



# UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

Diseño e implementación de un sistema automatizado para la producción de concreto premezclado para la empresa Movicreto

#### TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Mecatrónico

#### AUTORES

Tamashiro Palomino, Christian Soichi  
ORCID: 0000-0003-1852-1958

Saldaña Calderon, Piero David  
ORCID: 0000-0003-4159-0943

#### ASESOR

Castro Salguero, Robert Gerardo  
ORCID: 0000-0001-9909-3435

**Lima, Perú**

**2023**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos del autor(es)**

Saldaña Calderon, Piero David

DNI: 73694662

Tamashiro Palomino, Christian Soichi

DNI: 72905960

### **Datos de asesor**

Castro Salguero, Robert Gerardo

DNI: 06756101

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Mandujano Neyra, Demetrio Hugo

DNI: 07601347

ORCID: 0000-0002-3096-562

JURADO 2

Sotelo Valer, Freedy

DNI: 25804755

ORCID: 0000-0003-3079-2857

JURADO 3

Rivas León, Javier Hipólito

DNI: 10250991

ORCID: 0000-0002-8365-4346

JURADO 4

Lopez Cordova, Jorge Luis

DNI: 09638009

ORCID: 0000-0002-3817-6859

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.11.02

Código del Programa: 712046

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi familia, amigos y maestros quienes siempre estuvieron a mi lado apoyándome en mi desarrollo profesional y personal para poder cumplir mis metas. También a esa persona que siempre me animó a seguir adelante a pesar de la adversidad y continuar luchando para lograr todo lo que me proponga a futuro.

Christian Soichi Tamashiro Palomino

Dedico esta tesis a mis padres.

Piero David Saldaña Calderon

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestro más sincero agradecimiento a nuestra Universidad, que nos brindó los conocimientos básicos para poder realizar nuestras metas; al señor Luis Saldaña y a la señora Tatiana Calderón de la empresa Movicreto que nos permitieron trabajar en conjunto para demostrar la viabilidad del sistema propuesto; y a todos nuestros maestros y seres queridos que nos apoyaron activamente para llevar a cabo la presente tesis y a la abuela de Piero por cocinarnos. Por último, pero no menos importante, queremos agradecernos a nosotros por creer en nosotros; queremos agradecernos por hacer este trabajo duro; queremos agradecernos por no tener días libres; queremos agradecernos por no rendirnos; queremos agradecernos por ser nosotros todo el tiempo.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Problematización.....	6
1.1.1 Problema general.....	6
1.1.2 Problema específico .....	6
1.2 Objetivo.....	6
1.2.1 Objetivo General .....	6
1.2.2 Objetivos Específicos.....	6
1.3 Justificación .....	7
1.4 Alcances y Limitaciones de la Investigación.....	7
1.5 Estructura de la Tesis .....	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	12
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	12
2.1.1 Antecedentes Nacionales .....	12
2.1.2 Antecedentes Internacionales.....	13
2.2 Selección de Variables .....	14
2.3 Bases Teóricas.....	14
2.3.1 Automatización .....	14
2.3.1.1 Sistemas Eléctricos en la automatización de procesos.....	15
2.3.1.2 Sistemas Electrónicos en la automatización de procesos.....	17
2.3.2 Control de Procesos .....	19
2.3.2.1 Sistemas de control. ....	21
2.3.2.2 Controlador. ....	21
2.3.3 Proceso de elaboración de concreto premezclado.....	23
2.3.3.1 Proceso de toma del pedido.....	23
2.3.3.1.1 Propiedades del concreto. ....	24
2.3.3.1.2 Sistema Informático en el registro de data.....	25
2.3.3.2 Proceso de dosificación del agua. ....	28
2.3.3.2.1 Selección del agua. ....	28

2.3.3.2.2	Medición de la cantidad de agua.....	29
2.3.3.3	Proceso de dosificación del cemento. ....	31
2.3.3.3.1	Selección del cemento. ....	32
2.3.3.4	Proceso de dosificación de los agregados. ....	33
2.3.3.4.1	Selección de agregados.....	34
2.3.3.4.2	Sensor de medición de peso de los agregados. ....	36
2.3.3.4.3	Neumática en el control de procesos. ....	39
2.3.3.5	Mezcla y transportación. ....	40
2.3.4	Proveedor Cloud .....	40
CAPÍTULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA .....		42
3.2	Diseño Eléctrico .....	42
3.2.1	Condiciones Iniciales .....	42
3.2.2	Circuito eléctrico de alta potencia.....	43
3.2.2.1	Selección del conductor eléctrico.....	43
3.2.2.2	Selección de Llave Termomagnética. ....	49
3.2.2.3	Selección de Contactor.....	51
3.2.2.4	Selección de Relé Térmico.....	53
3.2.5	Circuito eléctrico de baja potencia.....	55
3.2.3.1	Circuito de control. ....	55
3.3	Diseño Electrónico .....	56
3.3.1	Condiciones Iniciales .....	57
3.3.2	Selección de Controlador .....	57
3.3.2.1	PLC. ....	58
3.3.2.2	Teensy. ....	58
3.3.2.3	Raspberry Pi. ....	59
3.3.3	Sistema de comunicación controlador actuador.....	59
3.3.3.2	Circuito Inversor. ....	61
3.3.3.3	Circuito de pulsadores.....	61
3.3.3.4	Circuito medidor de voltaje.....	62
3.3.4	Alimentación del circuito electrónico .....	63
3.4	Diseño Mecánico.....	65
3.4.1	Condiciones Iniciales .....	65
3.4.2	Diseño de mesa tablero .....	66
3.4.2.1	Diseño del marco de la pantalla. ....	66

3.4.2.2	Diseño de la caja de circuitos.....	67
3.4.2.3	Diseño de conectores.....	69
3.5	Diseño Informático.....	71
3.5.1	Condiciones Iniciales .....	72
3.5.2	Selección de Lenguaje de Programación .....	72
3.5.3	Selección de Base de datos .....	73
3.5.4	Programación del sistema .....	74
3.5.4.1	Programación de algoritmos para comunicación con el entorno físico. ....	74
3.5.4.2	Diseño de la interfaz de usuario. ....	75
3.5.4.3	Proceso de producción de concreto premezclado. ....	79
3.5.5.4	Configuración de una aplicación Cloud para el monitoreo remoto. ....	84
3.6	Implementación.....	86
3.6.1	Instalación Eléctrica .....	86
3.6.2	Instalación Electrónica .....	89
3.6.3	Instalación Mecánica.....	92
3.6.4	Instalación Informática.....	97
CAPÍTULO IV: PRUEBAS Y RESULTADOS .....		101
4.1	Pruebas .....	101
4.1.1	Prueba 1.....	101
4.1.2	Prueba 2.....	101
4.1.3	Prueba 3.....	101
4.1.4	Prueba 4.....	101
4.1.5	Prueba 5.....	101
4.1.6	Prueba 6.....	102
4.1.7	Prueba 7.....	102
4.1.8	Prueba 8.....	102
4.1.9	Prueba 9.....	102
4.1.10	Prueba 10.....	102
4.1.11	Prueba 11.....	102
4.1.12	Prueba 12.....	102
4.2	Resultados .....	102
4.2.1	Resultado de la Prueba 1 .....	103
4.2.2	Resultado de la Prueba 2 .....	103
4.2.3	Resultado de la Prueba 3 .....	105

4.2.4	Resultado de la Prueba 4 .....	106
4.2.5	Resultado de la Prueba 5 .....	107
4.2.6	Resultado de la Prueba 6 .....	108
4.2.7	Resultado de la Prueba 7 .....	108
4.2.8	Resultado de la Prueba 8 .....	109
4.2.9	Resultado de la Prueba 9 .....	110
4.2.10	Resultado de la Prueba 10 .....	111
4.2.11	Resultado de la Prueba 11 .....	112
4.2.12	Resultado de la Prueba 12 .....	112
	CONCLUSIONES .....	115
	RECOMENDACIONES.....	117
	OBSERVACIONES .....	118
	REFERENCIAS .....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Despacho de cemento mensual en miles de toneladas .....	1
Figura 2: Indicador de pesaje marca Ohaus.....	4
Figura 3: Tablero eléctrico de control.....	5
Figura 4: Diagrama de la estructura básica de la tesis .....	9
Figura 5: Esquema de elementos básicos de un sistema mecatrónico.....	15
Figura 6: Sistema neumático controlado por relay .....	166
Figura 7: Motor de corriente alterna de una fase .....	17
Figura 8: Paquete dual en línea: diagrama de sección transversal.....	18
Figura 9: Diagrama de bloques general de los sistemas de medición y control .....	19
Figura 10: Estrategia de control regulatorio .....	19
Figura 11: Diagramas de sistemas de control: a. circuito abierto; b. circuito cerrado....	20
Figura 12: Proceso de diseño de un sistema de control .....	200
Figura 13: Descripción simplificada de un sistema de control.....	21
Figura 14: Diagrama de componentes de un PLC .....	22
Figura 15: Sistema de microcontrolador.....	23
Figura 16: Bolsas de cemento Portland .....	24
Figura 17: Topología de mediador de arquitectura impulsada por eventos.....	<b>¡Error!</b>
<b>Marcador no definido.</b>	
Figura 18: Topología de intermediario de arquitectura impulsada por eventos .....	26
Figura 19: Patrón Modelo-vista-vistamodelo .....	27
Figura 20: Relación entre el diseño de tres niveles y MVVM.....	28
Figura 21: Caudalímetro de turbina y bobina interna .....	300
Figura 22: Reed switch .....	31
Figura 23: Balanza para pesaje de cemento.....	311
Figura 24: Tornillo sin fin para el transporte de cemento.....	32
Figura 25: Retroexcavadora.....	34
Figura 26: Galgas extensométricas: (a) alambre, (b) lámina, (c) semiconductor .....	37
Figura 27: Celda de carga extensométrica.....	37
Figura 28: Sistema de elevación neumático .....	39
Figura 29: Diagrama de un sistema de control de movimiento .....	40
Figura 30: Circuito eléctrico principal diseñado en CADe_SIMU.....	42
Figura 31: Circuito eléctrico de potencia diseñado en CADe_SIMU .....	433

Figura 32: Curvas de disparo de un interruptor termomagnético .....	49
Figura 33: Software AF Contactors Selection Tool.....	522
Figura 34: División del circuito eléctrico de baja potencia diseñado en CADe_SIMU555	
Figura 35: Circuito de control diseñado en CADe_SIMU .....	566
Figura 36: Circuito electrónico diseñado en CADe_SIMU.....	577
Figura 37: Sistema de comunicación controlador actuador diseñado en CADe_SIMU.	60
Figura 38: Módulo de Relés de Estado Solido .....	60
Figura 39: Circuito Inversor .....	611
Figura 40: Circuito de pulsadores diseñado en CADe_SIMU.....	622
Figura 41: Placa detectora de voltaje.....	622
Figura 42: Circuito del integrado HCPL-3700. ....	633
Figura 43: Fuente de alimentación Switching de 12 V regulable.....	644
Figura 44: Convertidor de Voltaje Step Down LM2596.....	644
Figura 45: Mesa de control diseñada en Onshape. ....	655
Figura 46: Diseño de las placas de la mesa de control en Onshape.....	666
Figura 47: Vista frontal del diseño del marco diseñado en Onshape.....	666
Figura 48: Vista posterior del diseño del marco diseñado en Onshape.....	677
Figura 49: Caja de circuitos electrónicos diseñada en Onshape.....	688
Figura 50: Uniones para circuitos electrónicos diseñados en Onshape.....	688
Figura 51: Conector HDMI diseñado en Onshape.....	699
Figura 52: Pieza A del conector USB diseñada en Onshape. ....	699
Figura 53: Pieza B del conector USB diseñada en Onshape. ....	70
Figura 54: Carcasa de placa electrónica diseñada en Onshape.....	70
Figura 55: Diseño basado en la arquitectura MVVM.....	71
Figura 56: Diagrama de Interacción de Raspberry Pi con el medio físico. ....	755
Figura 57: Pantalla de acceso al sistema.....	766
Figura 58: Pantalla de dosificación por metro cúbico. ....	766
Figura 59: Pantalla de configuración de caudalímetro. ....	777
Figura 60: Proceso de Llenado de Piedra, Cemento y Arena. ....	777
Figura 61: Pantalla de proceso principal de producción de concreto premezclado.....	788
Figura 62: Pantalla de reportes. ....	788
Figura 63: Diagrama de Control Proceso de Producción de Concreto Premezclado ...	799
Figura 64: Diagrama de Control de Proceso de Ingresar Información de Lote.....	799
Figura 65: Diagrama de Control de Proceso de Llenado de Agua. ....	80

Figura 66: Diagrama de Control de Proceso de Llenado de Piedra, Cemento y Arena..	81
Figura 67: Diagrama de Control de Proceso de Guardar Datos en la Base de datos.....	81
Figura 68: Modelo de la tabla de producción en la base de datos SQLite.....	822
Figura 69: Diagrama de Control de Proceso de Vaciado de Tolva. ....	822
Figura 70: Diagrama de Control Proceso de Envío de data a la Nube. ....	833
Figura 71: Formato JSON de envío de data.....	833
Figura 72: Proceso de Envío de data a la Nube. ....	844
Figura 73: Intercomunicación de backend Django. ....	844
Figura 74: Front-end para consulta remota de la planta de concreto.....	855
Figura 75: Extracción de componentes reutilizables. ....	866
Figura 76: Cable eléctrico trifásico calibre 2 AWG. ....	877
Figura 77: Ubicación de componentes eléctricos. ....	877
Figura 78: Ubicación de componentes eléctricos. ....	888
Figura 79: Instalación de tablero eléctrico en planta. ....	888
Figura 80: Placa inversora de 5v DC. ....	899
Figura 81: Placa detectora de voltaje AC. ....	90
Figura 82: Señal de caudalímetro alimentado con 3.3v DC. ....	90
Figura 83: Circuito electrónico conectado al Raspberry. ....	91
Figura 84: Pulsadores en la mesa de control.....	91
Figura 85: Conexión de pulsadores por debajo de la mesa.....	92
Figura 86: Base impresa para placa electrónica general.....	92
Figura 87: Carcasa impresa para placa detectora de voltaje. ....	933
Figura 88: Conector impreso para cable HDMI. ....	933
Figura 89: Circuitos electrónicos unidos en carcasas. ....	944
Figura 90: Circuito electrónico en caja de acrílico. ....	955
Figura 91: Caja de acrílico reforzada con impresión 3D.....	955
Figura 92: Caja electrónica en placa de metal. ....	966
Figura 93: Pantalla colocada en mesa de control.....	966
Figura 94: Mesa de control lista para instalación. ....	977
Figura 95: Proceso de Instalación y Configuración de S.O. Raspberry Pi 4. ....	988
Figura 96: Proceso de Instalación y Configuración de S.O. Raspberry Pi 4. ....	988
Figura 97: Proceso de Instalación de librerías vista de terminal. ....	999
Figura 98: Link de clonación de repositorio privado de sistema. ....	999
Figura 99: Configuración del servicio dentro de Systemctl. ....	100

Figura 100: Configuración del servicio dentro de Systemctl. ....	100
Figura 101: Prueba de Botones, Focos y Motores .....	1033
Figura 102: Pulsos leídos desde la salida de señal del caudalímetro.....	1044
Figura 103: Cantidad de litros vs porcentaje reflejado en pantalla.....	1044
Figura 104: Lectura de indicador y materiales en kilogramos.....	1055
Figura 105: Lectura de indicador y materiales en llenado de cemento .....	1066
Figura 106: Prueba de secuencia de encendido de motores.....	1077
Figura 107: Prueba de secuencia de apagado de motores.....	1088
Figura 108: Captura de la base de datos del sistema .....	11010
Figura 109: Captura del historial de producción mostrado en la web .....	11111
Figura 110: Cantidad de informes guardados por mes. ....	11111
Figura 111: Tiempo entre sincronización de planta con gerencia. ....	11212
Figura 112: Tiempo de Carga por Empresa en Pre y Post sistema.....	1144

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables con sus indicadores.....	14
Tabla 2: Porcentaje de ion cloruro máximo según el tipo de concreto.....	29
Tabla 3: Propiedades del cemento .....	32
Tabla 4: Propiedades del Agregado .....	35
Tabla 5: Valores de módulos elásticos según el tipo de agregado.....	36
Tabla 6: Propiedades de las celdas de carga .....	38
Tabla 7: Factores de corrección para temperatura ambiente distinta de 30 °C .....	44
Tabla 8: Intensidad de los motores de la planta.....	45
Tabla 9: Método de instalación de los cables .....	45
Tabla 10: Método de instalación según la NTP 370.301 .....	46
Tabla 11: Equivalencias entre el sistema métrico y el americano .....	46
Tabla 12: Sección de los conductores diseñados .....	47
Tabla 13: Longitud y factor de potencia de los conductores .....	48
Tabla 14: Caída de voltaje en los cables.....	48
Tabla 15: Mini interruptores termomagnéticos tripolares de la marca ABB.....	50
Tabla 16: Modelos de Interruptores Termomagnéticos seleccionados.....	51
Tabla 17: Interruptores termomagnéticos de caja moldeada tripolares ABB.....	51
Tabla 18: Modelos de contactores seleccionados .....	52
Tabla 19: Modelos de relay térmico de la serie TF65 ABB .....	53
Tabla 20: Modelos de relay térmico de la serie TF65 ABB .....	54
Tabla 21: Modelos de Relés Térmicos seleccionados .....	54
Tabla 22: Altura de Columna de Agua por metro cúbico.....	109
Tabla 23: Datos Pre-Sistema digitalizados de la empresa Movicreto SAC.....	113
Tabla 24: Datos Post-Sistema generados por el sistema automatizado .....	113

## RESUMEN

La presente tesis titulada “Diseño e implementación de un sistema automatizado para la producción de concreto premezclado para la empresa Movicreto”, está compuesta principalmente por el diseño informático, electrónico de potencia y control de un sistema integrado que es capaz de automatizar las tareas repetitivas de la planta, así como enviar la data necesaria a través de internet mediante una interfaz gráfica amigable utilizada por el operador de planta.

Se implementó de manera exitosa con configuraciones de arranque directo que fueron controladas mediante un microprocesador que realiza un proceso automático según las especificaciones que se detallan en la interfaz gráfica. A su vez fue posible el envío de data a través de internet para su posterior análisis de datos.

Como resultado del presente trabajo de tesis, se implementó un sistema automatizado para la producción de concreto premezclado para la empresa Movicreto, la cual permite que el operador de la planta pueda configurar el tipo de concreto a elaborar por lote reduciendo de 30 a 0 la cantidad de informes de producción perdidos y su posterior monitoreo remoto por parte de la administración de la empresa que redujo el tiempo de sincronización de información de 24 a 0 horas.

*Palabras Clave:* interfaz gráfica, SQL, NoSQL, aplicación web, microcomputadora, Raspberry, Python3, Javascript, Django, RestAPI

## ABSTRACT

This thesis is entitled “Design and implementation of an automatized system for the production of premixed concrete for the Movicreto Company”, composed mainly of the informatic, power electronic and control design of an integrated system that is capable of automating repetitive tasks of the plant, as well as sending the necessary data through the internet thanks to a friendly graphical interface used by the plant operator.

It was successfully implemented with a direct start configuration which were controlled by a microprocessor that do the process automatically with the specifications from the graphic interface. At the same time, it was possible the data sending trough internet for the posterior data analysis.

As a result, from the present thesis, it was implemented an automatized system for the production of premixed concrete for the Movicreto Company. This system allows the plan operator to configure the type of concrete to elaborate in every batch and its posterior remote checking from the side of the administration of the company.

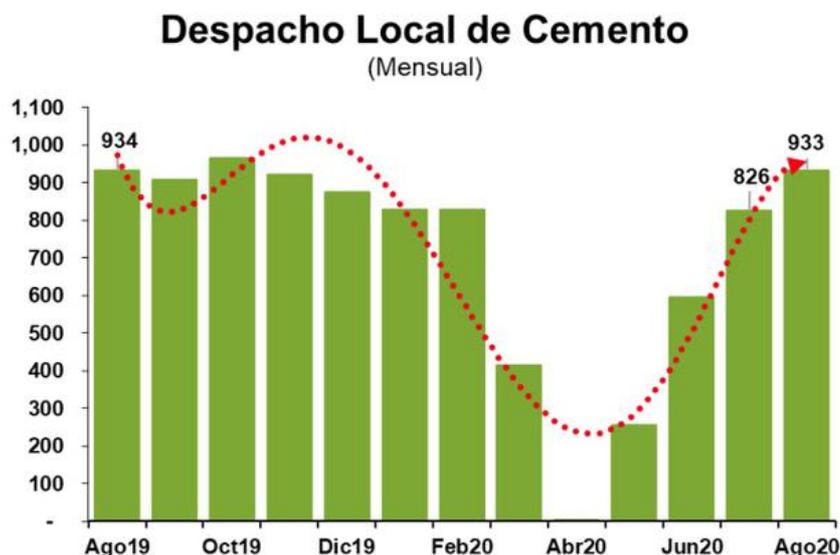
*Keywords:* graphic interface, SQL, NoSQL, web aplication, microcomputer, Raspberry, Python3, Javascript, Django, RestAPI

## INTRODUCCIÓN

Según el reporte anual del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) se pudo observar que en el año 2019 la producción nacional creció 2.16%. En el sector construcción se obtuvo un incremento de 1.51% principalmente causado por el mayor consumo de cemento (4.65%) ya que por otro lado también hubo decremento del 7.02% causado por el avance físico de obras. Sin embargo, el índice mensual de la producción nacional al mes de mayo del 2020 nos dice que se registró una variación porcentual de -66.43% en este sector. Esto se debe básicamente a la paralización de múltiples obras y al consumo nacional de cemento que reflejó una caída de 69.1% comparado al registro del 2019, según el reporte de la Asociación de Productores de Cemento (Asocem). No obstante, según los datos de Asocem se observó en el mes de agosto un importante crecimiento de un 12.9% más que en julio como puede verse en la figura 1, por lo que se están recuperando los niveles pre-Covid19.

**Figura 1**

*Despacho de cemento mensual en miles de toneladas*



*Nota.* Diario Gestión, Sección Economía.

El incremento de venta de cemento, componente esencial del concreto, se debe a la reactivación de obras en el mes de mayo contemplado en la fase 1 de reactivación económica de acuerdo con el Decreto Supremo N° 080-2020-PCM. Al ser las obras

reactivadas, la planta de Movicreto reanuda su funcionamiento, por lo que es óptimo una mejora de procesos para poder atender la demanda adecuadamente.

Es por eso que la automatización de procesos industriales juega un papel muy importante ya que es el uso de tecnologías para el control y monitoreo de procesos industriales, aparatos, dispositivos o maquinas, que por regla general son funciones repetitivas haciendo que funcionen automáticamente reduciendo al máximo la intervención humana. (Aldakin, 2017).

Una vez automatizado el proceso, se necesita menos personal de base en la cadena de producción. Por otra parte, la automatización aumenta la eficiencia energética y de uso de materias primas. Así, se reducen los costos asociados a suministros y stock. Se produce una mejor integración en las redes de comunicaciones de datos, lo que permite reducir el tiempo de reacción ante cambios o alteraciones en la producción, así como tomar decisiones más precisas. Todo lo expuesto aumenta la competitividad en el mercado, ya que se puede dar una mejor respuesta a las necesidades de este, ofrecer productos de mejor calidad en menor tiempo, reaccionar de forma más rápida y flexible a los cambios. (MCR, 2016).

Con la información presentada, se formula la siguiente pregunta ¿Es posible reducir la intervención humana y mejorar los procesos industriales en la planta de concreto premezclado? En esta tesis titulada “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO PREMEZCLADO PARA LA EMPRESA MOVICRETO” se detallarán los principales problemas que tiene la planta por no estar automatizada, así mismo se analizará detalladamente la tecnología actual para ofrecer y desarrollar una solución óptima.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La empresa Movicreto cuenta con una planta de concreto premezclado en la provincia de Lámud – Amazonas, esta planta de concreto cuenta con la capacidad de preparar concreto premezclado para llenar a totalidad un mixer de concreto que la empresa misma posee y utiliza para repartir el concreto premezclado a pedido de sus clientes en las obras contiguas de la localidad.

La empresa Movicreto realizaba manualmente el proceso de preparación de concreto premezclado de acuerdo a solicitud de sus clientes, valiéndose de herramientas mecánico-eléctricas operadas a través de pulsadores y un indicador de pesaje que interpreta el valor del peso de material en la tolva de la planta.

El proceso de preparación de concreto premezclado comienza cuando un cliente solicita una cantidad de metros cúbicos de concreto y específica para qué va a utilizarlo. El jefe de planta de acuerdo con estos criterios establece las cantidades necesarias de materia prima (agua, cemento, arena y piedras) para lograr que la mezcla sea la que el cliente requiere y en la cantidad de metros cúbicos necesarios; en caso de que la cantidad de metros cúbicos sea mayor a la cantidad que puede ser almacenada dentro del mixer las cantidades serán ajustadas para realizar el llenado de cuantos mixer sean necesarios hasta satisfacer la demanda de concreto presentada por el cliente.

El llenado de materiales se realizaba mediante una retroexcavadora la cual deposita los materiales sólidos dentro de la tolva para su pesaje y una hidro bomba para el llenado de agua. Durante el proceso de llenado de materiales en la tolva, la notificación del valor del pesaje se realizaba de manera manual lo cual introducía error humano del operador de planta al momento de la lectura en el indicador de la figura 2 y en la transmisión de la data hacia el operador de la retroexcavadora para que este realice el llenado de solo el material necesario. Este error humano conllevaba a que en algunas ocasiones el operador de la retroexcavadora coloque más material del necesario lo que genera pérdidas por el gasto del material. En última instancia si el operador del cargador frontal excedía por mucho el material llenado a tal punto de que afecte la calidad final del producto, toda la tolva debía ser vaciada para poder iniciar de nuevo el proceso lo que genera una pérdida de tiempo y dinero para la empresa.

## Figura 2

*Indicador de pesaje marca Ohaus*



*Nota:* Elaboración propia.

Posterior al llenado de la tolva se abre su compuerta para que el material caiga encima de la faja la cual lleva el material hacia el mixer, este proceso se realiza por medio de la activación secuencial manual a través de pulsadores. El llenado de agua se realiza en paralelo, al vaciado de los materiales de la tolva hacia el mixer, mediante la activación manual de un contador en el cual se configura la cantidad de agua a llenar y se inicia la hidro bomba mediante un pulsador.

Debido a que el proceso de encendido de cada componente de la planta es realizado de forma manual, por medio de pulsadores del tablero de control de la figura 3, manipulado por el operador de la planta esto introduce error humano. Tomando en cuenta que un manejo inadecuado del tablero de control no solo podría afectar en la preparación del concreto, sino que incluso podría dañar los equipos y generar grandes pérdidas para la empresa.

### Figura 3:

*Tablero eléctrico de control*



*Nota.* Elaboración propia.

Si bien el jefe de planta determina las cantidades de material a utilizar para la producción de concreto estas pueden variar de acuerdo al estado de los materiales en el presente día, esto se da debido al clima lluvioso de la zona lo cual influye directamente en el contenido de las piedras, arena y agua final de la mezcla a realizar y que deben ser ajustados para que el producto final posea las propiedades necesarias para el uso que le dará el cliente de la planta. A causa de esto, el registro de datos de producción es diferente a lo señalado inicialmente por el jefe de planta y los datos de producción son anotados manualmente, en los cuales se detalla el consumo de material necesitado para la producción de los pedidos de concreto premezclado realizados durante cada salida del mixer de la planta, lo cual frecuentemente genera error dado que depende de que el operador de la planta se acuerde de cuanto material leyó en los indicadores

Es por ello, por lo que se requiere del diseño e implementación de un sistema automatizado para la producción de concreto premezclado para la empresa Moviconcreto el cual reducirá el error humano en los procesos de lectura y llenado de material al comunicar directamente la información al operador de la retroexcavadora y guardado de los datos de producción. Así mismo, eliminará el factor de error humano que conlleva el accionamiento manual del tablero de control al automatizarlo lo que se traduce en un ahorro económico en materiales para la empresa y un mejor uso del tiempo del operador de planta.

## **1.1 Problematización**

### **1.1.1 Problema general**

¿Cómo se diseñará e implementará un sistema automatizado para la producción de concreto premezclado para la empresa Movicreto?

### **1.1.2 Problema específico**

- a) ¿Cómo diseñar e implementar la estructura mecánica que contiene el sistema de control del sistema automatizado de la planta de concreto premezclado?
- b) ¿Cómo diseñar el sistema de control del sistema automatizado de la planta de concreto premezclado para que determine el peso de materia prima necesario por material y agua en función del tipo de concreto?
- c) ¿Cómo diseñar, desarrollar e implementar el software para el sistema automatizado de la planta de concreto premezclado?
- d) ¿Cómo diseñar e implementar el sistema eléctrico del sistema automatizado de la planta de concreto premezclado?
- e) ¿Cómo diseñar e implementar un sistema electrónico para el sistema automatizado de la planta de concreto premezclado?
- f) ¿Cómo diseñar, desarrollar e implementar un aplicativo móvil para el sistema automatizado de la planta de concreto premezclado?

## **1.2 Objetivo**

### **1.2.1 Objetivo General**

Diseñar e implementar un sistema automatizado para la producción de concreto premezclado para la empresa Movicreto.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- a) Diseñar e implementar la estructura mecánica que contiene el sistema de control del sistema automatizado de la planta de concreto premezclado.
- b) Diseñar el sistema de control del sistema automatizado de la planta de concreto premezclado para que determine el peso de materia prima necesario por material y agua en función del tipo de concreto premezclado.
- c) Diseñar, desarrollar e implementar el software para el sistema automatizado de la planta de concreto premezclado.
- d) Diseñar e implementar el sistema eléctrico del sistema automatizado de la planta de concreto premezclado.

- e) Diseñar e implementar un sistema electrónico para el sistema automatizado de la planta de concreto premezclado.
- f) Diseñar, desarrollar e implementar un aplicativo móvil para el sistema automatizado de la planta de concreto premezclado.

### **1.3 Justificación**

- a) Justificación Tecnológica: La necesidad de desarrollar e implementar un sistema automatizado para la producción de concreto por tipo de lote reside en la mejora tecnológica al ser una solución de bajo costo con respecto a las soluciones ya existentes empleadas actualmente, si bien estas poseen mayor capacidad de producción requieren de software propietario, componentes de alto costo accesorios al controlador principal y/o el acceso a un ordenador para exportar los datos y cantidades de material utilizadas. Así mismo, nuestra solución proveyó a la empresa con herramientas necesarias para que la misma genere la mejora de sus procesos y calidad en la elaboración de concreto.
- b) Justificación Económica: La implementación del sistema automatizado permitió el ahorro de tiempo y aumentó la eficiencia con respecto al proceso actual, debido a que se eliminó gran parte del factor humano y fuente de error por procesos repetitivos. Además, permitió generar un registro de la cantidad de materiales utilizados en cada lote, por un lado, garantizando la homogeneidad en diferentes lotes del mismo tipo de concreto, por otro parte, facultó a la empresa a modificar las cantidades de insumos utilizados para mejorar la calidad del concreto lo cual se traduce en dinero.

### **1.4 Alcances y Limitaciones de la Investigación**

La presente tesis contempla el diseño e implementación de un sistema automatizado para la producción de concreto premezclado para la empresa Movicreto.

Sus características principales son las siguientes:

- Chasis de circuito eléctrico y electrónicos hermético con entradas de conexión protegidas para polvo y agua.
- Sensores para brindar información sobre el estado de los procesos de la planta de concreto.
- Actuadores para controlar los procesos de la planta de concreto.

- Un sistema eléctrico capaz de alimentar todos los actuadores, controladores y sensores de la planta de concreto.
- Un tablero de control para el correcto funcionamiento de la planta de concreto.
- El sistema debe estar conectado a una computadora de placa reducida que contiene puertos de entradas y salidas para el control de la planta.
- Una interfaz gráfica amigable y versátil para cualquier usuario.
- Envío de datos a una aplicación móvil remota.

A continuación, se describe las limitaciones de cada uno de los módulos del sistema de automatización de la planta de concreto a desarrollar en la presente tesis:

- a) Subsistema mecánico: El chasis del sistema fue robusto para poder soportar el estar a la intemperie, polvo, humedad; por lo cual no necesitó tener un IP mayor a IP65.
- b) Subsistema de control: En vista que para determinar la calidad del concreto se necesitó de un análisis de laboratorio de la muestra, la empresa realizó los reajustes de las cantidades ingresadas de materiales, la cual no se dio en tiempo real. No obstante, el sistema permitió que se genere un historial de mezclas de concreto y las cantidades de material utilizadas por lo que permitió que se realice un reajuste en tiempo real ni bien se obtenga el resultado de la muestra.
- c) Subsistema eléctrico: Dada la necesidad de interfaces de potencia se utilizó relays que reemplazaron los controles manuales, empleados en el tablero de control, dejando sólo los botones de parada de emergencia y algún otro necesario especificado por la empresa como medida de seguridad. Así mismo, se realizaron las conexiones necesarias de alimentación para el sistema de automatización.
- d) Subsistema electrónico: Se utilizaron componentes modulares y se desarrollaron placas electrónicas para cada parte del sistema siguiendo normas de diseño electrónico. Sin embargo, no se siguieron normas de fabricación y ensamblaje de PCBs debido a la falta de una empresa nacional que cumpla las mismas en el contexto actual, las cuales serán reemplazadas en cuanto se tenga acceso a un servicio de fabricación y ensamblaje que cumpla las normativas.

- e) Subsistema de software: Debido a que el sistema requiere de un control manual en ciertos casos se realizó un software con interfaz gráfica amigable que controle los procesos de la planta y permita una regulación manual de ser el caso además del envío de datos a la nube y por medio de un framework back-end permita la consulta a través de una interfaz fron-end.

## 1.5 Estructura de la Tesis

La tesis se encuentra dividida en cuatro (04) capítulos, un (01) anexo y las referencias bibliográficas, tal como se muestran en la Figura 4.

**Figura 4**

*Diagrama de la estructura básica de la tesis*



*Nota:* Elaboración Propia

La estructura de la tesis corresponde a la resolución secuencial del problema de diseño e implementación de un sistema de automatizado para la producción de concreto premezclado para la empresa Movicreto. A continuación, se describe la composición de los cuatro capítulos y un breve resumen de los mismos.

### **Capítulo 1. Introducción**

En este capítulo se expuso una introducción a la tesis, el planteamiento del problema, los objetivos de la misma y la justificación de la investigación. Asimismo, se describió la estructura de la tesis, dando a conocer el contenido de cada uno de los capítulos.

### **Capítulo 2. Marco teórico**

En este capítulo se describió los antecedentes relacionados con el desarrollo de esta tesis y conceptos teóricos que enmarcan y sirven de guía para esta investigación. Se hizo una descripción del concreto, los sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos e informáticos.

### **Capítulo 3. Diseño e Implementación del sistema**

En este capítulo se describe el diseño e implementación de todo el sistema de automatización. Se inicia con la descripción del proceso de las conexiones eléctricas incluyendo motores. Posteriormente se explican brevemente los circuitos electrónicos y su montaje. Después se describe los implementos mecánicos del proyecto. Al final se comenta como los circuitos fueron montados en las partes mecánicas, puestos en la mesa de control e instalados en la planta.

### **Capítulo 4. Pruebas y Resultados**

Se describieron las pruebas realizadas electrónica e informáticamente sobre el sistema de automatización ya instalado en la planta de concreto. Además, también se redactaron los resultados obtenidos durante cada prueba.

## **Conclusiones**

Se redactaron las conclusiones del proyecto sobre los objetivos propuestos.

## **Observaciones y Recomendaciones**

Se redactan las observaciones y recomendaciones que se deberán tomar en cuenta para futuros desarrollos de proyectos con similitud.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la Investigación

#### 2.1.1 Antecedentes Nacionales

Valdivia, F. (2017), en su tesis de pregrado para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista titulada “*Proyecto de Automatización para una Planta Dosificadora de Concreto Premezclado Propiedad de la Empresa Concretos Supermix S.A la cual Aumentará su Capacidad de Producción de 24 M3 a 40 M3 por Hora*” de la Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú, presenta como proyecto la automatización de procesos de una planta que se encarga de dosificar los materiales que componen la producción del concreto premezclado y demostrar a través de un prototipo a escala de la planta el proceso de automatización, tomando como caso particular la planta de la empresa Concretos Supermix S.A. El autor concluyó que se demuestra el objetivo principal del proyecto que es el incremento de la producción de concreto premezclado de 24 m<sup>3</sup> a 40 m<sup>3</sup> por hora para la empresa Concretos Supermix S.A la automatización realiza el proceso de dosificación independientemente y en forma paralela, diferente a la forma manual que exige al operador realizar el proceso en forma serial, también se pueden manipular su proceso de elaboración de concreto, modificando las dosificaciones para los diferentes tipos de diseño de mezcla sin cometer errores en el pesado y de esta manera minimizar el riesgo de que ocurran errores en la dosificación de concreto.

Medina, W. E. (2019), en su tesis de pregrado para obtener el título de Ingeniero Electrónico titulada “*Automatización de una línea de envasado para concreto embolsado*” de la Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú, postula el desarrollo de un sistema automático, utilizando equipos mecánicos de dosificación controlados mediante un PLC, que permita mejorar el proceso de envasado en bolsas, el cual se desarrolla en forma manual en una empresa de construcción, y mediante pruebas poder mejorar el funcionamiento del mismo. Concluye que, con la implementación del sistema automático, la empresa de construcción ha reducido costos de mano de obra en un 40% mensual, verificando la reducción de tiempos de operación y facilidad para la operación del proceso.

Bayona, D. V. (2020), en su tesis de pregrado para obtener el título de Ingeniero Informático titulada “*Implementación de un aplicativo móvil para la automatización de la toma de datos de pesaje para la Empresa Pesquera Terranova S.A.C*” de la Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú, plantea la implementación de un aplicativo

móvil para automatizar la extracción de datos de pesaje para que la empresa pueda generar reportes para la toma de decisiones. Una de sus conclusiones fue que se ha logrado desarrollar una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android, capaz de captar con rapidez el valor del peso de los productos que mejora sustancialmente en un 76.50% el tiempo del proceso de pesaje y en el registro de datos disminuye a un 0.2450 min por registro con esta aplicación se muestran los datos informatizados permitiendo al empresario la facilidad al acceso en tiempo real de la información.

### **2.1.2 Antecedentes Internacionales**

Falconí, C. y Pincha, C. (2012), en su tesis de pregrado para obtener el título de Ingeniero en Electrónica y Control titulada “*Automatización del Proceso de producción de hormigón para la empresa Mezclalista S.A.*” de la Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, desarrollan la implementación de un sistema de automatización del proceso de producción de hormigón controlado mediante un PLC conectado a interfaces HMI en las áreas de producción y administración montado sobre una red industrial Modbus, lo cual permite la conexión entre área de producción y ventas para un mejora manejo de la materia prima. Los autores concluyeron que “Se logró implementar un sistema automático de control para el proceso de fabricación de hormigón, excluyendo a la dosificación de aditivos ya que esta parte no cuenta con los actuadores adecuados”.

Perez, M. (2014), en su tesis de pregrado para obtener el título de Ingeniero en Mantenimiento Industrial titulada “*Diseño de la automatización del proceso de dosificación y mezcla de una planta de concreto para incrementar su calidad*” del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, implementó una solución de la estabilización y optimización del concreto mediante la automatización de todo el sistema de bombeo y dosificación de los materiales; en el proyecto los sistemas fueron regulados y controlados por un PLC el cual por medio de sensores y dispositivos electrónicos necesarios determina la cantidad, homogeneidad y calidad de las diferentes mezclas a preparar. Se concluyó que “Se propuso el diseño de la automatización del proceso de dosificación, mezcla y despacho de la planta de concreto para mejorar la calidad de la mezcla de sus componentes”.

Cajamarca, W. y Castro M. (2013), en su tesis de pregrado para obtener el título de Ingeniero en Electrónica, Control y Redes Industriales titulada “*Automatización del proceso de mezclado de materia prima para la elaboración de tejas en la planta Ecuateja de la fábrica Tubasec C. A.*” de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,

Riobamba, Ecuador, realizaron la implementación de un sistema automático para el mezclado de materia prima en la planta Ecuateja perteneciente a la fábrica TUBASEC CA en la cual utilizando un PLC (programado a través del método ladder) conectado a una interfaz HMI (elaborada en Labview) en una PC, controla el proceso antes mencionado mediante una retroalimentación entre sensores y actuadores obteniendo de manera experimental el tiempo correcto del proceso de mezclado. Concluyó que “Los reportes de producción son una de las herramientas más útiles que genera el sistema, ya que ofrecen la posibilidad de saber: el número de mezcla, tiempo de mezclado, cantidad de cemento, arena y agua, permite que la planta lleve un mejor control de la materia prima que interviene en el proceso”.

## 2.2 Selección de Variables

A continuación, se detallan en la tabla 1 las variables y los indicadores.

Variable Dependiente: Producción de concreto premezclado

Variable Independiente: Sistema automatizado de la planta de concreto premezclado.

**Tabla 1**

*Variables con sus indicadores*

Tipo	Variables	Indicadores
Dependiente	Producción de concreto premezclado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensado de cantidad de insumos.</li> <li>• Seteo de Cantidades de insumos.</li> <li>• Tiempo de producción.</li> <li>• Calidad de Concreto</li> </ul>
Independiente	Sistema automatizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variables de monitoreo</li> <li>• Registro de historial</li> <li>• Envío de datos remotos</li> </ul>

*Nota.* Elaboración Propia

## 2.3 Bases Teóricas

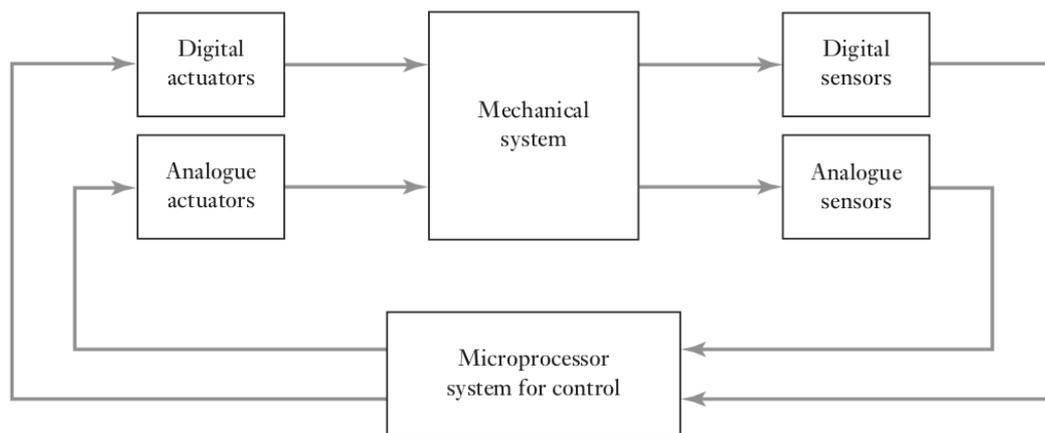
### 2.3.1 Automatización

La automatización es la capacidad que tienen las máquinas para poder realizar tareas como fresar, cortar, transportar, ensamblar, navegar y más sin la ayuda de la intervención

humana. Gracias al aumento de producción, acumulación y expansión del capitalismo, la automatización se volvió fundamental para el desarrollo del sistema económico (Alvarez Leon, 2020). Para lograr este objetivo, la automatización comprende varias disciplinas: electrónica, eléctrica, sistemas de control, mecánica, hidráulica, neumática, dispositivos, computadoras, software y actualmente internet de las cosas; lo cual permite la interconexión de los sistemas automatizados entre sí a través de tecnologías de comunicación y lograr un control de toda una instalación industrial. Por ende, un sistema automatizado es un tipo de sistema mecatrónico dadas las disciplinas tecnológicas que comprende, en la siguiente figura 5 se observa sus elementos básicos.

**Figura 5**

*Esquema de elementos básicos de un sistema mecatrónico*



*Nota:* Bolton (2015, p. 4)

### **2.3.1.1 Sistemas Eléctricos en la automatización de procesos.**

Los sistemas eléctricos son un conjunto de conductores y equipos diseñados para transportar la energía eléctrica a las diversas cargas del sistema, que en este caso serían los actuadores finales. Se podría tomar como ejemplo de un sistema eléctrico a una licuadora antigua en la cual uno presiona los botones y conmuta directamente la velocidad del motor sin un procesamiento necesario; no obstante, esto genera desgaste en los contactos por lo que en la actualidad los sistemas eléctricos son accionados por sistemas electrónicos de potencia.

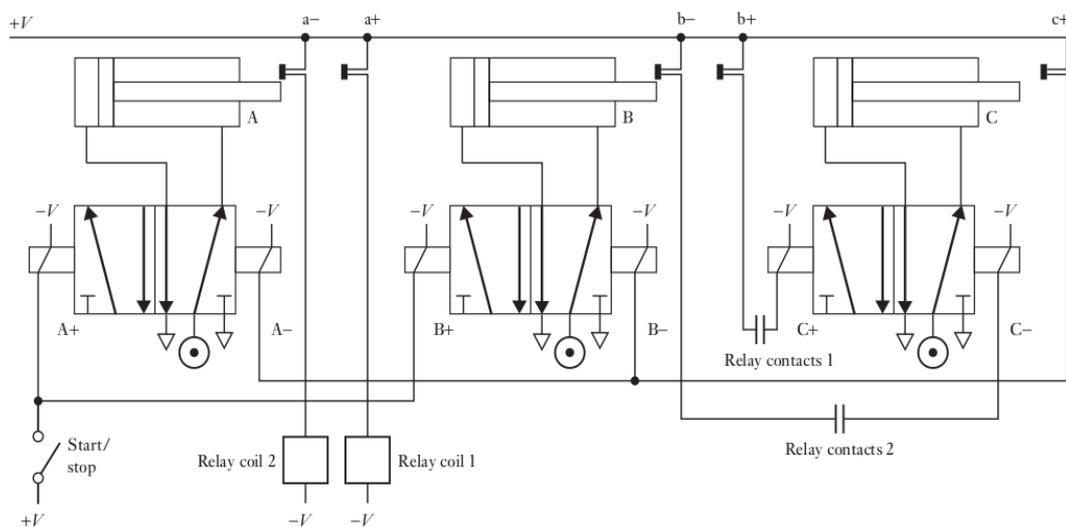
En cualquier discusión sobre los sistemas eléctricos utilizados como actuadores para el control, la discusión, según Bolton 2015 debe incluir lo siguiente:

1. Dispositivos de conmutación como interruptores mecánicos, p. Ej. relés e interruptores de estado sólido, p. ej. diodos, tiristores y transistores, donde la señal de control enciende o apaga algún dispositivo eléctrico, tal vez un calentador o un motor;
2. Dispositivos de tipo solenoide donde se usa una corriente a través de un solenoide para accionar un núcleo de hierro dulce, como, por ejemplo, el sistema hidráulico/válvula neumática donde se utiliza una corriente de control a través de un solenoide para accionar un flujo hidráulico/ neumático;
3. Sistemas de accionamiento, como motores de C.C. y C.A., donde una corriente a través de un motor se utiliza para producir rotación. (p. 207)

En la figura 6 se puede observar un sistema neumático controlado un sistema de accionamiento eléctrico tipo relé el cual permite el paso del aire hacia los cilindros, frecuentemente utilizado en sistemas de automatización para realizar movimientos de cargas pesadas.

**Figura 6**

*Sistema neumático controlado por relay*



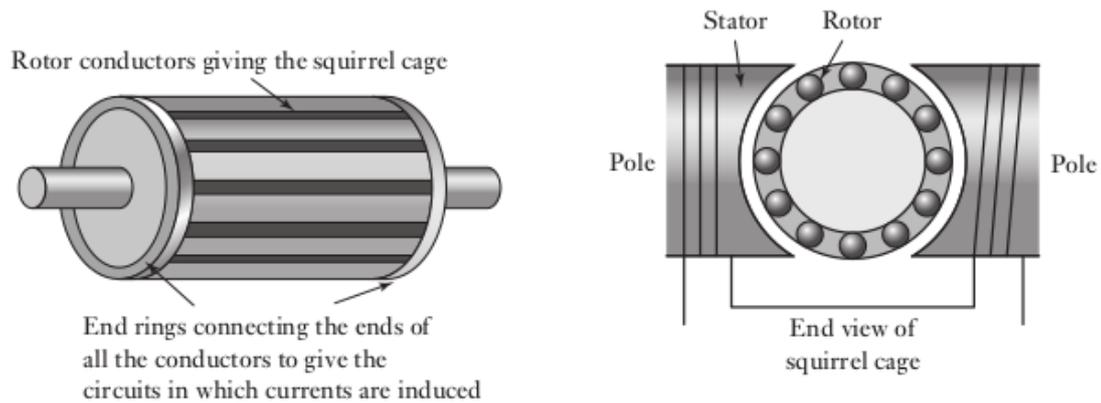
*Nota.* Bolton (2015, p. 209)

Para el movimiento de una faja transportadora se necesita de un motor el cual proveerá de movimiento a toda la faja y permitirá el transporte de un objeto u objetos hasta el punto deseado, este motor utiliza corriente eléctrica la cual transforma a un torque. En la figura

7 se puede observar como la corriente eléctrica de un sistema eléctrico pasa por las bobinas de los polos generando un torque en el rotor.

### Figura 7

*Motor de corriente alterna de una fase*



*Nota.* Bolton (2015, p. 226)

#### 2.3.1.2 Sistemas Electrónicos en la automatización de procesos.

“La electrónica es el campo de la ingeniería y la de física aplicada que estudia el diseño de circuitos que permiten generar, modificar o tratar una señal eléctrica, normalmente circuitos de corriente continua. La electrónica se empezó a desarrollar en la primera mitad del siglo XX con el empleo de relés y válvulas de vacío, pero no fue hasta 1948, con la invención del transistor bipolar cuando se inicia el desarrollo y aplicación de materiales semiconductores para el desarrollo de componentes electrónicos.

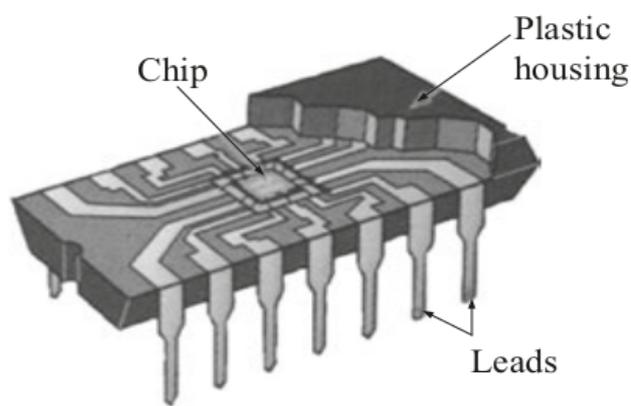
Este hecho supuso una auténtica revolución que, unido al desarrollo de los circuitos integrados en 1959, que supuso la miniaturización de los circuitos electrónicos, ha dado lugar a la microelectrónica actual. Hoy en día la electrónica es un campo en continua evolución, gracias al descubrimiento de nuevos materiales y al desarrollo de los circuitos integrados. Tiene una alta importancia en la actualidad ya que resuelve una gran infinidad de problemas y necesidades, con múltiples aplicaciones en la industria, telecomunicaciones, medicina, informática y un largo etcétera” (Leira R. R., Gómez S. J., s.f., p. 1)

Los sistemas electrónicos se pueden dividir en dos amplias categorías: digitales y analógicos. Los circuitos digitales son circuitos eléctricos que se ocupan de las señales

digitales que tienen varios niveles de voltaje discretos. (Shuqin, L., Chunling Y., 2019, p. 24). Los circuitos integrados son sistemas electrónicos empaquetados en un chip que cumplen funciones específicas, cuando las funciones se vuelven más complejas estos pueden almacenar conjuntos de instrucciones reprogramables, se puede observar en la figura 8 un chip empaquetado.

### Figura 8

*Paquete dual en línea: diagrama de sección transversal*



*Nota.* Shuqin, L., Chunling Y. (2019, p. 7)

No obstante, los circuitos integrados no pueden funcionar por sí mismos, sino que se utilizan como componentes complejos dentro de un circuito electrónico en el cual pueden cumplir funciones complejas de control, amplificación, timer, potencia, filtros de señal, etc. Es decir, los sistemas electrónicos están compuestos de otros sistemas y componentes electrónicos que en conjunto forman controladores que van desde el acondicionamiento de señales, convertidor analógico digital, procesamiento de señal digital, convertidor digital analógico, amplificador de poder, control de actuadores, controladores programables, sistemas en un chip y computadoras oneboard.

En la figura 9 se puede observar un sistema de automatización en el cual se observa entre el sensor y el actuador los sistemas electrónicos que controlan cada parte del sistema desde la medición de señal de entrada por el sensor hasta la ejecución del actuador.

## Figura 9

*Diagrama de bloques general de los sistemas de medición y control*



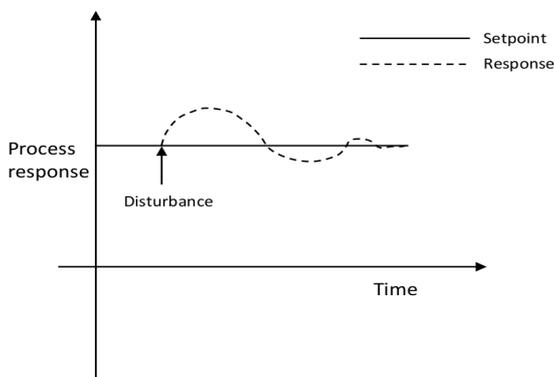
*Nota.* Shuqin, L., Chunling Y. (2019, p. 398)

### 2.3.2 Control de Procesos

El control de procesos está en el corazón de las operaciones de proceso seguras y eficientes, ya sea en el cuerpo humano o una planta química compleja. La noción de retroalimentación es fundamental para lograr un buen control. (Rengaswamy R., Srinivasan B., Nirav P., 2020, p. 8). En la figura 10 se puede observar el gráfico de la respuesta ante el estímulo inicial y como esta trata de estabilizarse y el tiempo que le toma.

## Figura 10

*Estrategia de control regulatorio*



*Nota.* Rengaswamy, R., Srinivasan, B., Nirav, P. (2020, p. 8)

Existen dos configuraciones más utilizadas de sistemas de control: Sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado, de las cuales el sistema de lazo cerrado permite realizar una retroalimentación de la señal de salida y obtener un buen control.

En la figura 11 se puede apreciar los dos sistemas y viendo que para un control de procesos industriales se requiere que el controlador dirija la acción de una planta o proceso es necesario que se retroalimente el estado de la planta o proceso a el controlador

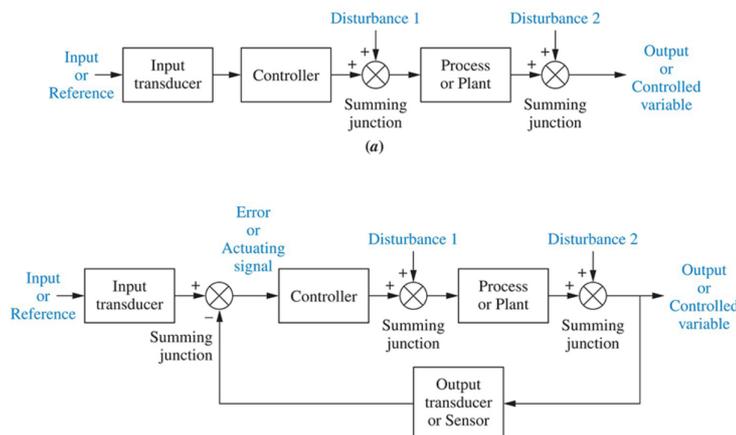
para garantizar un correcto control de la variable de salida con respecto a la salida deseada ingresada como referencia en la entrada del controlador.

En la figura 12 se puede apreciar el proceso de diseño de un sistema de control en el cual podemos ver que primero se determina primero el sistema físico y sus requerimientos, seguido por un diagrama de bloques de las funciones.

Posteriormente, se realiza una transformación del sistema físico a un esquemático para luego obtener de este un diagrama de bloques del flujo de la señal. Finalmente, se reduce el diagrama de bloques a un único bloque de lazo cerrado; se analiza, diseña y prueba para ver si se ha cumplido con satisfacer los requerimientos iniciales.

**Figura 11**

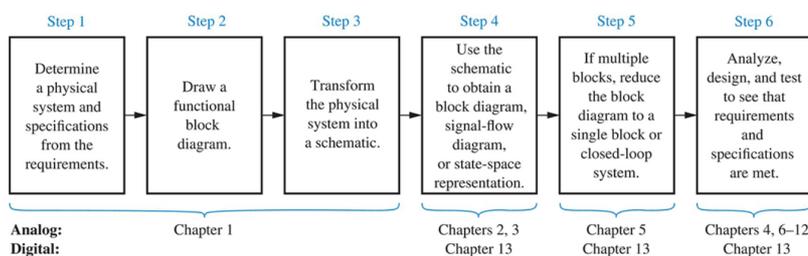
*Diagramas de sistemas de control: a. circuito abierto; b. circuito cerrado*



*Nota.* Rengaswamy, R., Srinivasan, B., Nirav P. (2020, p. 94)

**Figura 12**

*Proceso de diseño de un sistema de control*



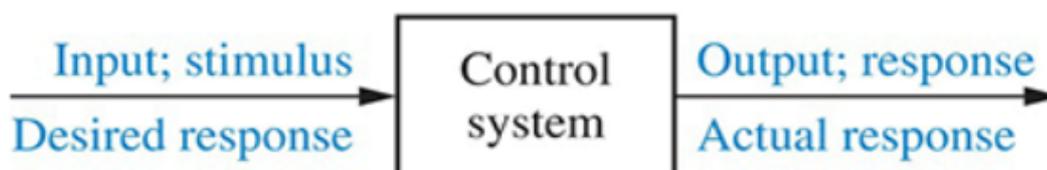
*Nota.* Nise. N. (2019, p. 105)

### 2.3.2.1 Sistemas de control.

Un sistema de control consta de subsistemas y procesos (o plantas) ensamblados para el propósito de obtener un resultado deseado con el rendimiento deseado, dada una entrada especificada. (Nise. N., 2019). En la figura 13 se puede observar una versión simplificada de un sistema de control en el cual ingresa un estímulo de la respuesta deseada y se da una respuesta actual de salida.

**Figura 13**

*Descripción simplificada de un sistema de control*



*Nota.* Nise. N. (2019, p. 85)

### 2.3.2.2 Controlador.

Los controladores proporcionan la informática, el cálculo y la gestión de E / S parte de un sistema de automatización. Pueden actuar como un núcleo o ser interconectados y distribuidos por todo el sistema. (Lamb F., 2013)

En la actualidad, los controladores utilizados en automatización vienen en diferentes formas:

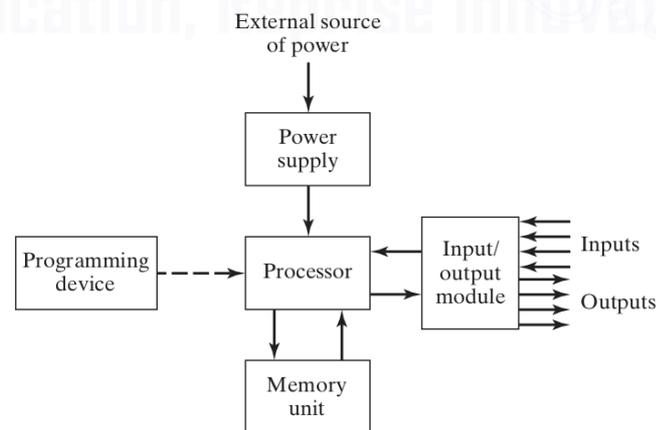
- En formato de chip se encuentran los microcontroladores, microprocesadores y FPGA,
- En tarjetas controladoras se realiza una combinación de los anteriores mencionados como cerebro de las tarjetas y componentes electrónicos para la interacción de entradas y salidas,
- PLC los cuales son computadoras digitales robustas especializadas para la industria,
- Computadora en una tarjeta o en un chip y
- Computadora común PC

Los sistemas integrados son sistemas informáticos de propósito especial que generalmente están diseñados para realizar una o unas pocas funciones dedicadas, a menudo con limitaciones informáticas en tiempo real. (Lamb F., 2013). Estos son

utilizados como controladores en tiempo real muy necesitados en la industria para realizar procesos que no requieren de mucho procesamiento, pero si esta velocidad de respuesta. En la industria se utiliza mayoritariamente los PLC por ser diseñados especialmente robustos y con capacidad de conexión con módulos periféricos, en la figura 14 se puede observar los componentes de un PLC.

### Figura 14

Diagrama de componentes de un PLC



Nota. Groover, Mikell. (2014, p. 259)

No obstante, para programar sus funciones se necesita de un software propietario lo cual aumenta los costos de uso del componente, por lo que cada vez se está optando más por el uso de tarjetas controladoras con microcontroladores, FPGA y computadoras en una tarjeta o chip. Lo cual permite no solo una reducción en el costo inicial de la automatización, sino que también facilita el desarrollo de software e interconexión de con nuevos componentes dado que no necesita depender solo de protocolos industriales para la transferencia de datos entre dispositivos.

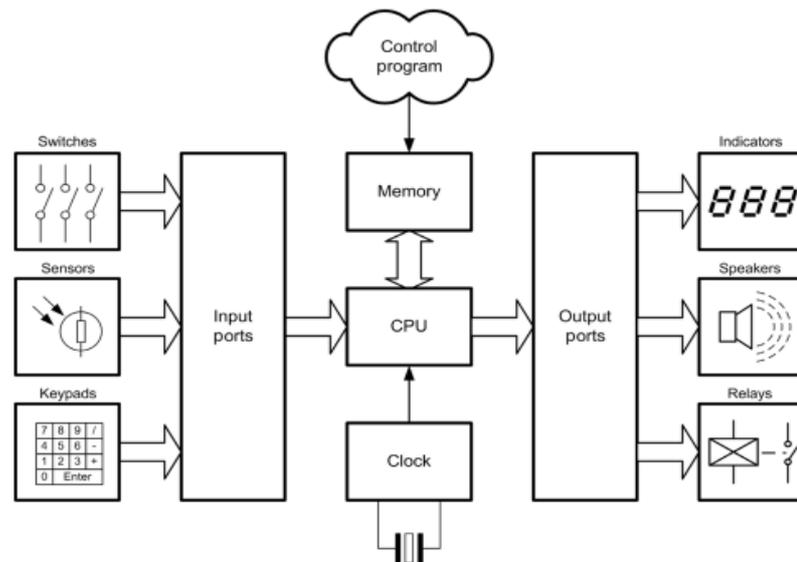
Un microcontrolador es un microordenador de un solo chip que está diseñado específicamente para el control en lugar de aplicaciones de propósito general. (Tooley M., 2020)

En la figura 15 se puede apreciar un sistema de microcontrolador con sus entradas y salidas típicas las cuales son similares a las que tendría un PLC y a diferencia de este se puede utilizar periféricos genéricos que no sean directamente compatibles con un PLC. Así mismo, en la actualidad los microcontroladores trabajan con menor voltaje 3.3v frente

a 24v que utiliza un PLC, por lo que un sistema desarrollado en base a un microcontrolador posee un menor consumo energético.

**Figura 15**

*Sistema de microcontrolador*



*Nota.* Tooley M. (2020, p. 220)

### **2.3.3 Proceso de elaboración de concreto premezclado**

“El concreto premezclado se elabora a través de un proceso mediante el cual se integran cemento, agregados, agua y en algunos casos aditivo para formar una masa uniforme y homogénea. El concreto premezclado no es un producto terminado, ya que debe ser moldeado por el constructor o cliente quien le da a este material en estado plástico su forma final en la construcción.” (Holcim A., s.f.)

#### **2.3.3.1 Proceso de toma del pedido.**

El proceso de dosificación en la empresa Movicreto inicia en el momento en que la planta recibe un pedido para una obra en específico.

Este pedido tiene 2 parámetros importantes para el proceso de dosificación que son la cantidad de metros cúbicos o cubos y el tipo de concreto según la resistencia del mismo. La fórmula para calcular las cantidades de cada material o también llamado diseño de mezcla ya está creada por ingenieros especializados de cada obra. Por lo tanto, en la planta se usa esa fórmula para adaptarla a la cantidad de cubos que se tiene en el pedido.

Dentro de la planta de la empresa Movicreto, una vez que se tenga las cantidades de cada material para hacer la mezcla y también tener registrados todos los demás datos del pedido se procede al proceso de llenado.

#### ***2.3.3.1.1 Propiedades del concreto.***

“Es la mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.” (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 44). En la figura 16 podemos apreciar las bolsas de cementos Portland.

#### **Figura 16**

*Bolsas de cemento Portland*



*Nota.* Ecured (s.f.)

Debido a sus prestaciones mecánicas en estado fresco y endurecido, además del poco mantenimiento que requiere en el tiempo, el concreto es por excelencia el material más utilizado en el mundo para la construcción de obras de infraestructura y edificación. (Perú Construye, 2019)

Cada vez la demanda por el concreto premezclado va en aumento debido en parte a los nuevos requerimientos técnicos, su elevada resistencia y la reducción de los tiempos en obra. Es por este motivo que hoy en día vemos, en el mercado peruano, que han aparecido nuevas empresas que ofrecen este material, masificando su uso. (Perú Construye, 2019)

La mezcla íntima de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad, pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente

resistente que es el concreto endurecido. (Curso Básico de Tecnología del Concreto, UNI, 2004, p. 44)

El concreto convencional en estado fresco, es un conjunto de fragmentos de roca, globalmente definidos como agregados, dispersos en una matriz viscosa constituida por una pasta de cemento de consistencia plástica. Esto significa que en una mezcla así hay muy poco o ningún contacto entre las partículas de los agregados, característica que tiende a permanecer en el concreto ya endurecido. (Curso Básico de Tecnología del Concreto, UNI, 2004, p. 46)

#### ***2.3.3.1.2 Sistema Informático en el registro de data.***

Un sistema de información (SI) recopila, procesa, almacena, analiza y difunde información para un propósito específico. (Prince R., Sánchez-Rodríguez, Sepideph, 2020). Existen diversas arquitecturas de diseño para estos sistemas más en el caso de sistemas que se encargan de dirigir sistemas automatizados se puede observar que los mismos operan en base a estímulos por lo que se considera una arquitectura similar. Así mismo, para el diseño de la interfaz con el usuario es necesario de una vista que pueda actualizar la información que presenta en base a las mismas interacciones de usuario y el acceso a la data recolectada por los sensores y data almacenada en bases de datos.

- Event-Driven Architecture (EDA)

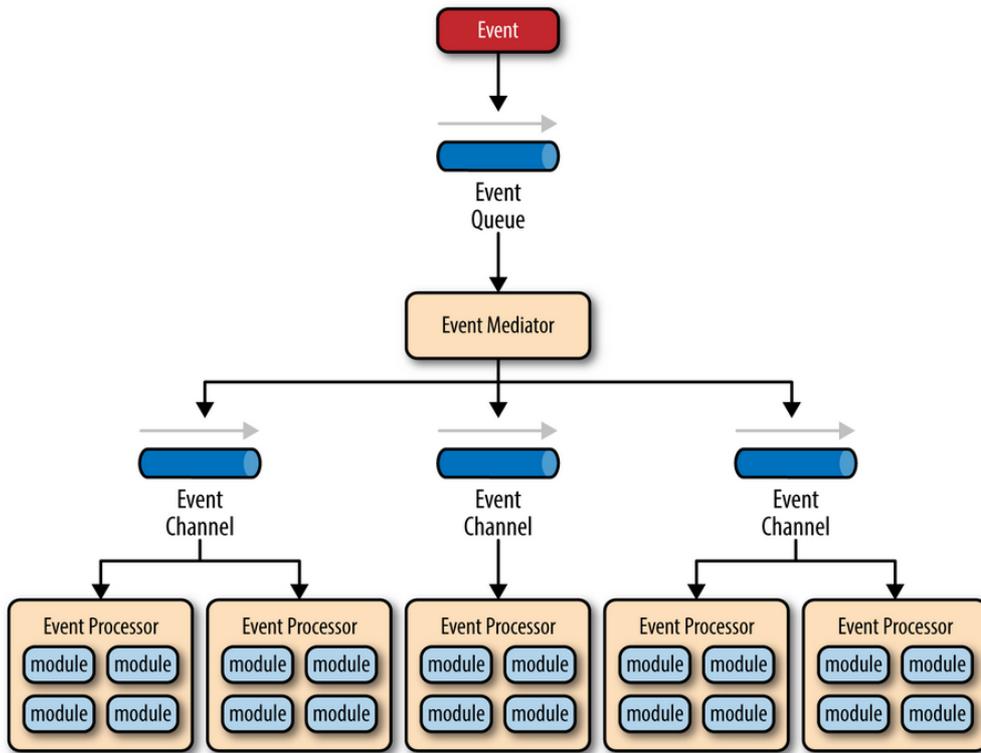
Event-Driven Architecture o arquitectura impulsada por eventos en español es un patrón de arquitectura asíncrona distribuida muy popular que permite producir aplicaciones altamente escalables. (Richards, 2015)

La arquitectura impulsada por eventos se encuentra hecha de componentes de procesamiento de propósito singular, altamente desacoplados que reciben y procesan evento de manera asíncrona. (Richards, 2015)

El patrón de esta arquitectura consta de dos topologías principales, el mediador y el intermediario. El mediador se utiliza normalmente cuando se necesita orquestar varios pasos dentro de un mismo evento a través de un mediador central, mientras que el intermediario se usa cuando se desea desencadenar eventos juntos sin el uso de un mediador central. (Richards, 2015). En la figura 17 se puede observar la topología de una arquitectura impulsada por eventos de tipo mediador; en la figura 18 se puede ver el tipo intermediario.

**Figura 17**

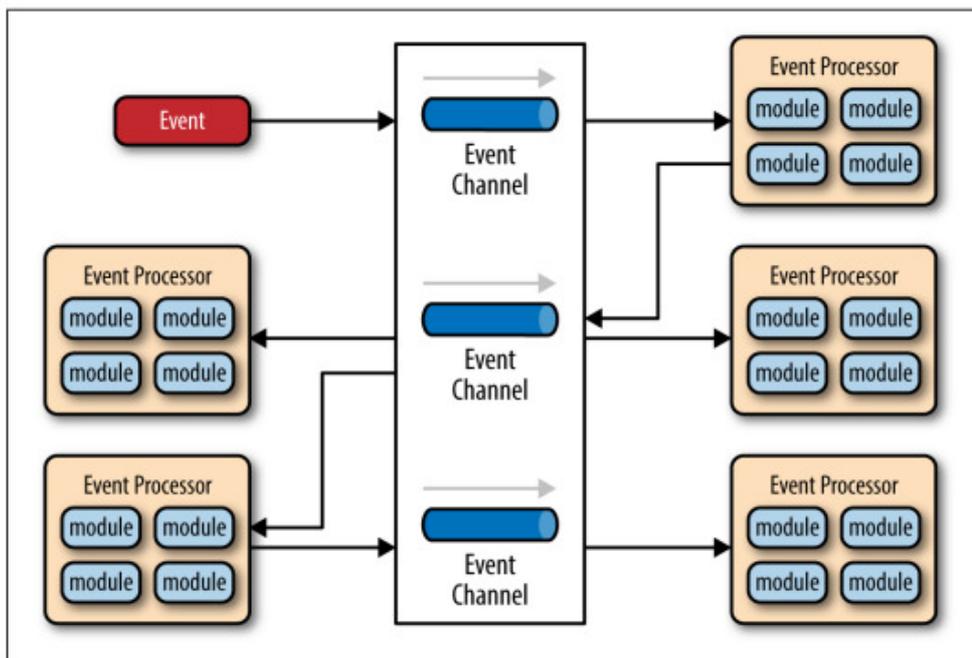
*Topología de mediador de arquitectura impulsada por eventos*



*Nota.* Richards (2015)

**Figura 18**

*Topología de intermediario de arquitectura impulsada por eventos*



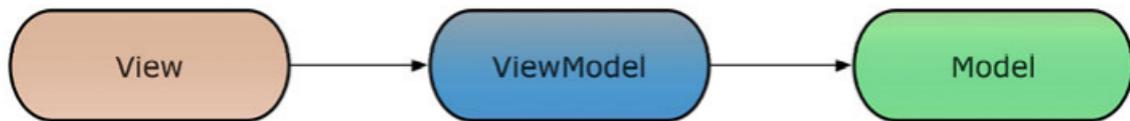
*Nota.* Richards (2015)

- Model-view-viewmodel (MVVM)

Model-view-viewmodel o en español modelo-vista-vista-modelo se creó como alternativa a el MVC (modelo-vista-controlador) y MVP (modelo-vista-presentador), MVVM se basa en el hecho que la vista y el estado de la vista anterior enfoques MVC/MVP todavía se encuentran interrelacionados con el modelo en un grado que pruebas individuales son difíciles de realizar con éxito. (Kouraklis, 2016). En la figura 19 se puede ver el patrón de Modelo-vista-vistamodelo.

### Figura 19

*Patrón Modelo-vista-vistamodelo*



*Nota.* Richards (2015)

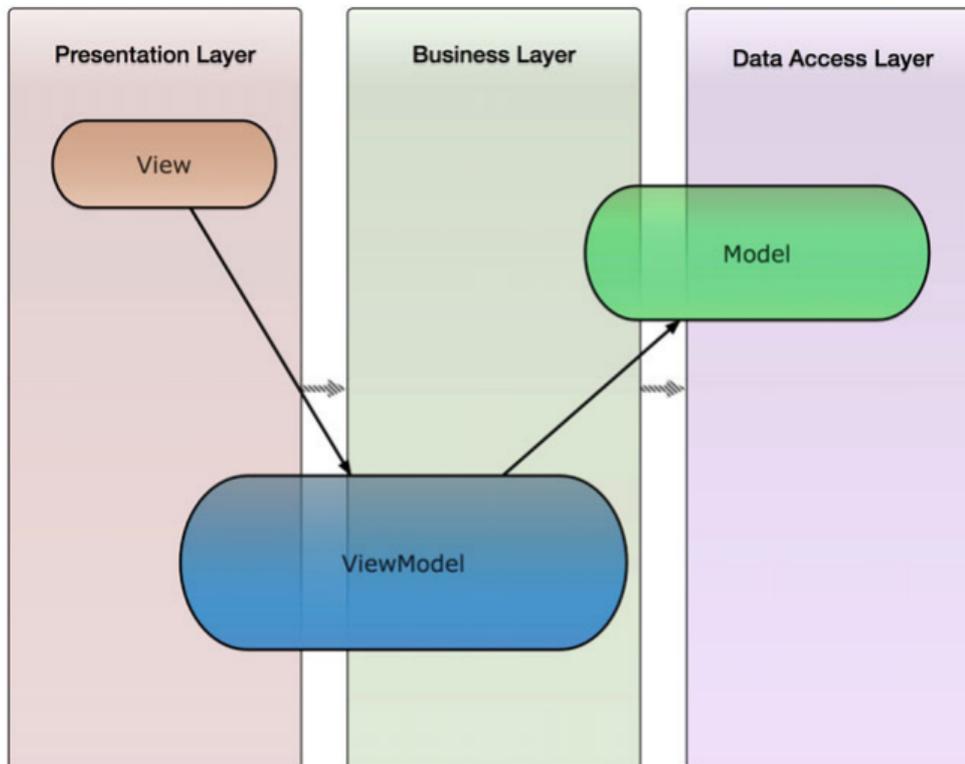
Es común representar el modelo MVVM de forma lineal, el modelo tiene a ser muy corto en la implementación de MVVM y posee un código mínimo solo lo necesario para que la vista funcione y permita las interacciones de usuario. (Kouraklis, 2016)

La vista representa los datos en un formato apropiado sea gráfico o no, refleja el estado de los datos y recopila la interacción del usuario y eventos. (Kouraklis, 2016)

La parte gruesa del código se encuentra en la vista-modelo, este componente representa la forma en que se espera que la vista sea (su estado) y se espera que se comporte acorde a las interacciones con el usuario (lógica de la vista). Es el modelo de la vista el que en un sentido describe los principios y estructuras que presentan data específica que se extrae desde el modelo. La vista-modelo se encarga de la comunicación entre la vista y el modelo. (Kouraklis, 2016). En la figura 20 se puede observar la relación entre MVVM y el diseño de tres niveles.

**Figura 20**

*Relación entre el diseño de tres niveles y MVVM*



*Nota.* Richards (2015)

### **2.3.3.2 Proceso de dosificación del agua.**

El proceso de dosificación del agua se realiza una vez se tenga la cantidad de litros que se verterán dentro del mixer; esta cantidad se calcula con el diseño de mezcla. Para esto el operador de planta acciona manualmente la bomba de agua desde la cabina de control. El almacenamiento del agua depende de la planta, en la planta de Movicreto específicamente se utilizan piscinas.

Antes de que el agua llegue al mixer primero pasa por un caudalímetro el cual envía una señal a un contador digital en la cabina de control y este apaga automáticamente la bomba de agua cuando se llegan a los litros que se requieren.

#### **2.3.3.2.1 Selección del agua.**

“Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo, algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades. En general,

dentro de las limitaciones, el agua de mezclado deberá estar libre de sustancias colorantes, aceites y azúcares.” (Curso Básico de Tecnología del Concreto, UNI, 2004, p. 52).

“Las sales u otras sustancias dañinas que puedan estar presentes en los agregados y/o aditivos, deberán sumarse a la cantidad que pudiera aportar el agua de mezclado a fin de evaluar el total de sustancias inconvenientes que pueden ser dañinas al concreto, el acero de refuerzo, o los elementos metálicos embebidos.

El agua empleada en la preparación del concreto para elementos presforzados, o en concretos que tengan embebidos elementos de aluminio o de fierro galvanizado, incluyendo la porción del agua de la mezcla con la que contribuyen la humedad libre del agregado o las soluciones de aditivos, no deberá contener cantidades de ion cloruro mayores del 0.6% en peso del cemento. La suma total de las cantidades de ion cloruro presentes en el agua, agregados y aditivos, no deberá nunca exceder, expresada en porcentajes en peso del cemento, de los porcentajes indicados en la Tabla 2” (Curso Básico de Tecnología del Concreto, UNI, 2004, p. 54).

## **Tabla 2**

*Porcentaje de ion cloruro máximo según el tipo de concreto*

<b>TIPO DE CONCRETO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Concreto preesforzado	0.06%
Concreto armado con elementos de aluminio o fierro galvanizado	0.06%
Concreto armado expuesto a la acción de cloruros	0.10%
Concreto armado sometido a un ambiente húmedo pero no expuesto a cloruros	0.15%
Concreto armado seco o protegido de la humedad durante su vida por medio de un recubrimiento impermeable	0.80%

*Nota.* Curso Básico de Tecnología del Concreto, UNI (2004, p. 54)

### ***2.3.3.2.2 Medición de la cantidad de agua.***

Los caudalímetros son también llamados flujómetros, este ha sido diseñado para medir caudales o flujos de sustancias líquidas. Es un dispositivo que determina el volumen y la velocidad de un caudal en su paso a través de tuberías. Las mediciones que este realiza pueden ser lineales o no y, además, puede determinar la masa y el volumen de líquidos y

gases. En otras palabras, el caudalímetro funciona es un sensor que detecta y determina el comportamiento de un flujo. (Omega Company, s.f.)

Algunos de los tipos de caudalímetro son:

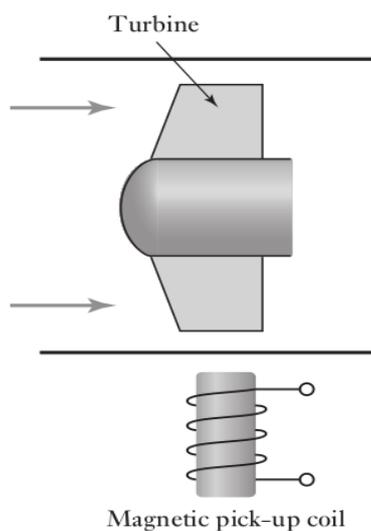
- Rotámetro
- Caudalímetro de gas masico
- Caudalímetro Ultrasónico para gases
- Caudalímetro de turbina
- Caudalímetro de Paletas
- Caudalímetro Vortex
- Caudalímetro de desplazamiento positivo
- Caudalímetro magnético para líquidos conductivos
- Tubos Pitot

(Omega Company, s.f.)

Un caudalímetro de turbina utiliza convierte las rotaciones en corriente lo que a su vez genera un campo magnético como se puede apreciar en la figura 21, este estimula un switch Reed el cual mide una unidad de medida por cada conmutación. En la actualidad estos vienen empaquetados en un mismo sensor y solo necesita un pequeño sistema de acondicionamiento para completar el funcionamiento con el controlador designado.

### Figura 21

*Caudalímetro de turbina y bobina interna*

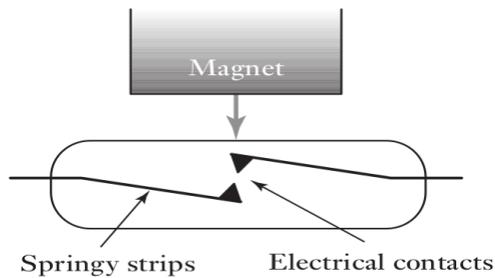


*Nota.* Bolton (2015, p. 44)

Un Reed switch es un switch magnético encapsulado al vacío que es activado por medio de un campo magnético, a diferencia de un relay o un switch común es que este no posee la capacidad de soldarse con una chispa de contacto. En la figura 22 se puede observar cómo es la estructura de un Reed switch y el efecto que genera un imán en él.

**Figura 22**

*Reed switch*



*Nota.* Bolton (2015, p. 44)

### **2.3.3.3 Proceso de dosificación del cemento.**

El proceso de llenado del cemento empieza con el cálculo de la cantidad necesaria para la cantidad de cubos de concreto a realizar. Este cálculo es realizado con la formula del diseño de mezcla según el tipo de concreto que se requiere. Una vez se tiene la cantidad de cemento que se usará, con la ayuda de dos obreros se pesan bolsas de cemento en una balanza como la que se puede observar en la figura 23.

**Figura 23**

*Balanza para pesaje de cemento*



*Nota.* Elaboración Propia.

Una vez se tiene pesado el cemento a usar, este se vierte sobre una pequeña tolva que se encuentra el inicio de un tornillo sin fin como el que se puede observar en la figura 24. Este tornillo es el encargado de movilizar el cemento hasta el mixer sin dejar que partículas del mismo se dispersen por el aire.

**Figura 24**

*Tornillo sin fin para el transporte de cemento*



*Nota.* Elaboración Propia.

#### ***2.3.3.3.1 Selección del cemento.***

“Material Pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos.” (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 134). Sus propiedades pueden observarse en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Propiedades del cemento*

Finura	Referida al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, en m <sup>2</sup> /kg
Peso Específico	Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en gr/cm <sup>3</sup>

Tiempo de Fraguado	Es el tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta
Estabilidad de Volumen	Representa la verificación de los cambios volumétricos por presencia de agentes expansivos
Resistencia a la compresión	Mide la capacidad mecánica del cemento para soportar una fuerza externa de compresión
Contenido de aire	Mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla
Calor de Hidratación	Es el calor que se genera por la reacción (agua + cemento) exotérmica de la hidratación del cemento

*Nota.* Desarrollado en base a la información de Curso Básico de Tecnología del Concreto, UNI (2004, p. 58)

#### **2.3.3.4 Proceso de dosificación de los agregados.**

Los agregados que utilizan en la mezcla para hacer el concreto son la piedra y la arena. Una vez se tenga calculada la cantidad de estos elementos se procede a la carga de los mismos a la tolva. Esta carga se realiza con la ayuda de una retroexcavadora como la que se puede observar en la Figura 25.

Esta tolva es pesada con la ayuda de celdas de carga de las cuales está suspendida. Estas cuatro celdas de cargas se conectan a una caja sumadora que lleva la señal a un indicador de pesaje que se encuentra dentro de la cabina. El operador de la planta puede ver en todo momento el peso en la tolva gracias a este indicador y cuando se llega al peso requerido activa una campana como indicación al operador de la retroexcavadora de que deje de llenar la tolva. Inmediatamente después, acciona las compuertas neumáticas para que los agregados caigan de la tolva a una faja transportadora que también es activada manualmente por el operador. Durante la caída también se activa un vibrador conectado a la tolva para que los agregados no se queden dentro de la tolva y todo el material caiga sobre la faja. Esta faja transporta el material desde la tolva hasta el mixer para la próxima mezcla de los materiales.

## Figura 25

### *Retroexcavadora*



*Nota.* Elaboración Propia

#### ***2.3.3.4.1 Selección de agregados.***

“Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto homo, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico.” (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 138). “La influencia de este material en las propiedades del concreto tiene efecto importante no sólo en el acabado y calidad final del concreto sino también sobre la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario del concreto endurecido. Los agregados en el concreto ocupan alrededor de las tres cuartas partes del volumen, de ahí la justificación para su adecuada selección, además que agregados débiles podrían limitar la resistencia del concreto por otro parte son estos elementos los que proporcionan una estabilidad volumétrica al concreto y durabilidad.” (Curso Básico de Tecnología del Concreto, UNI, 2004, p. 58)

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

a) Por su densidad:

“Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.5, y agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75.” (Curso Básico de Tecnología del Concreto, UNI, 2004, p. 60).

b) Por el Tamaño del Agregado:

- “Agregado Fino: Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9.5 mm ( $\frac{3}{8}$ ”).” (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 140)
- “Agregado Grueso: Agregado retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4=, proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas.” (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, p. 140)

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico. (Curso Básico de Tecnología del Concreto, UNI, 2004, p. 60).
- Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto. (Curso Básico de Tecnología del Concreto, UNI, 2004, p. 60).
- Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta. (Curso Básico de Tecnología del Concreto, UNI, 2004, p. 60).

Los agregados tienen varias propiedades como la resistencia, tenacidad, dureza, etc. Estos se pueden observar en la tabla 4. Por otro lado, en la tabla 5 podemos observar el coeficiente de modulo elástico para cada tipo de agregado.

**Tabla 4**

*Propiedades del Agregado*

Resistencia	La resistencia de los agregados depende de su composición textura y estructura y la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados
Tenacidad	Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material
Dureza	Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste

Módulo de elasticidad	Es el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándose como una medida de la resistencia del material a las deformaciones
-----------------------	---

*Nota.* Desarrollado en base a la información de Curso Básico de Tecnología del Concreto, UNI (2004, p. 61)

**Tabla 5**

*Valores de módulos elásticos según el tipo de agregado*

<b>Tipo de agregado</b>	<b>Módulo Elástico</b>
GRANITOS	610000 kg/cm <sup>2</sup>
ARENISCAS	310000 kg/cm <sup>2</sup>
CALIZAS	280000 kg/cm <sup>2</sup>
DIABASAS	860000 kg/cm <sup>2</sup>
GABRO	860000 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota.* Curso Básico de Tecnología del Concreto, UNI (2004, p. 62)

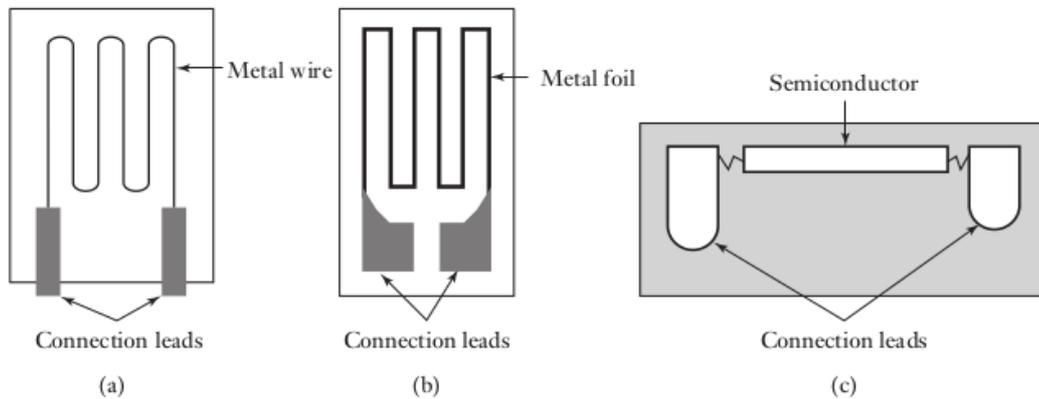
#### **2.3.3.4.2 Sensor de medición de peso de los agregados.**

Una célula de carga o también llamada celda de carga es un transductor que transforma la fuerza aplicada sobre ella en una señal eléctrica medible. Aun con la existencia de varios tipos de sensores, la celda de carga es el sensor de fuerza más común del mercado. Los diseños de estas se pueden distinguir de acuerdo con el tipo de señal de salida que generan: neumático, hidráulico y eléctrico o de acuerdo con la forma en que detectan el peso: flexión, cizalladura, compresión, tensión, etc. (Omega Company, s.f.)

Las galgas extensiométricas son sensores que transforman la deformación de un material en un cambio de resistencia la cual puede ser medida e interpretada como la fuerza necesaria para deformar el material de la galga, en la figura 26 se puede observar cómo está constituido estos tipos de sensores.

### Figura 26

*Galgas extensométricas: (a) alambre, (b) lámina, (c) semiconductor*

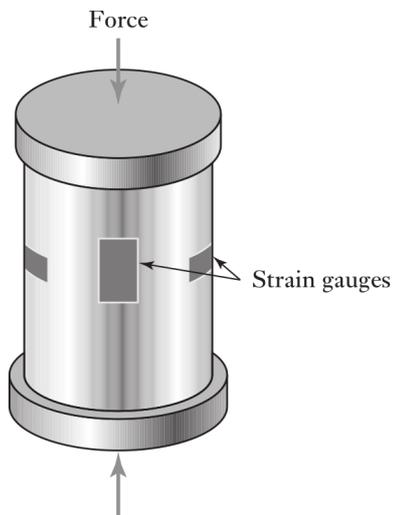


*Nota.* Bolton (2015, p. 37)

La celda de carga es una aplicación industrial de las galgas extensiométricas en la cual se utiliza para medir peso desde unos kilogramos hasta toneladas, en la figura 27 se puede observar cómo funciona una celda de carga la cual se tiene que conectar a un sistema de acondicionamiento con controlador final para calibrar y leer el peso medido.

### Figura 27

*Celda de carga extensométrica*



*Nota.* Bolton (2015, p. 49)

Las propiedades de las celdas de carga se pueden observar en la tabla 6.

**Tabla 6***Propiedades de las celdas de carga*

<b>Capacidad</b>	Esta es la carga máxima que la celda de carga está diseñada para medir, sin sufrir deformaciones o errores considerables en su medición.
<b>Arrastre</b>	Es el cambio en la salida del sensor que se producen a más de 30 minutos de carga o cerca de su capacidad máxima, o con todas las condiciones ambientales u otras variables.
<b>Escala real</b>	Se utiliza para calificar el error. Es el cambio de salida cuando el sensor está cargado, se expresa como 0.1% FS y la salida sería de 1.0mV/V.
<b>Histéresis</b>	Consiste en la tendencia de un material a conservar sus propiedades posteriormente a un estímulo generado.
<b>Tensión de excitación</b>	Especifica la tensión que se puede aplicar a las terminales de alimentación sobre la celda de carga.
<b>Sobrecarga máxima</b>	La carga máxima que se pueda aplicar sin producir un fallo estructural.
<b>No linealidad</b>	La no linealidad describe la desviación máxima de la curva lineal. Es por esto que para una calibración alta se requiere la descripción de múltiples puntos.
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	Los extremos de temperatura ambiente dentro de la cual la celda opera sin cambio adverso y no cambia su rendimiento.
<b>Temperatura compensada</b>	El rango de temperaturas en el que se compensa la celda de carga para mantener la medición y el equilibrio dentro de los límites especificados.
<b>Efecto de la temperatura sobre Span</b>	Span también se llama a la salida nominal. Este valor es el cambio de producción debido a un cambio de 1°C de temperatura sobre el ambiente.
<b>Balance cero</b>	Este define la diferencia máxima entre los cables de salida cuando no se aplica carga. Si la diferencia es muy alta, es muy difícil ajustarse a una ganancia muy alta.

*Nota.* Desarrollado en base a la información de 5Hertz (s.f.)

Las celdas de carga pueden llegar a ser de los siguientes tipos:

- Celda de carga de compresión
- Celda de carga de compresión/tensión
- Celda de carga de viga en S
- Celda de carga de viga flexible
- Celda de carga de plataforma y punto único
- Celda de carga de cartucho
- Celda de carga de bajo perfil

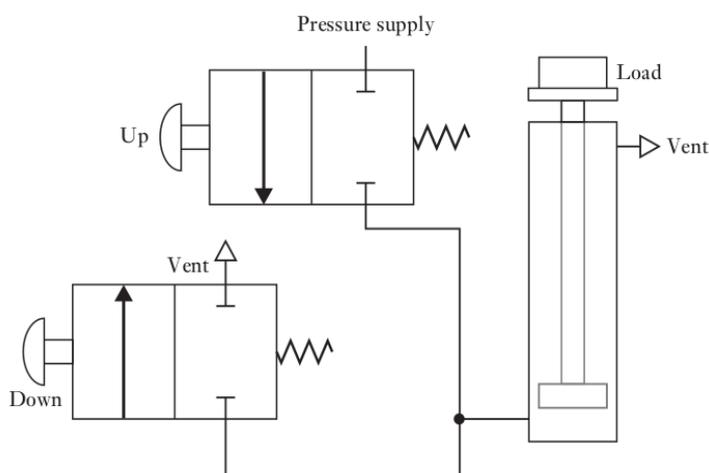
(Omega Company, s.f.)

#### ***2.3.3.4.3 Neumática en el control de procesos.***

Los sistemas de actuación son los elementos de los sistemas de control que son responsables para transformar la salida de un microprocesador o sistema de control en un controlar la acción en una máquina o dispositivo. (Bolton, 2015). Estos pueden ser mecánicos, eléctricos, neumáticos e hidráulicos dependiendo de la acción a realizar. En la industria se utiliza mayoritariamente neumáticos como actuadores finales debido a que pueden mover grandes cargas y cuando estos no son suficientes se utiliza actuadores hidráulicos. Como se observa en la figura 28 el actuador neumático en este caso un cilindro levanta una carga.

**Figura 28**

*Sistema de elevación neumático*

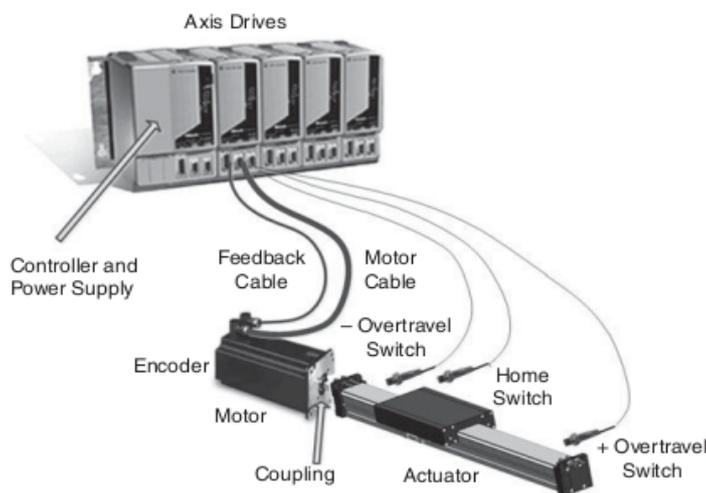


*Nota.* Bolton (2015, p. 172)

Los actuadores mecánicos y eléctricos son esencialmente sistemas mecánicos y eléctricos respectivamente como se describieron previamente. En la actualidad los actuadores eléctricos funcionan como actuadores intermediarios que transforman la fuente de energía en movimiento que es transferido a los actuadores finales los cuales pueden ser actuadores mecánicos, neumáticos o hidráulicos por medio de una señal controladora proveniente de un controlador con interfaz electrónica de potencia. En la figura 29 se puede observar como un actuador eléctrico acciona a su vez otro actuador eléctrico que finalmente acciona un actuador mecánico.

**Figura 29**

*Diagrama de un sistema de control de movimiento*



*Nota.* Lamb (2013, p. 172)

### 2.3.3.5 Mezcla y transportación.

“Es muy importante que el cilindro del mixer se encuentre completamente limpio. El tiempo de mezclado dependerá de las características del concreto. Al transportar el concreto, el cilindro debe mantenerse en constante movimiento con una velocidad aproximada de 2 a 6 vueltas por minuto ya que después de añadir agua al cemento y a los agregados, la descarga debe hacerse en el menor tiempo posible dentro de los límites de cada caso en particular.” (Holcim Apasco, s.f.)

### 2.3.4 Proveedor Cloud

Es el proveedor de servicios Cloud o nube que brinda servicios de acceso bajo demanda a infraestructura como servidores, almacenamiento, networking; plataformas como

sistemas operativos y servicios como bases de datos. Los tipos de servicios se describen a continuación. IaaS infraestructura como servicio en la cual se da acceso bajo demanda a servidores, almacenamiento y networking como infraestructura de TI back-end para ejecutar aplicaciones y cargas de trabajo en la nube. PaaS plataforma como servicio y se da acceso bajo demanda a una plataforma completa lista para usar alojada en la nube en la cual se puede desarrollar, ejecutar, mantener y administrar aplicaciones. SaaS software como servicio en la cual se da acceso bajo demanda a software de aplicación alojado en la nube listo para usar. (IBM, 2021)

## CAPÍTULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Durante la presente investigación se realizó tanto el diseño como la implementación de un sistema de automatización capaz de generar una solución viable a la problemática planteada.

### 3.2 Diseño Eléctrico

La planta de concreto tiene como una de sus características la capacidad de operación en zonas en donde no existe una red eléctrica a la que conectarse. Por lo tanto, el diseño eléctrico debe ser capaz de ser alimentado correctamente con un grupo electrógeno. El diseño de la parte eléctrica del tablero es esencial para un uso adecuado de los motores trifásicos.

#### 3.2.1 Condiciones Iniciales

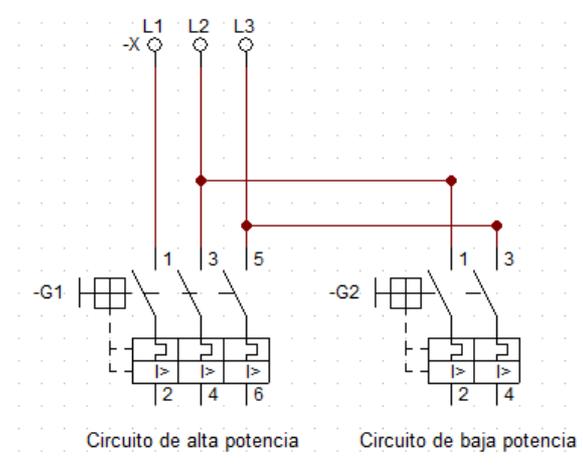
Para el diseño eléctrico se tienen como condiciones iniciales las siguientes características:

- Red de alimentación trifásica de generador de 220v
- Cable de potencia con aislamiento de PVC a 70°C
- Corriente de arranque no superior a 1.25 veces la corriente nominal
- Protección termomagnética de 7 veces el valor de la corriente nominal

En la figura 30 se muestra el circuito eléctrico principal, el cual se divide en el circuito de alta potencia y en el circuito de baja potencia

**Figura 30**

*Circuito eléctrico principal diseñado en CADe\_SIMU*



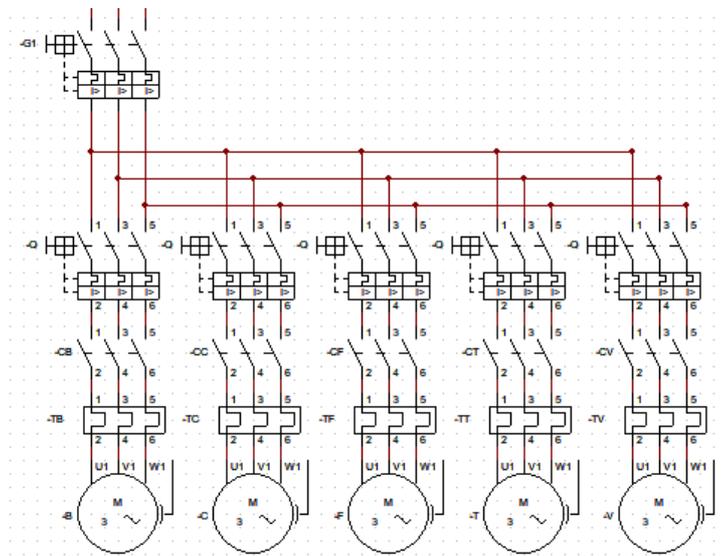
*Nota.* Elaboración propia

### 3.2.2 Circuito eléctrico de alta potencia

Como eje principal de la planta, el circuito eléctrico de potencia de los motores es sumamente importante porque es donde se concentra la carga más alta del circuito y donde están instalados los actuadores principales. En la figura 31 se puede observar el circuito en cuestión que consta de una configuración de arranque directo de 5 motores trifásicos y un interruptor termomagnético general.

**Figura 31**

*Circuito eléctrico de potencia diseñado en CADe\_SIMU*



*Nota.* Elaboración Propia

Cada una de estas configuraciones está conformada por los siguientes elementos:

- Cable eléctrico
- Interruptor termomagnético
- Contactor
- Relay térmico

#### 3.2.2.1 Selección del conductor eléctrico.

Para poder dimensionar el cable que se usará debemos tener en cuenta la intensidad nominal de cada motor trifásico, la conducción térmica, calor y caída de tensión a lo largo de los conductores. En la placa del motor de la compresora, en el motor de la bomba de agua y en el motor del tornillo podemos encontrar sus respectivas intensidades nominales;

sin embargo, no es el mismo caso para el motor de la faja transportadora. Es por ello que mediante la fórmula 1 hallamos su respectiva intensidad nominal.

$$I_n = \frac{P_u}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot n} = \frac{7457}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0.85 \cdot 0.9} = 25.58 \text{ Amp} \dots \dots (1)$$

Donde:

In: Intensidad nominal del motor

Pu: Potencia Útil del motor

U: Voltaje de alimentación

cos  $\varphi$ : Factor de potencia

n: Eficiencia

Con lo calculado anteriormente, se utilizó la tabla 7 donde podemos observar los distintos valores de factores de corrección para ambientes donde la temperatura es distinta de los 30°C para hallar la intensidad de diseño; en el caso de Lamud la temperatura ambiente es de 20°C. Además, en el cálculo de la misma se tuvo en cuenta un factor de seguridad de 1.25 veces la intensidad nominal debido a su configuración de arranque directo. En la tabla 8 se puede observar las intensidades nominales de los motores y sus intensidades de diseño.

**Tabla 7**

*Factores de corrección para temperatura ambiente distinta de 30 °C*

Temperatura ambiente [°C]	PVC	
	Cables al aire	Cables en ductos enterrados
10	1,22	1,10
15	1,17	1,05
20	1,12	1,00
25	1,06	0,95
30	1,00	0,89
35	0,94	0,84
40	0,87	0,77
45	0,79	0,71
50	0,71	0,63
55	0,61	0,55
60	0,50	0,45
65	-	-
70	-	-
75	-	-
80	-	-
85	-	-
90	-	-
95	-	-

*Nota.* Código Nacional de Electricidad

**Tabla 8***Intensidad de los motores de la planta*

Motor	Bomba	Compresora	Faja	Tornillo	Vibrador
Intensidad Nominal (Amp)	9.6	18.8	25.58	30.4	1
Intensidad de diseño (Amp)	13.44	26.04	35.81	42.56	1.37

*Nota.* Elaboración Propia

Los cables a calcular son el cable del grupo electrógeno al tablero de potencia, el cable del tablero de potencia al tablero de control y del tablero de potencia a cada motor. El método de instalación de acuerdo a la NTP 370.301 de cada uno de estos cables esta descrito en la Tabla 9.

**Tabla 9***Método de instalación de los cables*

	Grupo Electrónico al tablero de potencia	Tablero de potencia al tablero de control	Tablero de potencia a cada motor
Método de instalación	D	D	B2

*Nota.* Elaboración propia

Con estos datos procedemos a seleccionar la sección nominal de cada conductor según la tabla 10 y su equivalencia en calibre AWG según la tabla 11.

**Tabla 10**

*Método de instalación según la NTP 370.301*

Sección nominal del conductor [mm <sup>2</sup> ]	Método de instalación de acuerdo a la NTP 370.301 (IEC 60364-5-523)												
	A1		A2		B1		B2		C		D		
													
Aislamiento	PVC		PVC		PVC		PVC		PVC		PVC		
Temperatura	70 °C		70 °C		70 °C		70 °C		70 °C		70 °C		
Cantidad de conductores	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cobre													
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18	
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24	
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31	
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39	
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52	
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67	
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86	
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103	
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122	
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151	
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179	
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203	
150	240	216	219	196	-	-	-	-	344	299	278	230	
185	273	245	248	223	-	-	-	-	395	341	312	258	
240	321	286	291	261	-	-	-	-	461	403	361	297	
300	367	328	334	298	-	-	-	-	530	464	408	336	

Nota. Código Nacional de Electricidad

**Tabla 11**

*Equivalencias entre el sistema métrico y el americano*

Sistema Americano			Sistema Métrico			Sistema Americano			Sistema Métrico		
Calibre	Sección Equivalente mm <sup>2</sup>	Sección mm <sup>2</sup>	Calibre	Sección Equivalente mm <sup>2</sup>	Sección mm <sup>2</sup>	Calibre	Sección Equivalente mm <sup>2</sup>	Sección mm <sup>2</sup>	Calibre	Sección Equivalente mm <sup>2</sup>	Sección mm <sup>2</sup>
AWG / kcmil			AWG / kcmil			AWG / kcmil			AWG / kcmil		
22	0.324	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	0.5	1/0	53.3	-	20	0.517	-	2/0	67.4	-
18	0.821	-	-	-	70	-	-	0.75	-	-	70
-	-	1	3/0	85	-	-	-	-	3/0	85	-
16	1.31	-	-	-	95	-	-	-	-	-	95
-	-	1.5	4/0	107.2	-	-	-	-	4/0	107.2	-
14	2.08	-	-	-	120	-	-	-	-	-	120
-	-	2.5	250	126.7	-	-	-	-	250	126.7	-
12	3.31	-	-	-	150	-	-	-	-	-	150
-	-	4	300	152	-	-	-	-	300	152	-
10	5.26	-	-	-	185	-	-	-	-	-	185
-	-	6	350	177.4	-	-	-	-	350	177.4	-
8	8.37	-	-	-	240	-	-	-	-	-	240
-	-	10	400	202.7	-	-	-	-	400	202.7	-
6	13.3	-	-	-	300	-	-	-	-	-	300
-	-	16	-	-	400	-	-	-	-	-	400
4	21.2	-	600	304	-	-	-	-	600	304	-
-	-	25	750	380	-	-	-	-	750	380	-
2	33.6	-	-	-	400	-	-	-	-	-	400
-	-	35	-	-	500	-	-	-	-	-	500
1	42.4	-	1000	506.7	-	-	-	-	1000	506.7	-
-	-	50	1200	608.04	-	-	-	-	1200	608.04	-
-	-	-	-	-	630	-	-	-	-	-	630

Nota. Centelsa (s.f.)

En la sección 030-002 del Código Nacional de Electricidad podemos leer que “Todos los conductores deben ser de cobre y no pueden tener una sección menor que 2.5 mm<sup>2</sup> para los circuitos derivados de fuerza y alumbrado y 1.5mm<sup>2</sup> para los circuitos de alumbrado; con excepción de cordones flexibles, alambres para equipos; y alambres o cables para circuitos de control”. Por lo tanto, tanto para el cable de la bomba, el vibrador y el tablero de control se usamos un cable de calibre 14 AWG. En la tabla 12 podemos observar los calibres AWG seleccionados para cada cable.

**Tabla 12**

*Sección de los conductores diseñados*

	Intensidad diseño	Sección del conductor (mm <sup>2</sup> )	AWG
Bomba	13.44	1.5	14
Compresora	26.04	4	10
Faja	35.81	10	6
Tornillo	42.56	10	6
Vibrador	1.37	1.5	14
Tablero de control	10	1.5	14
Grupo Electrógeno	70	25	2

*Nota.* Elaboración Propia

Una vez seleccionados los cables, comprobamos que cumplan con la caída de tensión permitida. Según la sección 50 del código nacional de electricidad, “los conductores de los alimentadores deben ser dimensionados para que: La caída de tensión no sea mayor del 2.5% y la caída de tensión total máxima en el alimentador y los circuitos derivados hasta la salida o punto de utilización más lejano no exceda el 4%.” Nuestro voltaje de alimentación es de 220v por lo que la caída de tensión no debe exceder los 5.5v. En la tabla 13 podemos observar la longitud de los conductores, así como el factor de potencia de los circuitos derivados, datos que nos servirán para el caculo de la caída de tensión en el cable.

**Tabla 13***Longitud y factor de potencia de los conductores*

	Longitud del cable	Factor de potencia
Bomba	25	0.85
Compresora	25	0.87
Faja	30	0.85
Tornillo	30	0.84
Vibrador	25	0.67
Tablero de control	30	1

*Nota.* Elaboración Propia

Se calculó la caída de tensión con los datos anteriores y la fórmula 2 para poder así llenar la tabla 14 en la que se puede observar que los valores de caída de voltaje no superan los 5.5V permitidos.

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * \rho * L * I_d * \cos \varphi}{s} \dots\dots\dots (2)$$

*Nota.* Area Tecnologia (s.f.)

Donde:

 $\Delta V$ : Caída de voltaje $\rho$ : Resistividad del cobre

L: Longitud del conductor

Id: Intensidad de diseño

 $\cos \varphi$ : Factor de potenciaS: Sección del conductor en mm<sup>2</sup>**Tabla 14***Caída de voltaje en los cables*

	Bomba	Compresora	Faja	Tornillo	Vibrador	Tablero
Caída de voltaje (V)	4.04	3.17	2.02	2.37	0.32	4.24

*Nota.* Elaboración Propia

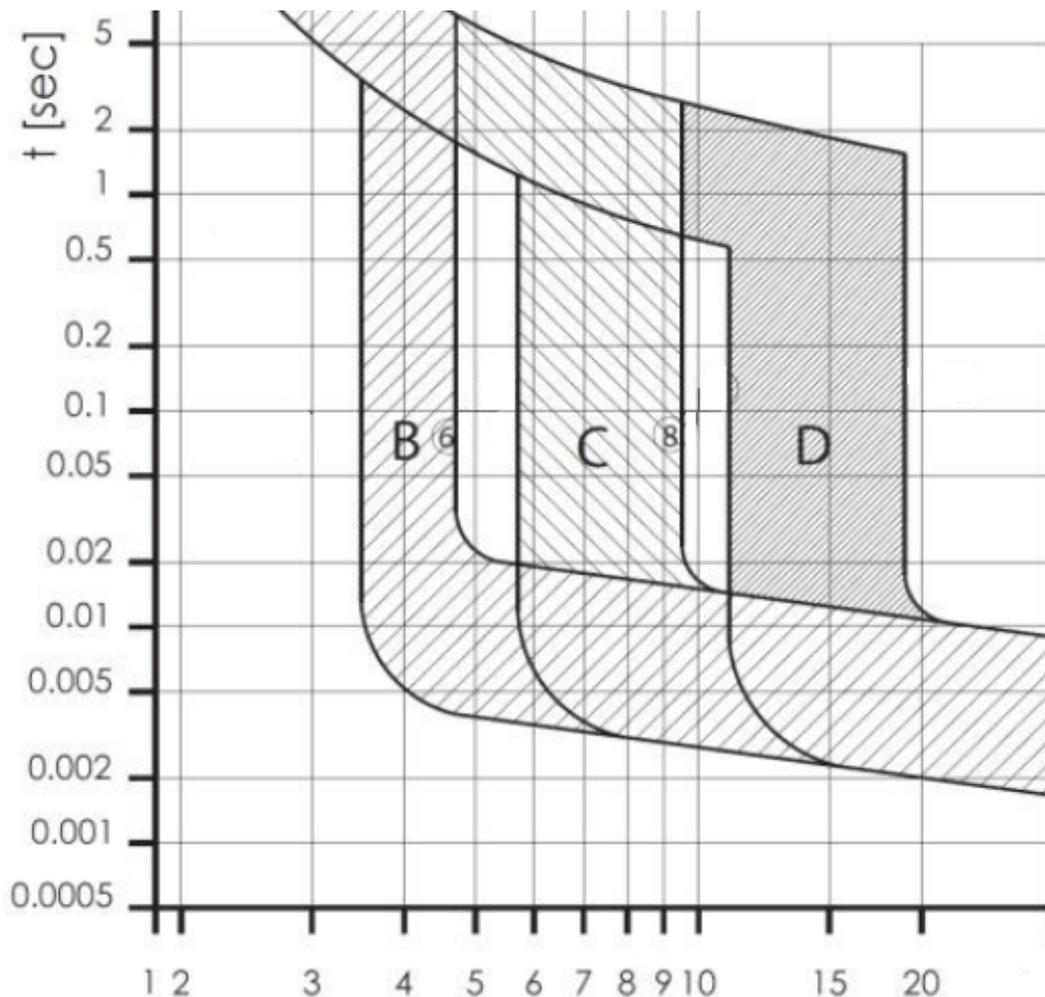
### 3.2.2.2 Selección de Llave Termomagnética.

Con el objetivo de proteger el conductor eléctrico de sobrecargas y cortocircuitos es necesario la correcta selección de la llave termomagnética de nuestra configuración de arranque directo. Para su correcto dimensionamiento debemos tener en cuenta la curva de disparo y la intensidad de diseño.

Las curvas de disparo del interruptor termomagnético son una gráfica que muestra las combinaciones de tiempo y corriente que provocan el corte del interruptor. En la figura 32 se puede observar las 3 zonas de disparo más comunes: la curva B con disparo de corrientes entre 3 a 5 veces el valor de la corriente nominal, la curva C con disparo de corrientes entre 5 a 10 veces el valor de la corriente nominal y la curva D con disparo de corrientes entre 10 y a 20 veces el valor de la corriente nominal. (Tolocka, 2019)

**Figura 32**

*Curvas de disparo de un interruptor termomagnético*



*Nota.* Tolocka (2019)

Para lograr un disparo de 7 veces el valor de la corriente nominal se escogió usar interruptores termomagnéticos con una curva tipo C. Con el objetivo de reusar componentes de la planta se optó por adquirir los interruptores restantes en la marca ABB. En la tabla 15 se observar el catálogo de interruptores termomagnéticos de la marca que cumplen con las características objetivo. Entre estas se puede ver una tensión nominal de 230/400 V, frecuencia de 50/60 Hz además de ser tripolar, lo que convierte a esta alternativa como la más conveniente.

**Tabla 15**

*Mini interruptores termomagnéticos tripolares de la marca ABB*

Modelo	Corriente nominal
S203-C2	2
S203-C4	4
S203-C6	6
S203-C10	10
S203-C16	16
S203-C20	20
S203-C25	25
S203-C32	32
S203-C40	40
S203-C50	50
S203-C63	63
S203-C80	80
S203-C100	100

*Nota.* Electrored (s.f.)

Con los datos anteriormente mencionados se elaboró la tabla 16 en la que se muestran los modelos de interruptor seleccionados para cada intensidad de los motores.

**Tabla 16***Modelos de Interruptores Termomagnéticos seleccionados*

Motor	Bomba	Compresora	Faja	Tornillo	Vibrador
Intensidad máxima soportada por el cable (Amp)	15	27	48	48	15
Modelo de Interruptor Termomagnético soportado	S203-C10	S203-C25	S203-C40	S203-C40	S203-C10

*Nota.* Elaboración Propia.

El conductor que conecta el grupo electrógeno con el tablero de potencia soporta hasta un máximo de 86 Amp, por lo que el diseño del interruptor termomagnético principal fue diseñado para esta intensidad. En la tabla 17 se puede observar que el interruptor de modelo XT2N 160 3p con una intensidad nominal de 100A cumple con las características deseadas al contar con una regulación térmica que va desde los 70A hasta los 100A.

**Tabla 17***Interruptores termomagnéticos de caja moldeada tripolares ABB*

INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DE CAJA MOLDEADA TRIPOLAR ABB						
CÓDIGO	MODELO	In (A)	REG. TÉRMICA I1(A)	Icu (KA) 220/230V	Icu (KA) 380/415V	Cod ABB
ELECTRORED						
5544	XT2N 160 3p	40	28 a 40	65	36	1SDA067014R1
5545	XT2N 160 3p	50	35 a 50	65	36	1SDA067015R1
5546	XT2N 160 3p	63	44 a 63	65	36	1SDA067016R1
5547	XT2N 160 3p	80	56 a 80	65	36	1SDA067017R1
5548	XT2N 160 3p	100	70 a 100	65	36	1SDA067018R1
5549	XT2N 160 3p	125	87 a 125	65	36	1SDA067019R1
5550	XT2N 160 3p	160	112 a 160	65	36	1SDA067692R1

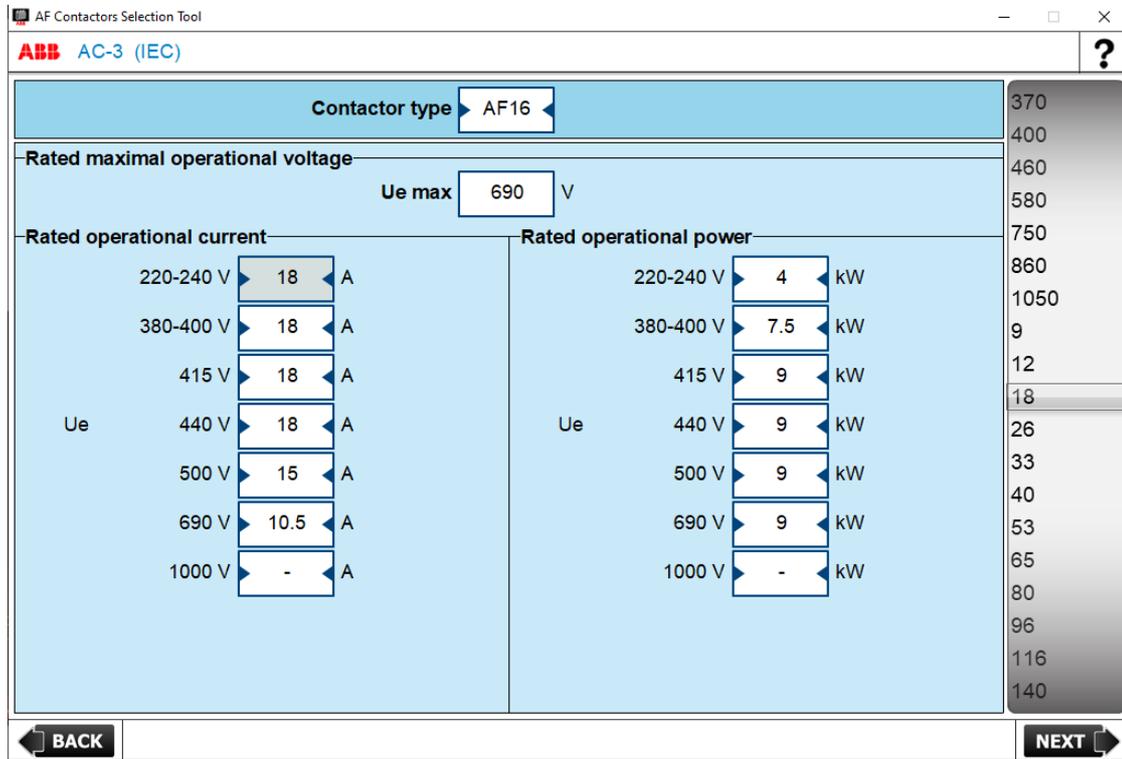
*Nota.* Electrored (s.f.)**3.2.2.3 Selección de Contactor.**

Para la selección de los contactores del arreglo de arranque directo de los motores, se usó el software “AF Contactors Selection Tool” de la marca ABB que se puede observar en la figura 33. Este software utiliza las categorías de utilización AC-1 y AC-3 de la norma

IEC además de otros parámetros como la corriente de operación, el voltaje de alimentación, el voltaje de operación de la bobina y la necesidad de contactores auxiliares.

**Figura 33**

*Software AF Contactors Selection Tool*



*Nota.* Elaboración Propia

Con el software de ABB se elaboró la tabla 18 en la que se muestran los modelos de contactores seleccionados para cada intensidad de diseño de los motores.

**Tabla 18**

*Modelos de contactores seleccionados*

Motor	Intensidad diseño	Modelo de contactor ABB seleccionado
Bomba	13.44	AF16-30-10-13

Compresora	26.04	AF26-30-00- 13
Faja	35.81	AF38-30-00- 13
Tornillo	42.56	AF52-30-00- 13
Vibrador	1.37	AF09-30-10- 13

*Nota.* Elaboración Propia.

### 3.2.2.4 Selección de Relé Térmico.

Con el objetivo de proteger los motores trifásicos de sobrecargas que usualmente se originan por la falta de una fase, un rotor bloqueado o demasiada carga acoplada al motor se optó por usar relés térmicos. Estos a diferencia de la otra opción, los guardamotores, actúan sobre el circuito de control, en lugar del circuito de potencia.

Gracias a esta característica podemos leer el estado del relé desde nuestro circuito electrónico para poder así mostrarlo en pantalla y tomar acciones al respecto. En la tabla 19 y en la tabla 20 se pueden observar los diferentes modelos de la serie TF65 y TF42 de la marca ABB que se usaron para determinar los modelos de relés que se acoplaron a nuestra configuración de arranque directo. Estos modelos comerciales se ven reflejados en la tabla 21 donde también se muestra el dato de la intensidad nominal de cada motor, dato necesario para la selección de los relés térmicos.

**Tabla 19**

*Modelos de relay térmico de la serie TF65 ABB*

Rango de configuración	Dispositivo de protección contra cortocircuitos	Clase de disparo	Tipo
<b>A</b>			
22.0 ... 28.0	80 A, fusibles tipo gG	10	TF65-28
25.0 ... 33.0	80 A, fusibles tipo gG	10	TF65-33
30.0 ... 40.0	100 A, fusibles tipo gG	10	TF65-40
36.0 ... 47.0	125 A, fusibles tipo gG	10	TF65-47
44.0 ... 53.0	125 A, fusibles tipo gG	10	TF65-53
50.0 ... 60.0	125 A, fusibles tipo gG	10	TF65-60
57.0 ... 67.0	160 A, fusibles tipo gG	10	TF65-67

*Nota.* ABB (s.f.)

**Tabla 20***Modelos de relay térmico de la serie TF65 ABB*

Rango de configuración	Dispositivo de protección contra cortocircuitos	Clase de disparo	Tipo
<b>A</b>			
0.10 ... 0.13	0.5 A, fusible tipo T	10	TF42-0.13
0.13 ... 0.17	1.0 A, fusible tipo T	10	TF42-0.17
0.17 ... 0.23	1.0 A, fusible tipo T	10	TF42-0.23
0.23 ... 0.31	1.0 A, fusible tipo T	10	TF42-0.31
0.31 ... 0.41	2.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-0.41
0.41 ... 0.55	2.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-0.55
0.55 ... 0.74	4.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-0.74
0.74 ... 1.00	6.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-1.0
1.00 ... 1.30	6.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-1.3
1.30 ... 1.70	10.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-1.7
1.70 ... 2.30	10.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-2.3
2.30 ... 3.10	10.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-3.1
3.10 ... 4.20	20.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-4.2
4.20 ... 5.70	20.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-5.7
5.70 ... 7.60	35.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-7.6
7.60 ... 10.0	35.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-10
10.0 ... 13.0	40.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-13
13.0 ... 16.0	40.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-16
16.0 ... 20.0	63.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-20
20.0 ... 24.0	63.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-24
24.0 ... 29.0	63.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-29
29.0 ... 35.0	80.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-35
35.0 ... 38.0/40.0	80.0 A, fusible tipo gG	10	TF42-38

*Nota.* ABB (s.f.)**Tabla 21***Modelos de Relés Térmicos seleccionados*

Motor	Intensidad nominal (Amp)	Sección del conductor (mm <sup>2</sup> )
Bomba	9.6	TF42-10
Compresora	18.8	TF42-20
Faja	25.58	TF42-29
Tornillo	30.4	TF65-40
Vibrador	1	TF42-1

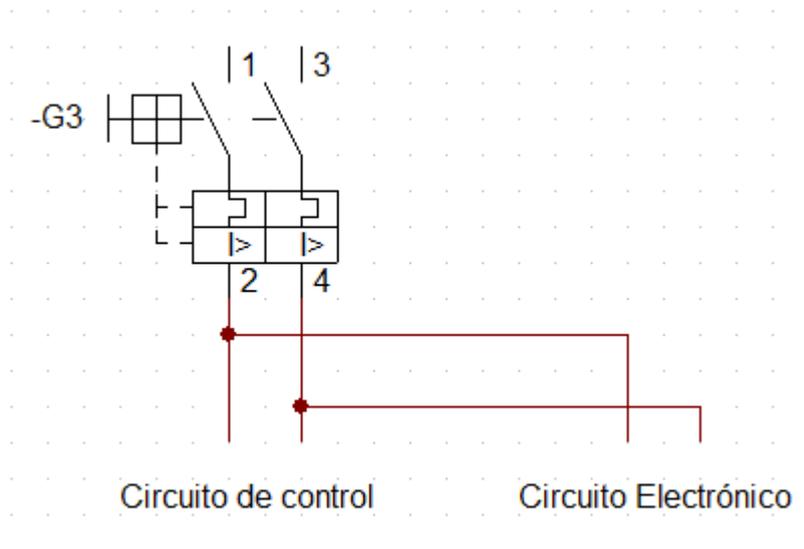
*Nota.* Elaboración Propia.

### 3.2.5 Circuito eléctrico de baja potencia

Este circuito se divide en 2 subcircuitos como se puede observar en la figura 34, el primero es el circuito de control de los actuadores y el segundo es el que alimenta al circuito electrónico. Antes de la ramificación se puede observar una llave termomagnética como medida de protección al conductor.

**Figura 34**

*División del circuito eléctrico de baja potencia diseñado en CADe\_SIMU*



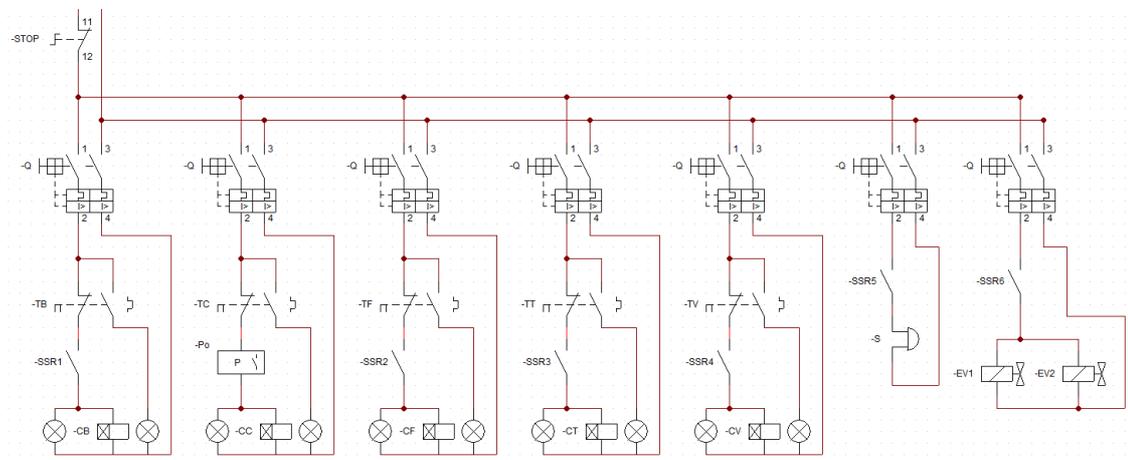
*Nota.* Elaboración Propia

#### 3.2.3.1 Circuito de control.

Este circuito, que se puede observar en la figura 35, está compuesto por 5 arreglos que permiten el control de los contactores, y otros dos más que nos permiten controlar la campana y las electroválvulas. Además, también incluye un botón tipo seta de parada de emergencia.

**Figura 35**

*Circuito de control diseñado en CADe\_SIMU*



*Nota.* Elaboración Propia.

Cada uno de estos arreglos consta de una llave termomagnética, indicadores piloto, relés de estado sólido (SSR), la bobina del contactor y los contactos auxiliares del relé térmico. Solo en el caso del arreglo para la compresora se usa un presostato en vez de un SSR. La lógica de estos es que el encendido y parada de los contactores sea manejado por el SSR y se refleje con un indicador de color verde y que, en caso de activarse el relé térmico por diversos motivos, se desconecte el circuito apagando el motor y activando un indicador de color rojo.

Según el datasheet de los SSR, estos pueden activar una carga de hasta 2 amperios, que son más que suficientes ya que la bobina del contactor se activa con 29.5 miliamperios según nuestras mediciones. Por este motivo se seleccionaron interruptores termomagnéticos monofásicos de 2 amperios.

### 3.3 Diseño Electrónico

El diseño electrónico es fundamental para la automatización del proyecto. Este debe ser capaz de crear una comunicación entre el software y la parte eléctrica de alta potencia. El controlador es muy sensible a voltajes superiores a los permitidos por lo tanto es necesaria una correcta alimentación. El circuito además debe ser capaz de activar y desactivar los actuadores independientemente del proceso en que se encuentre el controlador, esto con la ayuda de pulsadores.

### 3.3.1 Condiciones Iniciales

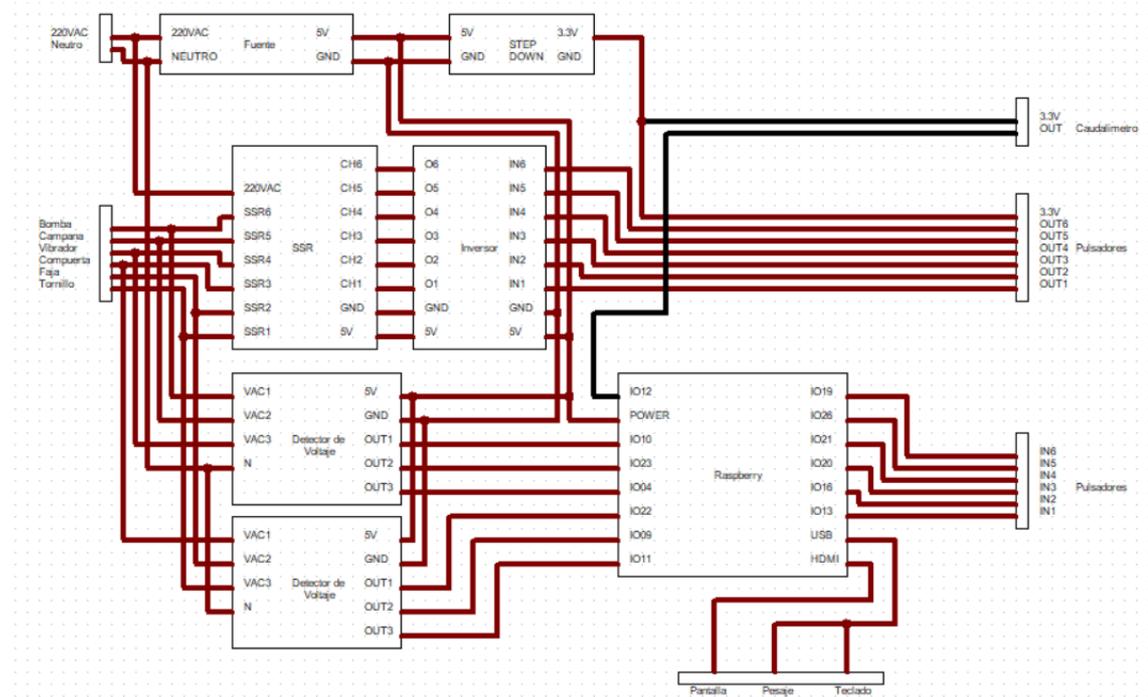
Para el diseño electrónico se tienen como condiciones iniciales las siguientes características:

- Voltaje de trabajo de 5v y 3.3v
- Voltaje en los pulsadores no mayor a 5v
- Accionamiento de actuadores independiente

El circuito electrónico, que se puede observar en la figura 36 consta principalmente de la alimentación, el controlador y el sistema de comunicación. Este es el circuito encargado de la automatización de los procesos de la planta de concreto.

**Figura 36**

*Circuito electrónico diseñado en CADe\_SIMU*



*Nota.* Elaboración Propia.

### 3.3.2 Selección de Controlador

Para esta investigación se requiere de un controlador principal que permita la lectura de los sensores, indicador de pesaje y el control de relays para la activación de contactores en la planta de concreto. Así como la capacidad de ofrecer una interfaz de usuario que

permita el ingreso de los valores iniciales de materiales y agua para la preparación de la mezcla. Posteriormente, se necesita almacenar la información para su posterior consulta remota. A continuación, se presentan los posibles controladores a utilizar y la selección final.

### **3.3.2.1 PLC.**

El PLC o programador lógico controlable es la primera opción que se considera cuando se busca controladores en la industria, esto se da debido a que son controladores de fácil uso y realmente robustos para todo tipo de trabajos dentro del ámbito de trabajo.

Para su programación se requiere de un software de la marca del PLC adquirido y se realiza programación en Ladder para configurar sus puertos de entrada/salida y programa de control.

El voltaje de trabajo de un PLC es de 24v tanto para entradas como salidas y necesita de módulos especializados compatibles con la misma marca del PLC o por Modbus para poder acceder a funciones extras como el envío de datos por internet; así como la conexión a una computadora para el almacenamiento de datos dentro de una base de datos.

### **3.3.2.2 Teensy.**

El Teensy es una placa de desarrollo basada en un microcontrolador extremadamente estable, de bajo costo que puede ser programada mediante el API de Arduino. Esta placa de desarrollo permite la fácil implementación de un controlador que no solo es pequeño, sino que también fácil de programar, y de muy bajo consumo energético.

Para su programación se requiere de una conexión usb a una computadora y mediante el lenguaje C++ y el API de Arduino compilar el conjunto de instrucciones necesarias para el seteo de sus entradas/salidas y programa de control. Así mismo, se puede usar el lenguaje de programación MicroPython, el cual utiliza un compilador dentro del mismo microcontrolador y a través de usb se sube el conjunto de instrucciones o se ejecuta código en tiempo real a través de su REPL.

El voltaje de trabajo es de 3.3v a 5v dependiendo de la selección del modelo de placa de desarrollo y es capaz de conectarse a cualquier módulo diseñado para trabajar con comunicaciones seriales, placas de desarrollo Arduino y envío de datos por internet; no obstante, necesita de una conexión a una computadora para el almacenamiento de datos dentro de una base de datos.

### **3.2.2.3 Raspberry Pi.**

El Raspberry Pi es una microcomputadora basada en la arquitectura ARM, que a su vez tiene puertos de entradas y salidas como lo tienen los microcontroladores, debido a que es una microcomputadora este es capaz de correr secuencias de programas en paralelo, acceder a internet y poder correr un motor de base de datos.

Como es una microcomputadora, no depende de un lenguaje de programación para poder realizar programas y acceder a sus puertos de entrada/salida, pero el lenguaje de preferencia es Python.

El voltaje de trabajo es de 3.3v y es capaz de conectarse con cualquier módulo diseñado para trabajar con comunicaciones seriales, placas de desarrollo Arduino y/o Raspberry Pi.

Debido a que es una microcomputadora, no necesita de una computadora adicional para almacenar datos dentro de una base de datos o para conectarse a internet.

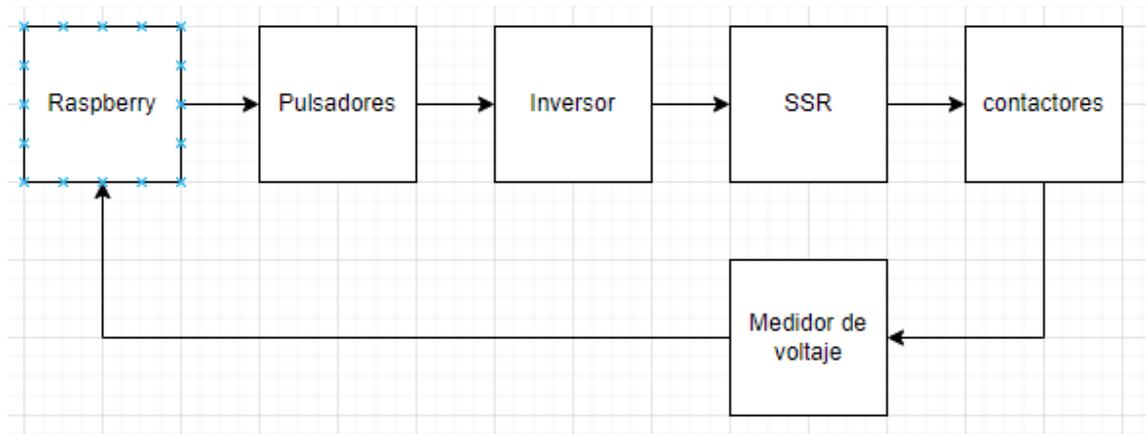
Se decidió el uso del Raspberry Pi 4 debido a que posee la ventaja de renderizar un entorno grafico al mismo tiempo que se realiza el control de la electrónica por medio de sus GPIO y conectarse a un red wifi para transmitir data por medios inalámbricos sin la necesidad de periféricos especializados lo que reduce costos a la empresa en caso de necesitar reparaciones.

### **3.3.3 Sistema de comunicación controlador actuador**

Una vez seleccionado el controlador, hemos diseñado el sistema de comunicación que tendrá este con los contactores para poder accionarlos. Este sistema, que se puede observar en la figura 37, consta de 4 circuitos que conectan las salidas del Raspberry con las entradas de la bobina de los contactores. Este tiene como objetivo el accionamiento independiente de los actuadores. Sin importar la secuencia de encendido y apagado que mande el Raspberry, el sistema debe ser capaz de poder encender y apagar los actuadores mediante pulsadores que no deben sobrepasar los 5v entre sus contactos como medida de seguridad.

**Figura 37**

*Sistema de comunicación controlador actuador diseñado en CADe\_SIMU*

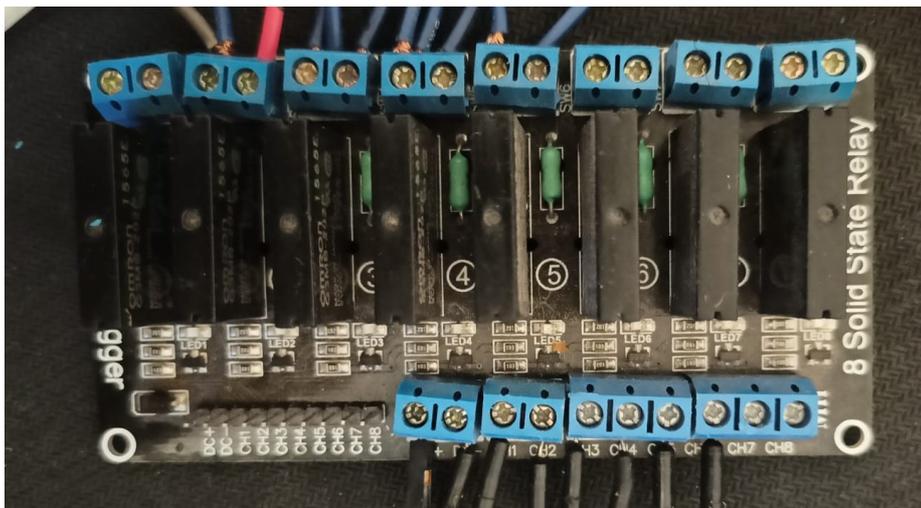


*Nota.* Elaboración Propia.

En el bloque de los SSR (Solid State Relay) tenemos un módulo de relés de estado sólido, como los que se pueden observar en la figura 38. Se escogió el módulo de 8 canales porque los actuadores que controlaremos son 6: bomba, tornillo, faja transportadora, vibrador, compuertas neumáticas, timbre; y el módulo con menos canales lleva solo 4.

**Figura 38**

*Módulo de Relés de Estado Solido*



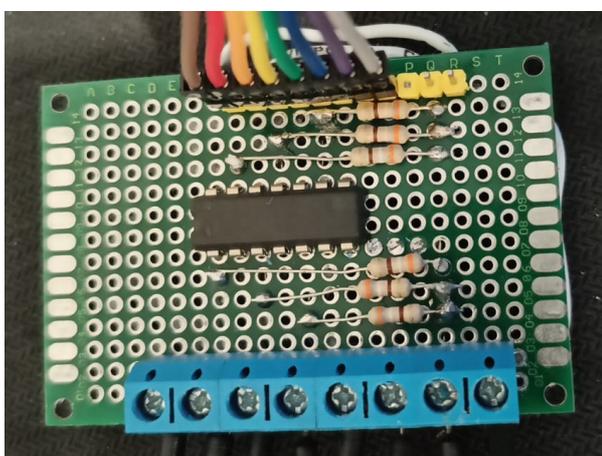
*Nota.* Elaboración Propia.

### 3.3.3.2 Circuito Inversor.

El módulo de SSR que se puede encontrar comúnmente en el mercado peruano se activa con 0 lógico, es por esto que se agregó el bloque del inversor en el que se fabricó una placa que contiene un circuito integrado inversor 7404 con resistencias en configuración Pull-down. Esta placa, que se puede observar en la figura 39, cuenta con 6 entradas y salidas por lo que solo necesitamos una ya que solo se tiene este número de cargas por controlar.

**Figura 39**

*Circuito Inversor*



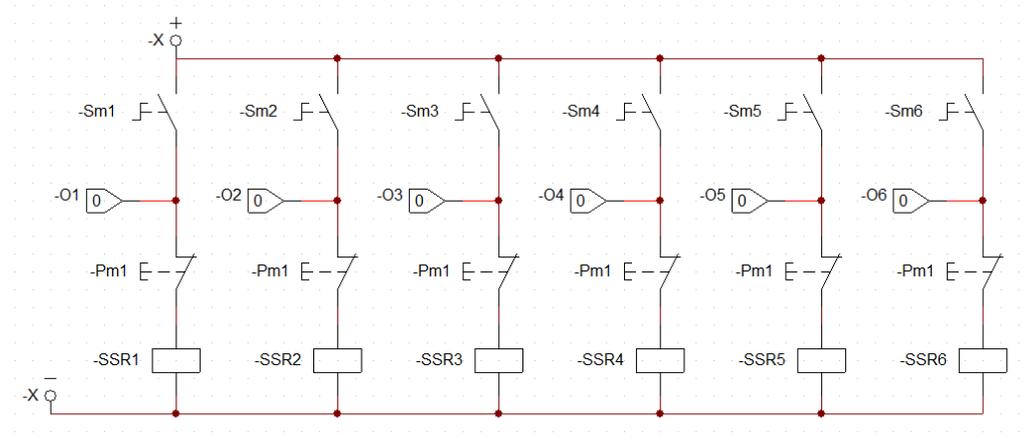
*Nota.* Elaboración Propia.

### 3.3.3.3 Circuito de pulsadores.

Por otro lado, en el bloque de pulsadores se desarrolló el circuito que se puede observar en la figura 40, este tiene la capacidad de poder activar y desactivar los contactores desde la botonera independientemente de si el programa los tiene encendidos o apagados por el proceso que esté realizando. En el circuito se puede ver 6 arreglos que contienen un pulsador normalmente abierto (Sm), un pulsador normalmente cerrado (Pm) y el pin de salida del Raspberry. El circuito es alimentado por 3.3v, voltaje con el que trabaja el Raspberry, en lugar de los 220v a los que usualmente están conectados los pulsadores. Esto genera seguridad al operador ya que los pulsadores que maniobra no están conectados con un voltaje peligroso para el ser humano.

**Figura 40**

*Circuito de pulsadores diseñado en CADe\_SIMU*



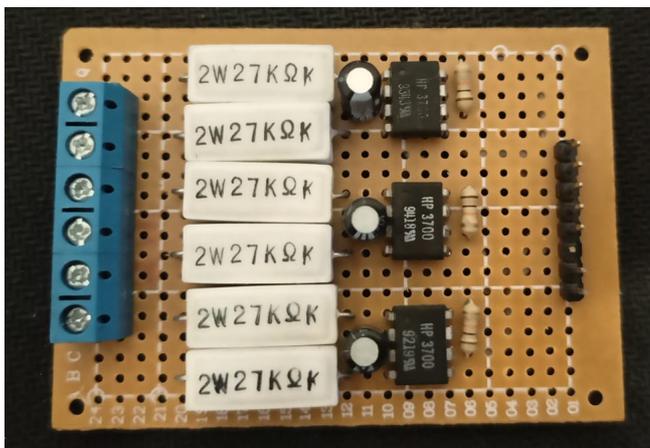
*Nota.* Elaboración Propia.

### 3.3.3.4 Circuito medidor de voltaje.

En el último bloque tenemos un medidor de voltaje como el que se puede observar en la figura 41. El objetivo de esta placa es la de poder medir el estado de encendido de los actuadores. De esta manera en la lógica del programa se puede leer el estado del pin de salida del Raspberry y la respuesta del medidor del voltaje, si ambos estados son distintos es porque se está manipulando los actuadores con los pulsadores y por ende el Raspberry deja de mandar señales dándole así prioridad al accionamiento manual por los pulsadores.

**Figura 41**

*Placa detectora de voltaje*

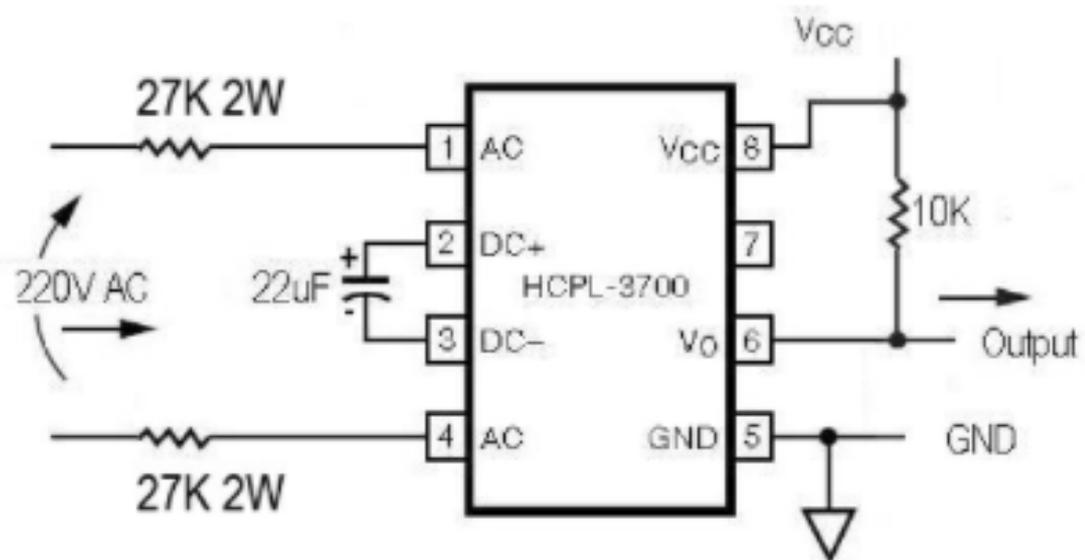


*Nota.* Elaboración Propia.

Este circuito se elaboró siguiendo el esquemático del circuito integrado HCPL-3700 que se puede encontrar en su misma hoja de datos. Este esquemático se puede observar en la figura 42. El circuito del optoacoplador puede medir hasta 240V en AC por lo que es perfecto para la detección en este proyecto. Además, según su hoja de datos, la salida del mismo tiene un voltaje igual al de la entrada, lo que nos permite trabajar con 3.3V que admite las entradas del Raspberry.

**Figura 42**

*Circuito del integrado HCPL-3700.*



*Nota.* Technologies (s.f.)

### **3.3.4 Alimentación del circuito electrónico**

Parte de los circuitos electrónicos que usamos necesitan un voltaje de alimentación de 5 voltios como la alimentación del módulo de los SSR y la alimentación del Raspberry. Es por esto que se está usando una fuente tipo switching de 6 voltios, regulable como la que se puede observar en la figura 43.

### Figura 43

*Fuente de alimentación Switching de 12 V regulable*



*Nota.* Hifisac (s.f.)

Entre los componentes electrónicos que se usan algunos necesitan 3.3v como alimentación. El principal caso son las salidas y entradas del Raspberry, por ende; como alimentación de 3.3v se usó un Step Down LM2596 como el que se puede observar en la figura 44. Este módulo nos ofrece una salida regulable estable desde 1.3v a 37v con una alimentación desde 4.5v a 40v con un consumo de hasta 3Amp según su hoja de datos; lo que lo convierte en una solución ideal a la alimentación de los circuitos que lo requieran.

### Figura 44

*Convertidor de Voltaje Step Down LM2596*



*Nota.* Mechatronics (2021)

### 3.4 Diseño Mecánico

El diseño mecánico es el encargado de sostener todas las piezas electrónicas del proyecto. Todo el diseño se concentra en la mesa que se usa como tablero que debe poder proteger la electrónica que tiene detrás. Además, debe poder organizar de manera entendible la botonera y tener ciertas características modulares para su futura actualización.

#### 3.4.1 Condiciones Iniciales

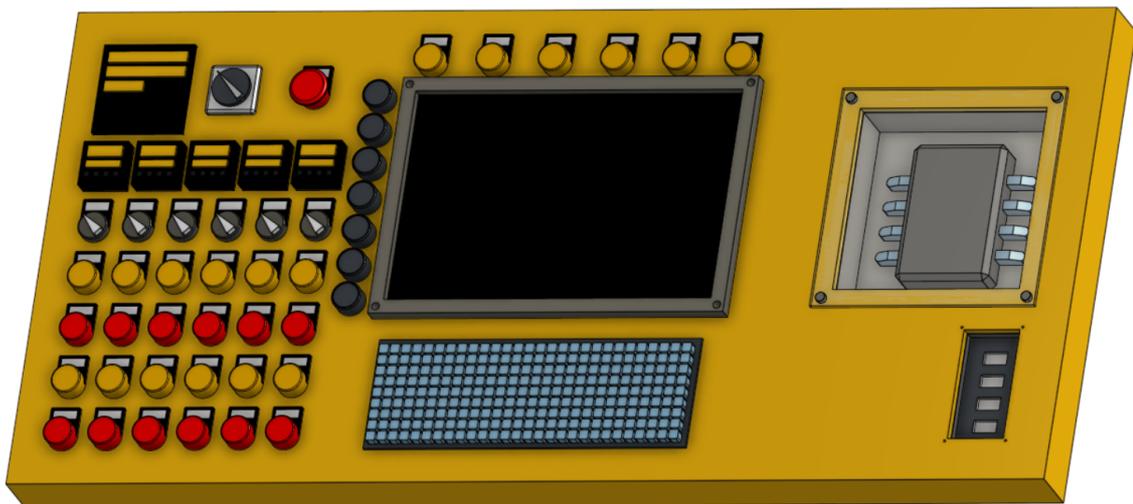
Para el diseño mecánico se tienen como condiciones iniciales las siguientes características:

- Ancho de la mesa 1110 mm
- Largo de la mesa 520 mm
- Tamaño de pantalla 14 pulgadas

Se ha diseñado una mesa de control, que se puede observar en la figura 45, y consta de 3 secciones, a la izquierda tenemos la sección de botonera, en el centro se tiene la sección de la pantalla y teclado y a la derecha se tiene la sección donde se encuentra la caja con los circuitos electrónicos.

**Figura 45**

*Mesa de control diseñada en Onshape.*



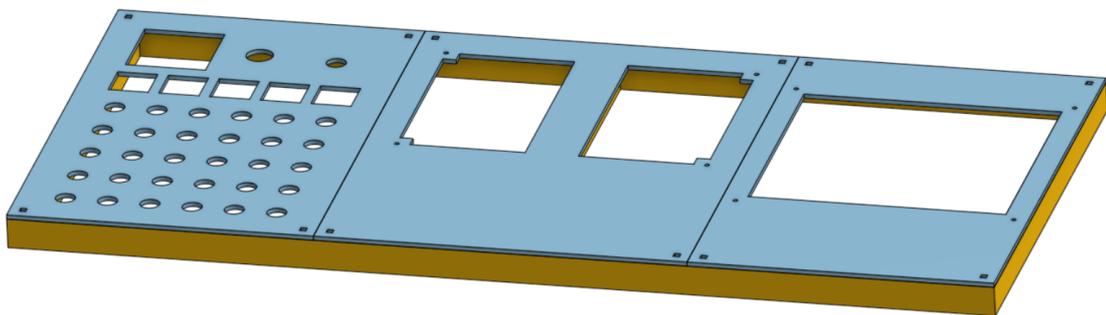
*Nota.* Elaboración Propia.

### 3.4.2 Diseño de mesa tablero

Se decidió segmentar el tablero en 3 partes para que estas partes para que puedan ser reemplazadas de manera más sencilla en caso de alguna mejora. El diseño se realizó teniendo en cuenta los 1110 mm de ancho, los 520 mm de largo del marco de la mesa, el ancho de los bordes del marco y el orden que deben los componentes.

**Figura 46**

*Diseño de las placas de la mesa de control en Onshape.*



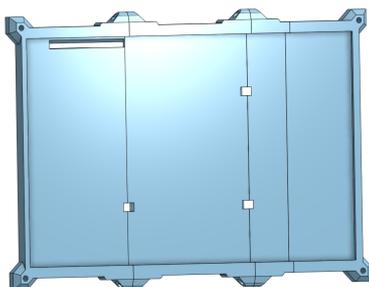
*Nota.* Elaboración Propia.

#### 3.4.2.1 Diseño del marco de la pantalla.

La pantalla que se usó en el proyecto es de 14 pulgadas. Esta no viene con una carcasa propia porque es una pantalla reciclada. Es por esto que se procedió a hacer el diseño de la misma. El diseño se hizo en 4 partes porque de otra manera no alcanzaba a imprimirse en la impresora 3D de 20cm\*20cm. En la vista frontal del diseño que se puede observar en la figura 47 es notoria la partición. Las protuberancias inferiores y superiores del diseño sirven para atornillar las partes entre sí y atornillar todo el modelo a la mesa.

**Figura 47**

*Vista frontal del diseño del marco diseñado en Onshape.*

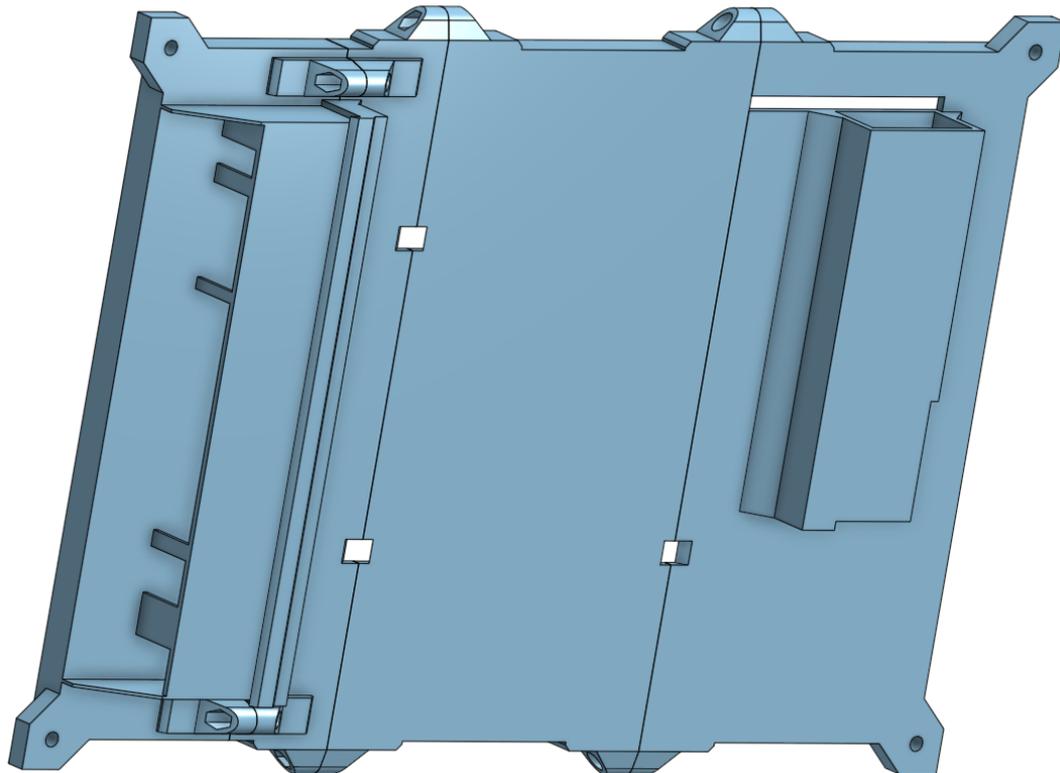


*Nota.* Elaboración Propia

En la vista posterior del diseño que se puede observar en la figura 48, están las carcasas para el controlador de la pantalla en el lado izquierdo y para el inversor en el lado derecho para que las mismas tengan una buena sujeción al marco de la pantalla.

### **Figura 48**

*Vista posterior del diseño del marco diseñado en Onshape.*



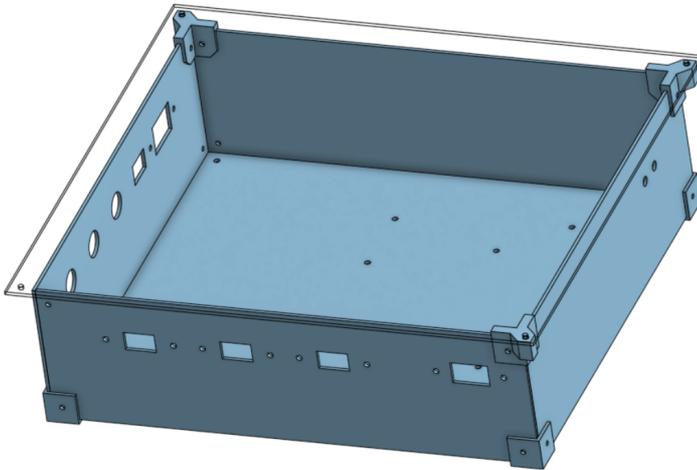
*Nota.* Elaboración Propia.

#### **3.4.2.2 Diseño de la caja de circuitos.**

Para que los circuitos electrónicos estén protegidos se decidió tenerlos todos en una caja que se puede observar en la figura 49. Se diseñó de tal manera que todo el circuito pueda verse al tener una tapa transparente. Esto con la función de que se pueda ver las luces led que poseen algunos circuitos. En la misma caja se incluyen los orificios por donde se pondrán anclados algunos circuitos y demás diseños de conectores.

### Figura 49

*Caja de circuitos electrónicos diseñada en Onshape.*

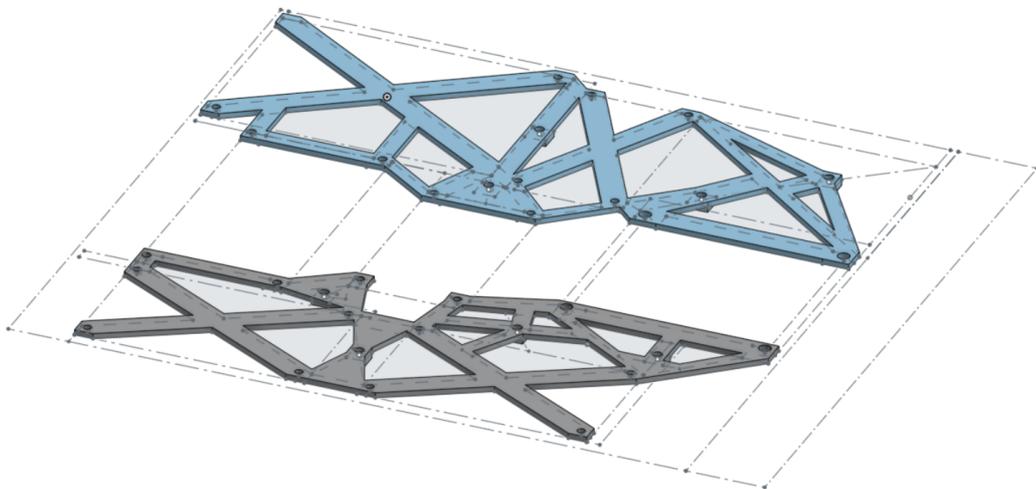


*Nota.* Elaboración Propia.

Con el objetivo de que cada circuito electrónico se mantenga unido dentro de la caja y el movimiento de la mesa no los afecte se diseñaron uniones como las que se pueden observar en la figura 50. Para su elaboración se midieron las dimensiones de los circuitos y se diseñaron también carcasas a los circuitos sueltos para que estos puedan ser unidos al resto.

### Figura 50

*Uniones para circuitos electrónicos diseñados en Onshape.*



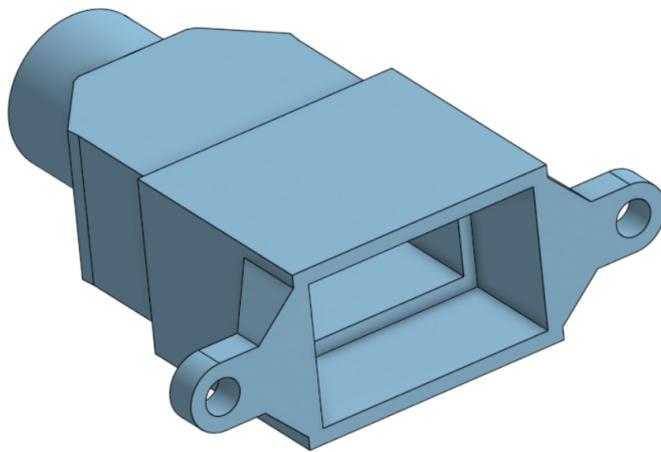
*Nota.* Elaboración Propia.

### 3.4.2.3 Diseño de conectores.

Ya que se requiere que el cableado pueda fácilmente conectarse y desconectarse de la caja del circuito electrónico se diseñó conectores que van sujetos a la caja de circuitos. Se realizaron conectores para los cables USB y el cable HDMI. El conector para el cable HDMI que se puede observar en la figura 51 solo necesita una pieza. Mientras que para los cables USB se necesitan dos piezas que se pueden observar en la figura 52 y 53.

**Figura 51**

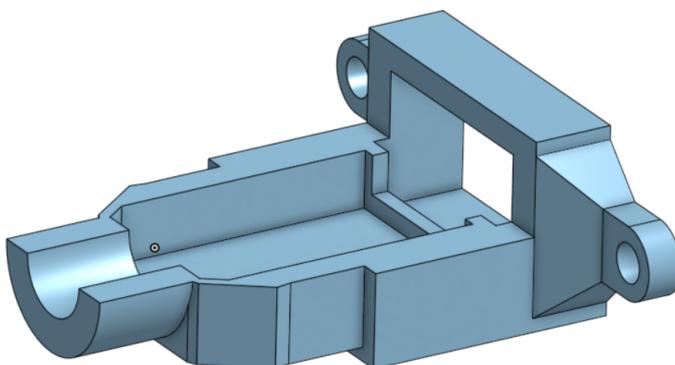
*Conector HDMI diseñado en Onshape.*



*Nota. Elaboración Propia.*

**Figura 52**

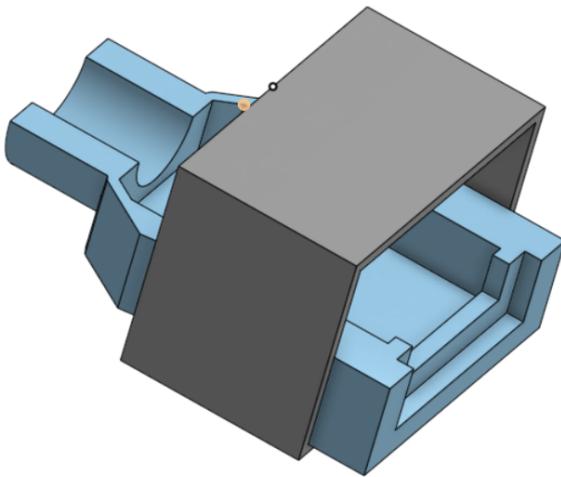
*Pieza A del conector USB señada en Onshape.*



*Nota. Elaboración Propia.*

### **Figura 53**

*Pieza B del conector USB señada en Onshape.*

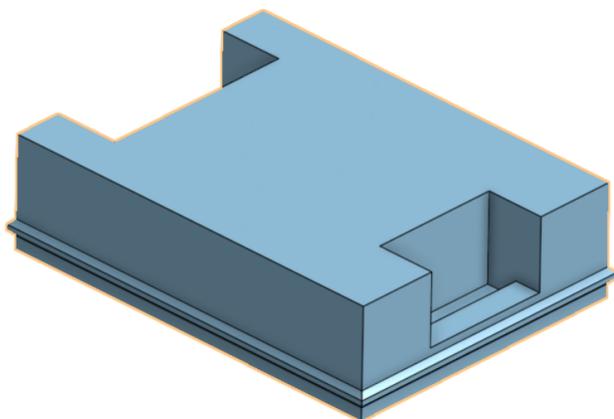


*Nota.* Elaboración Propia.

En el circuito electrónico se pueden observar placas hechas en galleta a las cuales se les decidió diseñar carcasas como las que se pueden observar en la figura 54 para que no estén expuestas. Además, las carcasas sirven para que las placas puedan ser adheridas a la impresión de uniones y los movimientos de la caja no afecten a la placa.

### **Figura 54**

*Carcasa de placa electrónica diseñada en Onshape.*



*Nota.* Elaboración Propia

### 3.5 Diseño Informático

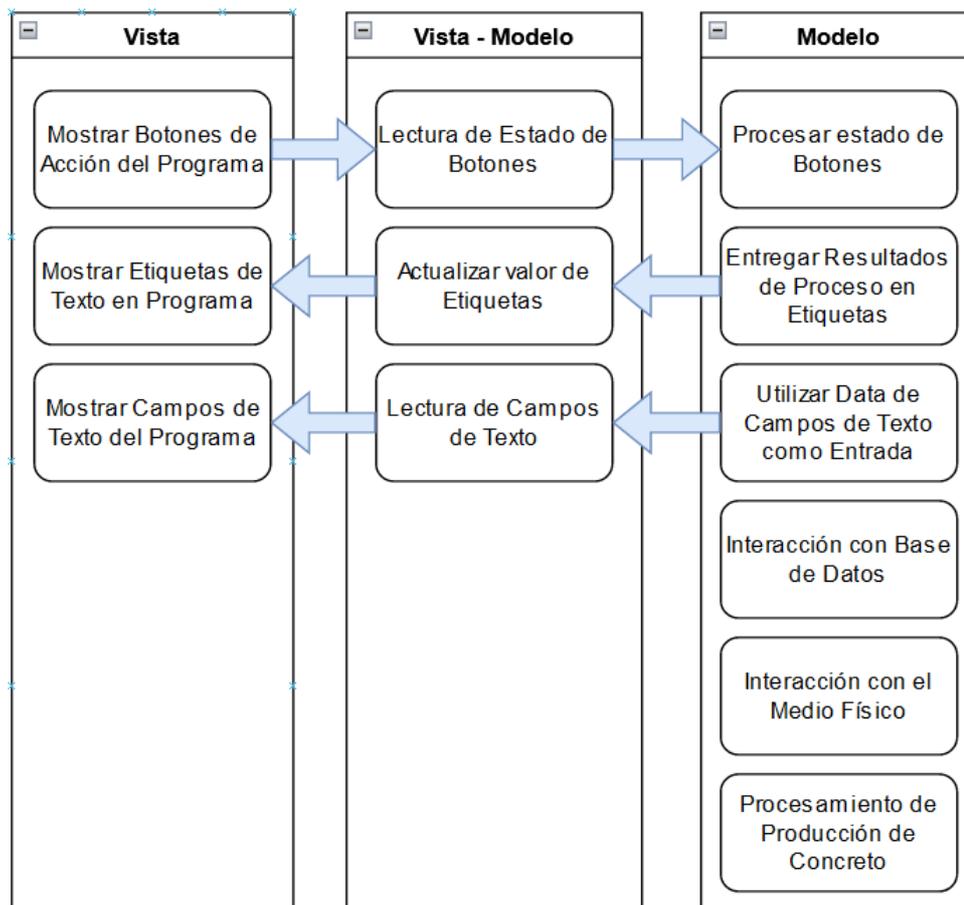
El diseño informático comprende 3 etapas de subsistemas que interactúan entre sí para darle vida al sistema, el control y el monitoreo remoto de la planta de concreto.

La primera etapa tiene presente el diseño de los algoritmos de interconexión entre el medio virtual y el medio físico es decir conectar la lógica de programación con el sistema electrónico. Lo que permite de esta forma la lectura del indicador de pesaje, caudalímetro, estado de los contactores y control motores.

La segunda etapa contempla el diseño basado en la arquitectura MVVM (Modelo-Vista-VistaModelo) para el desarrollo de una interfaz de usuario separada de la lógica del programa que se puede observar en la figura 55.

**Figura 55**

*Diseño basado en la arquitectura MVVM.*



*Nota.* Elaboración Propia.

La vista abarca la programación de la interfaz de gráfica de la planta de concreto y como esta interactúa con el usuario al ejecutar el proceso de producción de concreto; así como, al editar los valores de cemento, arena, piedra, agua y aditivo.

La vista-modelo se encarga de realizar la conexión entre la vista y el modelo recopilando las acciones realizadas dentro de la vista por parte del usuario y los algoritmos lo que permite a la vista renderizar el estado actual del proceso.

El modelo se encarga de realizar la lógica y algoritmos necesarios para ejecutar los cálculos y operar con la información recolectada por la vista-modelo, para finalmente almacenar o extraer los datos de producción del lote de concreto premezclado de la base de datos de la empresa. Mas dentro del sistema de la planta, el modelo también se encarga de operar con la información obtenida en la primera etapa, lo que, en conjunto con las acciones ingresadas por el usuario, permite ejecutar acciones en el medio físico.

La tercera etapa comprende la configuración y programación de una aplicación Cloud para el envío y recepción de información sobre los lotes producidos en la planta a través de una aplicación web que permite la consulta de estos remotamente.

### ***3.5.1 Condiciones Iniciales***

Se tiene como condiciones iniciales para el diseño informático las siguientes características:

- Poder establecer la cantidad en kilogramos de cada material necesario por metro cúbico para la elaboración de un lote de concreto premezclado.
- Poder establecer la cantidad en litros de agua por metro cúbico para la elaboración de un lote de concreto premezclado.
- Guardar la información de pesaje dentro de una base de datos de acuerdo con las hojas de datos proporcionadas por la empresa.
- Poder consultar la información sobre los lotes de concreto de manera remota.

### ***3.5.2 Selección de Lenguaje de Programación***

Para poder realizar la selección de cada etapa se necesitó definir primero el controlador a utilizar (Raspberry Pi) y sobre este los lenguajes de programación disponibles. Además, los lenguajes de programación sobre los cuales se puede construir interfaces gráficas para la interacción con el usuario.

Entre los lenguajes de programación más utilizados en el controlador seleccionado se encuentra Javascript para el desarrollo de interfaces web y para acceder a los puertos de

entrada y salida Python y C++. A continuación, se realiza una descripción y posterior selección de los lenguajes a utilizar.

- **C++**

Uno de los más comunes lenguajes de programación utilizado para desarrollar programas que se ejecutan en computadoras y en la web, es superconjunto del lenguaje C que agrega comportamiento orientado a objetos.

Utilizado también en microcontroladores por su robustez y velocidad de ejecución, no obstante, debido a su curva de aprendizaje y tiempo necesario para el desarrollo no es el favorito para realizar proyectos frente a sus competidores.

- **Python 3**

Lenguaje de programación preferido para el desarrollo en Raspberry Pi debido a que posee librerías que permiten la rápida configuración de sus entradas y salidas. Así mismo, debido a la gran cantidad de librerías que posee este lenguaje de programación, la curva de aprendizaje y desarrollo es más rápida y por lo tanto se tiene un prototipo final en menos tiempo y con mayor capacidad de soporte a futuro y eventuales mejoras.

- **Javascript**

Lenguaje de programación utilizado en el desarrollo front end para las interfaces con el usuario final, permite la ejecución de código utilizando el motor del navegador web presente en el dispositivo final, que interactúa con el usuario caso, lo cual libera carga de procesamiento en los servidores y/o el controlador seleccionado.

Se tomo como lenguaje de programación Python 3 debido a que la curva de aprendizaje y su uso para el desarrollo de la interfaz de usuario, así como el control de la electrónica se puede realizar con el mismo facilitando los tiempos de desarrollo y posterior soporte.

### ***3.5.3 Selección de Base de datos***

Para el almacenamiento de la información sobre la producción de la planta, las cantidades de materiales, agua y clientes se requiere de una base de datos que permita el fácil acceso a la información tanto local como remotamente mediante una aplicación web.

Entre los tipos de base de datos se encuentran los siguientes:

- **SQL**

Las bases de datos relacionales son colecciones de tablas que tienen relaciones con categorías de datos y restricciones. Las bases de datos relacionales utilizan SQL o MySQL como herramienta para acceder a los datos y se basan en las propiedades de ACID.

- **NoSQL**

Las bases de datos NoSQL son bases de datos no relacionales que proporcionan escalado elástico y están diseñadas con hardware de bajo costo. Las bases de datos NoSQL están libres de esquemas, son distributivas y almacenan una gran cantidad de datos.

Las bases de datos No-SQL almacenan la información en forma de documentos, pueden almacenar grandes volúmenes de datos y tienen motores de consulta y funciones de indexación muy potentes.

Al almacenar la información en forma de documentos, estos pueden ser modificados posteriormente agregando etiquetas de datos solo cuando son necesarios.

Debido a que dentro de las bases de datos existe la opción de SQLite una base de datos SQL que posee la ventaja de no necesitar un motor de base de datos y comportarse como un archivo de bajo peso. Se tomo como decisión la selección del diseño basado en una base de datos SQL.

### ***3.5.4 Programación del sistema***

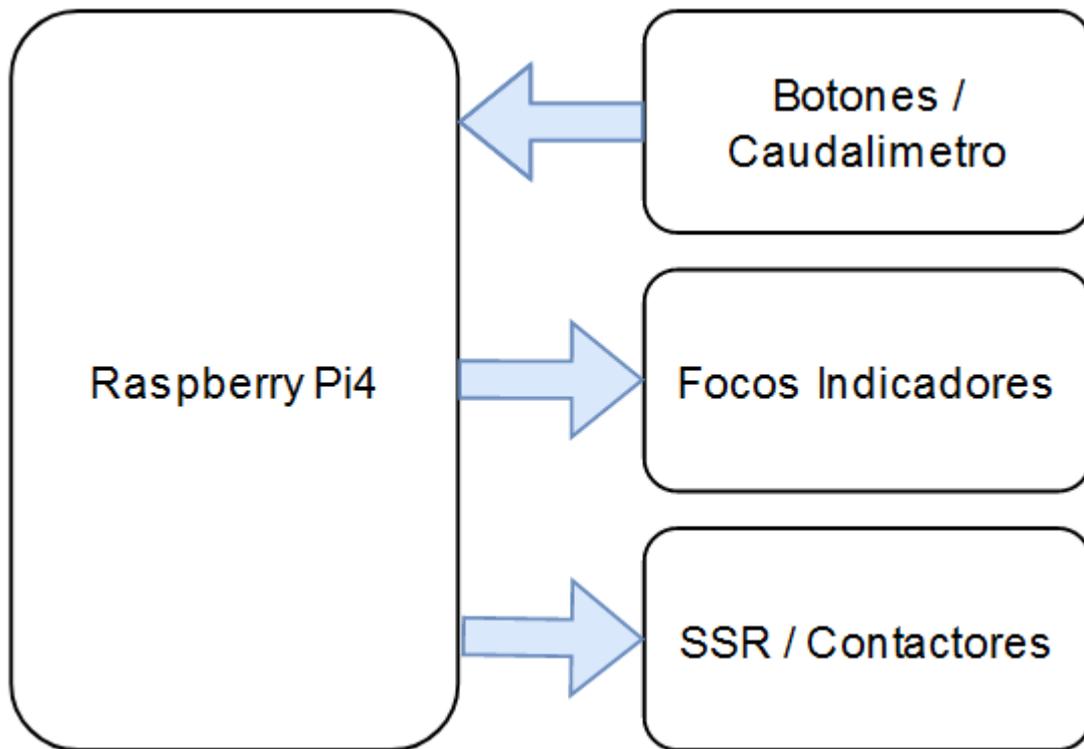
#### **3.5.4.1 Programación de algoritmos para comunicación con el entorno físico.**

En la figura 56 se observa la interacción de los algoritmos con el entorno físico, a través de la lectura de eventos en los estados de los GPIO del Raspberry Pi 4 tiene acceso a los estados de los botones del tablero de la planta y los pulsos emitidos por el caudalímetro.

Por medio de los mismos GPIO se manipula el encendido y apagado de los focos indicadores de la planta que permite indicar cuando se está realizando la operación de los SSR. Estos últimos sirven de intermedio para controlar los contactores

**Figura 56**

*Diagrama de Interacción de Raspberry Pi con el medio físico.*



*Nota.* Elaboración Propia.

#### **3.5.4.2 Diseño de la interfaz de usuario.**

La interfaz de usuario se diseñó y desarrolló en el framework de Python 3 Kivy por medio del cual se genera una interfaz natural de usuario. Las pantallas de interfaz de usuario requieren de poder interactuar con el proceso principal de producción de concreto premezclado, ingresar los valores de cantidad de materiales, la configuración de GPIO, acceso de usuario para proteger el sistema y mostrar la información de lotes generados. En la pantalla de control de acceso presente en la Figura 57, el usuario tiene que ingresar su usuario y contraseña para poder ingresar al sistema y generar lotes de concreto premezclado.

**Figura 57**

*Pantalla de acceso al sistema.*

Control de Acceso

piero

\*

Entrar

*Nota.* Elaboración Propia.

Para producir un lote de concreto es necesario introducir las cantidades en metros cúbicos de cada material a utilizar entre los cuales se encuentra la piedra, cemento, arena y agua. En la Figura 58 se muestra la forma en que un usuario ingresa las cantidades necesarias en kilogramos para el tipo de concreto a fabricar. Es importante tener en cuenta que estas cantidades determinan las características del concreto y son ingresadas con forme al estudio previo realizado por la empresa y el programa posteriormente permite producir la cantidad necesaria en metros cúbicos respetando la fórmula.

**Figura 58**

*Pantalla de dosificación por metro cúbico.*

Admin piero SOFTWARE AUTOMATIZACIÓN PLANTA LÁMUD MOVICRETO S.A.C. Cerrar Sesión

Menu	Dosificación por Metro Cúbico	
	Materiales	Fórmulas
CONCRETO - Principal - Dosificación - Reportes	Cemento	4.0 Kg
CONFIGURACIÓN - Básculas - Caudalímetro - Motores	Arena	5.0 Kg
	Piedra	2.0 Kg
SEGURIDAD - Usuario	Aditivo	0 Litros
	Agua	2 Litros

Guardar

Acerca de ...

*Nota.* Elaboración Propia.

Inicialmente en la instalación de la planta es necesario la configuración del puerto de comunicación con el caudalímetro, el sistema ha sido diseñado para que permita la configuración del puerto posterior a la instalación del sistema y de facilidades de soporte sin necesidad de rediseño. En la figura 59 se muestra cómo se realiza la configuración del caudalímetro seleccionando no solo el GPIO de comunicación, sino que también el flanco que será detectado para las mediciones de litros por minuto.

**Figura 59**

*Pantalla de configuración de caudalímetro.*

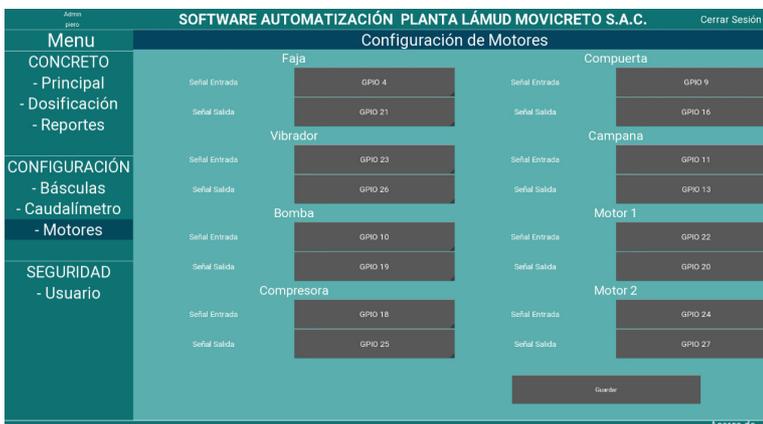


*Nota.* Elaboración Propia.

Debido a la necesidad de pruebas, cambios de componentes y soporte posterior a la implementación, el sistema diseñó con la capacidad de reconfiguración de cada uno de los GPIO de comunicación con el medio físico. En la figura 60 podemos observar que se incluye tanto las señales de salida y entrada para la configuración de motores.

**Figura 60**

*Proceso de Llenado de Piedra, Cemento y Arena.*

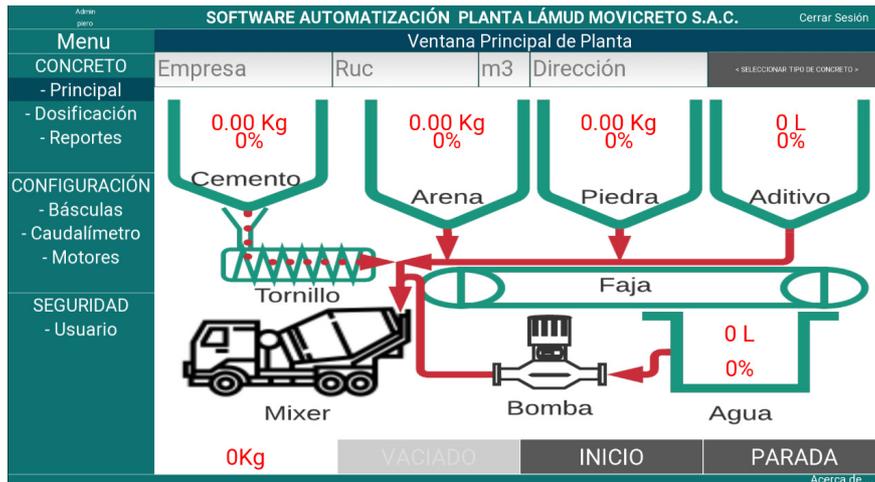


*Nota.* Elaboración Propia.

El proceso principal del sistema que es la producción de concreto premezclado se realiza en la opción principal del menú de concreto presente en la Figura 61. En esta pantalla se ingresa los datos del cliente, la cantidad de metros cúbicos a producir en base a la fórmula y se da inicio al programa; así mismo, se monitorea la totalidad del proceso de cada lote.

**Figura 61**

*Pantalla de proceso principal de producción de concreto premezclado.*



*Nota.* Elaboración Propia.

Finalmente, en la figura 62 en la pantalla de reportes se monitorea los reportes de producción de concreto realizados en la totalidad del tiempo de vida de la planta de concreto dado que toda producción es almacenada dentro de la base de datos y el cliente registrado.

**Figura 62**

*Pantalla de reportes.*

SOFTWARE AUTOMATIZACIÓN PLANTA LÁMUD MOVICRETO S.A.C.									
Menu	Configuración de Reportes								
CONCRETO	Cerrar								
- Principal	Empresa	Subir	Fecha	Vol (m3)	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Piedra (Kg)	Agua (L)	Aditivo1 (L)
- Dosificación									
- Reportes									
CONFIGURACIÓN	movicreto		2022-07-14	1111	5037.4	2518.7	2014.96	1482	0
	dffsdfs		2022-07-14	1111	5037.4	2518.7	2014.96	1494	0
			2022-02-13		5037.4	2518.7	2014.96	1517	0
SEGURIDAD	TEST 2022		2022-02-07	100	5037.4	2518.7	2014.96	200	0
	PRUEBA 1		2022-02-07	100	5037.4	2518.7	2014.96	200	0
	dibusac		2022-02-07	20	5037.4	2518.7	2014.96	200	0
Cantidad de Registros: 41									

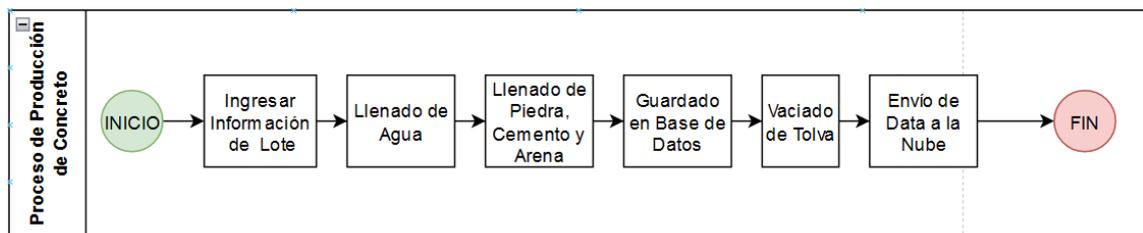
*Nota.* Elaboración Propia.

### 3.5.4.3 Proceso de producción de concreto premezclado.

Para la programación del sistema es necesario definir los procesos dentro de las etapas necesarias para automatizar la producción del concreto premezclado presentes dentro del cuadro de la figura 63 a continuación se describe el proceso de producción a grosso modo con las etapas globales.

**Figura 63**

*Diagrama de Control Proceso de Producción de Concreto Premezclado*



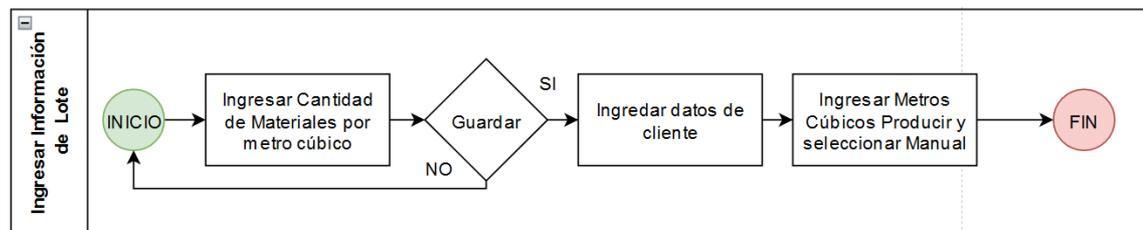
*Nota.* Elaboración Propia.

- **Proceso de ingresar información de lote**

Al momento de realizar un lote de producción de concreto premezclado se necesita comenzar ingresando la información del lote a producir de acuerdo con los parámetros establecidos por la empresa; en la figura 64 se describe a detalle la información necesaria. Así mismo, se describe el proceso de recolectar las cantidades de material por metro cúbico de concreto premezclado a producir para finalizar ingresando los datos del cliente y la cantidad a producir. Es necesario tener en cuenta que la cantidad limite a producir por es de 8 metros cúbicos por lote por ser el volumen máximo del mixer a llenar.

**Figura 64**

*Diagrama de Control de Proceso de Ingresar Información de Lote.*



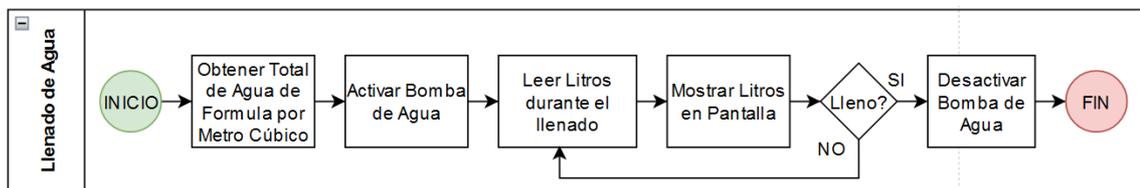
*Nota.* Elaboración Propia.

- **Proceso de llenado de agua**

El proceso de llenado de agua se aprecia dentro de la figura 65, este inicia cuando se requiere el total de agua a utilizar dentro del lote, esto es obtenido de la fórmula que multiplica la cantidad de metros cúbicos por los litros ingresados. Posteriormente, se activa la bomba de agua para llenar el mixer mientras se monitorea la cantidad de litros en la interfaz gráfica esperando a que se llegue al total de litros para detener automáticamente la bomba.

**Figura 65**

*Diagrama de Control de Proceso de Llenado de Agua.*



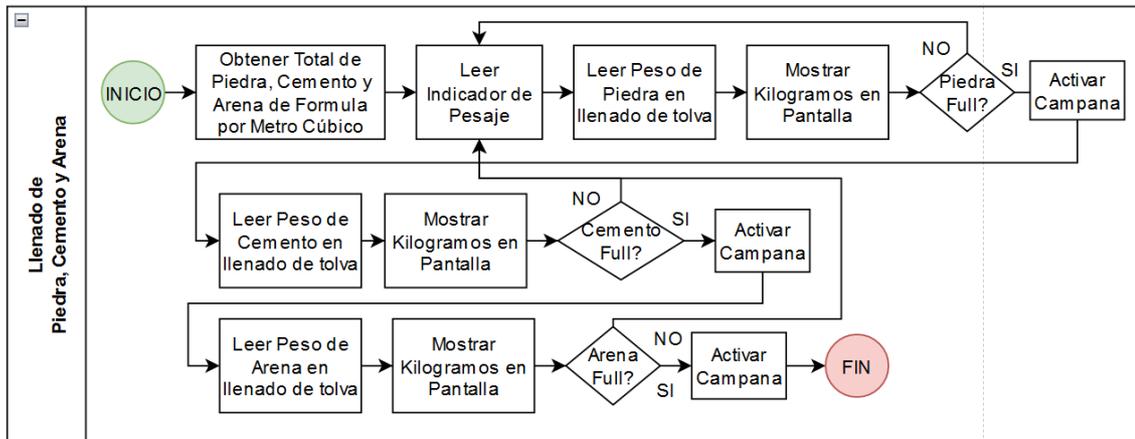
*Nota.* Elaboración Propia.

- **Proceso de llenado de piedra, cemento y arena**

El pesaje de materiales sólidos dentro del proceso de producción de concreto se evidencia en la figura 66, en este proceso se requiere de las cantidades totales por metro cúbico en la fórmula de producción. Cuando se llega al 100% del material. Este proceso requiere de completar el pesaje de cada material comenzando por mostrar el peso actual del material en la interfaz de usuario, al llegar a 80% del peso sonar la campana y al llegar al 100% tomar 20 segundos para dejar registrar el peso del material.

**Figura 66**

*Diagrama de Control de Proceso de Llenado de Piedra, Cemento y Arena.*



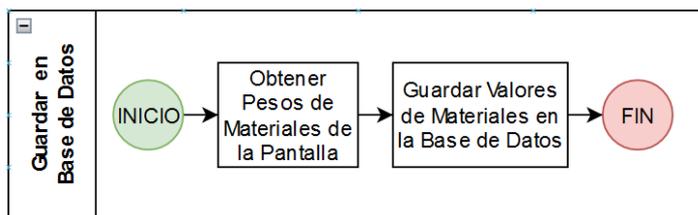
*Nota.* Elaboración Propia.

- **Guardado en base de datos**

Se requiere de guardar todos los valores de producción de cada lote como se muestra en la figura 67 y este proceso se realiza luego de obtener los valores del pesaje de materiales.

**Figura 67**

*Diagrama de Control de Proceso de Guardar Datos en la Base de datos.*



*Nota.* Elaboración Propia.

El modelo de la tabla de producción de concreto premezclado presente en la Figura 68, presenta los campos de información necesaria, así como el tipo de variable y su capacidad de ser nulo o no dependiendo de la obligatoriedad dentro de las operaciones del sistema.

**Figura 68**

*Modelo de la tabla de producción en la base de datos SQLite.*

myConcreteREST_myconcrete_data		CREATE TABLE "myConcreteREST_myconco
id	integer	"id" integer NOT NULL
lote	varchar(100)	"lote" varchar(100) NOT NULL
empresa	varchar(200)	"empresa" varchar(200) NOT NULL
fecha	date	"fecha" date
hora	time	"hora" time
cantidad	real	"cantidad" real NOT NULL
t_producción	time	"t_producción" time NOT NULL
ruc	varchar(11)	"ruc" varchar(11) NOT NULL
cemento	real	"cemento" real NOT NULL
agregado_1	real	"agregado_1" real NOT NULL
agregado_2	real	"agregado_2" real NOT NULL
agua	integer	"agua" integer NOT NULL
aditivo_1	integer	"aditivo_1" integer NOT NULL

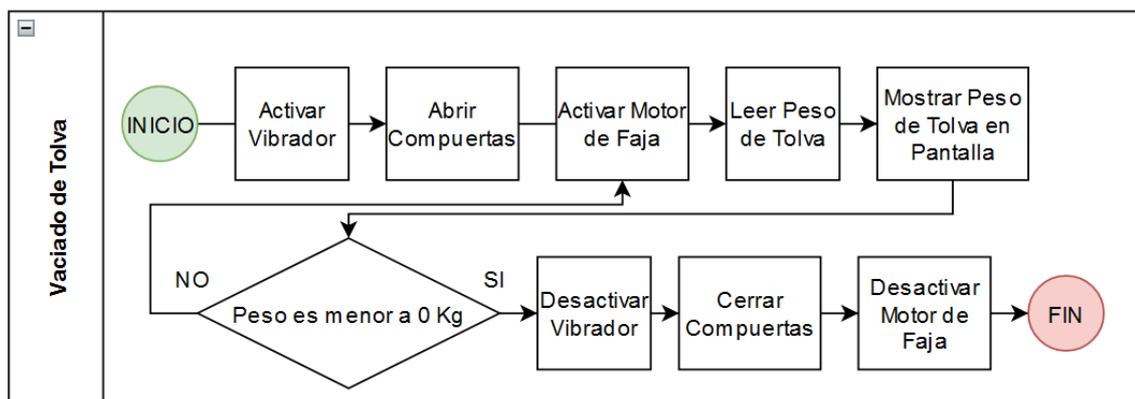
*Nota.* Elaboración Propia.

- **Vaciado de tolva**

El proceso de vaciado de tolva mostrado en la figura 69 se realiza leyendo la cantidad en kilogramos totales dentro de la tolva, luego se activa secuencialmente el vibrador, se abre las compuertas y se inicia el motor de la faja hasta que el peso dentro de la tolva llegue a cero. Cuando el peso es cero kilogramos secuencialmente se desactiva el vibrador, cierran las compuertas y se apaga el motor de la faja.

**Figura 69**

*Diagrama de Control de Proceso de Vaciado de Tolva.*



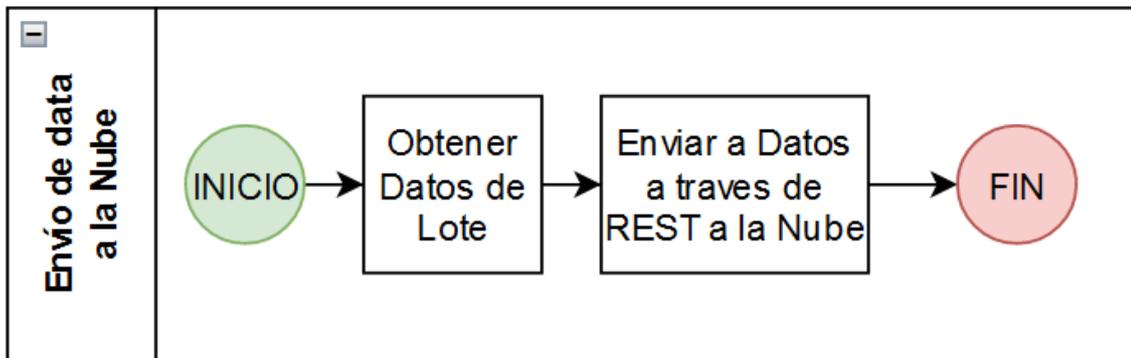
*Nota.* Elaboración Propia.

- **Envío de data a la nube**

Al terminar el proceso de producción de concreto premezclado se necesita subir los datos de producción a la nube para posteriormente poder acceder remotamente y este proceso se muestra en la figura 70.

**Figura 70**

*Diagrama de Control Proceso de Envío de data a la Nube.*



*Nota.* Elaboración Propia.

Este proceso de subida a la nube se realiza a través de REST-API que envía la data con formato JSON para estandarizar el envío de data y validación de la integridad de la misma en la nube. En la figura 71 se aprecia la información en formato JSON con la información de las variables reemplazada en texto plano para mostrar cómo se envía la data.

**Figura 71**

*Formato JSON de envío de data.*

```
1  |  
2  | "lote": "11111",  
3  | "empresa": "movicreto",  
4  | "fecha": "2022-06-25 16:17:48",  
5  | "cantidad": "8",  
6  | "ruc": "111111111",  
7  | "cemento": "500",  
8  | "agregado_1": "500",  
9  | "agregado_2": "400",  
10 | "agua": "100",  
11 | "aditivo_1": "0",  
12 | ]
```

*Nota.* Elaboración Propia.

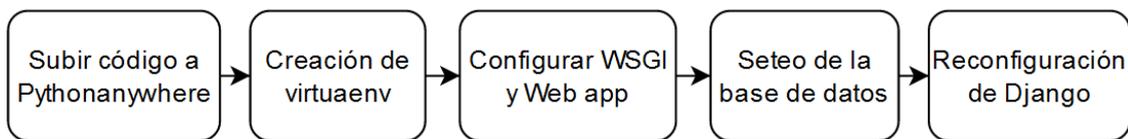
### 3.5.5.4 Configuración de una aplicación Cloud para el monitoreo remoto.

- **Configuración de proveedor Cloud PaaS PythonAnywhere**

El proceso de configuración de del proveedor Cloud PaaS Pythonanywhere se resume en la Figura 72, en el cual se realizó los procesos de configuración de acuerdo con la documentación para un despliegue ágil.

**Figura 72**

*Proceso de Envío de data a la Nube.*



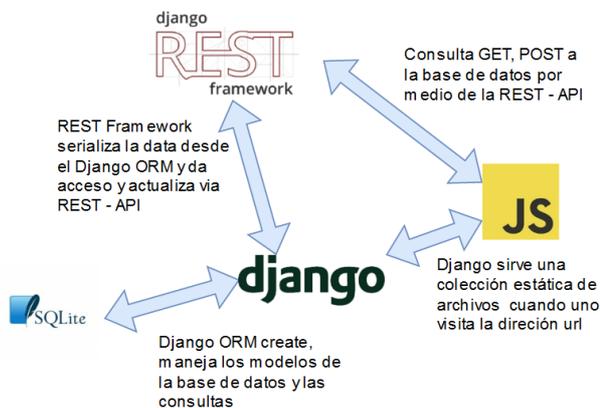
*Nota.* Elaboración Propia.

- **Configuración y Programación de aplicación Cloud en Django**

Se realizó la configuración y programación de una aplicación Cloud en Django que sirve como back-end de acuerdo con la Figura 73 en la cual permite la conexión de la base de datos en la nube con llamadas REST a través de Django-Restframework. Así mismo, la REST-API construida en Django sirve contenido a el front-end desplegado en el mismo Django como una web estática.

**Figura 73**

*Intercomunicación de backend Django.*



*Nota.* Elaboración Propia.

En la figura 74 se presenta la vista de monitoreo remoto (Front-end) a través de la cual la gerencia puede consultar las características de cada lote producido por la empresa, así como buscar dentro de los lotes producidos para monitorear la calidad de los mismos. Esto permite que la comunicación sea más fluida y predecir la necesidad de compra de materiales antes de que los suministros se agoten.

## Figura 74

*Front-end para consulta remota de la planta de concreto.*

The screenshot shows a web browser at the URL <https://wyvernys.pythonanywhere.com>. The page header includes the logo 'MyConcrete My Plant' and navigation links for 'Información', 'Log in', and 'Register'.

The main content area features a search bar labeled 'Buscar por Lote' with a magnifying glass icon. Below it, a table displays the details for a specific lot:

Lote	1000000036
Empresa	TEST 2022
Fecha	2022-02-07
Hora	15:12
Producción	100 m3
Tiempo	01:01
RUC	123123231

To the right of this table is a list of materials used in the production process:

#	Insumos	Cantidad
1	Cemento	5037.4 Kg
2	Piedra	2518.7 Kg
3	Arena	2014.96 Kg
4	Agua	200 L
5	Aditivo 1	0 L

Below these tables, there are two search filters: 'Buscar Empresa' and 'Buscar fecha aaaa-mm-dd', both with magnifying glass icons. Underneath, a table lists search results:

Fecha	Lote	Empresa	Producción	
2022-02-07	1000000036	TEST 2022	100	<a href="#">Detalle</a>

*Nota.* Elaboración Propia.

### 3.6 Implementación

Se da inicio a la implementación del proyecto, iniciando con la implementación de los circuitos eléctricos y electrónicos. Con los circuitos ya armados se procede a instalarlos en los componentes mecánicos. Una vez armado el proyecto se realiza su instalación en la planta de concreto para la fase de prueba.

#### 3.6.1 Instalación Eléctrica

Para iniciar con la instalación eléctrica el primer paso fue revisar el tablero eléctrico anterior. De esta manera podemos saber que componentes podemos reutilizar y cuales necesitamos comprar. La revisión del tablero anterior se puede observar en la figura 75.

#### Figura 75

*Extracción de componentes reutilizables.*



*Nota.* Elaboración Propia

Una vez se tuvo la relación de componentes reutilizables se procedió con la compra del resto necesario. En la figura 76 se puede observar el cable dimensionado de calibre 2 AWG que se compró para la instalación de la alimentación general del tablero eléctrico.

### **Figura 76**

*Cable eléctrico trifásico calibre 2 AWG.*

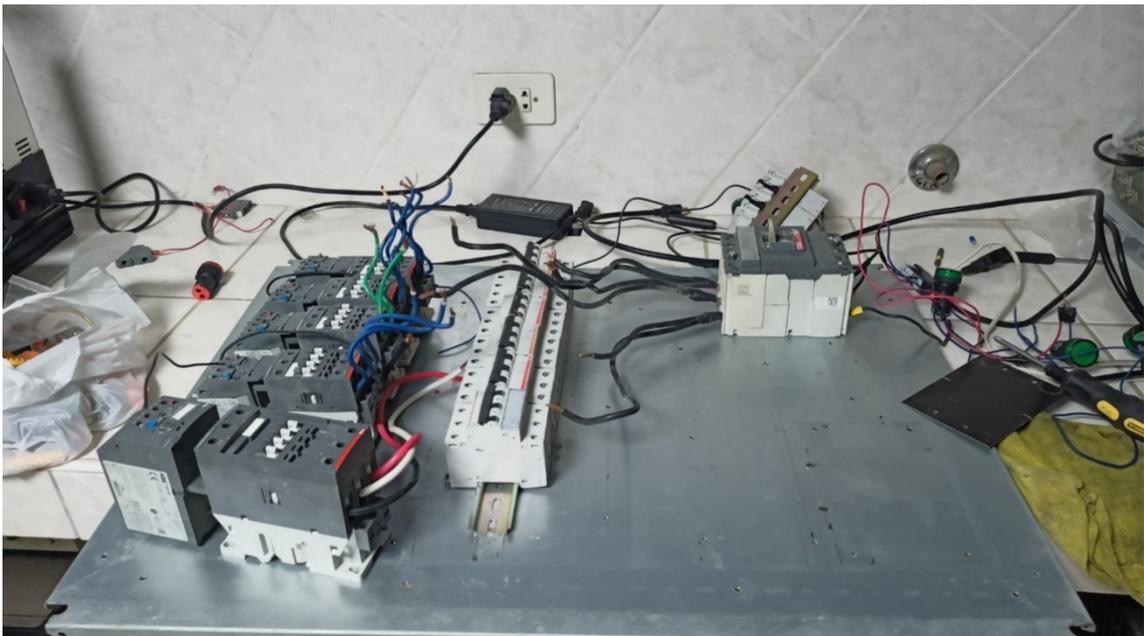


*Nota. Elaboración Propia*

Una vez se tuvieron los componentes eléctricos se continuó con la instalación de los mismos en el tablero. Primero se instalaron los rieles para ubicar correctamente el resto de dispositivos como contactores y llaves termomagnéticas. En la figura 77 se observa el posicionamiento de los componentes eléctricos en el tablero.

### **Figura 77**

*Ubicación de componentes eléctricos.*



*Nota. Elaboración Propia*

Con los componentes ya ubicados en el tablero empezamos a realizar las conexiones entre los mismos. En la figura 78 se observa el tablero con los componentes ya conectados entre sí.

### **Figura 78**

*Ubicación de componentes eléctricos.*



*Nota.* Elaboración Propia

Con el tablero ya preparado, el paso final para el mismo fue su respectiva instalación en la planta de concreto. En la figura 79 observamos la instalación junto con la conexión del cableado de los motores al tablero.

### **Figura 79**

*Instalación de tablero eléctrico en planta.*



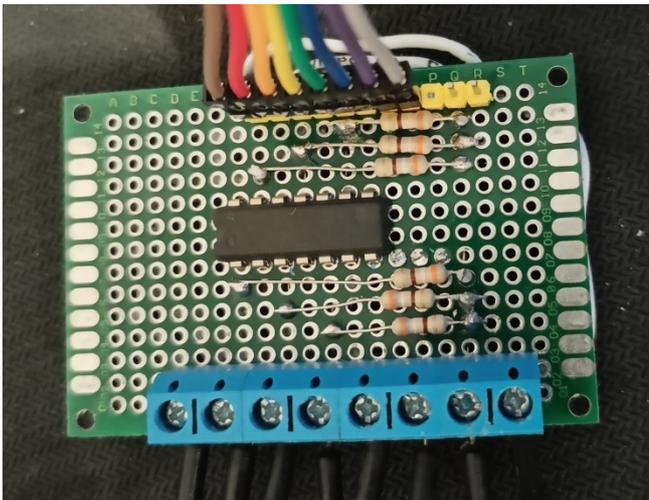
*Nota.* Elaboración Propia

### 3.6.2 *Instalación Electrónica*

La primera placa que se desarrolló fue la placa inversora que se puede observar en la figura 80. Los componentes se soldaron de tal manera que tenga una conexión sencilla tanto con el módulo SSR como con los conectores de aviación a los que están conectados los pulsadores. Se realizó una prueba rápida encendiendo el módulo SSR usando señales positivas.

**Figura 80**

*Placa inversora de 5v DC.*

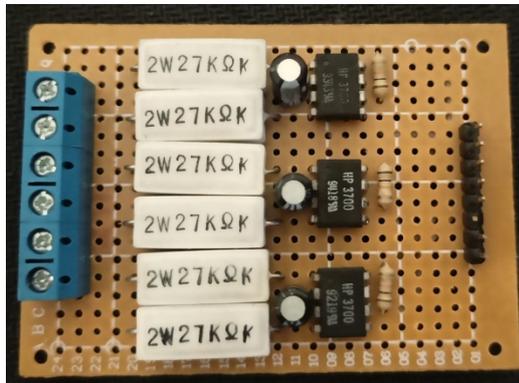


*Nota.* Elaboración Propia

La segunda placa fue la detectora de voltaje que se observa en la figura 81. Esta placa se soldó siguiendo la hoja de datos. Por el espacio que se tiene en una galleta se realizaron dos placas con una capacidad para leer hasta 6 señales. Una vez terminadas las placas se probó su funcionamiento haciendo encender contactores y detectando el encendido y apagado con la placa.

**Figura 81**

*Placa detectora de voltaje AC.*

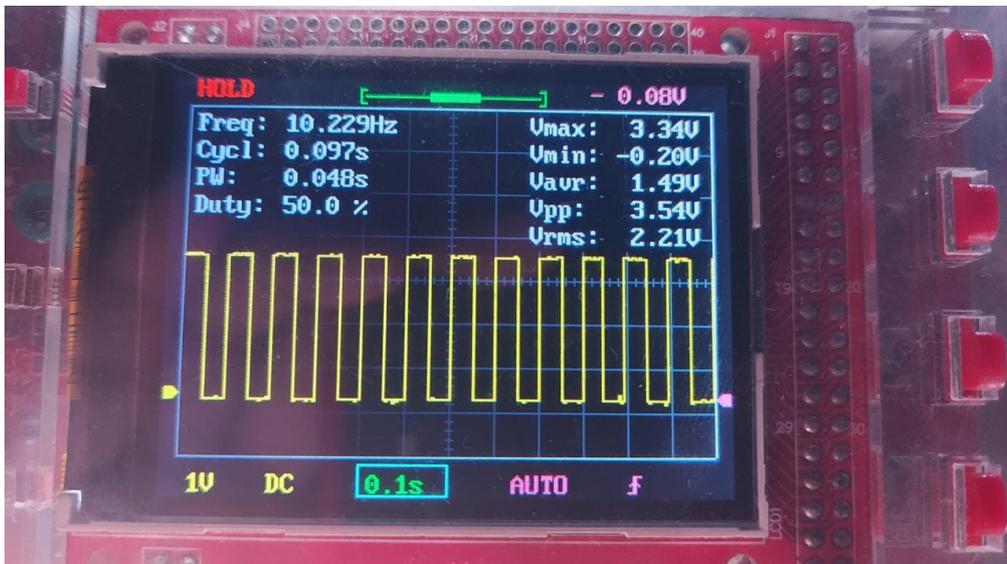


*Nota.* Elaboración Propia

Se hizo una prueba con el step-down de 3.3v DC alimentando al caudalímetro y revisamos la señal con un osciloscopio. Como se puede observar en la figura 82 la señal del caudalímetro no se ve afectada por la distancia del cable y nos proporciona una señal de fácil lectura.

**Figura 82**

*Señal de caudalímetro alimentado con 3.3v DC.*

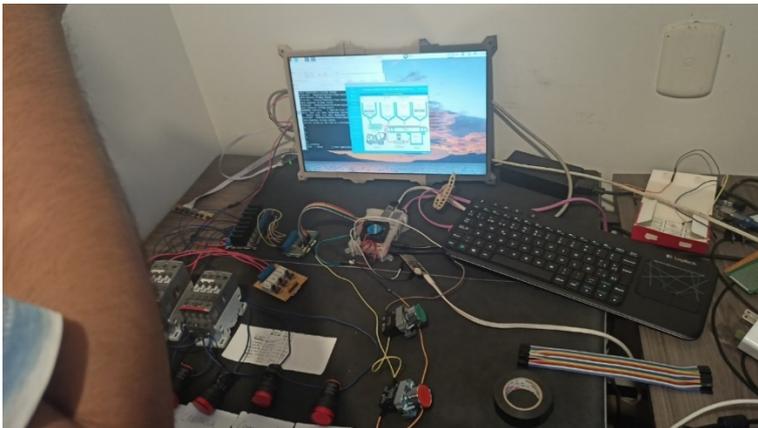


*Nota.* Elaboración Propia

Se realizaron las conexiones de los circuitos para probarlos con el sistema informático y probar su funcionamiento. En la figura 83 se observa los circuitos conectados al Raspberry con el programa corriendo.

### **Figura 83**

*Circuito electrónico conectado al Raspberry.*



*Nota.* Elaboración Propia

Por el lado de los pulsadores, los mismos fueron instalados en la mesa de control como se puede observar en la figura 84. Posteriormente se realizaron las conexiones de los mismos por debajo de la mesa como se puede observar en la figura 85.

### **Figura 84**

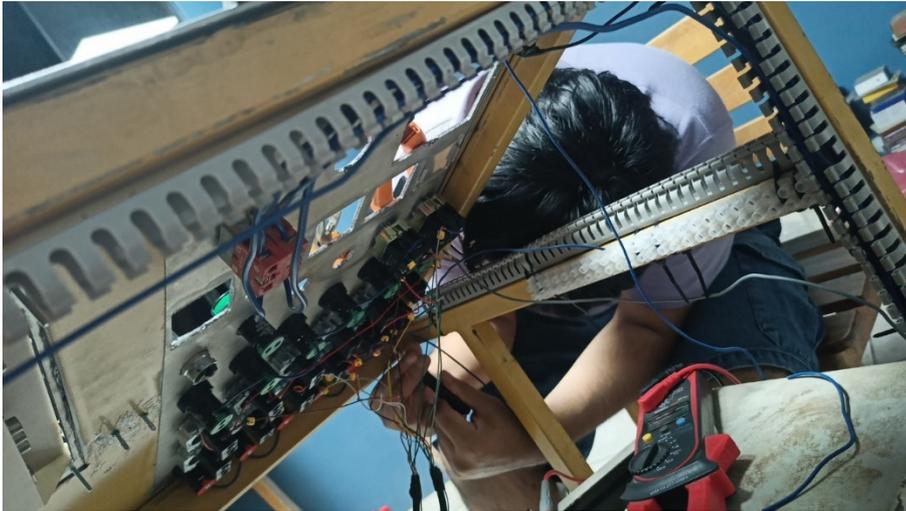
*Pulsadores en la mesa de control.*



*Nota.* Elaboración Propia

**Figura 85**

*Conexión de pulsadores por bajo de la mesa.*



*Nota.* Elaboración Propia

### **3.6.3 Instalación Mecánica**

Para comenzar con la instalación mecánica lo primero que se hizo fue empezar a hacer las impresiones en 3D y la caja de circuitos electrónicos. Se imprimieron dos tipos, una de ellas al manejar bajo voltaje no se vio la necesidad de imprimirle una tapa, pero sí una base para que se pueda adherir a la impresión de uniones. Esta base puede observarse en la figura 86 y se utilizó en la placa del circuito inversor y en el circuito conversor DC-DC.

**Figura 86**

*Base impresa para placa electrónica general.*

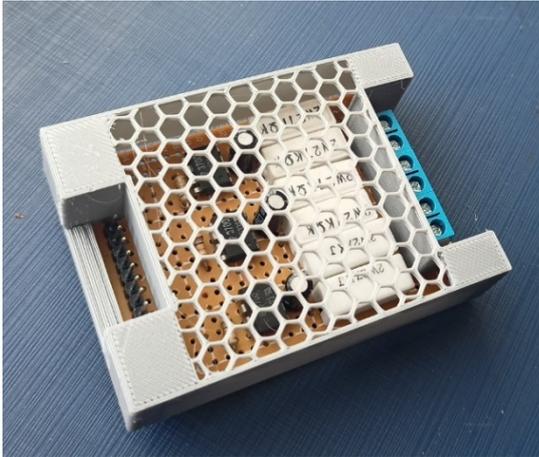


*Nota.* Elaboración Propia

El otro tipo de carcasa para placas es la que se puede observar en la figura 87. Esta se usó para placas que manejan 220VAC. Se imprimieron dos para los dos circuitos detectores de voltaje.

**Figura 87**

*Carcasa impresa para placa detectora de voltaje.*



*Nota.* Elaboración Propia

Para que los cables puedan estar sujetos a la caja de circuitos electrónicos se imprimió sus respectivos conectores anteriormente diseñados. El conector ya impreso para el cable HDMI se puede observar en la figura 88.

**Figura 88**

*Conector impreso para cable HDMI.*

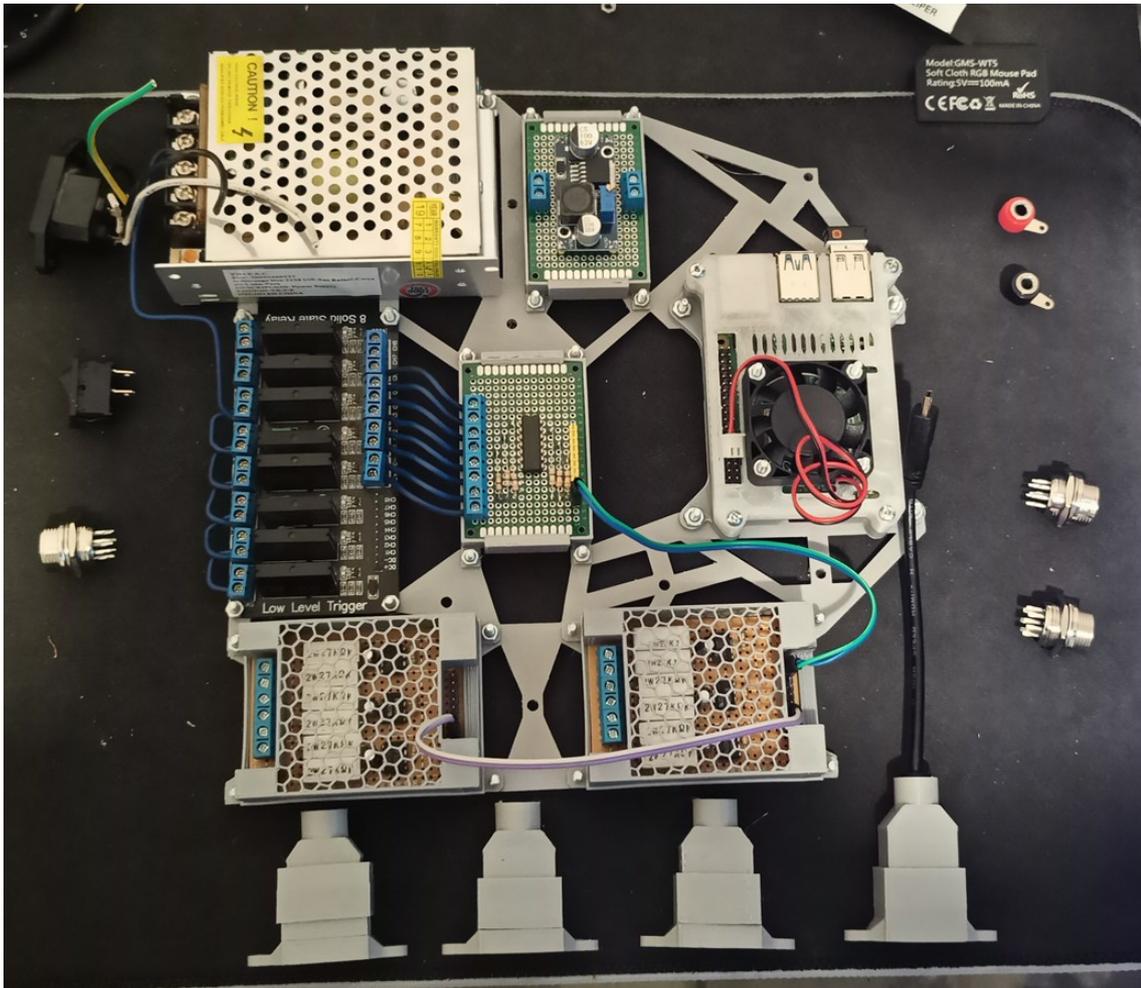


*Nota.* Elaboración Propia

Posterior a esto se procedió a imprimir las uniones que mantendrían juntos a los circuitos electrónicos. Y Seguido se empezó a atornillar los circuitos en sus respectivos espacios en la impresión de uniones. El resultado se puede observar en la figura 89.

**Figura 89**

*Circuitos electrónicos unidos en carcasas.*

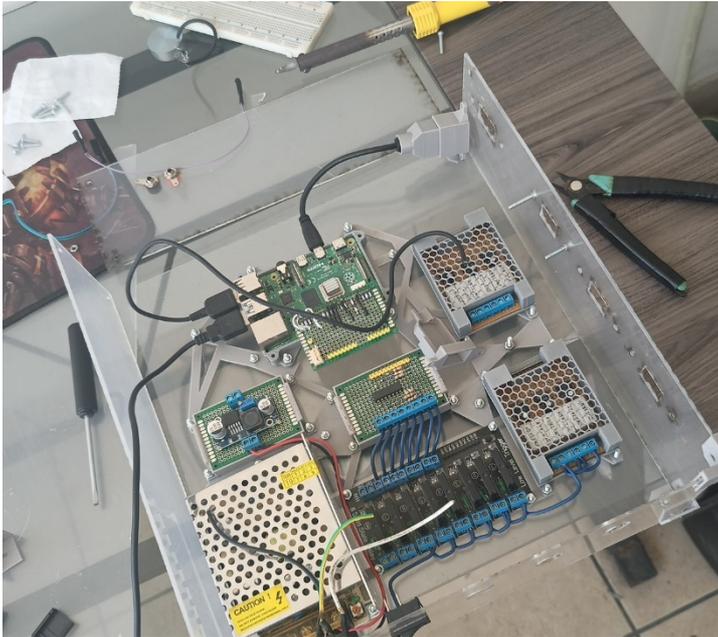


*Nota.* Elaboración Propia

Los lados de la caja que eran planos se cortaron a laser de una plancha de acrílico de 3mm de espesor. Con las partes de la caja se empezó a armar la caja con el circuito dentro como se puede observar en la figura 90.

### **Figura 90**

*Circuito electrónico en caja de acrílico.*

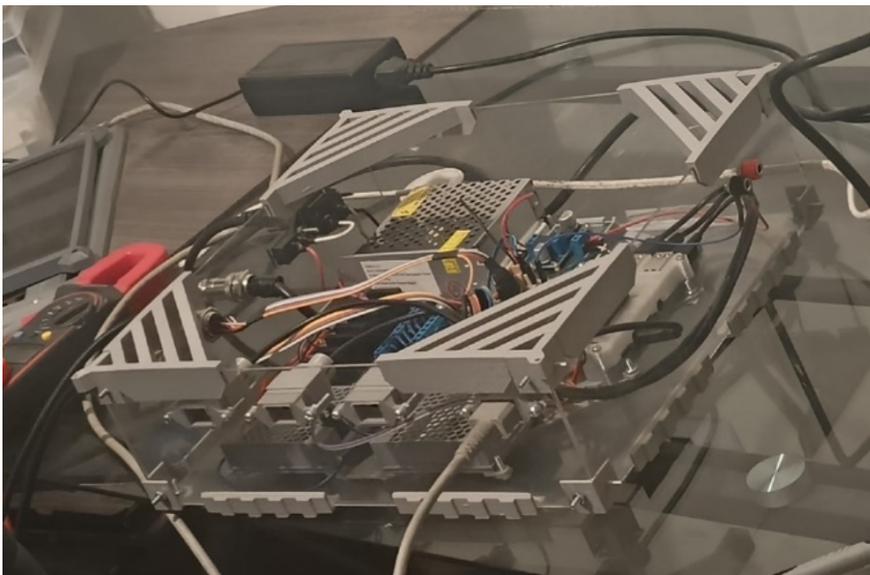


*Nota.* Elaboración Propia

Para agregar rigidez a la caja de acrílico se imprimieron piezas que dan soporte a la caja. Con estas piezas extra la caja se encontraba armada y óptima para su uso. La caja ya armada se puede observar en la figura 91.

### **Figura 91**

*Caja de acrílico reforzada con impresión 3D.*



*Nota.* Elaboración Propia

La caja ya lista fue colocada en la plancha de metal correspondiente como se puede observar en la figura 92. Para esto se realizaron agujeros con taladro y la caja se atornilló al metal

### **Figura 92**

*Caja electrónica en placa de metal.*



*Nota. Elaboración Propia*

En paralelo al paso mencionado anteriormente se realizaron los agujeros correspondientes para atornillar la pantalla a la placa de metal del medio como se puede observar en la figura 93.

### **Figura 93**

*Pantalla colocada en mesa de control.*



*Nota. Elaboración Propia*

Una vez realizados los pasos anteriores ya teníamos la pesa de control lista para su instalación en la planta. La misma cuenta con la botonera instalada, la pantalla y la caja con la circuitería electrónica como se puede observar en la Figura 94.

### **Figura 94**

*Mesa de control lista para instalación.*



*Nota.* Elaboración Propia

#### **3.6.4 Instalación Informática**

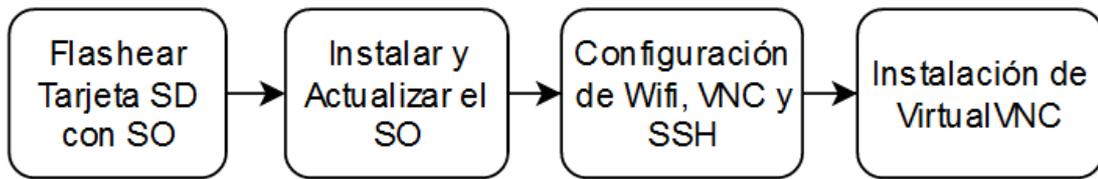
Para la instalación del sistema informático de la planta de concreto se siguieron ciertos pasos para garantizar la integridad del sistema en su totalidad dado que se requiere de preparar el hardware donde se aloja la programación del sistema, la posterior instalación del mismo y su configuración.

- **Instalación de Sistema Operativo**

Instalación del sistema operativo Raspbian dentro del Raspberry Pi 4, actualización del mismo, configuración de conexión Wifi, instalación de prerequisites de software como librerías y programas para realizar pruebas y conexión remota que permite el funcionamiento correcto del Raspberry Pi 4. En la Figura 95 se observa el proceso de instalación.

## Figura 95

Proceso de Instalación y Configuración de S.O. Raspberry Pi 4.



Nota. Elaboración Propia

En la Figura 96, se aprecia el proceso de instalación en una vista desde la terminal donde se ejecuta los comandos directamente en el Raspberry Pi 4 conectado remotamente desde SSH por medio de una tablet.

## Figura 96

Proceso de Instalación y Configuración de S.O. Raspberry Pi 4.

```
Linux raspberrypi 5.4.51-v7l+ #1333 SMP Mon Aug 10 16:51:40 BST 2020 armv7l

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Sat Nov 14 20:52:58 2020
pi@raspberrypi:~$ sudo apt-get update
Get:1 http://raspbian.raspberrypi.org/raspbian buster InRelease [15.0 kB]
Get:2 http://archive.raspberrypi.org/debian buster InRelease [32.6 kB]
Get:3 http://raspbian.raspberrypi.org/raspbian buster/main armhf Packages [13.0
MB]
Get:4 http://archive.raspberrypi.org/debian buster/main armhf Packages [335 kB]
Get:5 http://raspbian.raspberrypi.org/raspbian buster/contrib armhf Packages [58
.7 kB]
Fetched 13.4 MB in 12s (1,085 kB/s)
Reading package lists... Done
pi@raspberrypi:~$ sudo apt install realvnc-vnc-server realvnc-vnc-viewer
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
realvnc-vnc-server is already the newest version (6.7.2.42622).
The following NEW packages will be installed:
  realvnc-vnc-viewer
0 upgraded, 1 newly installed, 0 to remove and 103 not upgraded.
Need to get 2,514 kB of archives.
After this operation, 6,725 kB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n] y
Get:1 http://archive.raspberrypi.org/debian buster/main armhf realvnc-vnc-viewer
armhf 6.20.529.42646 [2,514 kB]
Fetched 2,514 kB in 3s (891 kB/s)
Selecting previously unselected package realvnc-vnc-viewer.
(Reading database ... 93801 files and directories currently installed.)
Preparing to unpack ../realvnc-vnc-viewer_6.20.529.42646_armhf.deb ...
Unpacking realvnc-vnc-viewer (6.20.529.42646) ...
Setting up realvnc-vnc-viewer (6.20.529.42646) ...

Progress: [ 60%] [#####.....]
```

Nota. Elaboración Propia

- Instalación de Librerías y software complementario

Instalación y actualización de todos los prerequisites necesarios para poder correr el entorno gráfico desarrollado en Kivy, las llamadas REST, la comunicación con la base de datos SQLite3, la librería de control de GPIO. En la Figura 97 se observa la instalación de las librerías desde una terminal remota por medio de SSH desde una laptop.

**Figura 97**

*Proceso de Instalación de librerías vista de terminal.*

```

kivy-2.0.0          | py38h7600887_3  | 20.1 MB | conda-forge
python_abi-3.8     | 1_cp38          | 4 KB    | conda-forge
sdl2-2.0.12        | h0e60522_1     | 1.8 MB  | conda-forge
sdl2_image-2.0.2   | 0              | 293 KB  | conda-forge
sdl2_mixer-2.0.4   | h6538335_0     | 83 KB   | conda-forge
sdl2_ttf-2.0.15    | h4636d2b_0     | 26 KB   | conda-forge
smpeg2-2.0.0       | h0538335_1     | 131 KB  | conda-forge
-----
Total:              |                | 26.4 MB
-----

The following NEW packages will be INSTALLED:
glew                conda-forge/win-64::glew-2.1.0-h39d44d4_2
kivy                conda-forge/win-64::kivy-2.0.0-py38h7600887_3
python_abi         conda-forge/win-64::python_abi-3.8-1_cp38
sdl2               conda-forge/win-64::sdl2-2.0.12-h0e60522_1
sdl2_image         conda-forge/win-64::sdl2_image-2.0.2-0
sdl2_mixer         conda-forge/win-64::sdl2_mixer-2.0.4-h6538335_0
sdl2_ttf           conda-forge/win-64::sdl2_ttf-2.0.15-h4636d2b_0
smpeg2             conda-forge/win-64::smpeg2-2.0.0-h6538335_1

The following packages will be SUPERSEDED by a higher-priority channel:
conda              pkgs/main::conda-4.10.1-py38haa95532_1 --> conda-forge::conda-4.10.1-py38haa244fe_0

Proceed ([y]/n)? _

```

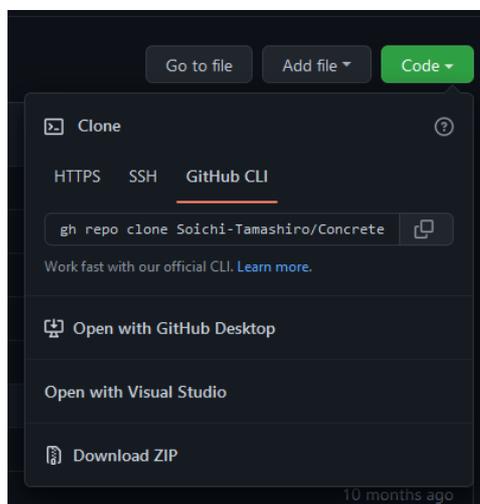
*Nota.* Elaboración Propia

- Descargar el programa desarrollado desde el repositorio git

Se realizó la descarga del programa desarrollado desde el repositorio git en la carpeta home del Raspberry Pi para poder llamar con mayor rapidez desde el script de inicio automático. En la figura 98 vemos como el link de acceso al repositorio privado.

**Figura 98**

*Link de clonación de repositorio privado de sistema.*



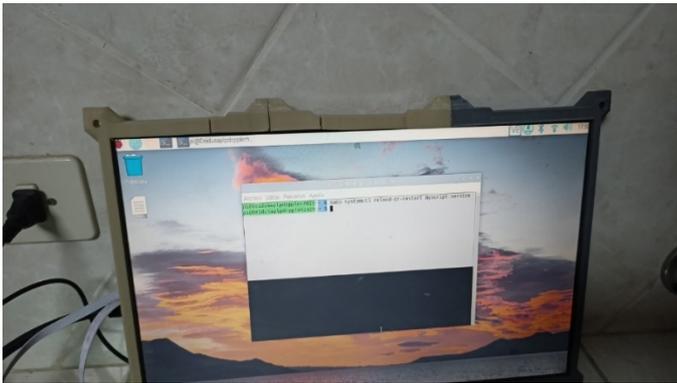
*Nota.* Elaboración Propia

- **Configuración de Inicio Automático**

Se realizó la programación de un script que permite el inicio de la interfaz gráfica al encender el sistema, así mismo se configuro un servicio en segundo plano que verifica que se haya iniciado el script que despliega la interfaz gráfica del sistema. En la Figura 99 se aprecia la configuración del servicio dentro de Systemctl.

**Figura 99**

*Configuración del servicio dentro de Systemctl.*



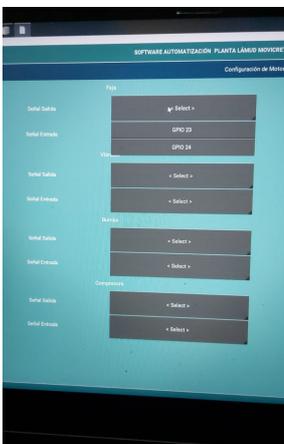
*Nota. Elaboración Propia*

- **Configuración de GPIO**

Se configuró los GPIO como en la Figura 100 de acuerdo con las conexiones físicas del sistema una vez terminadas las instalaciones eléctricas, electrónicas y mecánicas.

**Figura 100**

*Configuración del servicio dentro de Systemctl.*



*Nota. Elaboración Propia*

## **CAPÍTULO IV: PRUEBAS Y RESULTADOS**

### **4.1 Pruebas**

Se requiere demostrar que el sistema automatización de la planta de concreto para la empresa Movicreto diseñado en la presente tesis cumple con las condiciones mínimas de operación presentes en los objetivos planteados por lo que se somete a las pruebas que se describen a continuación.

#### **4.1.1 Prueba 1**

En esta prueba se verifica la correcta configuración de los GPIO con respecto a los botones, motores y focos del tablero de control. Se necesita que el usuario verifique visualmente que los GPIO activen los motores y focos que correspondan con lo configurado en la interfaz gráfica.

#### **4.1.2 Prueba 2**

Se realiza la verificación de pulsos de señal de entrada de caudalímetro. La prueba consiste en verificar los pulsos de salida del caudalímetro con un osciloscopio y contar los pulsos con respecto a la cantidad indicada por el sistema.

#### **4.1.3 Prueba 3**

La prueba consiste en validar la data expuesta en el indicador de pesaje y que esta se vea reflejada dentro de la interfaz gráfica.

#### **4.1.4 Prueba 4**

Constatar que el pesaje individual de cada material se detenga cuando se llega al 100% de su capacidad y guardar los valores en kilogramos excedentes hasta llegar los 20 segundos.

#### **4.1.5 Prueba 5**

Verificar la secuencia de encendido de motores en el proceso de vaciado cumple encender primero el vibrador, luego abrir las compuertas neumáticas y finalmente iniciar el motor de la faja.

#### **4.1.6 Prueba 6**

Verificar la secuencia de apagado de motores en el proceso de vaciado cumple apagar primero el vibrador, luego cerrar las compuertas neumáticas y finalmente parar el motor de la faja.

#### **4.1.7 Prueba 7**

Revisar el proceso de llenado de agua con la bomba se llene solo la cantidad de litros previamente ingresados dentro del procesos y no se pase de la cantidad a menos que sea expresamente agregado por el usuario.

#### **4.1.8 Prueba 8**

Evaluar que dentro del proceso de producción de concreto premezclado se guarde los valores dentro de la base de datos.

#### **4.1.9 Prueba 9**

Evaluar que dentro del proceso de producción de concreto premezclado se envíe los valores a la nube.

#### **4.1.10 Prueba 10**

Verificar que se reduce la pérdida de datos de lotes de producción a 0.

#### **4.1.11 Prueba 11**

Verificar que se reduce el tiempo de sincronizar la información de lotes producidos con gerencia.

#### **4.1.12 Prueba 12**

Verificar que se cumple los valores de materiales de producción requeridos por la empresa y se reduce el tiempo de producción.

### **4.2 Resultados**

Se procedió con la evaluación de los resultados de las pruebas de la totalidad del sistema analizando y demostrando que la viabilidad de la automatización de la planta de concreto premezclado para la empresa Moviconcreto es verídica y satisface las necesidades de la empresa.

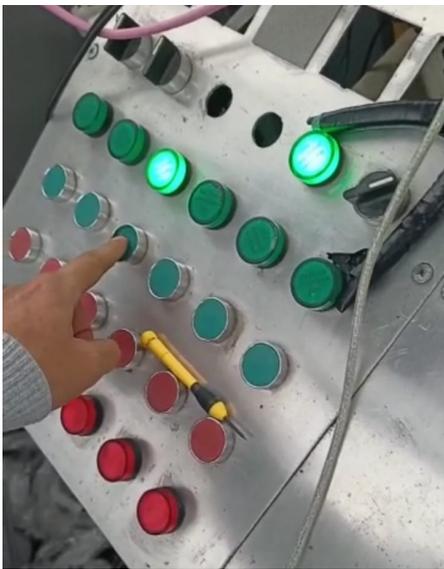
#### **4.2.1 Resultado de la Prueba 1**

Para realizar esta prueba se necesitó de hacer pruebas de funcionamiento de los motores con respecto a los GPIO utilizados respecto presionando los botones y verificando individualmente que cada botón activa el motor correspondiente y su foco como se muestra en la Figura 101.

Se realizó la prueba y se confirmó con éxito y corrigió los motores, botones y focos que no estaban correctamente alineados reconfigurándolos dentro del sistema.

#### **Figura 101**

*Prueba de Botones, Focos y Motores*



*Nota.* Elaboración Propia

Es necesario especificar que si alguno botón no encendía un foco era primero descartado que no tuviera problemas de conexión electrónico o eléctrica.

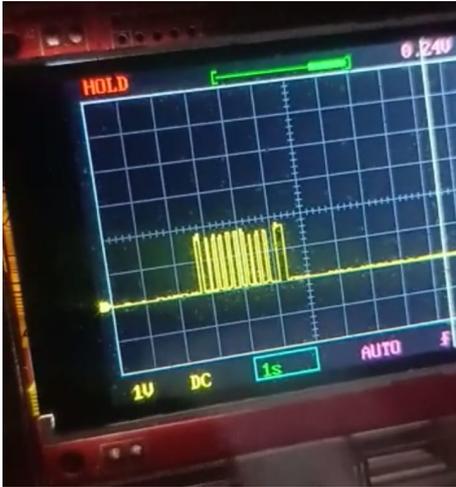
#### **4.2.2 Resultado de la Prueba 2**

En esta prueba es necesario conectar el osciloscopio a la salida de señal del caudalímetro para poder contar los pulsos generados al bombear agua a través de la manguera hacia la entrada del mixer.

Se realizó el bombeo de 11 litros de agua representados como 11 pulsos en la Figura 102.

**Figura 102**

*Pulsos leídos desde la salida de señal del caudalímetro*



*Nota. Elaboración Propia*

Luego de detener el llenado de agua se procedió a verificar que en el programa también se registre los 11 litros de agua antes mencionado como se puede corroborar en la Figura 103.

**Figura 103**

*Cantidad de litros vs porcentaje reflejado en pantalla*



*Nota. Elaboración Propia*

Se necesita precisar que el conteo de litros por pulso es determinado por el caudalímetro por lo que no se necesitó mostrar la cantidad final de litros dentro del mixer.

#### 4.2.3 Resultado de la Prueba 3

Al completar la tercera prueba se necesitó de pesar 6400 kilogramos de materiales y verificar que el peso del indicador se refleja en la suma de pesos totales de los materiales. En la Figura 104 se aprecia un valor sumado de 6332 kilogramos de piedra y 68 kilogramos de cemento tomados directamente en medio de un proceso de llenado de materiales.

**Figura 104**

*Lectura de indicador y materiales en kilogramos*



*Nota.* Elaboración Propia

Respecto al indicador de pesaje este se encuentra previamente calibrado por lo que no es necesario contrastar el peso indicado por el mismo.

#### 4.2.4 Resultado de la Prueba 4

En esta prueba se verifica que luego de llegar al 100% de peso determinado de piedra con 1 pequeño porcentaje de error humano de sobrepeso ingresado por el usuario dentro de los 20 segundos de ventana de error se tiene un total de 5451 kilogramos y se detuvo la lectura de piedra mostrado en la Figura 105.

**Figura 105**

*Lectura de indicador y materiales en llenado de cemento*



*Nota.* Elaboración Propia

Se debe observar que la ventana de error de 20 segundos se determinó para que cuando un operario no responde rápidamente al aviso de la campana tenga 20 segundos de holgura para dejar de llenar material dentro de la tolva y este se cuenta dentro de los

resultados almacenados del mismo. Así mismo, es importante tener en cuenta que el porcentaje de sobrepeso es tan insignificante que no es tomando en cuenta en el volumen total de la mezcla.

#### **4.2.5 Resultado de la Prueba 5**

La secuencia de encendido de motores en el proceso de vaciado de materiales solidos en la prueba 6 se comprobó desconectando los motores de los contactores para evitar el consumo eléctrico y posibles errores dentro de la prueba. En la siguiente Figura 106 se evidencia como se realizó la prueba.

**Figura 106**

*Prueba de secuencia de encendido de motores*



*Nota.* Elaboración Propia

Es primordial tener en cuenta que se cumplió criterios de seguridad al no realizar pruebas vivas con motores conectados por estar estos conectados directamente en la planta de concreto y de no ser verificado primero la correcta operación secuencial estos pueden

dañarse o causar accidentes. Posterior a la verificación de las secuencias si se realizó las pruebas totales de funcionamiento con la planta conectada a su totalidad.

#### **4.2.6 Resultado de la Prueba 6**

La secuencia de apagado de motores culminado el proceso de vaciado de materiales solidos en la prueba 6 se comprobó también desconectando los motores de los contactores para evitar el consumo eléctrico y posibles errores dentro de la prueba. En la siguiente Figura 107 se evidencia como se realizó la prueba.

#### **Figura 107**

*Prueba de secuencia de apagado de motores*



*Nota.* Elaboración Propia

Se debe tener en cuenta que como en la prueba 5, se cumplió criterios de seguridad al no realizar pruebas vivas con motores conectados por estar estos conectados directamente en la planta de concreto.

#### **4.2.7 Resultado de la Prueba 7**

Esta prueba se realizó midiendo los litros consumidos en la columna de agua de la piscina versus los litros indicados dentro del programa. El operador de la planta comprobó que

siempre se registraba el descenso de la columna de agua correspondiente al volumen en litros. Esto se realizó marcando la altura de agua y con recipientes de volumen igual a los litros volver a llegar a la misma altura.

Así mismo, para el cálculo de columna de agua de valores mayores se realizó el cálculo de columna de agua por medio del volumen de la piscina que posee 305 cm de diámetro por 76 cm de altura, generando un área de 7.3 m<sup>2</sup> con un volumen de aproximadamente 73 litros por cm de altura. En la tabla 22 generamos una correspondencia de litros por cm de altura comprobados luego de realizar la medida con el caudalímetro.

**Tabla 22**

*Altura de Columna de Agua por metro cúbico*

Valores de Columna de Agua(cm)	Valores de Caudalímetro (m3)	Valores de Caudalímetro (L)
2.7	.2	200
2.7	.2	200
2.7	.2	200
2.7	.2	200
2.5	.183	183
5.5	.4	400
4.4	.321	321
2.7	.2	200
2.7	.2	200
2.7	.2	200

*Nota.* Elaboración Propia

#### **4.2.8 Resultado de la Prueba 8**

En el software para poder leer el contenido de la base datos SQLite presente en la Figura 108 se evidencia los valores de los lotes previamente guardados por el sistema en cada una de las pruebas de funcionamiento desde las pruebas de sistema desconectado hasta las pruebas del sistema conectado completamente a la planta y motores correspondientes. Todas las pruebas antes mencionadas verifican que la prueba 8 fue satisfecha al almacenar todos los valores dentro de la base de datos.

**Figura 108**

*Captura de la base de datos del sistema*

	id	lote	empresa	fecha	hora	cantidad	t_producción	ruc	cemento	agregado_1	agregado_2	agua
1	1	20210315172224	Mpvicreto	2021-03-15	17:22:53.626016	100.0	17:22:34	12345678911	10.0	15.0	30.0	15
2	2	20210315172255	KAMASA	2021-03-15	17:23:26.245873	68.0	17:23:10	22222222222	10.0	15.0	14.0	9
3	3	20210315172327	Conkar	2021-03-15	17:23:53.089261	20.0	17:23:41	12345678912	2.0	3.0	7.0	8
4	4	20210315133050	Flovicsa	2021-03-15	13:31:10.822060	100.0	13:31:00	44444444444	30.0	20.0	15.0	30
5	5	121212121121	Empresa	2022-01-16	00:13:48.662379	100.0	01:01:00	10729059604	5000.0	5000.0	5000.0	100
6	6	121212121121	Empresa	2022-01-16	00:16:35.693350	100.0	01:01:00	10729059604	5000.0	5000.0	5000.0	100
7	7	1000000013	TEST JAN 17	2022-01-17	00:18:52.812834	100.0	01:01:00	10729059604	1007.48	1007.48	1007.48	105
8	8	1000000015	asdsadasd	2022-01-30	11:32:59.934552	213123.0	01:01:00	123231	5037.4	2518.7	2014.96	200
9	9	1000000016	TEST JAN 30	2022-01-30	15:30:57.659386	123132.0	01:01:00	123213	5037.4	2518.7	2014.96	99
10	10	1000000016	TEST JAN 30	2022-01-30	15:31:50.307439	123132.0	01:01:00	123213	5037.4	2518.7	2014.96	99
11	11	1000000017	TEST JAN 30	2022-01-30	15:33:27.759705	21312.0	01:01:00	1223	5037.4	2518.7	2014.96	200
12	12	1000000017	TEST JAN 30	2022-01-30	15:34:20.167383	21312.0	01:01:00	1223	5037.4	2518.7	2014.96	200
13	13	1000000018	TEST JAN 30 1535	2022-01-30	15:37:05.644333	1000.0	01:01:00	23981289	5037.4	2518.7	2014.96	200
14	14	1000000018	TEST JAN 30 1535	2022-01-30	15:37:58.080121	1000.0	01:01:00	23981289	5037.4	2518.7	2014.96	200
15	15	1000000019	TEST JAN 30 1542	2022-01-30	15:44:26.789646	100.0	01:01:00	33333333333	5037.4	2518.7	2014.96	183
16	16	1000000020	TEST JAN 30 1614	2022-01-30	16:16:51.722785	213123.0	01:01:00	1232132	5037.4	2518.7	2014.96	400
17	17	1000000021	TEST JAN 30 1625	2022-01-30	16:27:26.428933	1000.0	01:01:00	1123312	5037.4	2518.7	2014.96	321
18	18	1000000022	TEST FEB 1 2204	2022-02-01	22:06:37.852500	200.0	01:01:00	123456789	5037.4	2518.7	2014.96	200
19	19	1000000022	TEST FEB 1 2204	2022-02-01	22:08:25.570841	200.0	01:01:00	123456789	5037.4	2518.7	2014.96	200
20	20	1000000024	TEST FEB 1 2227	2022-02-01	22:31:36.053503	400.0	01:01:00	123456789	5037.4	2518.7	2014.96	200

*Nota.* Elaboración Propia

Se debe tener muy en claro que como los valores almacenados en la base de datos registran todos los valores ingresados al sistema esta contiene varios datos de prueba mezclados con los datos reales de clientes de la empresa Movicreto. Así mismo, dada la cantidad de registros estos no se pueden presentar en la totalidad dentro de la figura previamente mencionada.

#### 4.2.9 Resultado de la Prueba 9

Se realizó la prueba de conexión remota al sistema para su monitoreo en la Figura 109 en la cual se puede apreciar que algunos de los valores presentes en la base de datos son los mismos, esto se da porque no todos los valores fueron enviados y solo se encuentran registrados aquellas pruebas que se hicieron posterior a la conexión del monitoreo remoto.

## Figura 109

*Captura del historial de producción mostrado en la web*

Fecha	Lote	Empresa	Producción	
2022-02-07	1000000036	Nadico SAC	12	<a href="#">Detalle</a>
2022-02-07	1000000036	Nadico SAC	12	<a href="#">Detalle</a>
2022-02-07	1000000033	Labconsac	8	<a href="#">Detalle</a>
2022-02-02	1000000032	Particular	8	<a href="#">Detalle</a>
2022-02-02	1000000030	Particular	15	<a href="#">Detalle</a>
2022-02-02	1000000029	Particular	12	<a href="#">Detalle</a>

*Nota.* Elaboración Propia

Se debe tomar en cuenta que también se encuentran registrados valores de prueba dentro del monitoreo remoto junto con los valores reales de producción de la empresa.

### 4.2.10 Resultado de la Prueba 10

Se verificó con la gerencia de la empresa que no se perdió ningún dato de producción con respecto a las facturas emitidas por la empresa hacia los clientes. En la figura 110 se aprecia la comparación entre la cantidad de informes guardados por mes con respecto a los informes almacenados por la empresa manualmente. Esto da un ejemplo de la necesidad del sistema por parte de la empresa al evidenciar con la comparación la cantidad de informes que no se encuentran registrados durante el periodo de producción de concreto.

## Figura 110

*Cantidad de informes guardados por mes.*



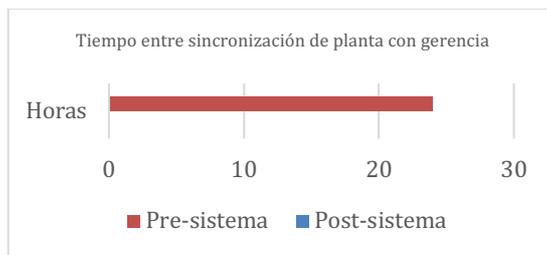
*Nota.* Elaboración Propia

#### 4.2.11 Resultado de la Prueba 11

Se verificó que el tiempo de sincronización de información sobre los lotes de producción de concreto premezclado con la gerencia se redujo a 0 con respecto a las 24 horas representado en la figura 111. Este tiempo de sincronización es utilizado por la gerencia para tener una idea de cómo va la producción de la planta de concreto premezclado y generar compras en caso de falta de insumos. Debido a la demora de sincronización de 24 horas previos a la implementación del sistema esto generaba una demora en la compra de insumos en la localidad de la planta y por lo tanto una parada total en la producción de concreto premezclado.

**Figura 111**

*Tiempo entre sincronización de planta con gerencia.*



*Nota.* Elaboración Propia

#### 4.2.12 Resultado de la Prueba 12

Se realiza una comparación entre los datos obtenidos de lotes de producción previos a la utilización del sistema automatizado en la tabla 23. En el cuadro de datos pre-sistema se observa la data adquirida por el operador de la planta de concreto digitalizada desde los informes históricos de la empresa. Se puede observar que no se tiene presente los registros de agua debido a que se realizaba un conteo de agua en minutos y no litros como se realiza en la actualidad lo cual generaba una imprecisión en los datos de producción y la consistencia del concreto premezclado que se genera como resultado.

**Tabla 23***Datos Pre-Sistema digitalizados de la empresa Movicreto SAC*

Empresa	Vol (m3)	Cemento (Kg)	Arena (Kg)	Piedra (Kg)	Agua (L)	Tiempo de Carga
1	8	1380	5080	7440	--	21
2	8	1220	6616	4976	-	34
3	8	1380	5080	7440	-	34
4	4	620	3308	2428	-	22
5	4	620	3308	2428	-	22
6	5.5	940	3492	5115	-	31
7	8	1220	6616	4976	-	60
8	8	1380	5080	7440	-	28
9	8	1380	5080	7440	-	30

*Nota.* Elaboración Propia

En el siguiente cuadro 24 se aprecia la data adquirida por el sistema, un historial de lotes de producción correspondientes a las empresas clientes. En este cuadro si se aprecia los valores de agua que el sistema recopila a través del caudalímetro. Así mismo, se observa que el límite de producción de lote es de 8 metros cúbicos de volumen maximizado en todos los lotes de producción.

**Tabla 24***Datos Post-Sistema generados por el sistema automatizado*

Empresa	Vol (m3)	Cement o (Kg)	Arena (Kg)	Piedra (Kg)	Agua (L)	Tiempo de Carga
1	8	3150	2643	2633	995	12
2	8	3150	2729	2683	1011	13
3	8	3150	2734	2632	1003	11
4	8	3150	2646	2681	957	11
5	8	3150	2731	2633	930	10

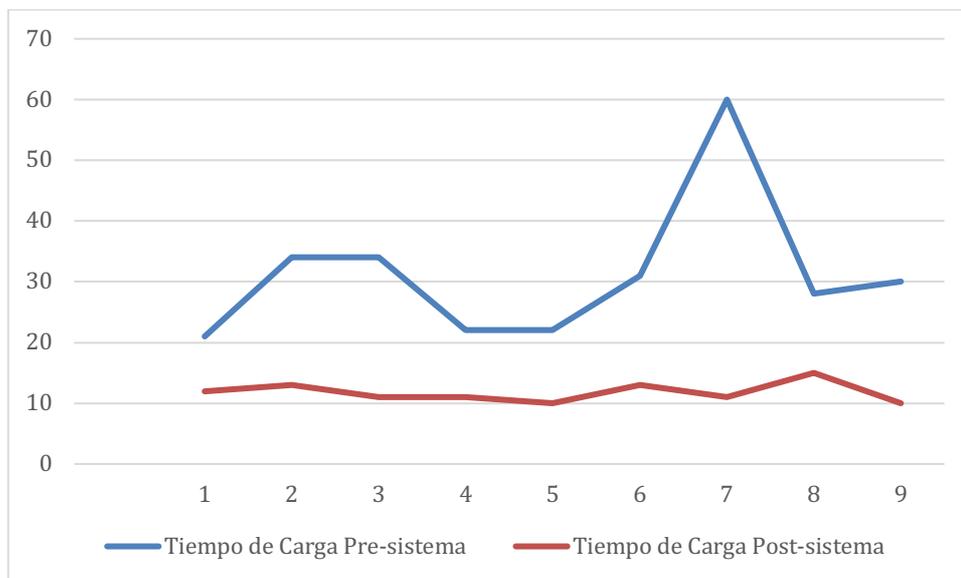
6	8	3150	2647	2631	1001	13
7	8	3150	2728	2676	1107	11
8	8	3150	2729	2683	1231	15
9	8	3150	2646	2632	953	10

*Nota.* Elaboración Propia

Al realizar una comparación en los tiempos de producción y carga del mixer en planta se observa en la figura 112, una disminución en el tiempo invertido por la empresa por lo que la carga del mixer permite generar mayor cantidad de entregas en un menor periodo de tiempo y por lo tanto una mayor ganancia para la empresa.

**Figura 112**

*Tiempo de Carga por Empresa Pre y Post sistema*



*Nota.* Elaboración Propia

Se verificó en efecto la reducción del tiempo de producción de concreto premezclado como resultado directo de la implementación del sistema de producción de concreto premezclado realizado en la presente investigación

## CONCLUSIONES

1. Fue posible diseñar e implementar la estructura mecánica que contiene el sistema de control del sistema automatizado de la planta de concreto premezclado que comprende una mesa de dimensiones 1110 por 520 mm capaz sostener todas las piezas electrónicas del proyecto dentro de un tablero que protege la electrónica que tiene detrás además organizar de manera entendible la botonera y un tamaño de pantalla de 14 para la interfaz de usuario.
2. El diseño mecánico es el encargado de sostener todas las piezas electrónicas del proyecto. Todo el diseño se concentra en la mesa que se usa como tablero que debe poder proteger la electrónica que tiene detrás. Además, debe poder organizar de manera entendible la botonera y tener ciertas características modulares para su futura actualización
3. Fue posible diseñar el sistema de control del sistema automatizado de la planta de concreto premezclado (incluido dentro del sistema informático) que determina el peso de materia prima necesario por material y agua en función del tipo de concreto premezclado, el cual solo requiere de establecer los valores de material por metro cúbico para determinar el total de la mezcla.
4. Fue posible diseñar, desarrollar e implementar el software para el sistema automatizado de la planta de concreto premezclado (incluido dentro del sistema informático) que a través de una interfaz gráfica incorpora el sistema de control, guarda la información de pesaje dentro de una base de datos de acuerdo con las hojas de datos proporcionadas por la empresa, controla el medio físico de la planta a través del sistema electrónico y envía la data de producción a la aplicación web de monitoreo remoto. Gracias a esto se no se perdió ningún dato de producción con respecto a las facturas emitidas por la empresa hacia los clientes.
5. Fue posible diseñar e implementar el sistema eléctrico del sistema automatizado de la planta de concreto premezclado que posee una alimentación trifásica con generador de 220v, corrientes de arranque no superiores a 1.25 veces la corriente nominal y una protección termomagnética de 7 veces el valor de la corriente

nominal. Así mismo, la interconexión con el sistema electrónico a través de un circuito eléctrico de baja potencia que conecta los SSR con la línea de control de los contactores y estos a su vez protegidos por medio de llaves termomagnéticas trifásicas en su entrada de energía.

6. Fue posible diseñar e implementar un sistema electrónico para el sistema automatizado de la planta de concreto premezclado que maneja un voltaje de trabajo de 5v y 3.3v, con pulsadores del tablero de voltaje no mayor a 5v y accionamiento de los actuadores independiente. Con la capacidad de lectura de los estados de los contactores y manipulación del sistema eléctrico a través de sus contactores conectados a los SSR.
7. Fue posible diseñar, desarrollar e implementar un aplicativo móvil para el sistema automatizado de la planta de concreto premezclado (incluido dentro del sistema informático), el cual se sostiene sobre una aplicación web para el monitoreo remoto del estado de los lotes de concreto premezclado producidos reduciendo el tiempo de sincronización de información con gerencia de 24 a 0 horas.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la actualización continua del software utilizado en el proyecto y a su vez darle mantenimiento al software para futuros agregados de funcionalidad.
2. Se recomienda el desarrollo de PCBs personalizados para el sistema con conectores industriales a manera de evitar falsos contactos entre los circuitos en caso de manipulación.
3. Se recomienda el uso de válvulas de aire en la tolva de materiales para mejorar la caída del material a la faja.
4. Se recomienda seguir los puntos descritos con anterioridad si se tomará esta tesis como referencia de futuras investigaciones.
5. Se recomienda como tema de futura investigación, un sistema que se encuentre en la retroexcavadora que se comunique con el sistema en la cabina para saber en tiempo real el peso exacto en la tolva y no depender de puntos fijos de campana.

## OBSERVACIONES

1. Para un mejor control de los motores trifásicos y evitar picos de corriente de arranque se recomienda usar un arrancador suave y variadores de frecuencia.
2. La estructura de la caja electrónica es capaz de proteger la circuitería contra los factores anteriormente mencionados en la tesis, sin embargo, se recomienda utilizar materiales más robustos a manera de tener mayor protección.
3. La interfaz gráfica sería más intuitiva si se usara una pantalla táctil para la operación del sistema por lo que su uso es recomendado.
4. El uso de caudalímetros para el llenado de aditivos es necesario para el buen control de material.
5. Con el objetivo de un control más apropiado del material, se recomienda la instalación de silos en la planta que contengan los materiales áridos.

## REFERENCIAS

- 5Hertz. (s.f.). 5hertz. Retrieved from [https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&tutorial\\_id=3](https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&tutorial_id=3)
- Aldakin. (2017). Aldakin. Retrieved from <http://www.aldakin.com/automatizacion-industrial-robotica-claves-exito/>
- Alka. (s.f.). Retrieved from <https://alka.com.pe/venta-transformadores-de-aislamiento/>
- Area Tecnologia. (s.f.). Retrieved from <https://www.areatecnologia.com/electricidad/motor-trifasico.html>
- Autycom. (2019, November). Autycom. Retrieved from <https://www.autycom.com/caudalimetro-que-es-y-cual-es-su-utilidad/>
- Benymol Jose, S. A. (2020). Performance analysis of NoSQL and relational databases with MongoDB and MySQL. Materials Today: Proceedings.
- Dewesoft. (2020, March 9). Dewesoft. Retrieved from <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-un-sensor>
- Digikey. (2020, May 20). Retrieved from <https://www.digikey.com/es/articles/the-basics-of-isolation-transformers-and-how-to-select-and-use-them>
- Electricasas. (s.f.). Retrieved from [https://www.electricasas.com/contactores/#Eleccion\\_de\\_un\\_Contactor\\_Electromagnetico](https://www.electricasas.com/contactores/#Eleccion_de_un_Contactor_Electromagnetico)
- Electrotec. (s.f.). Retrieved from <https://electrotec.pe/blog/ReleTermicoPartesyFuncionamiento>
- Grupo Navarro. (2019). Retrieved from <https://gruponavarro.pe/electricidad-domiciliaria/interruptor-termomagnetico/>
- Hifisac. (s.f.). Hifisac. Retrieved from <https://hifisac.com/en/shop/product/s-25w-5v-fuente-de-poder-switching-5v-5-5a-dc-power-3026#attr=>
- IBM. (2021, September 2). ibm.com. Retrieved from <https://www.ibm.com/cloud/learn/iaas-paas-saas>
- James C. Squire, J. P. (2021). Programming for Electrical Engineers MATLAB® and Spice. Academic Press.
- Kouraklis, J. (2016). MVVM in Delphi: Architecting and Building Model View ViewModel Applications. London: Apress.
- Leira Rodriguez, R., & Gomez Suarez, J. (s.f.). Junta de Galicia, Consejería de Cultura, Educación y Universidades. Retrieved from

[https://www.edu.xunta.gal/centros/iesblancoamorculleredo/aulavirtual/pluginfile.php/35956/mod\\_resource/content/2/analo%CC%81gica.pdf](https://www.edu.xunta.gal/centros/iesblancoamorculleredo/aulavirtual/pluginfile.php/35956/mod_resource/content/2/analo%CC%81gica.pdf)

MCR. (2016, July 29). MCR. Retrieved from <https://mcr.es/ventajas-y-desventajas-de-la-automatizacion-industrial/>

Mechatronics, N. (2021). [naylampmechatronics.com](https://naylampmechatronics.com/conversores-dc-dc/196-convertidor-voltaje-dc-dc-step-down-3a-lm2596.html). Retrieved from <https://naylampmechatronics.com/conversores-dc-dc/196-convertidor-voltaje-dc-dc-step-down-3a-lm2596.html>

Minas, M. d. (2006). Código Nacional de Electricidad.

Motorex. (2020, August 4). Retrieved from <http://www.motorex.com.pe/blog/motores-trifasicos-ventajas/>

La referencia bibliográfica en formato APA 7 para las fuentes mencionadas es la siguiente:

Omega Company. (s.f.). Omega. Recuperado de <https://es.omega.com/prodinfo/celulas-de-carga.html>

Omega Company. (s.f.). Omega. Recuperado de <https://es.omega.com/prodinfo/caudalímetros.html>

Prince, B., Rainer, Jr., R., Sánchez-Rodríguez, C., & Sepideh, S. (2020). *Introduction to Information Systems Supporting and Transforming Business*. Toronto: Wiley.

Rai, P. C. (2018). *NoSQL Hands On*. Elsevier.

Richards, M. (2015). *Software Architecture Patterns*. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.

Romeco Industrial. (2018, 13 de noviembre). Recuperado de <https://www.romecoindustrial.com/2018/11/13/cilindro-neumatico-piston-neumatico/>

Solar Palau. (2019, 9 de diciembre). Recuperado de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/motor-trifasico/>

Technologies, A. (s.f.). *Threshold Sensing for Industrial Control Systems with the HCPL-3700 Interface Optocoupler*.

Tolocka, E. (2019, 18 de abril). Recuperado de <https://www.profetolocka.com.ar/2019/04/18/entendiendo-las-curvas-de-disparo-de-los-interruptores-automaticos/>

# Diseño e implementación de un sistema automatizado para la producción de concreto premezclado para la empresa Movicreto

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>6%</b>
<b>2</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositoriodspace.unipamplona.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>it.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>tesis.ucsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.unsaac.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

9	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositoriotec.tec.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
13	5hertz.com Fuente de Internet	<1 %
14	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
15	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
16	riull.ull.es Fuente de Internet	<1 %
17	vbook.pub Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
19	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	<a href="http://cd.dgb.uanl.mx">cd.dgb.uanl.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1 %
26	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
27	<a href="http://repositorioinstitucional.buap.mx">repositorioinstitucional.buap.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://aluder.com">aluder.com</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://nanopdf.com">nanopdf.com</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
31	<a href="http://bibliotecadigital.oducal.com">bibliotecadigital.oducal.com</a> Fuente de Internet	<1 %

32	Submitted to Aliat Universidades Trabajo del estudiante	<1 %
33	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
34	zdocs.mx Fuente de Internet	<1 %
35	www.profetolocka.com.ar Fuente de Internet	<1 %
36	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
37	www.kwelectricistas.pe Fuente de Internet	<1 %
38	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
39	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
40	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
42	ru.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
43	aws.amazon.com Fuente de Internet	<1 %

44	peruconstruye.net Fuente de Internet	<1 %
45	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
46	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
47	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
48	repositorio.uide.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
49	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
50	repositorio.uan.edu.co Fuente de Internet	<1 %
51	repositoriosiidca.csuca.org Fuente de Internet	<1 %
52	www.dielco.co Fuente de Internet	<1 %
53	es.essays.club Fuente de Internet	<1 %
54	repositorioslatinoamericanos.uchile.cl Fuente de Internet	<1 %
55	Submitted to Escuela Superior Politécnica del Litoral	<1 %

Trabajo del estudiante

---

**56** Submitted to Universitat Politècnica de València <1 %  
Trabajo del estudiante

---

**57** [www.generacodice.com](http://www.generacodice.com) <1 %  
Fuente de Internet

---

**58** Submitted to Institución Tecnológica Metropolitana de Medellín <1 %  
Trabajo del estudiante

---

**59** Submitted to UNIBA <1 %  
Trabajo del estudiante

---

**60** [repositorio.utp.edu.pe](http://repositorio.utp.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

**61** [www.dspace.espol.edu.ec](http://www.dspace.espol.edu.ec) <1 %  
Fuente de Internet

---

**62** [pt.scribd.com](http://pt.scribd.com) <1 %  
Fuente de Internet

---

**63** [es.geocities.com](http://es.geocities.com) <1 %  
Fuente de Internet

---

**64** [es.slideshare.net](http://es.slideshare.net) <1 %  
Fuente de Internet

---

**65** [repositorio.utea.edu.pe](http://repositorio.utea.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

**66** [repositorio.utn.edu.ec](http://repositorio.utn.edu.ec) <1 %  
Fuente de Internet

---

67	<a href="https://repository.unad.edu.co">repository.unad.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
68	<a href="https://repository.unipiloto.edu.co">repository.unipiloto.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
69	Submitted to University of Bolton Trabajo del estudiante	<1 %
70	<a href="https://doku.pub">doku.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
71	Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante	<1 %
72	<a href="https://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
73	<a href="https://www.libreriamedica8a.com">www.libreriamedica8a.com</a> Fuente de Internet	<1 %
74	<a href="https://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
75	Submitted to Universidad Carlos III de Madrid Trabajo del estudiante	<1 %
76	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
77	<a href="https://www.docentes.unal.edu.co">www.docentes.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
78	<a href="https://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %

<1 %

---

79 Submitted to Universidad de Lima  
Trabajo del estudiante

<1 %

---

80 Xing Han, Jiarong Niu, Yifan Wang, Xin Jin, Lu Peng, Jie Chen, Xin Wei, Xing Liu, Wenyu Wang, Hongxia Wang, Tong Lin. "Polyaniline-based Schottky-Triboelectric Hybrid DC Generators with Tunable Electrical Outputs", Nano Energy, 2022  
Publicación

<1 %

---

81 repositorio.ug.edu.ec  
Fuente de Internet

<1 %

---

82 Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana  
Trabajo del estudiante

<1 %

---

83 archive.org  
Fuente de Internet

<1 %

---

84 www.inegi.org.mx  
Fuente de Internet

<1 %

---

85 www.veritas.com  
Fuente de Internet

<1 %

---

86 Submitted to Universidad Tecnológica Israel  
Trabajo del estudiante

<1 %

---

87 inlab.fib.upc.edu  
Fuente de Internet

<1 %

---

88 [scholar.uwindsor.ca](http://scholar.uwindsor.ca)  
Fuente de Internet

<1 %

---

89 [search.bvsalud.org](http://search.bvsalud.org)  
Fuente de Internet

<1 %

---

90 [www.dspace.cordillera.edu.ec:8080](http://www.dspace.cordillera.edu.ec:8080)  
Fuente de Internet

<1 %

---

91 [blog.hubspot.es](http://blog.hubspot.es)  
Fuente de Internet

<1 %

---

92 [dokumen.pub](http://dokumen.pub)  
Fuente de Internet

<1 %

---

93 [editorial.dca.ulpgc.es](http://editorial.dca.ulpgc.es)  
Fuente de Internet

<1 %

---

94 [itzamna.bnct.ipn.mx](http://itzamna.bnct.ipn.mx)  
Fuente de Internet

<1 %

---

95 [moam.info](http://moam.info)  
Fuente de Internet

<1 %

---

96 [repositorio.unj.edu.pe](http://repositorio.unj.edu.pe)  
Fuente de Internet

<1 %

---

97 [worldwidescience.org](http://worldwidescience.org)  
Fuente de Internet

<1 %

---

98 [www.devoto.com.uy](http://www.devoto.com.uy)  
Fuente de Internet

<1 %

99	<a href="http://www.dspace.unitru.edu.pe">www.dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
100	<a href="http://www.propol.es">www.propol.es</a> Fuente de Internet	<1 %
101	<a href="http://gestion.pe">gestion.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
102	<a href="http://observatorio.sena.edu.co">observatorio.sena.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
103	<a href="http://pdfcoffee.com">pdfcoffee.com</a> Fuente de Internet	<1 %
104	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
105	<a href="http://repositorio.usanpedro.edu.pe">repositorio.usanpedro.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
106	<a href="http://stackoverflow.net">stackoverflow.net</a> Fuente de Internet	<1 %
107	<a href="http://www.isko.org">www.isko.org</a> Fuente de Internet	<1 %
108	<a href="http://www.monografias.com">www.monografias.com</a> Fuente de Internet	<1 %
109	<a href="http://www.organicsbox.com.au">www.organicsbox.com.au</a> Fuente de Internet	<1 %
110	<a href="http://www.sanroman.com">www.sanroman.com</a> Fuente de Internet	<1 %

111	<a href="http://www.socalgas.com">www.socalgas.com</a> Fuente de Internet	<1 %
112	<a href="http://www.uttt.edu.mx">www.uttt.edu.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
113	Edgar García Fortea. "Desarrollo de materiales de pre-mejora y herramientas biotecnológicas para la adaptación de la berenjena al cambio climático", Universitat Politecnica de Valencia, 2020 Publicación	<1 %
114	Edgar Lorenzo Sáez. "Desarrollo de una herramienta integral de gestión de gases de efecto invernadero para la toma de decisión contra el cambio climático a nivel regional y local en la Comunitat Valenciana", Universitat Politecnica de Valencia, 2022 Publicación	<1 %
115	Jairo Núñez Rodríguez. "Modelo para el análisis del impacto de la manufactura aditiva en la gestión de la cadena de suministro", Universitat Politecnica de Valencia, 2021 Publicación	<1 %
116	<a href="http://alarcos.inf-cr.uclm.es">alarcos.inf-cr.uclm.es</a> Fuente de Internet	<1 %
117	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	<1 %

118	<a href="http://jp.trane.com">jp.trane.com</a> Fuente de Internet	<1 %
119	<a href="http://mfront.net">mfront.net</a> Fuente de Internet	<1 %
120	<a href="http://oa.upm.es">oa.upm.es</a> Fuente de Internet	<1 %
121	<a href="http://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
122	<a href="http://repositorio.unasam.edu.pe">repositorio.unasam.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
123	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
124	<a href="http://spanish.alibaba.com">spanish.alibaba.com</a> Fuente de Internet	<1 %
125	<a href="http://www.abandonedplaces.cz">www.abandonedplaces.cz</a> Fuente de Internet	<1 %
126	<a href="http://www.clubensayos.com">www.clubensayos.com</a> Fuente de Internet	<1 %
127	<a href="http://www.sunshineconcerts.be">www.sunshineconcerts.be</a> Fuente de Internet	<1 %
128	<a href="http://www.tid.es">www.tid.es</a> Fuente de Internet	<1 %