elaborado por:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

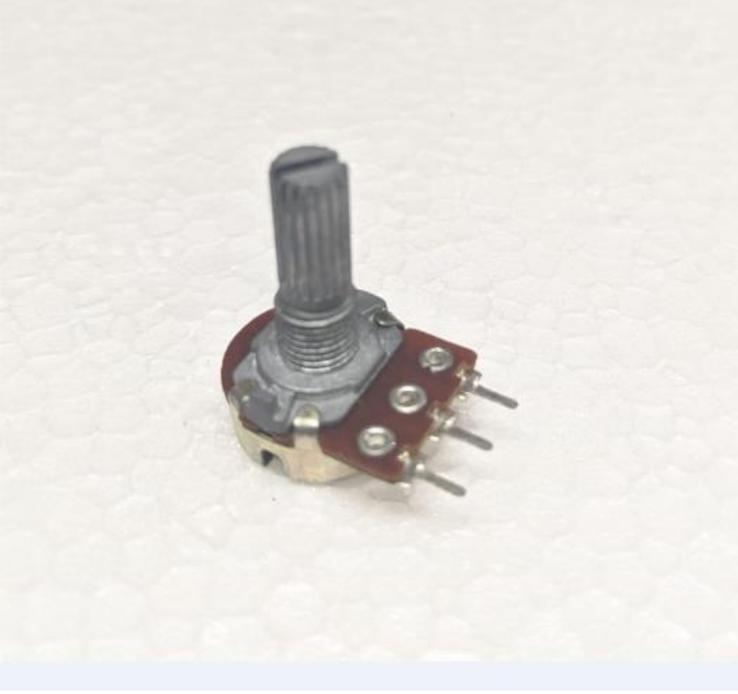
Fuente: (Geek Factory, 2018)

Tabla 10. Pantalla LCD 16X2

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Pantalla LCD 16X2		N° 4
		
<p>Descripción:</p> <p>La pantalla LCD, permite indicar la información del proceso que se realiza en el funcionamiento.</p>		
<p>Elaborado por:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

Fuente: (Játiva, 2010)

Tabla 11. Potenciómetro

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Potenciómetro		N° 5
		
<p>Descripción:</p> <p>El potenciómetro a usar es de 5kOhmios útil para ajustar el contraste referente del LCD de 16x2</p>		
<p>Elaborado por:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

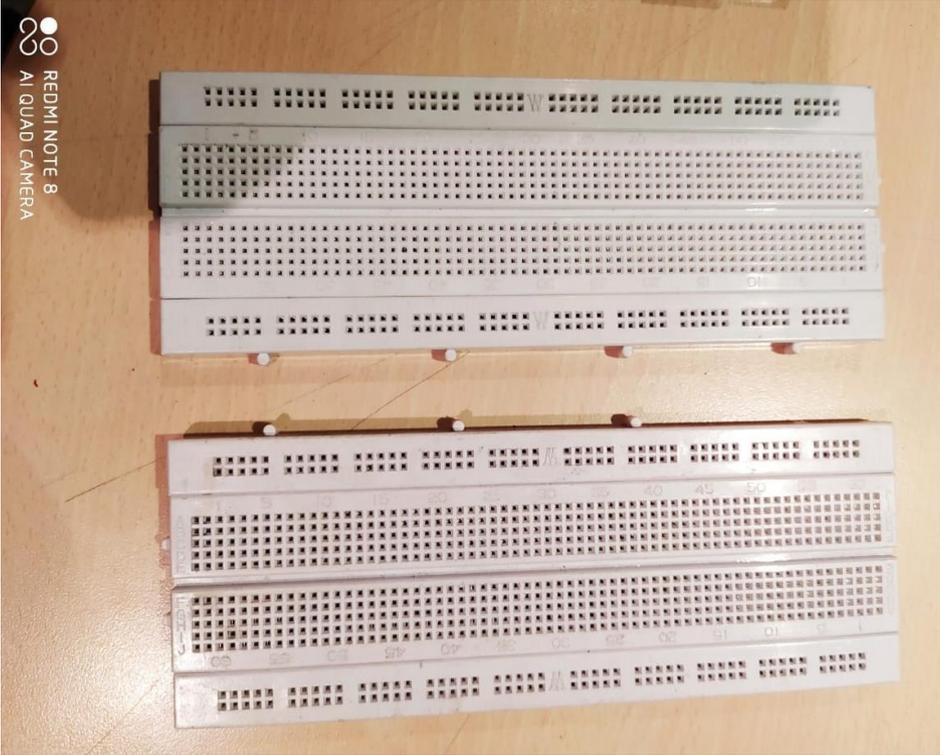
Fuente: (Játiva, 2010)

Tabla 12. Arduino

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Arduino UNO		N° 6
		
<p>Descripción:</p> <p>Es un hardware de código abierto, constituida por una placa de circuito impreso con entradas y salidas, que maneja un lenguaje de programación exclusivo, con un conector USB usado para alimentar al Arduino, con un regulador de voltaje definido, con pines de programación útiles para programar diversos micro controladores.</p>		
<p>Elaborado por:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

Fuente: (Tapia & Manzano, 2013)

Tabla 13. Protoboard

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Protoboard		N° 7
		
<p>Descripción:</p> <p>Es un instrumento de plástico útil para hacer circuitos de forma sencilla, con agujeros definidos, en una misma línea conectado electrónicamente de manera interna, útil para generar prototipos eléctricos, así como electrónicos.</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

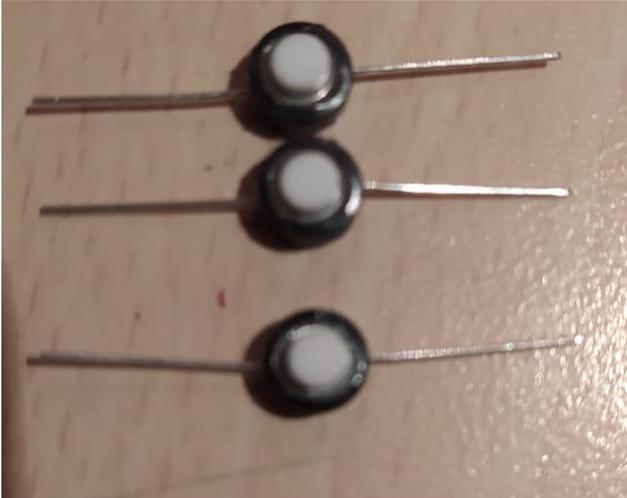
Fuente: (Játiva, 2010)

Tabla 14. Puentes

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Puentes	N° 8	
 		
<p>Descripción:</p> <p>Es un cable con un conector por cada punta útil para transferir señales a diferentes pines de entrada, así como de salida.</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>	<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>	

Fuente: (Játiva, 2010)

Tabla 15. Pulsadores de 2 pines

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Pulsadores de 2 pines		N° 9
		
<p>Descripción:</p> <p>Se caracterizan por ser pulsadores útiles para usar en placas o en protoboard, con una posición normalmente abierta, demandada para diversos tipos de proyectos con un infinito números de aplicaciones; pudiendo conectarse en pull-up (alto estado) o en pull-down (bajo estado), manteniendo su posición descrita según su estado adecuado o seleccionado, mientras el pulsador no sea accionado.</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

Fuente: (Geek Factory, 2018)

Tabla 16. Relés electrónicos

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Relés electrónicos		N° 10
		
<p>Descripción:</p> <p>El RELE relevador (relé); se ha optado por un módulo acondicionado para trabajar con conexión a Arduino y que requiere de una tensión de +5VDC para su polarización; se ha seleccionado un relé cuyos contactos estén dimensionados adecuadamente para controlar la carga que representa la bomba de agua, así, los datos de placa de este dispositivo indican lo siguiente</p> <p>Bobina: 5VDC</p> <p>Contactos: 125 VAC: 15A 250VAC: 10A</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

Fuente: (ARGÜELLO & CARCHIPULLA, 2015)

Tabla 17. Uniones

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Uniones		N° 11
		
<p>Descripción:</p> <p>Son dispositivos de PVC útiles para la conducción de líquidos con rosca para el enroscado sencillo y reversible.</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

Fuente: (Caiza, 2010)

Tabla 18. Cinta de Teflón

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Cinta de Teflón	N° 12	
		
<p>Descripción:</p> <p>Es una cinta que lubrica la conexión para un acople satisfactorio, útil para para evitar fugas de agua en tuberías.</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>	<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>	

Fuente: (disensa, 2018)

Tabla 19. Abrazaderas

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Abrazaderas		N° 13
		
<p>Descripción:</p> <p>Elementos útiles para ajuste de piezas determinadas según su forma como tuberías o conductos, con un tornillo con una banda limitada con agujeros.</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

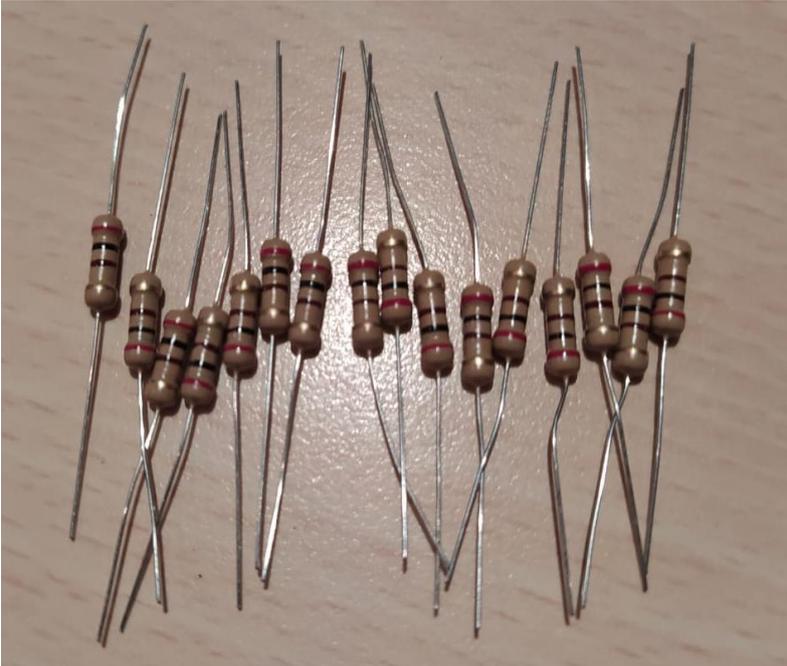
Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2019)

Tabla 20. Bomba Periférica

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Bomba Periférica		N° 14
		
<p>Descripción:</p> <p>Son bombas que normalmente se usan para la elevación y extracción de agua, su almacenamiento y suministro, su condición de funcionamiento sería de servicio continuo, por lo que se empleó:</p> <ul style="list-style-type: none"> • BOMBA: BOMBA PERIFERICA • 0.5 HP / 110 VOLT. / 60HZ / 2850 RPM • REDIMIENTO CAUDAL MAX 40 LIT/MIN. • DIAMETRO DE SUCCION 1 PULG • DIAMETRO DE DESCARGA 1 PULG • TECNOLOGIA ITALIANA 		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

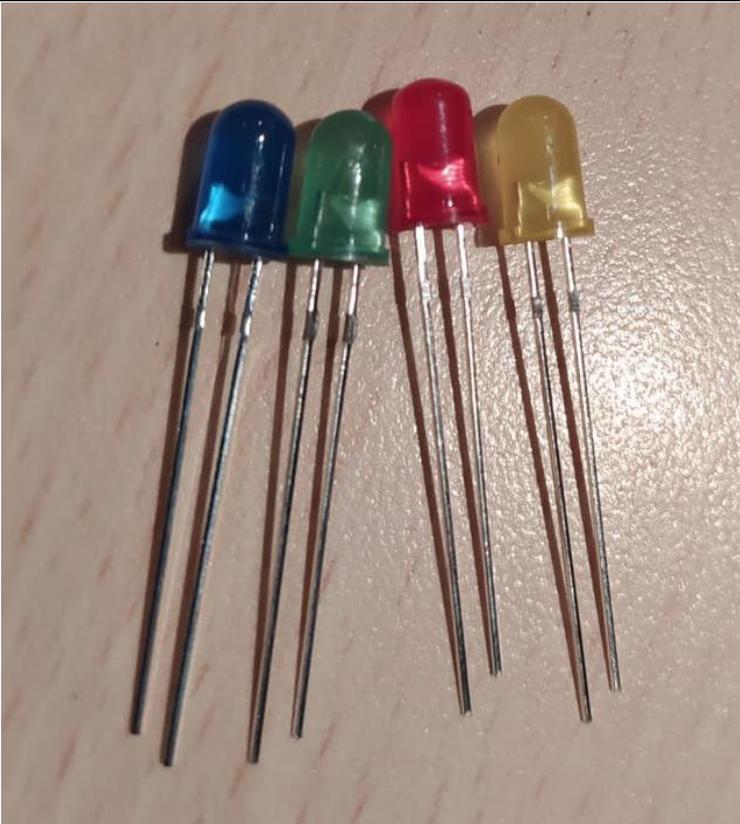
Fuente: (© ACOMY BOMBAS S.A. , 2015)

Tabla 21. Resistencia de 200 Ohmios

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Resistencia de 330 Ohmios 1/4W		N° 15
		
<p>Descripción:</p> <p>Son resistencias de poca potencia utilizadas en placas de tipo electrónicas por la estabilidad que ofertan, para limitar la corriente de los LEDs, sirviendo de indicadores de procesos y de iluminación del LCD</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

Fuente: (Moreno & Estupiñán, 2009)

Tabla 22. Led

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Led	N° 16	
		
<p>Descripción:</p> <p>LED proviene de las palabras Diodo Emisor de Luz, es una fuente de luz que transmite fotones como combinación originada entre electrones, cuando se recibe corrientes eléctricas de baja intensidad.</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>	<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>	

Fuente: (Unicrom, 2016)

Tabla 23. Manguera de Ø 1"

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Manguera de Ø 1"		N° 17
		
<p>Descripción:</p> <p>Son tubos flexibles de goma útiles para el transporte de líquidos de un punto a otro, con material resistente.</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

Fuente: (disensa, 2018)

3.3. Diseño del Hardware

El hardware del sistema se basa en la integración de los componentes descritos anteriormente de forma que permitan su funcionamiento de acuerdo con las necesidades de diseño requeridas.

Para la selección del tipo de mezcla a preparar se ha empleado pulsadores de bajo rebote conectados a sendas entradas en el Arduino. Es importante señalar que se ha utilizado las resistencias de pull up internas del microcontrolador para reducir el hardware externo, sin embargo, si se desea, es posible utilizar resistencias externas. Adicionalmente, se ha colocado un botón de pausa, también con resistencia de pullup interna. Lo señalado se muestra en el diagrama esquemático de la Figura 17.

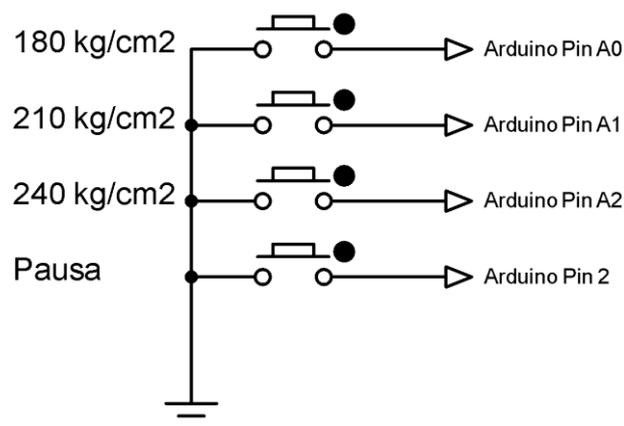


Figura 17: Conexión de los botones de selección de tipo de mezcla y botón de pausa.

La visualización del tipo de mezcla, así como los parámetros referentes a cada proceso se presentan en una pantalla LCD de 16x2 como se detalla en la Figura 18, para esto se ha empleado comunicación por 4 líneas de datos (D7, D6, D5 y D4) más las líneas de lectura/escritura (R/W) y de habilitación (E). Para ajustar el contraste de la pantalla se ha utilizado un potenciómetro de 5kΩ (especificación del fabricante), además de una resistencia para el encendido del LED de iluminación de pantalla. (SHENZHEN EONE ELECTRONICS, 2015)

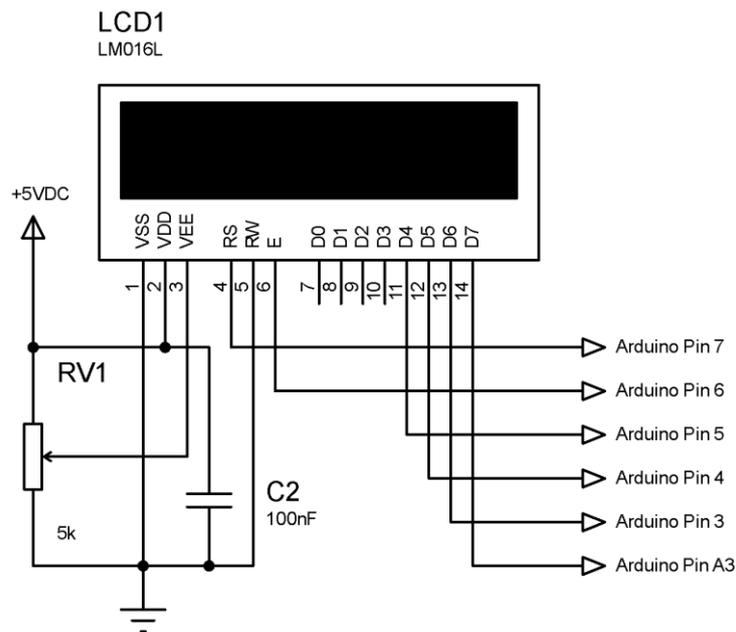


Figura 18: Conexión de la pantalla LCD.

El valor de la resistencia del LED se calcula utilizando la Ec. (1), teniendo en cuenta que la corriente máxima que es capaz de manejar el Arduino es de 20mA por pin. Así entonces, asumiendo una corriente de 10mA y una tensión de 1.5V para el LED, se tiene:

$$R_{LED} = \frac{V_{pin} - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{5 - 1.5V}{10mA} = 350\Omega \quad \text{Ec. (1)}$$

Por lo que se selecciona una resistencia de valor comercial 330Ω. La potencia que deberá ser capaz de disipar este elemento se calcula a continuación, utilizando la Ec. (2).

$$P_{RLED} = \frac{V_{LED}^2}{R_{LED}} = \frac{5V - (10mA \cdot 330\Omega)}{330\Omega} = 0.0052 \quad \text{Ec. (2)}$$

Se selecciona, por tanto, una resistencia comercial de 1/4W.

Para señalización visual se ha empleado los diodos emisores de luz (LEDs) D1, D2, D3 y D4, que indiquen el paso que se está ejecutando dentro del proceso, es decir, si el sistema se encuentra en el paso correspondiente a activación de la bomba de agua (LED azul), colocación de ripio o piedra (LED rojo), cemento

(LED amarillo) o arena (LED verde). Es necesario limitar la corriente de cada LED para proteger tanto al elemento como a los pines que utilizan en el Arduino. Estas resistencias limitadoras de corriente se dimensionan, de igual manera, utilizando las Ec. (1) y (2), como se hizo para diodo LED del LCD. De este modo, asumiendo de igual forma, una corriente de 10mA y una tensión de 1.5V sobre cada LED, es adecuado también utilizar valores de 330Ω a $1/4W$, según se calculó anteriormente. El diagrama esquemático de este bloque, se detalla en la Figura 19.

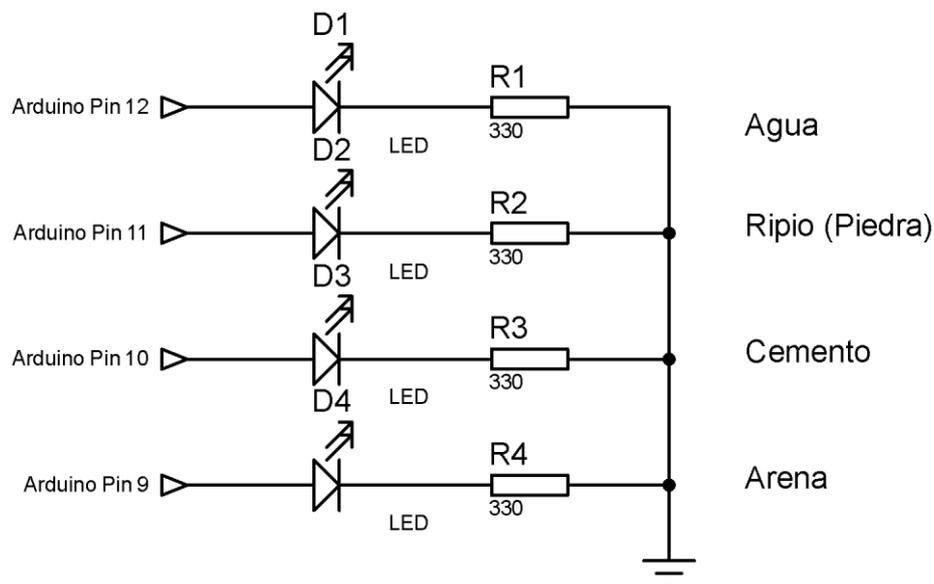


Figura 19: Conexión de los LEDs señalizadores de proceso.

El elemento que se ha destinado para la señalización acústica es el buzzer SFM27 que se muestra en la Figura 20; este, de acuerdo con las especificaciones del fabricante, puede trabajar con tensiones desde los 3VDC hasta los 12VDC y su consumo de corriente es de 12mA cuando trabaja a 12VDC, por lo que a una tensión de 5VDC (tensión en el pin del Arduino en nivel alto) no requiere de una resistencia limitadora de corriente.

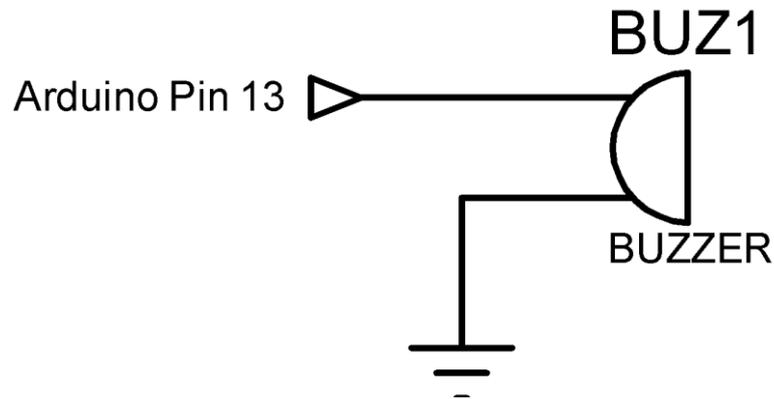


Figura 20: Conexión del Buzzer para señalización acústica.

Puesto que los pines de salida del Arduino utilizados para el control trabajan con tensiones continuas de 5VDC y una corriente máxima de 20mA, estos no son adecuados para manejar la carga principal constituida por la bomba de agua, la cual trabaja con una tensión alterna de 120VAC y una corriente nominal de 2.1A (Tabla 20). Para solventar este inconveniente, se hace uso de un relevador (relé); se ha optado por un módulo acondicionado para trabajar con conexión a Arduino y que requiere de una tensión de +5VDC para su polarización; se ha seleccionado un relé cuyos contactos estén dimensionados adecuadamente para controlar la carga que representa la bomba de agua, así, los datos de placa de este dispositivo indican lo siguiente (Tabla 16):

En las Figuras 21 y 22 se muestra el conexionado de este dispositivo y su inclusión dentro del diagrama de fuerza para la operación de la bomba de agua.

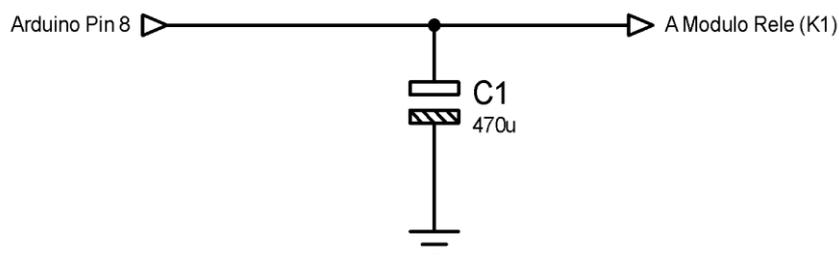


Figura 21: Conexión del Módulo de relé a pin de salida del Arduino.

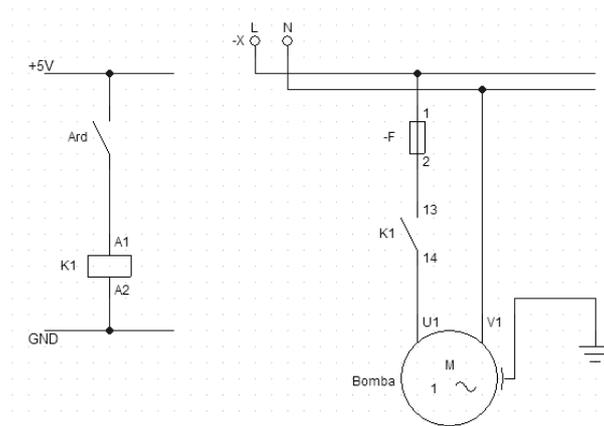


Figura 22: Diagrama de fuerza para manejo de la bomba de agua a través de un módulo de relé controlado por Arduino.

Como muestra la Figura 21, se ha utilizado un capacitor electrolítico de $470\mu\text{F}$ a 25V para filtrar el posible ruido producido por la activación de la bobina del relé y de la bomba de agua, mantener una salida estable que proteja al controlador y a la pantalla LCD de cualquier malfuncionamiento que pudiera derivarse de este efecto. La selección de este valor alto de capacitancia responde a la necesidad de mantener una respuesta lenta ante el estímulo rápido que constituye un transitorio, como explica la Ec. (3).

$$\tau = R \cdot C \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

τ : Tiempo de carga del capacitor [s].

R: Valor de la resistencia a través de la cual se carga el capacitor [Ω].

C: Valor de capacitancia del capacitor [F].

De la Ec. (3) se puede establecer que, a mayor valor de capacitancia, mayor será el tiempo de carga del capacitor, por lo que el elemento tenderá a mantener una tensión estable en caso de presentarse una tensión transitoria en sus terminales. No siendo posible determinar el valor de impedancia del conjunto bomba-relé en caso ante un transitorio, se ha escogido el valor indicado de $470\mu\text{F}$ por

recomendaciones generales aplicables al dimensionamiento de filtros capacitivos. (Boylestad & Nashelsky, 2003)

Además del botón de pausa que permite al usuario detener el proceso en caso de requerirlo, se ha considerado un botón de paro de emergencia, el cual corta la energía de todo el sistema en caso de que, por cualquier circunstancia, accionar el botón de pausa no sea suficiente. Su ubicación se indica en el esquema simplificado de la Figura 23, donde S0 representa el botón de paro de emergencia.

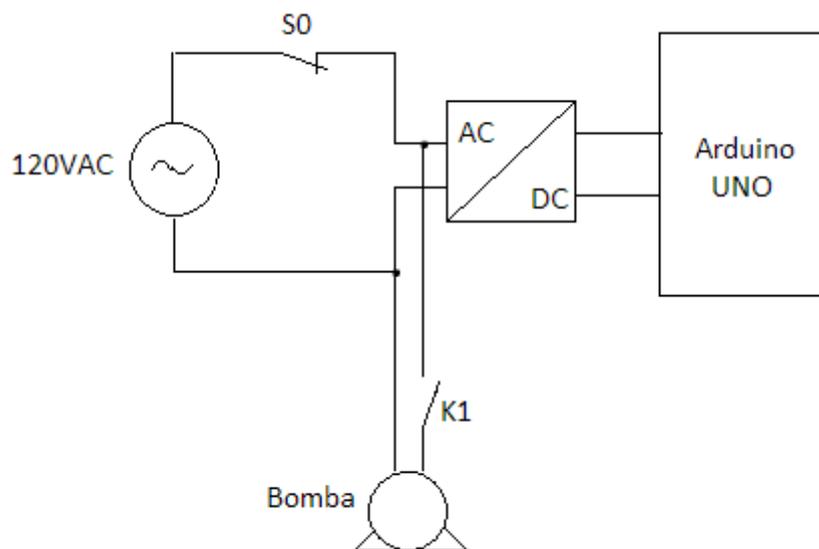


Figura 23: Esquema simplificado del sistema, incluyendo botón de paro de emergencia.

La única condición de diseño que debe cumplir el interruptor de paro de emergencia es que sea capaz de soportar un voltaje mayor al de operación de la bomba (120VAC) y soporte una corriente mayor o igual a su corriente nominal (2.1A), pues este dispositivo debe ser capaz de abrir el circuito cuando la bomba se encuentra trabajando a plena carga, por lo que la aparición del arco eléctrico durante la ruptura, podría soldar los contactos del interruptor.

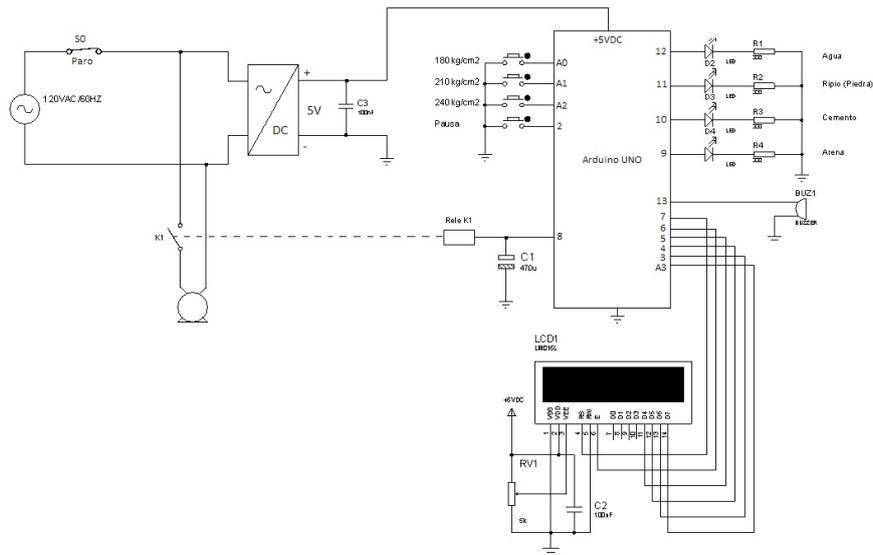


Figura 24: Esquema del sistema eléctrico

3.4. Dosificación de materiales requeridos en base al caudal empleado en la elaboración de hormigón.

3.4.1. Hormigón

Es la combinación de materiales como son cemento, arena y agua con grava, los cuales presentan características de resistencia a la compresión, pero no a la tracción. (Fonseca, 2015)

El equipo de protección personal (EPP) a tener en cuenta según Holcim (2014), en la elaboración de hormigón es:

- Casco
- Orejeras
- Gafas
- Chaleco reflectivo
- Camisa manga larga
- Guantes de seguridad

- Botas punta de acero
- Mascarilla

Los equipos a utilizarse para la preparación del hormigón según Holcim (2014), son:

- Parihuelas de 33 cm x 33 cm x 33 cm
- Palas
- Balde
- Máquina concretera de saco



Figura 25: Máquina concretera

Fuente: (Fonseca, 2015)

3.4.2. Dosificación de materiales en base al caudal requerido.

3.4.2.1. Pulsador 1 (Preparación de hormigón para contrapisos)

Como requerimientos para la elaboración de un hormigón con resistencia de 180 Kg/cm² se tiene:

- Cemento = 50 Kg (1 saco)
- Agua = 25 litros = v
- Arena = 3 parihuelas al ras
- Piedra = 2.5 parihuelas al ras
- Caudal de la bomba = 40 lt/min = Q
- Tiempo de expulsión del agua = t

Por lo que el tiempo (t) de expulsión del agua, necesaria para elaborar un hormigón de resistencia de 180 Kg/cm² es:

$$Q = \frac{v}{t} \quad \text{Ec. (4)}$$

$$t = \frac{v}{Q}$$

$$t = \frac{25 \text{ lt}}{40 \frac{\text{lt}}{\text{min}}} = 0.625 \text{ min}$$

Por lo que el tiempo de expulsión de salida del agua sería de 0.625 min.

3.4.2.2. Pulsador 2 (Preparación de hormigón para plintos)

Como requerimientos para la elaboración de un hormigón con resistencia de 210 Kg/cm² se tiene:

- Cemento = 50 Kg (1 saco)
- Agua = 28 litros = v
- Arena = 2.5 parihuelas al ras

- Piedra = 3 parihuelas al ras
- Caudal de la bomba = 40 lt/min = Q
- Tiempo de expulsión del agua = t

Por lo que el tiempo (t) de expulsión del agua, necesaria para elaborar un hormigón de resistencia de 210 Kg/cm² es:

$$Q = \frac{v}{t}$$

$$t = \frac{v}{Q}$$

$$t = \frac{28 \text{ lt}}{40 \frac{\text{lt}}{\text{min}}} = 0.7 \text{ min}$$

Por lo que el tiempo de expulsión de salida del agua sería de 0.7min.

3.4.2.3. Pulsador 3 (Dosificación de materiales)

Como requerimientos para la elaboración de un hormigón con resistencia de 180 Kg/cm² se tiene:

- Cemento = 50 Kg (1 saco)
- Agua = 25 litros = v
- Arena = 2 parihuelas al ras
- Piedra = 2.5 parihuelas al ras
- Caudal de la bomba = 40 lt/min = Q
- Tiempo de expulsión del agua = t

Por lo que el tiempo (t) de expulsión del agua, necesaria para elaborar un hormigón de resistencia de 180 Kg/cm² es:

$$Q = \frac{v}{t}$$

$$t = \frac{v}{Q}$$

$$t = \frac{25 \text{ lt}}{40 \frac{\text{lt}}{\text{min}}} = 0.625 \text{ min}$$

Por lo que el tiempo de expulsión de salida del agua sería de 0.625 min.

3.5. Elaboración de hormigón en concretera de un saco tradicional

La preparación del hormigón tradicional se da de la siguiente manera:

De acuerdo a la preparación artesanal en concreteras de un saco.

- Verificar que el tambor este totalmente limpio antes de encender la concretera.
- Poner en marcha la concretera y revisar la operatividad que no tenga ningún problema.
- Colocar el 30% de agua que necesita la mezcla para su conformación inicial, para que los elementos a continuación insertados se hidraten en cuanto entren al tambor.
- Colocar la piedra con precaución de no regar fuera del tambor y agite para que se introduzca en su totalidad.
- Colocar el aglutinante paulatinamente.
- Colocar la arena con precaución de no regar fuera del tambor y agite para que se introduzca en su totalidad.
- Agregar el 70% de agua restante.

- Dejar que la maquina mezcle todos los elementos de 1.5 a 2.5 minutos para que la mezcla quede homogénea.
- Al finalizar el proceso verter la mezcla en el sitio o en el contenedor que se requiera para la misma.

3.6. Elaboración de hormigón en concretera de un saco tradicional insertado el sistema automatizado

La preparación se da de la siguiente manera:

- Verificar que el tambor este totalmente limpio antes de encender la concretera.
- Poner en marcha la concretera y revisar la operatividad que no tenga ningún problema.
- Encender el sistema automatizado para elaborar hormigón.
- Seleccionar el diseño a fabricar pulsando el botón que se requiera.
- Seguir los pasos paulatinamente que se entregan con ordenes visuales y auditivas para colocar cada uno de los elementos en el tambor, y esperar el tiempo configurado para el mezclado en cada uno de ellos hasta terminar con el proceso determinado.
- Al finalizar el proceso verter la mezcla en el sitio o en el contenedor que se requiera para la misma.

A continuación, se detalla la elaboración de los hormigones con el sistema automatizado.

Tabla 24. Proceso de elaboración del hormigón 180 Kg/cm³

PROCESO DE ELABORACION DEL HORMIGON 180 (Kg/cm3)				
ORDEN DE INGRESO	ELEMENTOS	UNIDAD	CANTIDAD	TIEMPO DE MEZCLADO
1	AGUA	30%	10,5 litros	16 segundos
2	RIPIO	3,5 parihuelas	0,125 m3	90 segundos
3	CEMENTO	1 Unidad	50 KI	45 segundos
4	ARENA	3 parihuelas	0,107 m3	90 segundos
5	AGUA	70%	24,5 litros	36 segundos
6	MEZCLADO DE LOS ELEMENTOS			120 segundos
TIEMPO ESTIMADO EN PREPARAR UNA PARADA				397 segundos
				6,61MINUTOS

Tabla 25. Proceso de elaboración del hormigón 210 Kg/cm³

PROCESO DE ELABORACION DEL HORMIGON 210 (Kg/cm3)				
ORDEN DE INGRESO	ELEMENTOS	UNIDAD	CANTIDAD	TIEMPO DE MEZCLADO
1	AGUA	30%	8,4 litros	16 segundos
2	RIPIO	3 parihuelas	0,107 m3	90 segundos
3	CEMENTO	1 Unidad	50 KI	45 segundos
4	ARENA	2,5 parihuelas	0,089 m3	90 segundos
5	AGUA	70%	19,6 litros	36 segundos
6	MEZCLADO DE LOS ELEMENTOS			120 segundos
TIEMPO ESTIMADO EN PREPARAR UNA PARADA				397 segundos
				6,61MINUTOS

Tabla 26. Proceso de elaboración del hormigón 240 Kg/cm³

PROCESO DE ELABORACION DEL HORMIGON 240 (Kg/cm3)				
ORDEN DE INGRESO	ELEMENTOS	UNIDAD	CANTIDAD	TIEMPO DE MEZCLADO
1	AGUA	30%	7,5 litros	16 segundos
2	RIPIO	2,5 parihuelas	0,089 m3	90 segundos
3	CEMENTO	1 Unidad	50 KI	45 segundos
4	ARENA	2 parihuelas	0,071 m3	90 segundos
5	AGUA	70%	17,5 litros	36 segundos
6	MEZCLADO DE LOS ELEMENTOS			120 segundos
TIEMPO ESTIMADO EN PREPARAR UNA PARADA				397 segundos
				6,61MINUTOS

En tanto que el análisis de optimización en mano de obra e hidratación en la elaboración de hormigones son:

Tabla 27. Análisis 1 para la preparación del hormigón

TRABAJADORES NECESARIOS PARA ELABORAR UNA PARADA DE HORMIGON EN CONCRETERA TRADICIONAL		
1	MAESTRO	OPERADOR DE MAQUINARIA
1	PEÓN	AGREGAR EL CEMENTO
1	PEÓN	AGREGAR LA CANTIDAD DE AGUA
2	PEÓN	ADICIONAR LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO
1	TÉCNICO	CONTROL DE DOSIFICACION

Total son 6 personas

Tabla 28. Análisis 2 para la preparación del hormigón

TRABAJADORES NECESARIOS PARA ELABORAR UNA PARADA DE HORMIGÓN EN CONCRETERA TRADICIONAL		
1	MAESTRO	OPERADOR DE MAQUINARIA
1	PEÓN	AGREGAR EL CEMENTO
2	PEÓN	ADICIONAR LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO

En total son 4 personas

4. CAPÍTULO IV. IMPLEMENTACIÓN

4.1. Ejecución de la práctica

Tabla 29. Armado, paso I

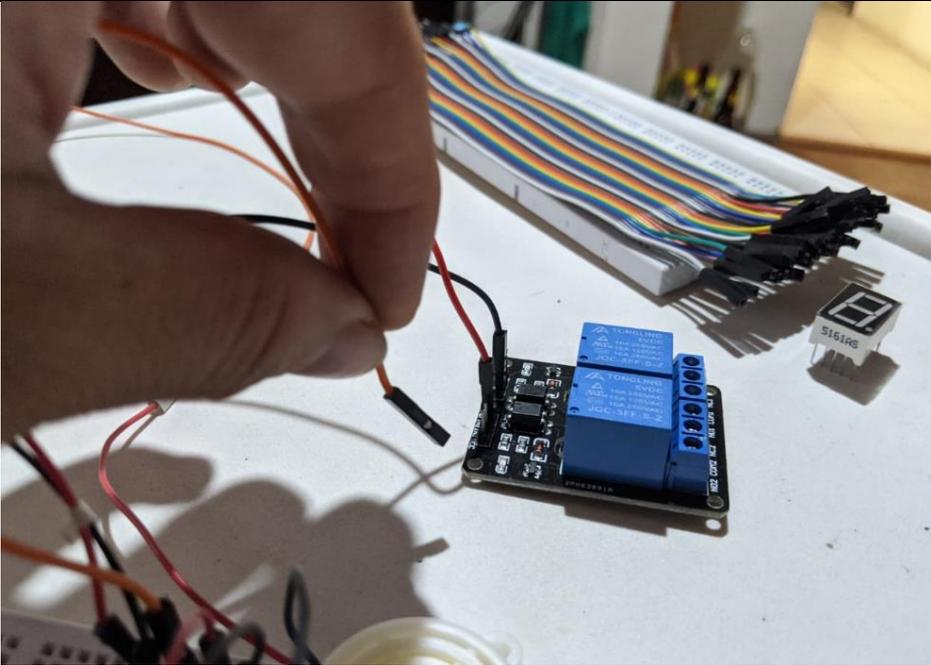
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Armado de los relés electrónicos		N° 1
		
<p>Descripción:</p> <p>Se procede a la conexión del protoboard a los relés mediante el empleo de los puentes.</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

Tabla 30. Armado, paso II

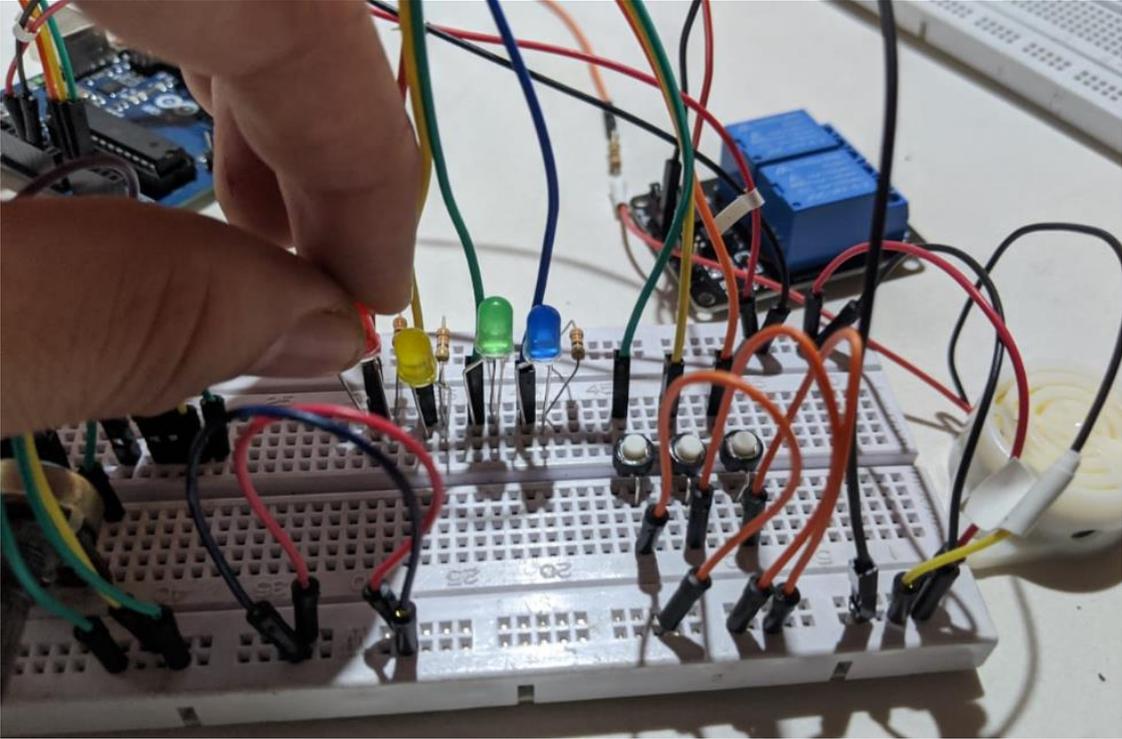
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Armado de los leds		N° 2
		
<p>Descripción:</p> <p>El siguiente paso es la ubicación de los leds en el protoboard.</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

Tabla 31. Armado, paso III

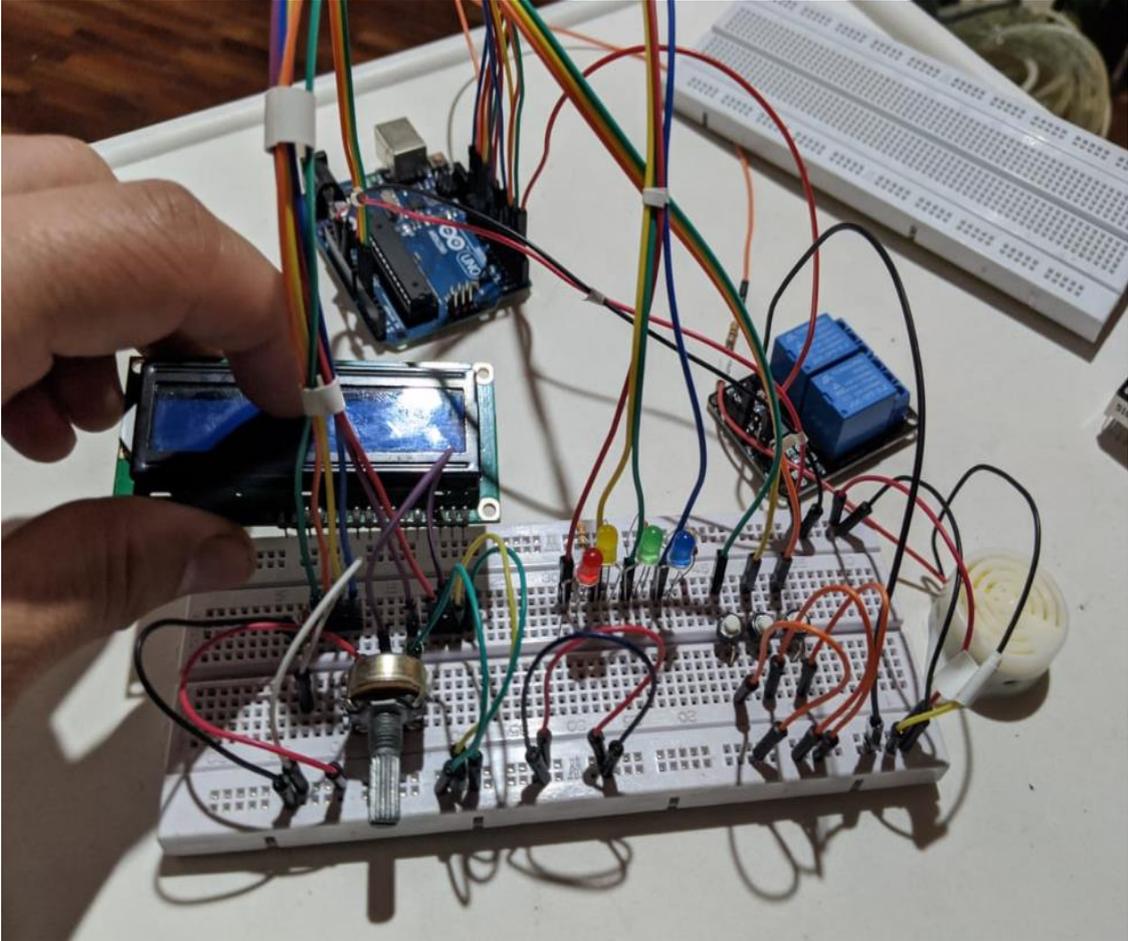
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Armado de la pantalla LCD		N° 3
		
<p>Descripción:</p> <p>El siguiente paso es la ubicación de la pantalla LCD en el protoboard.</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez.</p>

Tabla 32. Armado, paso IV

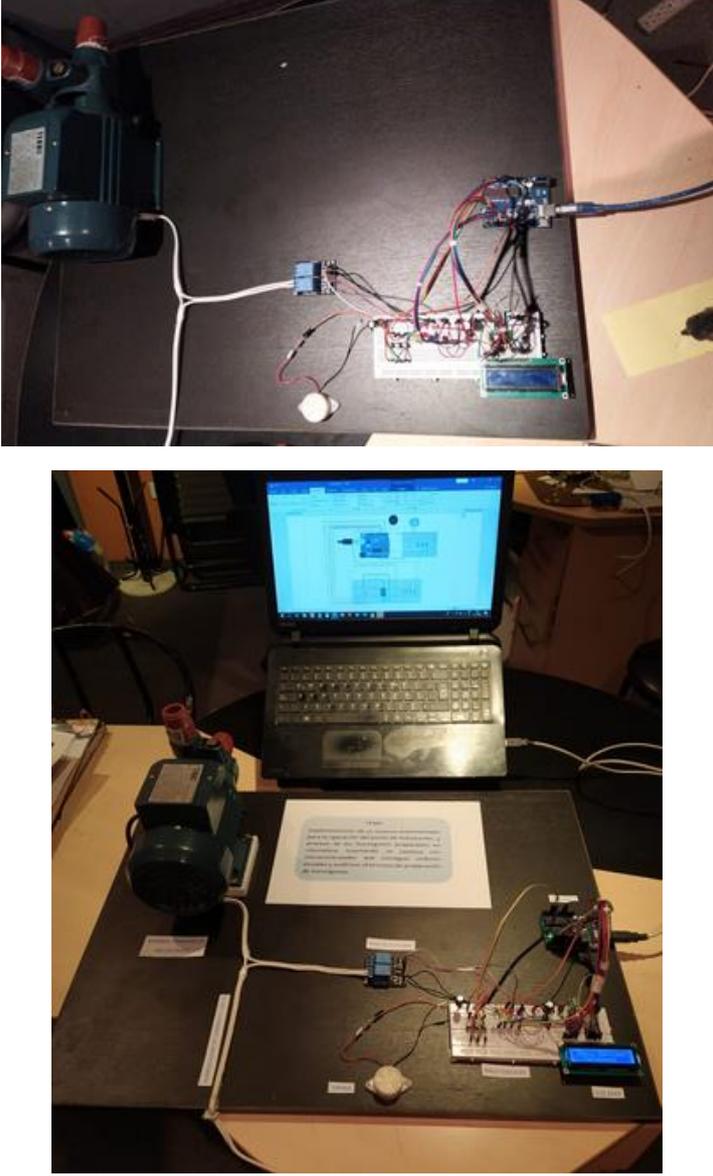
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Armado Total		N° 4
		
Responsables: SANTIAGO VELASQUEZ		Profesor Guía: Ing. Fabricio Vélez

Tabla 33. Funcionamiento I

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Funcionamiento I		N° 5
		
<p>Descripción:</p> <p>El funcionamiento inicia con el encendido, el cual se indica en la pantalla LCD</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

Tabla 34. Funcionamiento II

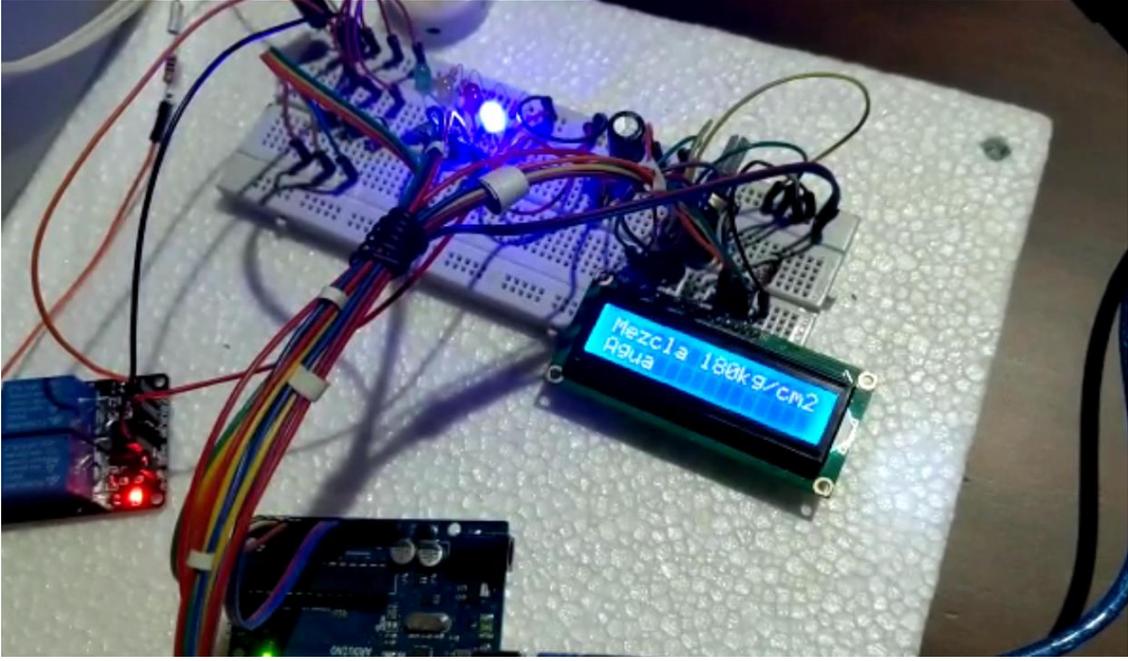
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Funcionamiento II		N° 6
		
<p>Descripción:</p> <p>Preparación de la mezcla a 180kg/cm² con agua</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

Tabla 35. Funcionamiento III

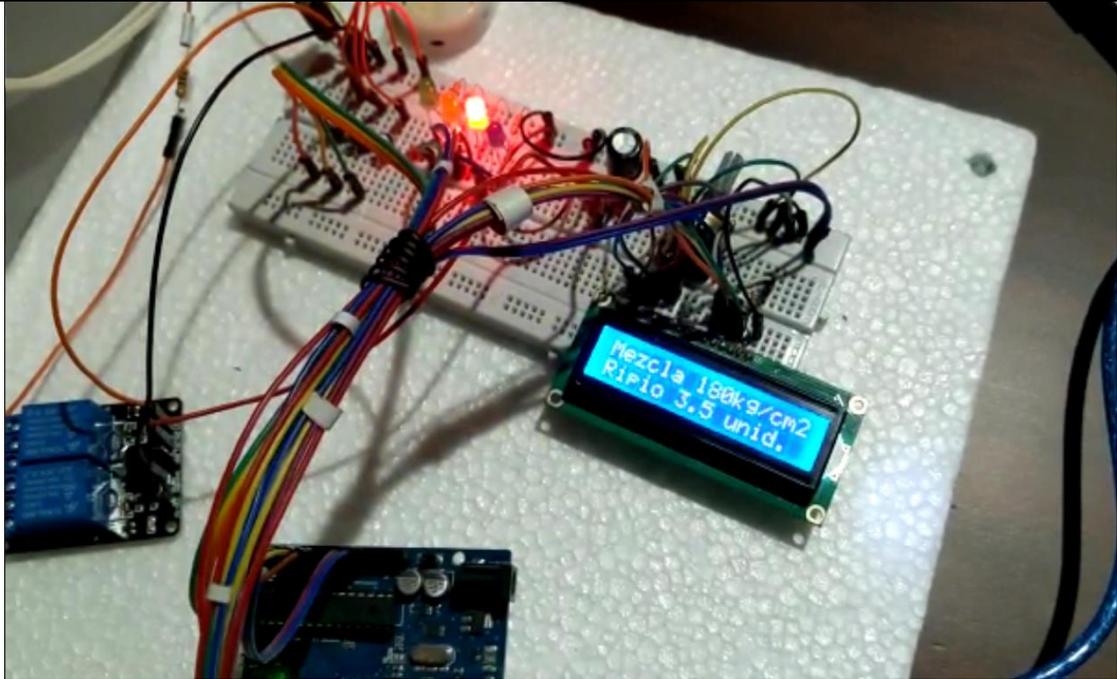
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Funcionamiento III	N° 7	
		
<p>Descripción:</p> <p>Preparación de la mezcla a 180kg/cm² con ripio.</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>	<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>	

Tabla 36. Funcionamiento IV

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Funcionamiento IV		N° 8
		
<p>Descripción:</p> <p>Preparación de la mezcla a 180kg/cm² con cemento</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

Tabla 37. Funcionamiento V

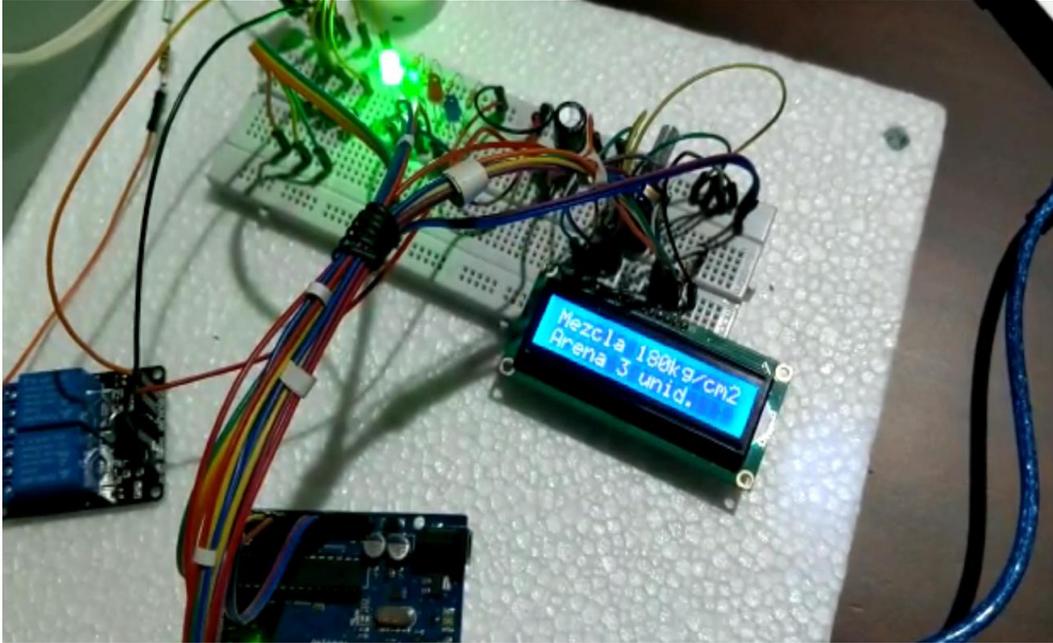
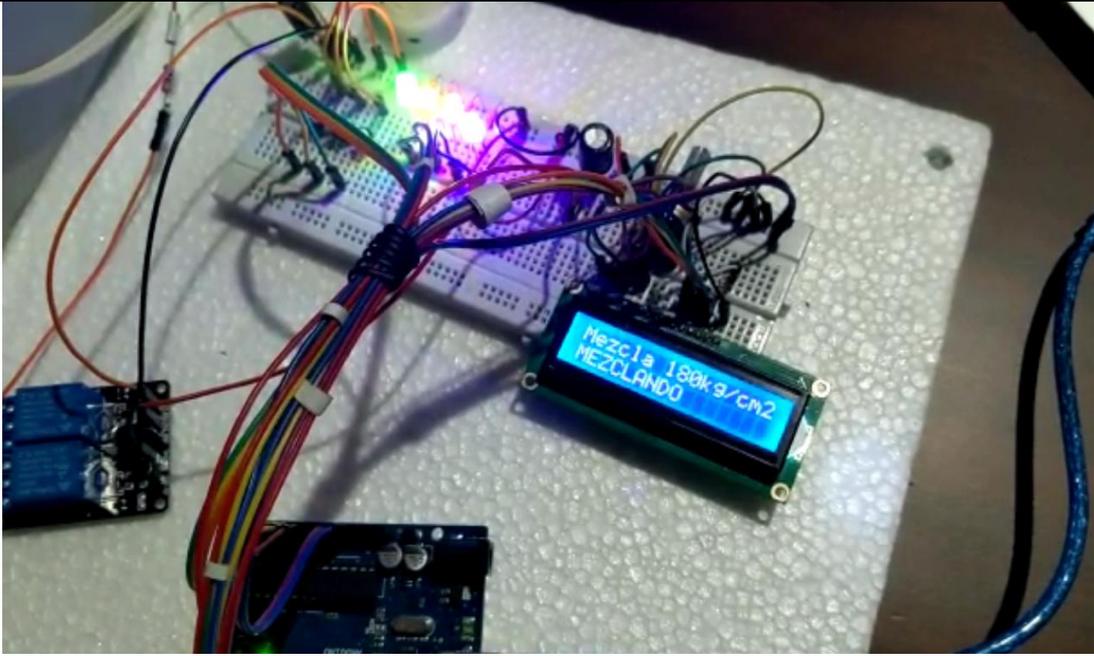
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Funcionamiento V		N° 9
		
<p>Descripción:</p> <p>Preparación de la mezcla a 180kg/cm² con arena</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>		<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>

Tabla 38. Funcionamiento VI

	FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	Tecnología en Construcción y Domótica	
Funcionamiento VI	N° 10	
		
<p>Descripción:</p> <p>Finamente procede al mezclado</p>		
<p>Responsables:</p> <p>SANTIAGO VELASQUEZ</p>	<p>Profesor Guía:</p> <p>Ing. Fabricio Vélez</p>	

4.2. Diagramas esquemáticos

Entre los diagramas esquemáticos usados en la implementación son:

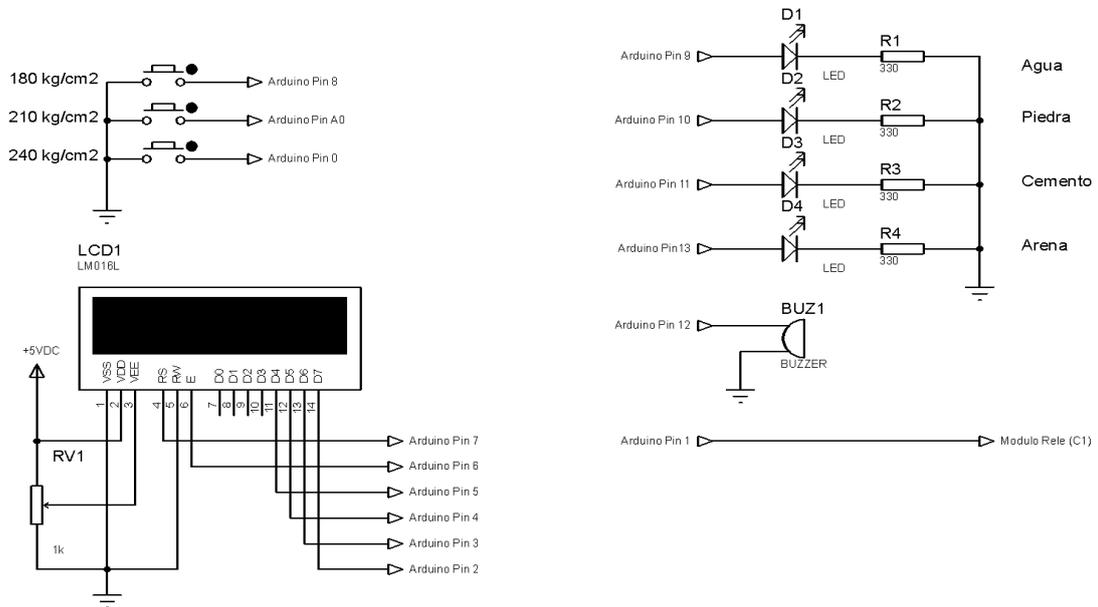


Figura 26: Diagrama de Control

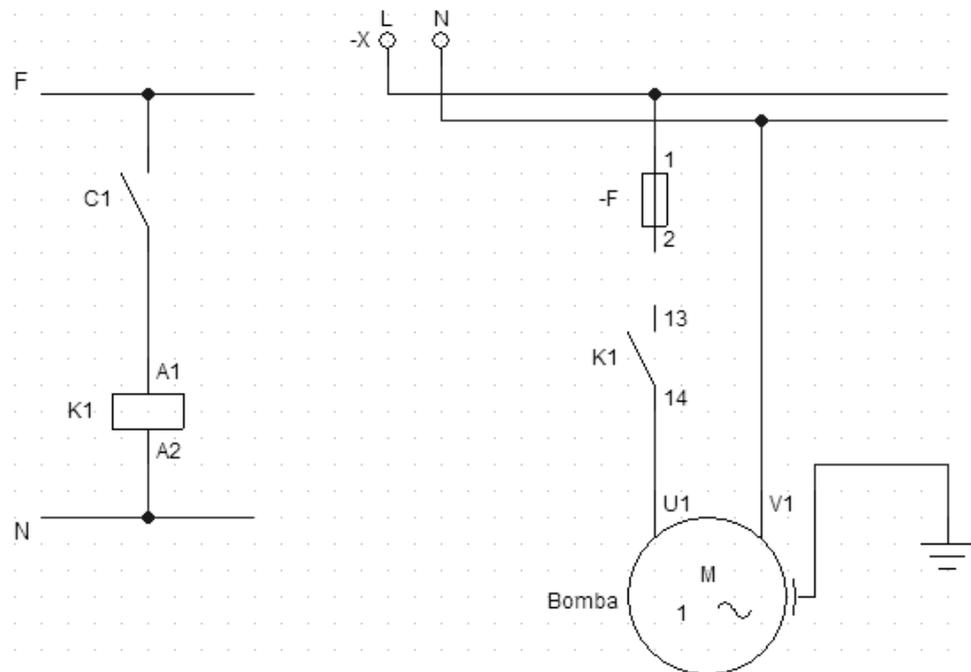


Figura 27: Diagrama de Fuerza

4.3. Descripción

El programa útil para el control del proceso ha sido desarrollado entorno de la programación del Arduino 1.8.10; es es el programa/espacio dentro del que escribe el código a compilar en el microcontrolador, para lo cual se ha implementado una estructura modular, que consta de un programa principal que se mantiene leyendo los puertos del controlador mientras despliega una pantalla de presentación en una pantalla LCD; y, de las subrutinas correspondientes al proceso propio de cada preparación del concreto.

Cambiando el estado de una de las entradas del controlador, cuando un usuario presiona uno de los botones correspondientes al tipo de concreto que se desea preparar, el programa principal realiza un salto a la subrutina respectiva, finalizado el proceso, retornándose a la ejecución del programa principal.

4.3.1. Programa Principal

El diagrama de flujo de la Figura 28, muestra el funcionamiento del programa principal, la cual observa que, en esencia, el sistema se mantiene constantemente alerta de la recepción de un comando, mediante los botones externos para la selección del tipo de concreto a preparar y que cada selección implicará la ejecución de la subrutina que corresponda.

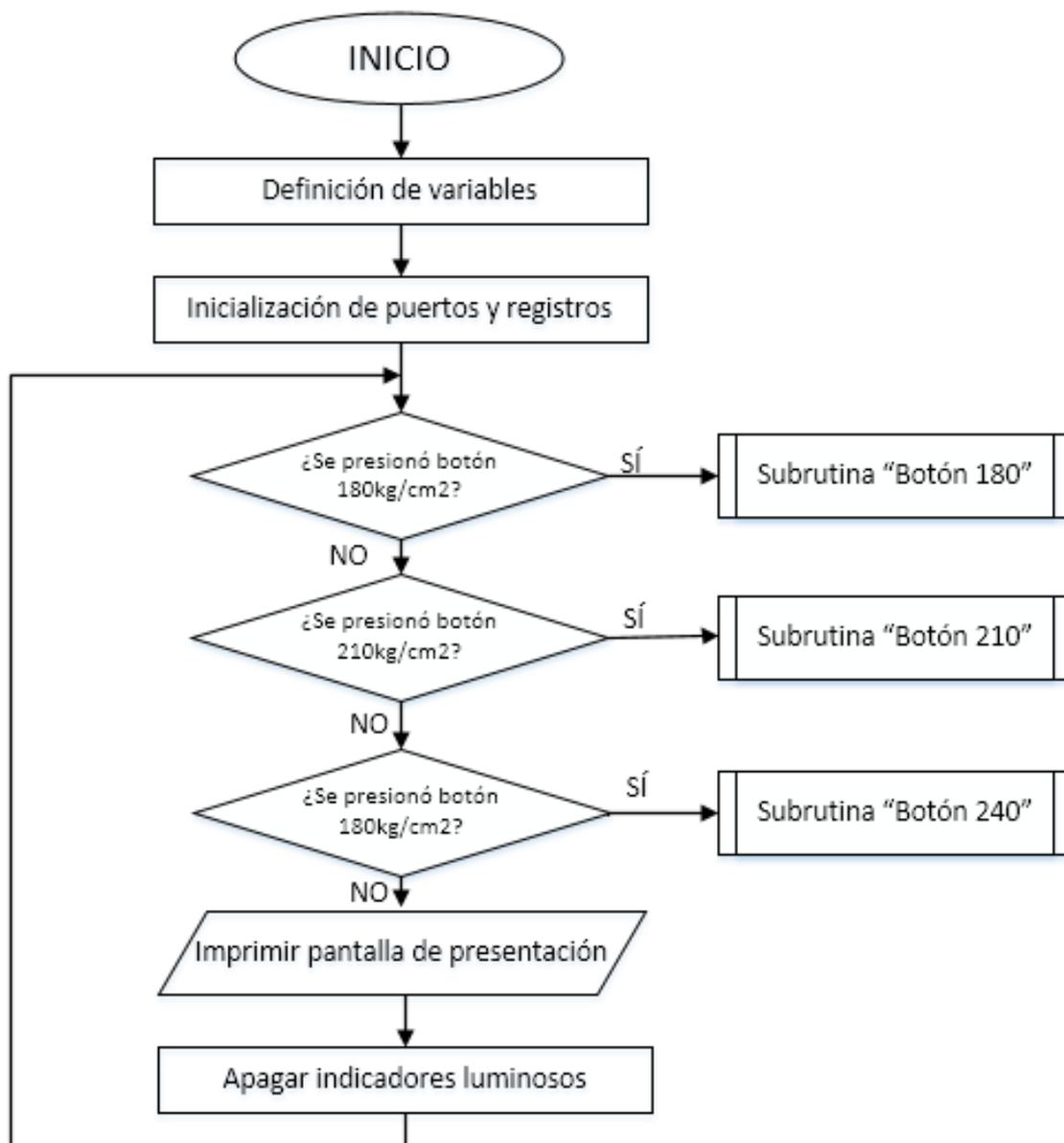


Figura 28: Diagrama de flujo del programa principal.

El primer bloque de instrucciones corresponde a la inicialización del sistema, definición de variables y configuración de puertos del Arduino (entradas y Salidas), así como la inclusión de la librería para el manejo de la pantalla LCD y su configuración previa.

En caso de requerirlo, se ha implementado una interrupción de pausa, que permite poner el proceso en espera en cualquier instante, por orden del usuario a través de un botón externo y continuar con su ejecución cuando este lo desee.

En caso de error, el usuario podrá hacer uso de este botón para detener la marcha del proceso y posteriormente, reiniciar el programa mediante el uso del botón de “Reset” con que cuenta la placa Arduino.

```
//LIBRERIAS EXTERNAS
#include <LiquidCrystal.h>

//DEFINICIÓN DE CONSTANTES
#define COLS 16 // Columnas del LCD
#define ROWS 2 // Filas del LCD

LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, A3); //PIN 7 RS (PIN 4 del LCD)
                                     //PIN 6 Enable (PIN 6 del LCD)
                                     //PIN 5, 4, 3 y 13 Datos (PIN 11, 12, 13, 14 del LCD)

//PULSADORES EXTERNOS
#define P180 A0 //Pulsador mezcla 180kg/cm2
#define P210 A1 //Pulsador mezcla 210kg/cm2
#define P240 A2 //Pulsador mezcla 240kg/cm2
#define PPausa 2 //Pulsador pausa

//LEDS INDICADORES
#define LAGUA 12 //LED agua
#define LRIPIO 11 //LED ripio
#define LCEMENTO 10 //LED cemento
#define LARENA 9 //LED arena

#define Buzzer 13
#define Rele 8

//Definición de variables
int i = 0; //variable para el timer
int volatile bandera = 0; //bandera de pausa activada o desactivada
int volatile banderarele = 0; //bandera de rele activado cuando entra a pausa
int resta = 0; //contador para mostrar el tiempo en el LCD
```

Dentro del bloque de instrucciones de configuración se da la instrucción para habilitar las resistencias de pull-up, internas del microcontrolador para las entradas, lo que reduce la necesidad de hardware externo. En este bloque se configura también la interrupción externa que hará que el sistema entre en modo de pausa.

```

void setup()
{ //Configuración de filas y columnas del LCD
  lcd.begin(COLS, ROWS);

  //Configuración de pines con resistencia de pullup interna
  pinMode(P180, INPUT_PULLUP); //Botón 180kg/cm2
  digitalWrite(P180, HIGH);
  pinMode(P210, INPUT_PULLUP); //Botón 210kg/cm2
  digitalWrite(P210, HIGH);
  pinMode(P240, INPUT_PULLUP); //Botón 240kg/cm2
  digitalWrite(P240, HIGH);
  pinMode(PPausa, INPUT_PULLUP); //Botón pausa
  digitalWrite(PPausa, HIGH);
  pinMode(LARENA, OUTPUT); //LED "Arena"
  digitalWrite(LARENA, LOW);
  pinMode(LRIPIO, OUTPUT); //LED "Ripio"
  digitalWrite(LRIPIO, LOW);
  pinMode(LCEMENTO, OUTPUT); //LED "Cemento"
  digitalWrite(LCEMENTO, LOW);
  pinMode(LAGUA, OUTPUT); //LED "Agua"
  digitalWrite(LAGUA, LOW);
  pinMode(Buzzer, OUTPUT); //Pin de activación del Buzzer
  digitalWrite(Buzzer, LOW);
  pinMode(Rele, OUTPUT); //Pinde de activación del relé para operación de la bomba de agua
  digitalWrite(Rele, HIGH); //Lógica invertida, HIGH apagado

  //Configuración interrupción externa
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PPausa), INT_PAUSA, FALLING);
}

```

La ejecución del programa principal se da en lazo y de forma continua, es decir que, durante su funcionamiento, el programa se mantiene a la espera de los comandos recibidos desde los botones mediante la instrucción “**digitalRead**”.

```

//Programa principal
void loop ()
{
  if (digitalRead(P180) == 0) //Verificar si se ha presionado el botón de 180kg/cm2
  {
    INT_180(); //Llamar a subrutina de 180kg/cm2
  }
  else if (digitalRead(P210) == 0) //Verificar si se ha presionado el botón de 210kg/cm2
  {
    INT_210(); //Verificar si se ha presionado el botón de 210kg/cm2
  }
  else if (digitalRead(P240) == 0) //Verificar si se ha presionado el botón de 240kg/cm2
  {
    INT_240(); //Llamar a subrutina de 240kg/cm2
  }

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(" Tesis Santiago");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" Velasquez");

  digitalWrite(LARENA, LOW);
  digitalWrite(LRIPIO, LOW);
  digitalWrite(LCEMENTO, LOW);
  digitalWrite(LAGUA, LOW);
  digitalWrite(Rele, HIGH);
}

```

Programación de los botones (Subrutinas)

Una vez que el usuario ha presionado el botón, seleccionando un tipo de concreto de las preparaciones disponibles ($180\text{kg}/\text{cm}^2$; $210\text{kg}/\text{cm}^2$ y $240\text{kg}/\text{cm}^2$), el programa salta a la ejecución de la subrutina respectiva.

Las tres preparaciones tienen estructura similar en cuanto a la programación, pero difieren en los tiempos que dura el proceso de agregación de agua a través de la activación de la bomba de acuerdo con lo especificado. La estructura de las tres subrutinas se muestra en las Figuras 29, 30 y 31.

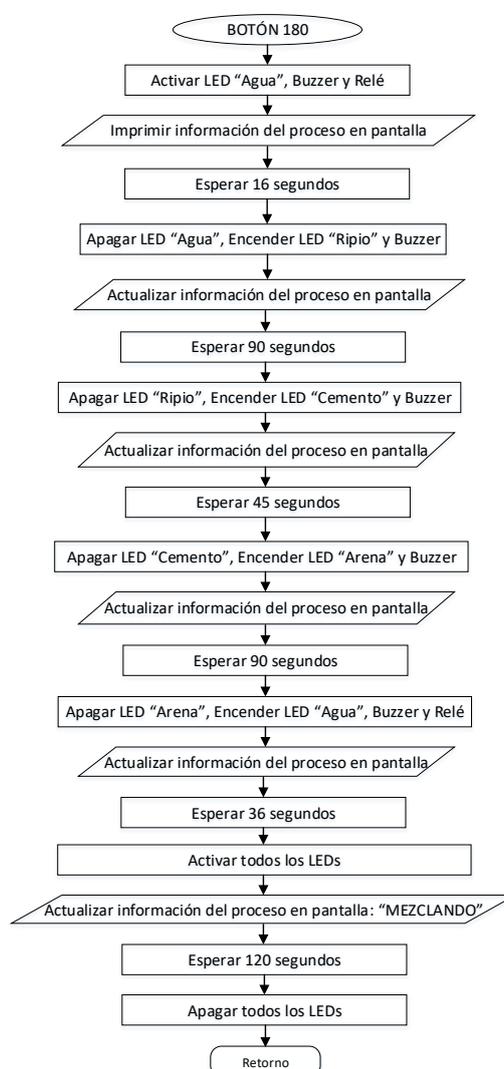


Figura 29: Diagrama de flujo de la subrutina para preparación de concreto de $180\text{kg}/\text{cm}^2$.

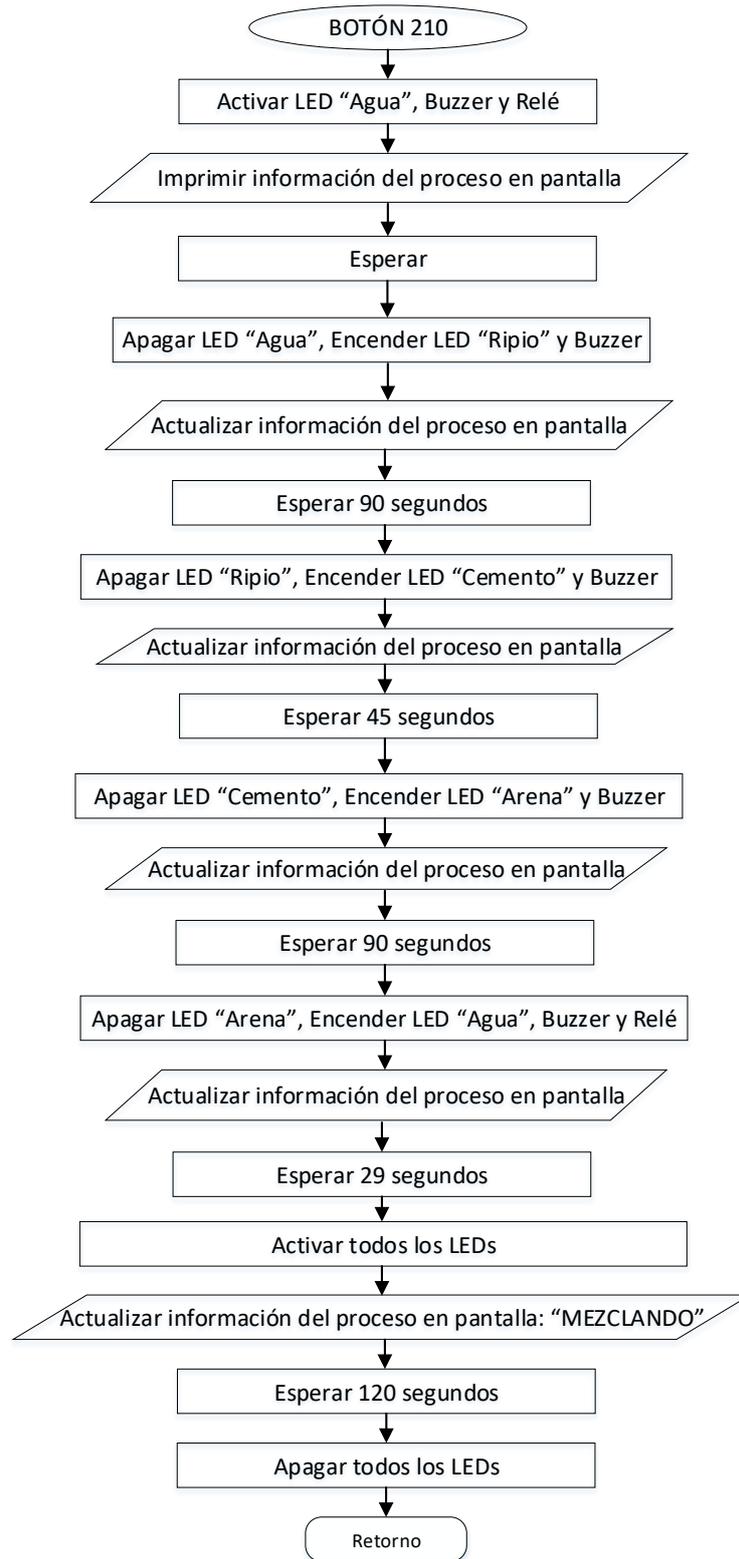


Figura 30: Diagrama de flujo de la subrutina para preparación de concreto de 210kg/cm².

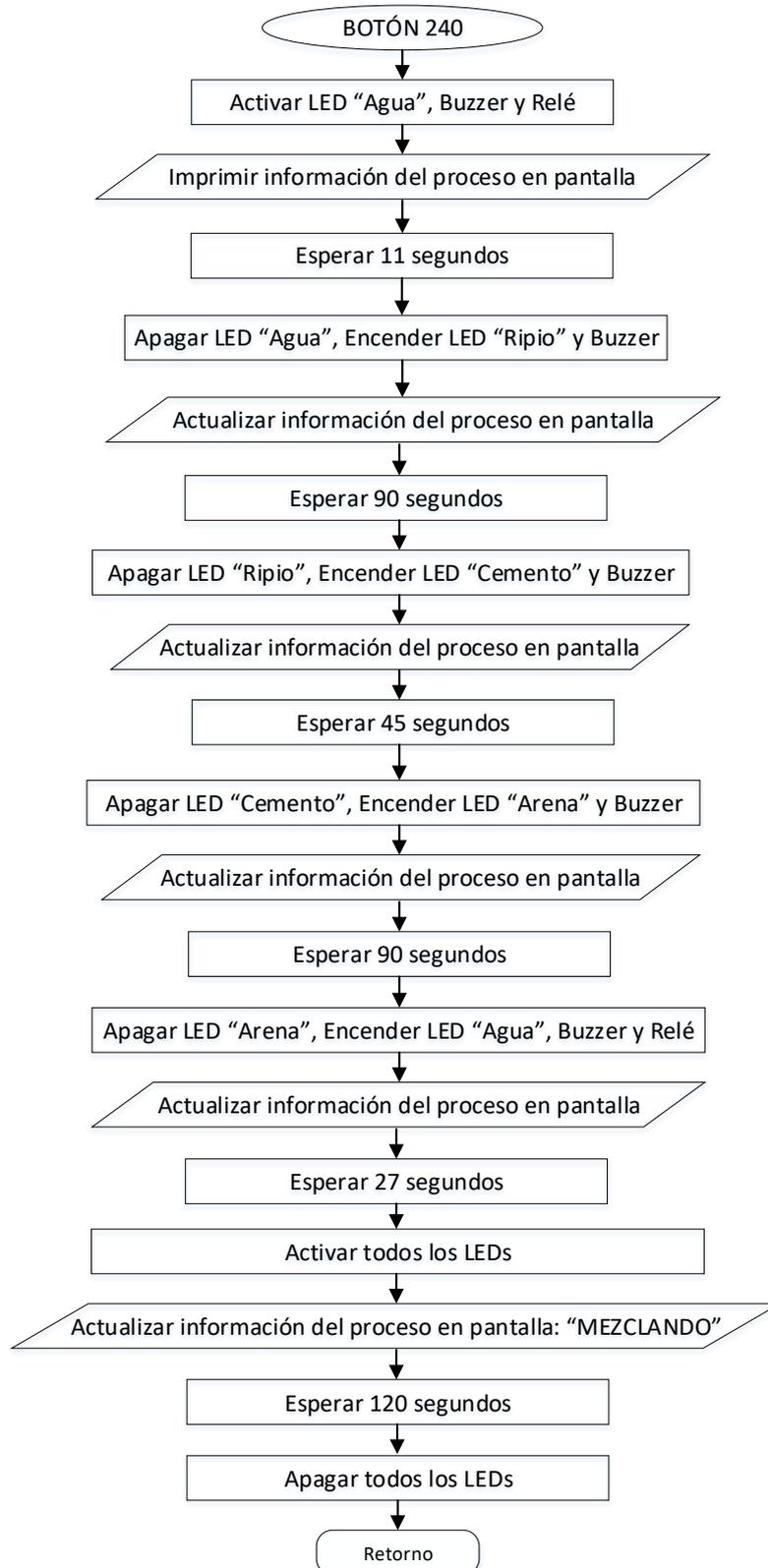


Figura 31: Diagrama de flujo de la subrutina para preparación de concreto de $210\text{kg}/\text{cm}^2$.

Se ha utilizado la instrucción “**void**” para estructurar las subrutinas y se ha asignado las etiquetas “**INT_180**”, “**INT_210**” e “**INT_240**” para invocar a cada subrutina.

De manera general, cada paso del proceso de preparación, se da por la combinación de agua, ripio, cemento, arena y la mezcla de los agregados, contabilizando los tiempos establecidos para cada uno; como se observa a continuación, encendiéndose el LED indicador del agregado que debe verterse, imprimiéndose en la pantalla LCD la información de la preparación (180kg/cm²; 210kg/cm² y 240kg/cm²), el paso en el que se encuentra y la dosificación en unidades, activando también un indicador sonoro durante un segundo, como indica la instrucción “**delay(1000)**” y el cambio de estado del pin **Buzzer** de **HIGH** a **LOW**.

```
//Sbrutina 180 kg/cm2
void INT_180()
{
    digitalWrite (Rele, LOW);
    digitalWrite (LAGUA, HIGH);
    digitalWrite (Buzzer, HIGH);
    lcd.begin(COLS, ROWS);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Agua");
    resta = 16;

    for (i=0; i<2; i++)
    {
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("Agua");
        lcd.setCursor(14,1);
        lcd.print(resta);
        resta--;
        delay (1000);
    }
}
```

```

digitalWrite (Buzzer, LOW);
for (i=0; i<14; i++) //16-2 segundos
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Agua");
  lcd.setCursor(14,1);
  lcd.print(resta);
  if (resta<10)
  {
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.print(" ");
  }
  resta--;
  delay(1000);
}

digitalWrite (Rele, HIGH);
digitalWrite (LAGUA, LOW);
digitalWrite (LRIPPIO, HIGH);
digitalWrite (Buzzer, HIGH);
lcd.begin(COLS, ROWS);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Ripio 3.5u.");
resta = 90;

for (i=0; i<2; i++)
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Ripio 3.5u.");
  lcd.setCursor(14,1);
  lcd.print(resta);
  resta--;
  delay (1000);
}
digitalWrite (Buzzer, LOW);

```

```

for (i=0; i<88; i++) //90-2 segundos
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Ripio 3.5u.");
  lcd.setCursor(14,1);
  lcd.print(resta);
  if (resta<10)
  {
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.print(" ");
  }
  resta--;
  delay(1000);
}

digitalWrite(LRIPIO,LOW);
digitalWrite(LCEMENTO,HIGH);
digitalWrite(Buzzer,HIGH);
lcd.begin(COLS, ROWS);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Cemento 1u.");
resta = 45;

for (i=0; i<2; i++)
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Cemento 1u.");
  lcd.setCursor(14,1);
  lcd.print(resta);
  resta--;
  delay (1000);
}
digitalWrite(Buzzer,LOW);

```

```

for (i=0; i<43; i++) //45-2 segundos
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Cemento 1u.");
  lcd.setCursor(14,1);
  lcd.print(resta);
  if(resta<10)
  {
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.print(" ");
  }
  resta--;
  delay(1000);
}

digitalWrite(LCEMENTO, LOW);
digitalWrite(LARENA, HIGH);
digitalWrite(Buzzer, HIGH);
lcd.begin(COLS, ROWS);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Arena 3u.");
resta = 90;

for (i=0; i<2; i++)
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Arena 3u.");
  lcd.setCursor(14,1);
  lcd.print(resta);
  resta--;
  delay (1000);
}
digitalWrite(Buzzer, LOW);

```

```

for (i=0; i<88; i++) //90-2 segundos
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Arena 3u.");
  lcd.setCursor(14,1);
  lcd.print(resta);
  if(resta<10)
  {
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.print(" ");
  }
  resta--;
  delay(1000);
}

digitalWrite (Rele, LOW);
digitalWrite (LARENA, LOW);
digitalWrite (LAGUA, HIGH);
digitalWrite (Buzzer, HIGH);
lcd.begin(COLS, ROWS);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Agua");
resta = 36;

for (i=0; i<2; i++)
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Agua");
  lcd.setCursor(14,1);
  lcd.print(resta);
  resta--;
  delay (1000);
}

```

```

for (i=0; i<34; i++) //36-2 segundos
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Agua");
  lcd.setCursor(14,1);
  lcd.print(resta);
  if(resta<10)
  {
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.print(" ");
  }
  resta--;
  delay(1000);
}

digitalWrite (Rele, HIGH);
digitalWrite (LRIPPIO, HIGH);
digitalWrite (LCEMENTO, HIGH);
digitalWrite (LARENA, HIGH);
digitalWrite (Buzzer, HIGH);
lcd.begin(COLS, ROWS);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("MEZCLANDO");
resta = 120;

for (i=0; i<2; i++)
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("MEZCLANDO");
  lcd.setCursor(13,1);
  lcd.print(resta);
  resta--;
  delay (1000);
}
digitalWrite (Buzzer, LOW);

```

```

for (i=0; i<118; i++) //120-2 segundos
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Mezcla 180kg/cm2");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("MEZCLANDO");
  lcd.setCursor(13,1);
  lcd.print(resta);
  if(resta<100)
  {
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.print(" ");
    if(resta<10)
    {
      lcd.setCursor(14,1);
      lcd.print(" ");
    }
  }
  resta--;
  delay(1000);
}

```

Los tiempos de retardo dados mediante la instrucción “**delay**” se acumulan y son contabilizados para la generación de los tiempos de espera en cada paso, según lo indicado. Finalizado el proceso, la instrucción “**return**” permite que el sistema regrese al programa principal para esperar por un nuevo comando a través de los botones de selección.

El proceso es similar para cada preparación.

Interrupción “Pausa”

Cuando se presiona el botón de pausa, el sistema deja de ejecutar todo proceso que se encuentre ejecutando en ese instante, para pasar a leer las instrucciones de la interrupción. El diagrama de flujo de la Figura 32 corresponde a esta interrupción, en esta, el sistema verifica el estado del botón de pausa y cambia el valor de una variable utilizada como bandera para señalar que el sistema ha entrado en espera. Se emplea la instrucción “**While**” para hacer que el sistema entre en un lazo infinito mientras se verifica si el botón de pausa ha cambiado de

estado, una vez que este botón regresa a su posición normalmente abierta, se establece un retorno de la interrupción y el sistema regresará al punto de ejecución en el que se quedó al instante de hacer el llamado de interrupción. Debido a estas condiciones, es necesario emplear un interruptor para ejecutar este paso.

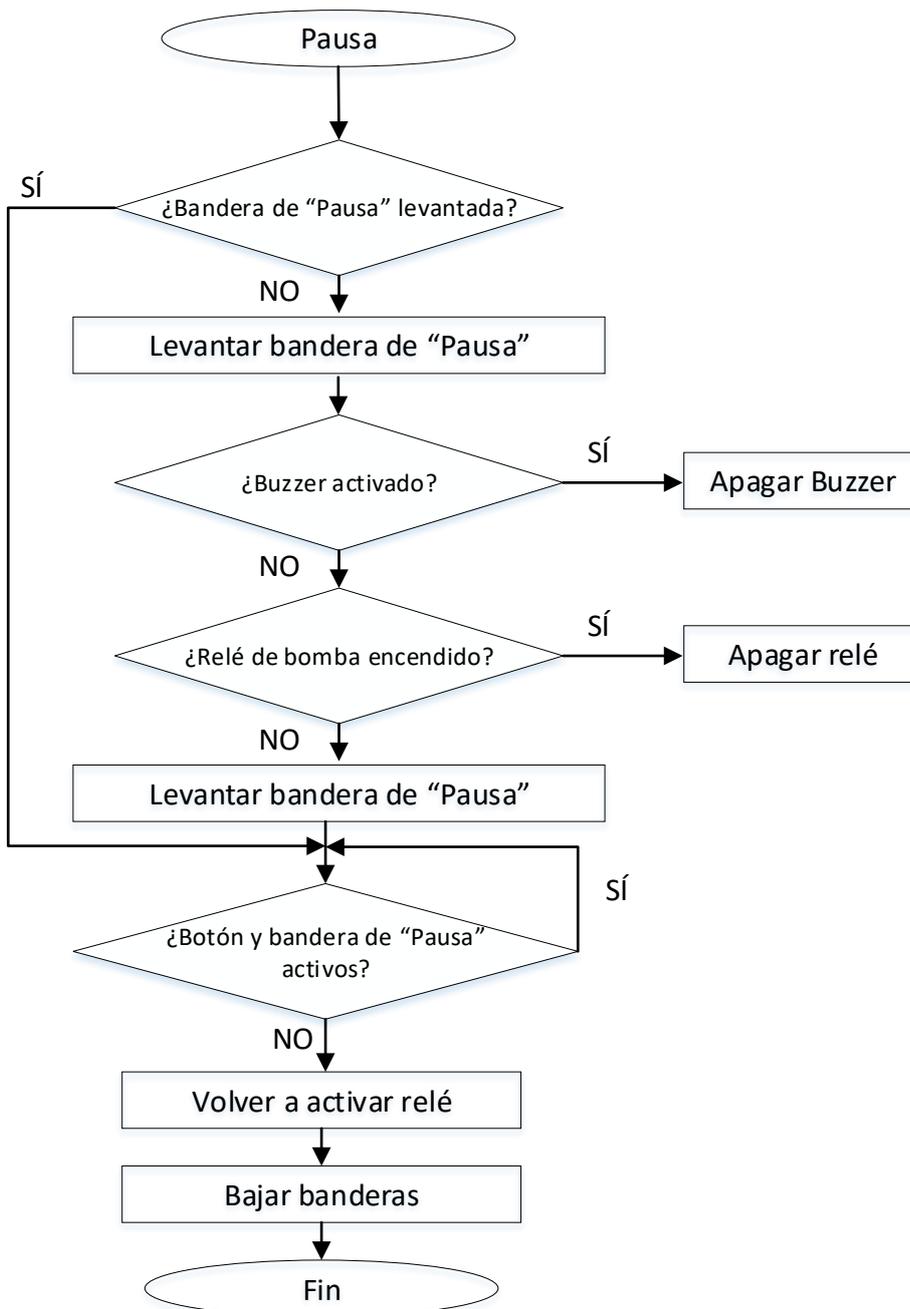


Figura 32: Interrupción de Pausa.

4.4. Cronograma de actividades

Tabla 39. Cronograma de actividades

COD.	ACTIVIDAD	DURAC (Días)	TIEMPO DE DURACION												
			1 SEMA	2 SEMA	3 SEMA	4 SEMA	5 SEMA	6 SEMA	7 SEMA	8 SEMA	9 SEMA	10 SEMA	11 SEMA	12 SEMA	
1	Determinar el proceso técnico para la elaboración de hormigones en concretera.	3	■												
2	Informe técnico de los ensayos en el sitio de algunas obras realizadas con concretera.	15	■	■											
3	Sondeo realizado a profesionales en obras públicas y privadas sobre el proceso de realización de hormigones en obra con concretera y su grado de garantía al elaborarlos en obra.	20	■	■	■										
4	Análisis de la elaboración de hormigones en concreteras con capacidad de un saco de aglutinante.	7			■										
5	Análisis de desperdicios al fabricar hormigones en obras de difícil acceso.	7				■									
6	Análisis del número de trabajadores que se necesita para elaborar hormigones con concretera y su desempeño.	7				■									
7	Determinación del personal para operar este tipo de maquinaria.	5			■										
8	Determinar las variables que se usarán para automatizar el proceso y como se medirán.	5			■										
9	Realizar la programación requerida para que opere el arduino	15					■	■	■						
10	Adecuación de la estructura de la máquina para la inserción del sistema de automatización.	21						■	■	■					
11	Implementación del sistema de control	21						■	■	■					
12	Informe de pruebas de trabajo y rendimiento con la caja en marcha dentro de la concretera.	5									■				

5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Como conclusión para la implementación, se utilizaron materiales e instrumentos existentes en el mercado local y nacional, como son: multímetro, capacitor electrolítico, capacitor cerámico, pantalla LCD 16x2, potenciómetro, Arduino, protoboard, puentes, pulsadores de 2 pines, relés electrónicos, uniones, cinta de teflón, abrazaderas, abrazaderas, bomba periférica, adaptador, resistencia de 200 Ohmios, led, manguera de Ø 1”
- Se dosificaron los materiales requeridos como el hormigón el cual en base al caudal de 40 lt/min, 50 kg de cemento, 35 litros de agua, 3 parihuelas de arena y 3.5 parihuelas de piedra, obteniendo un tiempo de expulsión de 0.875 min para elaborar hormigón de resistencia de 180 Kg/cm²
- Se dosificaron los materiales requeridos como el hormigón el cual en base al caudal de 50 lt/min, con 50 kg, 28 litros de agua, 2.5 parihuelas de arena y 3 parihuelas de piedra, obteniendo un tiempo de expulsión de 0.7 min para elaborar hormigón de resistencia de 210 Kg/cm²
- Se dosificaron los materiales requeridos como el hormigón el cual en base al caudal de 50 lt/min, con 50 kg, 28 litros de agua, 2.5 parihuelas de arena y 3 parihuelas de piedra, obteniendo un tiempo de expulsión de 0.7 min para elaborar hormigón de resistencia de 210 Kg/cm²
- Se procedió al armado del circuito en el protoboard, ubicando los leds, pantalla LCD, dando como resultado el funcionamiento de la preparación de la mezcla con el agua, con el ripio, con el cemento, con arena, mezclado y dando los resultados finales óptimos requeridos, cumpliéndose los objetivos necesarios.
- Se concluyo que comúnmente para elaborar nel hormigón se necesita 1 operador para concretera, 1 peón para dotar material pétreo, 2 peones para insertar la parihuela en la concretara, 1 peón para adicionar agua,

reduciéndose con el proyecto a 1 trabajador optimizándose la inserción de agua en el diseño del hormigón a preparar.

- Como conclusión se tiene que el funcionamiento del programa, así como la ejecución se mantiene constantemente en alerta, donde la configuración habilita las resistencias, permitiendo la preparación de los tres tipos de concreto disponibles a 180kg/cm^2 ; 210kg/cm^2 y 240kg/cm^2 , los cuales son similares, donde mediante la combinación de agua, ripio, cemento y arena dan los agregados requeridos, donde los tiempos de retardo se dan a través del delay, regresando al inicio el sistema al finalizar el proceso con un return.
- Los profesionales sondeados en su mayoría por su experiencia en obra civil al preparar este tipo de hormigones en concreteira coinciden que la inseguridad de su elaboración en obra, ya que no existe un seguimiento técnico constante al fabricar más de un metro cubico de mezcla por la cantidad de repeticiones del mismo proceso y su uniformidad tanto al insertar los agregados y la hidratación sin ser esta la adecuada para que cumpla con la resistencia requerida en cada una de sus funciones, por la falta de criterio y conocimientos de las personas encargadas en la elaboración del mismo, creándose la necesidad de que exista un sistema que regule este proceso sin necesidad que exista un técnico presente.
- Es importante que exista un sistema integrado en la concreteira con capacidad de un saco de cemento que permita elaborar un hormigón optimo en estas áreas y se garantice tanto el constructor como los beneficiarios de estas obras que cada elemento que requiera de estas mezclas estén siendo fabricadas con un criterio técnico sin necesidad que se encuentre siendo operado por una persona calificada, sino siguiendo órdenes visuales y auditivas que sean entregadas por la misma máquina que está elaborando este hormigón.
- Se tiene predestinado insertar una placa de los circuitos representados en el protoboard con una base en donde se encuentran conectadas todos y

cada uno de los elementos ya detallados en el diseño de nuestro sistema en la tapa del motor de la concretera con capacidad para un saco de cemento ya que esto permite que este sea insertado en el mismo y no sea un elemento extra a la misma, dando así una característica importante dentro de su estructura y modernizando el proceso y diseño de la maquina con anclajes básicos como tornillos y rodela de presión para fijar la bomba y la base del sistema evitando su desprendimiento por el movimiento mecánico que tiene en su funcionamiento.

- Se han realizado pruebas del proceso e insertando las mangueras en la estructura de la concretera evidenciando los tiempos de espera para la inserción de los agregados y el abastecimiento de los porcentajes de agua por medio de la bomba dando un funcionamiento óptimo del ensayo y obteniendo un hormigón uniforme y con las características que debe tener en color y consistencia de la mezcla, llegando a completar la resistencia adecuada luego de los días que necesita para su conformación.
- Se puede concluir que, para la elaboración de hormigones en concretas tradicionales sin automatizar, en el proceso existe un esquema el cual se tiende a errar ya que en la dosificación no se lleva una cuantificación clara ni limitada de tiempos de mezclado tampoco de los elementos por agregar y para esto necesitamos un técnico al frente de esta elaboración que verifique que no existan errores por desconocimiento ya que la mano de obra en nuestro círculo no es calificada.
- En el caso de la concretera tradicional insertado el sistema automatizado se disminuyen porcentualmente el margen de errores ya que limitamos siempre a una alarma de verificación en cada uno de los pasos de elaboración dejando que el sistema tome las riendas de fabricación del diseño y llevando un desarrollo armonioso del proceso además de dosificar y llegar con exactitud al punto de hidratación del mismo para poder asegurar que la resistencia sea la adecuada para cada elemento estructural diseñado de antemano por el técnico calculista de la obra a realizarse.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda dejar de hacer el trabajo sin procedimientos.
- Se recomienda realizar visitas técnicas a diferentes construcciones y poner en práctica lo ejecutado, donde se puede analizar las falencias que se tiene en obras y las formas de mejorar.
- Se recomienda realizar estudios del proceso y determinar otras variables que se usarán para controlar el proceso y los equipos que se necesitan para la medición automatizada del proceso.
- Se recomienda realizar pruebas de trabajo y rendimiento con la caja en marcha de la concreteira tomando datos, de lo que se requiere optimizar en el proceso tanto de materiales, mano de obra y tiempos de elaboración.

Referencias

- © ACOMY BOMBAS S.A. . (2015). Bomba periférica QB60. Obtenido de http://www.acomybombas.com/?listing_type=gamma-qb60
- Abarca, C. (2013). Propuesta de mejora en la cadena de suministros en una concretera. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional.
- Alca, E., Maldonado, R., & Reátegui, D. (2015). Propuesta de mejora en la producción de una planta concretera. Lima: Universidad Aplicada de Ciencias Peruanas - Escuela de Post Grado.
- ARDUINO UNO. (2020). Overview. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- ARGÜELLO, G., & CARCHIPULLA, C. (2015). INGENIERÍA DE DISEÑO PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS RELÉS MULTIFUNCIÓN DE LA CENTRAL MAZAR EN LAS UNIDADES DE LA CENTRAL MOLINO PERTENECIENTES A CELEC EP. HIDROPAUTE. Cuenca: UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- Boylestad, & Nashelsky. (2003). Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos. Barcelona: Pearson.
- Caiza, M. (2010). MPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ACAMPANADORA PARA MINIMIZAR TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE JUNTAS EN TUBERÍA PVC DE LA EMPRESA HOLVIPLAS S.A. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Cajamarca, W., & Castro, M. (2013). Automatización del proceso de mezclado de materia prima para la elaboración de tejas en la planta Ecuateja de la fábrica Tubasec C.A. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Centeno, C. (2017). Diseño del sistema de control con plataformas de desarrollo para la automatización del proceso de mezcla de concreto en planta concretera. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Checa, C. (2018). Plan de mejora de la productividad en la planta de hormigón premezclado mediante el uso de la teoría de restricciones. Quito: UDLA.
- disensa. (2018). Cinta Teflón 12mm x 10m con Carrete - Plastigama. Obtenido de <https://www.disensa.com.ec/cinta-teflon-12mm-x-10m-con-carrete-plastigama/p>
- Elkjar, & Smidth. (1970). Automatización de fabricas de cemento: técnica del proceso y la medición. Materiales de Construcciones, 138 - 139.
- factor energia. (09 de Julio de 2018). Contadores Digitales. Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/factura-luz/como-funcionan-los-nuevos-contadores-digitales/>
- Falconí, C., & Pincha, C. (2012). Automatización del proceso de producción de hormigón para la empresa MEZCLALISTA S.A. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Fonseca, A. (2015). EL HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD Y SU APLICACIÓN ENBLOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Gabalec, M. (2008). Tiempo de fraguado del hormigón. La Plata: Universidad Tecnológica Nacional - FACULTAD REGIONAL LA PLATA.
- García, E. (1999). Automatización de procesos industriales. España: Universitat Politècnica de Valencia.
- Geek Factory. (25 de Junio de 2018). Botón o pulsador con Arduino: Todo lo que debes saber. Obtenido de Tutoriales Arduino : <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/boton-o-pulsador-con-arduino/>

- GVS. (7 de Noviembre de 2018). CONTROL DE ACCESO. Obtenido de https://www.mymautomatizacion.com/gallery/m&m_gvs_listapreciosgvs_20191007.pdf
- Holcim. (2014). Elaboración de hormigón con cemento Holcim Fuerte. Guayaquil.
- Ingeniería Mecafenix. (9 de Mayo de 2019). ¿Qué es una abrazadera? y sus tipos. Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/otros/tipos-abrazaderas/>
- Jácome, E. (2017). El 60% de las edificaciones son informales en el Distrito Metropolitano de Quito. EL COMERCIO.
- Játiva, A. (2010). Sistema de puertas con sensores para la apertura en paradas autorizadas en buses del servicio urbano del Distrito Metropolitano de Quito. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.
- Macas, C., & Vallejo, W. (2010). Redistribución de la planta de producción de elevadores y concreteras en la empresa MIVIRN. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Márquez, M., & Raimundo, H. (2013). Diseño e implementación de un procedimiento de Medición de calibración de un multímetro patrón de 8.5 dígitos utilizando la comunicación po el BUS GPIB y el Estánda IEEE-488.2. San Salvador: Universidad de San Salvador.
- Monteagudo, S. (2014). Estudio microestructural y de los procesos de hidratación de cementos con adiciones. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Moreno, M., & Estupiñán, D. (2009). Modificación y preparación de un vehículo SUZUKI FORSA I paracompetencia de Rally, que a futuro represente a la Universidad Internacional del Ecuador. Quito: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR.
- Osorio, J. (1 de Septiembre de 2010). HIDRATACIÓN DEL CONCRETO: AGUA DE CURADO Y AGUA DE MEZCLADO. Obtenido de 360 EN

CONCRETO:

<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoria/usos-y-aplicaciones/importancia-del-agua-en-el-concreto>

Pérez, M. (2014). Diseño de la automatización del proceso de dosificación y mezcla de una planta de concreto para incrementar su calidad. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Sanhueza, M. (2018). HORMIGON. Chile.

SHENZHEN EONE ELECTRONICS. (2015). Specification for LCD Module 1602A-1 (V1.2).

Tapia, C., & Manzano, H. (2013). Evaluación de la plataforma Arduino e implementación de un sistema de control de posición horizontal. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.

Unicrom. (2016). LED – Diodo emisor de luz. Obtenido de <https://unicrom.com/diodo-led/>

ANEXOS

Anexos.

MARQUE CON UNA X

¿HA ELABORADO HORMIGONES EN CONCRETERA DE UN SACO?

SI...

NO...

¿SE ENCUENTRA SEGURO DE QUE SE ELABORAR TECNICAMENTE EL CONCRETO EN ESTE TIPO DE CONCRETERAS?

SI...

NO...

¿ES IMPORTANTE EL PUNTO DE HIDRATACION DEL HORMIGON PARA QUE ESTE CUMPLA CON SU RESISTENCIA?

SI...

NO...

¿CREE USTED QUE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS PARA SU FABRICACION CUMPLEN CON LAS CANTIDADES NECESARIAS EN SU PROCESO DE ELABORACION EN ESTE TIPO DE CONCRETERAS?

SI...

NO...

¿ESTARIA DE ACUERDO EN QUE EXISTA UN SISTEMA AUTOMATIZADO QUE REGULE EL PROCESO DE ELABORACION DEL HORMIGON EN CONCRETERA?

SI...

NO...

Anexo 2

SHENZHEN EONE ELECTRONICS CO., LTD

Specification

for

LCD Module

1602A-1

(V1.2)

1.0 FEATURES

- Display Mode: STN, BLUB
- Display Formate: 16 Character x 2 Line
- Viewing Direction: 6 O'Clock
- Input Data: 4-Bits or 8-Bits interface available
- Display Font : 5 x 8 Dots
- Power Supply : Single Power Supply (5V±10%)
- Driving Scheme : 1/16Duty,1/5Bias
- BACKLIGHT (SIDE) : LED (WHITE)

2.0 ABSOLUTE MAXIMUM

Item	Symbol	Min.	Max.	Unit
Power Supply for logic	Vdd	-0.3	+7.0	V
Power supply for LCD Drive	Vlcd	Vdd-10.0	Vdd+0.3	V
Input Voltage	Vi	-0.3	Vdd+0.3	V
Operating Temperature	Ta	0	+50	°C
Storage Temperature	Tstg	-10	+60	°C

3.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Ta=25°C;Vdd=3.0V±10%,otherwise specified)

Item	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Power Supply for Logic	Vdd	--	4.7	5.0	5.5	V
Operating Voltage for LCD	Vdd-Vo	--	--	5.0	--	V
Input High voltage	Vih	--	2.2	--	Vdd	V
Input Low voltage	Vil	--	-0.3	--	0.6	V
Output High voltage	Voh	-Ioh=0.2mA	2.4	--	--	V
Output Low voltage	Vol	Iol=1.2mA	--	--	0.4	V
Power supply current	Idd	Vdd=3.0v	--	1.1	--	mA

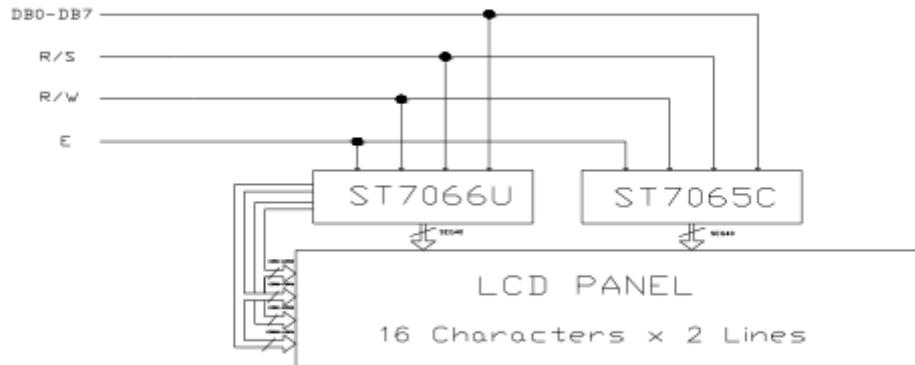
4.0 MECHANICAL PARAMETERS

Item	Description	Unit
PCB Dimension	80.0*36.0*1.6	mm
View Dimension	69.5*14.5	mm

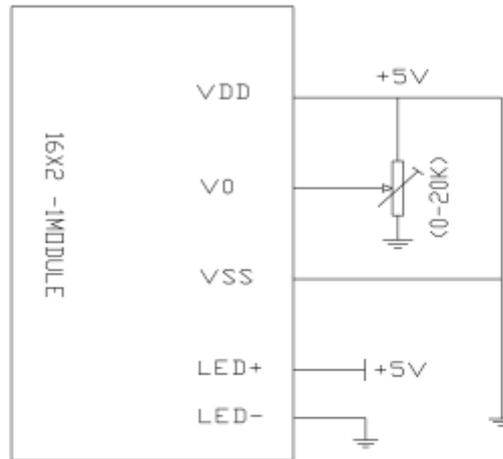
5.0 PIN ASSIGNMENT

No.	Symbol	Level	Function
1	Vss	--	0V
2	Vdd	--	+5V
3	V0	--	for LCD
4	RS	H/L	Register Select: H:Data Input L:Instruction Input
5	R/W	H/L	H--Read L--Write
6	E	H,H-L	Enable Signal
7	DB0	H/L	Data bus used in 8 bit transfer
8	DB1	H/L	
9	DB2	H/L	
10	DB3	H/L	
11	DB4	H/L	Data bus for both 4 and 8 bit transfer
12	DB5	H/L	
13	DB6	H/L	
14	DB7	H/L	
15	BLA	--	BLACKLIGHT +5V
16	BLK	--	BLACKLIGHT 0V-

6.0 BLOCK DIAGRAM



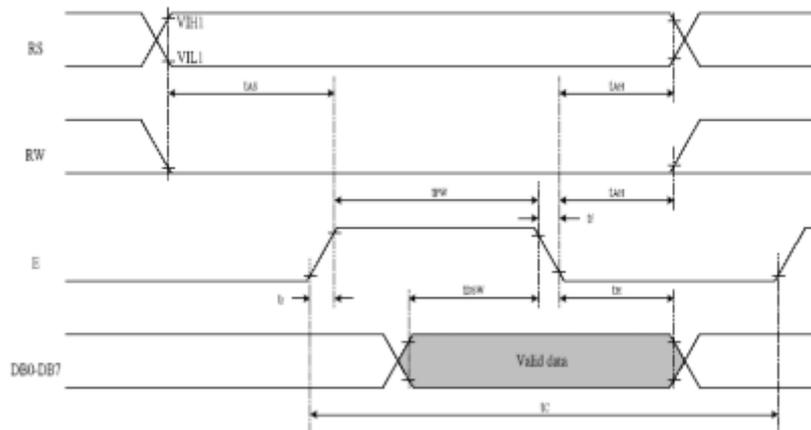
7.0 POWER SUPPLY BLOCK DIAGRAM



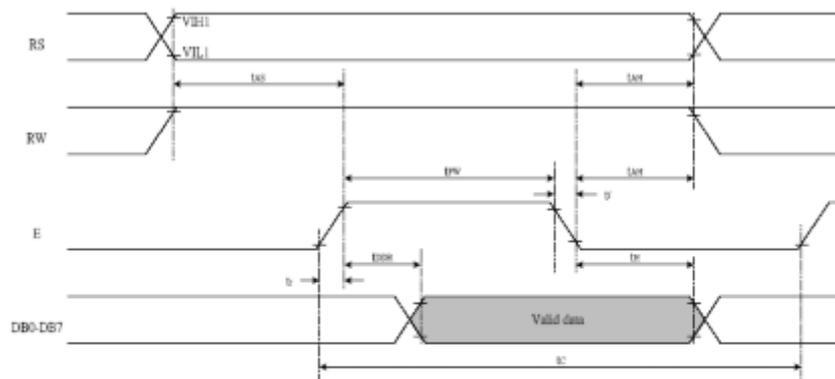
8.0 TIMING CHARACTERISTICS

<i>Write Mode (Writing data from MPU to ST7066U)</i>						
T_C	Enable Cycle Time	Pin E	1200	-	-	ns
T_{PW}	Enable Pulse Width	Pin E	140	-	-	ns
T_R, T_F	Enable Rise/Fall Time	Pin E	-	-	25	ns
T_{AS}	Address Setup Time	Pins: RS,RW,E	0	-	-	ns
T_{AH}	Address Hold Time	Pins: RS,RW,E	10	-	-	ns
T_{DSW}	Data Setup Time	Pins: DB0 - DB7	40	-	-	ns
T_H	Data Hold Time	Pins: DB0 - DB7	10	-	-	ns
<i>Read Mode (Reading Data from ST7066U to MPU)</i>						
T_C	Enable Cycle Time	Pin E	1200	-	-	ns
T_{PW}	Enable Pulse Width	Pin E	140	-	-	ns
T_R, T_F	Enable Rise/Fall Time	Pin E	-	-	25	ns
T_{AS}	Address Setup Time	Pins: RS,RW,E	0	-	-	ns
T_{AH}	Address Hold Time	Pins: RS,RW,E	10	-	-	ns
T_{DDR}	Data Setup Time	Pins: DB0 - DB7	-	-	100	ns
T_H	Data Hold Time	Pins: DB0 - DB7	10	-	-	ns

- Writing data from MPU to ST7066U



- Reading data from ST7066U to MPU



9.0 Display control instruction

The display control instructions control the internal state of the ST7066U-0A. Instruction is received from MPU to ST7066U-0A for the display control. The following table shows various instructions.

