


**Sistema de control de aire y temperatura para una cabina de pintura, controlada por
medio de un dispositivo móvil.**

Rafael Castañeda Duque
Ferney Alexander Nava Trujillo

Trabajo de Grado Para Obtener El Título De
Licenciados en Electrónica

Director
Diego Mauricio Acero Soto

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Licenciatura en Electrónica
Bogotá
2018

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 5	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Sistema de control de aire y temperatura para una cabina de pintura, controlada por medio de un dispositivo móvil.
Autor(es)	Castañeda Duque, Rafael; Nava Trujillo, Ferney Alexander
Director	Acero Soto, Diego Mauricio
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2018. 109 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	CONTROL DE AIRE Y TEMPERATURA; DISPOSITIVO MÓVIL.

2. Descripción
<p>Trabajo de grado para optar el título de licenciado en Electrónica, consiste en la implementación de un sistema de control de aire y temperatura para una cabina de pintura, controlada por medio de una aplicación en un dispositivo móvil, que permita mitigar incumplimientos a las normas de sustentabilidad ambiental y condiciones de vida de la población, en conjunto con el diseño de una instalación que proporcione un ambiente adecuado para la aplicación de la pintura. Al mencionar adecuado implica factores como son: iluminación, ventilación, calefacción y filtrado de partículas de pintura, generando un ambiente óptimo para el proceso de pintado automotriz.</p> <p>Se compararon hojas técnicas de las especificaciones de la pintura a utilizar, y de acuerdo con este tipo, se determinó la correcta selección y balance de todos los componentes ya mencionados.</p>

3. Fuentes
(23 de Oct de 2017). <i>Obtenido de Sensores actuadores y sistemas de control:</i>

- <https://es.scribd.com/document/362414781/Sensores-Actuadores-y-Sistemas-de-Control>
Academia android. (18 de Dic de 2015). *Obtenido de Canvas: creación de interfaz de usuario en Unity*: <https://academiaandroid.com/canvas-creacion-de-interfaz-de-usuario-en-unity/>
- Aprendiendo Arduino*. (06 de Nov de 2016). Obtenido de *Electrónica, Sensores, Actuadores y Periféricos*: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/11/06/electronica-sensores-actuadores-y-perifericos/>
- Arduino* . (27 de Jun de 2016). Obtenido de *MEDIR TEMPERATURA DE LÍQUIDOS Y GASES CON ARDUINO Y DS18B20*: <https://www.luisllamas.es/temperatura-liquidos-arduino-ds18b20/>
- Arduino*. (2018). Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Reference/ClientPrint>
- Arellano , J., & Cornejo, N. (2015). *Diseño de Sistema Domótico WIFI y Aplicación Androide*. Guayaquil, Ecuador.
- Arelux. (2018). *Pintura Aislante termica. La pintura térmica permite ahorrar hasta un 40% de energía gracias a la rotura de puente térmico*.
- Autocity. (2014). Documentos tecnicos cabinas de pintura. <http://www.autocity.com/servicios/documentos-tecnicos/pintura/cabinas-de-pintura>, 15.
- Becklin, E. (2007). Normas para las cabinas de pintura. www.ehowenespanol.com/normas-cabinas-pintura-lista_276043/, 50.
- Burbano Vallejo, L. F. (2017). *Estudio e implementación en matlab se un entorno de comunicación basado en protocolos del internet de las cosas para clientes de teleoperación en robótica*.
- Catálogo técnico-tarifa de precios Resistencias Eléctrica* . (s.f.). Salvador Escoda S.A.
- Contadores. (s.f.). *Tecnología*, <http://www.areatecnologia.com/electricidad/contactor.html>.
- Controladores de procesos industriales*. (s.f.). Obtenido de <http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/index.php>
- DÁVILA, R. A. (2004). DISEÑO DE LA CABINA DE PINTURA DE UN TALLER AUTOMOTRIZ. *tesis*, 111.
- Electricfor*. (s.f.). Obtenido de Programa Fabricación : <https://www.electricfor.es/es/333065/Programa-Fabricacion.htm>
- García Muñoz, J. C., Kanayet Castañeda, J. N., & Ruiz Moya, G. F. (2006). *Diseño e implementación de un controlador de temperatura y monitoreo de señales para la automatización de equipos de refrigeración*.
- Garrido, C. (2015). *Sistemas de control. Sistemas de Control*, 20.
- Geek Factory*. (s.f.). Obtenido de <https://www.geekfactory.mx/tienda/arduino/wemos-d1-esp8266/>
- I. B. (07 de Nov de 2012). *Sockets: Protocolos de comunicación TCP y UDP*. Obtenido de DSP: <http://dsp.mx/blog/sistemas-de-informacion/49-sockets-tcp-udp>
- Karen Rose, Scott Eldridge, & Lyman Chapin. (2015). *La internet de las cosas - una breve reseña. Internet Society*, 5.
- Luiz Garcia, L. C. (1015). *Estudio del impacto técnico y económico de la transición de internet al internet de las cosas (IoT) para el caso colombiano* .

- Milton López. (2014). “Guía de Instalaciones mecánicas parte II: Instalaciones de ventilación forzada” .
- mlluis, & Harkisin. (10 de Agos de 2005). *Cisco* . Obtenido de Descripción general de TCP / IP: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/routing-information-protocol-rip/13769-5.html>
- Pita, E. G. (2000). Acondicionamiento de aire: Principios y sistemas. *México: Compañía editorial Continental, 2000, 548.*
- Ramírez Madrid, D. A., & Rodríguez Hernández, E. D. (2016). *Diseño de un método para identificar necesidades y oportunidades para la implementación de.*
- Ramírez, R. (30 de sep de 2015). *Hetpro*. Obtenido de Sensor de temperatura DS18B20 con Arduino: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-temperatura-ds18b20/>
- Riera, A., & Córdova, C. (2015). *Diseño de Sistema Domótica WIFI y Aplicación Android Utilizando Hardware Idetec- Inventio.*
- S.A., S. E. (2014). Resistencias electricas. *Catalogo tecnico de Resistencias electricas.*, 56.
- stickpng. (s.f.). Obtenido de <http://www.stickpng.com/es/img/iconos-logotipos-emojis/companias-technologicas/logo-unity>
- Technologies, U. (2016). *Manual de Unity*. Obtenido de <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UICanvas.html>
- Termic, B. (2017). Resistencias electricas calefactoras. *DISTRIBUCIONES INDUSTRIALES E INSTRUMENTACIÓN*, 140.
- UIT-T.2060. (15 de Jun de 2012). *Descripción general de Internet de los objetos*. Obtenido de <https://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=Y.2060>
- Villar, C. M. (10 de sept de 2015). *Revista M&M*. Obtenido de Cabinas de pintura: ¿filtro seco o cortina de agua?: <https://revista-mm.com/blog/pinturas/cabinas-de-pintura-filtro-seco-o-cortina-de-agua/>
- Villar, J. S.-C. (2018). Filtro seco o cortina de agua. *M&M*, <https://revista-mm.com/blog/pinturas/cabinas-de-pintura-filtro-seco-o-cortina-de-agua/>, 6.
- Villar, J. S.-C. (2018). Filtro seco o cortina de agua. *M&M*, <https://revista-mm.com/blog/pinturas/cabinas-de-pintura-filtro-seco-o-cortina-de-agua/>, 6.

4. Contenidos

El presente trabajo de grado cuenta con una introducción donde se da un bosquejo del trabajo realizado, en conjunto de 6 capítulos descritos a continuación.

Capítulo 1.

Este capítulo tiene aspectos generales como: planteamiento del problema, justificación del proyecto, objetivo general, objetivos específicos, antecedentes, metodología, y procede con un marco teórico en donde se selecciona las bases teóricas y conceptuales, suficientes para adecuar y

diseñar la cabina de pintura.

Capítulo 2.

Este capítulo propone un reto de diseño y control; mostrando los procedimientos que se utilizaron, para escoger los materiales adecuados para la construcción de la cabina, en conjunto con los actuadores, sistema de control (ON OFF) y su respectivo modelo térmico.

Capítulo 3.

Este capítulo está diseñado para la comunicación e interfaz de usuario, propone el diseño de una interfaz gráfica en Unity, la cual va a comunicarse con dos tarjetas WeMos D1 ESP 8266 de arduino, con el fin de controlar los actuadores de la cabina de pintura vía wifi.

Capítulo 4.

Este capítulo está diseñado para explicar el manual de operación, iluminación, normas, procesos de pintado y funcionamiento de la cabina de pintura; al igual se especifica cuánto cuesta pintar un carro según el tiempo utilizado.

Capítulo 5.

Este capítulo comprende todo lo referente al plan de mantenimiento que se le debe hacer a la cabina de pintura, para que los procesos funcionen correctamente.

Capítulo 6

En este capítulo se muestran las posibles mejoras y conclusiones.

5. Metodología

El siguiente proyecto fue desarrollado bajo el modelo de cascada para prototipos cuyos componentes son:

- Requisitos.
- diseño.
- implementación.
- verificación.
- mantenimiento.

6. Conclusiones

Se concluyó que el mejor material para evitar las pérdidas térmicas dentro de la cabina de pintura, es la madera de aglomerado de densidad media MDF, juntamente con la pintura térmica.

La construcción modular de la cabina de pintura por medio de rieles y un sistema deslizante, es la mejor decisión para el diseño de una cabina de pintura en un espacio pequeño. Este sistema optimizó al máximo el espacio, permitiendo seguir las actividades normales del taller, las cuales

ocupan el espacio de la cabina de pintura.

Se controló la capacidad de extracción de una manera óptima gracias a la capacidad de los extractores.

La ubicación estratégica de los extractores se relaciona directamente con el nivel de “overspray” que se generó dentro del proceso de pintado.

Con los filtros de guata y la cortina de agua; se controló la contaminación en el interior como en el exterior de la cámara, a través de un sistema de filtrado meticuloso.

La construcción de la cabina de pintura redujo los tiempos de pintado de un vehículo en más del 50%, en comparación con un vehículo secado a temperatura ambiente.

El sistema de control (ON-OFF), fue fácil de desarrollar ya que fue más eficiente, manteniendo la temperatura constante según nivel de histéresis; lo cual fue ideal para el secado por medio de recirculación de aire caliente.

Vale la pena asumir un gasto adicional en energía eléctrica, ya que en todo el proceso de pintura, se gasta aproximadamente 18 KW por vehículo, lo que implica un costo bajo de dinero, a cambio de calidad y eficiencia.

El cambio de lámparas fluorescentes a luz led, optimizo la potencia lumínica y el ahorro de energía eléctrica, en comparación con la luz fluorescente.

Elaborado por:	Castañeda Duque, Rafael; Nava Trujillo, Ferney Alexander
Revisado por:	Acero Soto; Diego Mauricio

Fecha de elaboración del			
Resumen:	27	11	2018

Tabla de Contenido

Capítulo 1. Aspectos Generales.....	15
1.1 Planteamiento del Problema.....	15
1.2 Justificación.....	15
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo General.....	16
1.3.2 Objetivos Específicos.....	16
1.4 Antecedentes.....	16
1.5 Metodología.....	19
1.6 Marco teórico.....	20
1.6.1 Cabina de pintura.....	20
1.6.2 Clasificación cabinas de pintura.....	20
1.6.3 Estructura.....	21
1.6.4 Selección de la cabina de pintura.....	22
1.6.5 Principios de funcionamiento.....	22
1.6.6 Principios de ventilación.....	23
1.6.7 Instalaciones de ventilación forzada.....	24
1.6.8 Ventiladores.....	24
1.6.9 Filtros de la cabina de pintura.....	25
1.6.9.1 Cabinas de filtro seco.....	25
1.6.9.2 Cabinas de cortina de agua.....	26
1.6.10 Dimensiones de la cabina de pintura.....	28
1.6.11 Características técnicas de diseño.....	28
1.6.12 Ventajas de implementar la cabina de pintura.....	31
1.6.13 Resistencia calefactora.....	31
1.6.14 Resistencia calefactora para aire forzado.....	32
1.6.15 Baterías eléctricas para aire forzado.....	33
1.6.16 Baterías eléctricas para aire forzado blindadas.....	34
1.6.17 Conexiones para las resistencias eléctricas.....	35
1.6.18 Normative international.....	35
1.6.19 La normatividad OSHA.....	36
1.6.20 La normatividad NIOSH.....	37
1.6.21 Ubicación según normas.....	37
1.6.22 Construcción.....	37
1.6.23 Electricidad.....	37
1.6.24 Ventilación.....	38
1.6.25 Velocidad y circulación del aire.....	38
1.6.26 Aire para compensar.....	39
1.6.27 Sistemas de control.....	39
1.6.28 Requisitos de un sistema de control.....	39

1.6.29	Variables del sistema de control.	40
1.6.30	Sistema en lazo abierto.	41
1.6.31	Sistema en lazo cerrado.	42
1.6.32	Unity 3d.	42
1.6.33	Plataformas de desarrollo.....	43
1.6.33.1	Interfaz del editor de Unity 3D.....	43
1.6.34	Módulo wifi y comunicación serial.	44
1.6.35	Tarjeta WiFi WeMos D1 ESP8266.....	45
1.6.35.1	Características de Wemos D1 Tarjeta compatible Arduino ESP826645	
1.6.36	Internet de las cosas (IoT).....	46
1.6.36.1	Definición del internet de las Cosas	47
1.6.36.2	Principales tecnologías del Internet de las Cosas	48
Capítulo 2.	Marco procedimental.	49
2.1	Construcción de la cabina	49
2.1.1	Construcción del sistema de rieles superior.....	50
2.1.2	Construcción del sistema de rieles inferior.....	53
2.1.3	Acondicionamiento y fijación del material de encerramiento.....	54
2.2	Calefacción y pérdidas térmicas de la cabina de pintura.	57
2.3	Cálculos de Calefacción para la cabina de pintura.	60
2.4	Sistema de extracción de aire.....	62
2.5	Construcción tablero eléctrico de potencia y control.	63
2.6	Construcción de componentes del tablero de control.	67
2.7	Alimentación eléctrica del tablero de potencia y control.	67
2.8	Diseño e implementación del sistema de control.....	69
2.9	Diagrama de entradas y salidas.....	69
2.9.1	Diagrama de bloques sistema de control.	70
2.9.2	Control (ON-OFF) con histéresis.....	71
2.9.3	Actuadores.	72
2.10	Calefactores.....	75
2.10.1	Diseño y construcción de los calefactores.	75
2.11	Conexión eléctrica calefactor 1.....	79
2.12	Conexión eléctrica calefactor 2.....	80
2.13	Filtros cabina de pintura.	81
2.14	Construcción cortina de agua.....	82
2.15	Construcción filtros secos.....	85
2.16	Planta cabina de pintura.	85
2.17	Sensores.	86
2.18	Temperatura.	86
Capítulo 3.	Comunicación e interfaz de usuario.	88
3.0	Diseño Estructural de la Interfaz de usuario.	88
3.1	GUI (Interfaz Gráfica de usuario).....	88
3.1.1	Botón 1, Iluminación	90
3.1.2	Botón 2, Extracción	91
3.1.3	Botón 3, Calefacción.....	91

3.1.4 Botón 4, filtro cortina de agua.	92
3.1.5 Botón 5, apagar sistema.	92
3.1.6 Botón 6, aceptar.	93
3.2 Comunicación WiFi.	93
3.2.1 Modo cliente arduino.	93
3.2.2 Modo servidor Arduino.	95
Capítulo 4. Manual de operación costos y funcionamiento.....	99
4.0 Manual de operación y funcionamiento.	99
4.1 Iluminación de la cabina de pintura.	100
4.2 Proceso de pintado dentro de la cabina de pintura.	100
4.3 Normas antes de pintar.	101
4.4 Consumo y precio en KWh por automóvil.	101
Capítulo 5. Mantenimiento.	102
5.0 Mantenimiento.	102
Capítulo 6. Posibles mejoras y conclusiones.....	104
6.0 Posibles mejoras.	104
6.1 Conclusiones.	104
6.3 Campo de desarrollo.	105
Trabajos citados	106
Apéndice A.	110
Apéndice B.	113
Apéndice C.	115
Apéndice D.	118
Apéndice E.	123
Apéndice F.	124
Apéndice G.	126
Apéndice H.	129
Apéndice I.	130
Apéndice J.	132
Apéndice K.	133
Apéndice L.	135
Apéndice M.	138
Apéndice N.	138
Apéndice O.	139
Apéndice P.	142

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Principio de funcionamiento de una cabina de filtro seco	26
Figura 2: Principio de funcionamiento de la cabina de cortina de agua.....	28
Figura 3: Resistencia tubular. electricfor	31
Figura 4: Resistencia aleteada	33
Figura 5: Tabla aire forzado	34
Figura 6: Dimensiones y modelos aire forzado.....	35
Figura 7: Combinación de aire y resistencias según consumo.....	35
Figura 8: Conexiones resistencias eléctricas	35
Figura 9: Sistema general de un sistema de control	39
Figura 10: Diagrama de bloques de un sistema de control.	40
Figura 11: Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto.	42
Figura 12: Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado.	42
Figura 13: Logo de Unity.	43
Figura 14: Ventanas de la interfaz del editor de Unity 3d.....	44
Figura 15: Modelo de Referencia de 5 capas para el IoT.....	47
Figura 16: Internet de las cosas IoT.	48
Figura 17: Espacio para construcción de la cabina de pintura.	49
Figura 18: Rieles moldeados manualmente.	51
Figura 19: Anclaje de los rieles al techo por medio de chazos.	51

Figura 20: Anclaje al techo sistema corredizo.	52
Figura 21: Bases para guía y soporte del sistema de rieles.	53
Figura 22: Prueba con láminas de drywall.	54
Figura 23: Pletinas de sujeción y rodachinas tipo carrito.....	56
Figura 24: Láminas de aglomerado de densidad media MDF.	57
Figura 25: Extractores.	63
Figura 26: Caja de control eléctrico en obra negra.	64
Figura 27: Caja de control eléctrica pintada.	64
Figura 28: Tablero de control eléctrico en construcción.	66
Figura 29: Tablero de control.	66
Figura 30: Fuente de alimentación 12v y tarjeta de conexiones 5v con el pulsador de emergencia.	67
Figura 31: Conexiones eléctricas, caja de tacos, tablero y cometida.	68
Figura 32: Diagrama de entradas y salidas tarjeta 1 WeMos D1 ESP8266 WiFi.....	70
Figura 33: Diagrama de entradas y salidas tarjeta 2 WeMos D1 ESP8266 WiFi.....	70
Figura 34: Diagrama de bloques del sistema de control.	71
Figura 35: Diagrama de tiempo-temperatura para un control on-off con histéresis.	
Controladores de procesos industriales.....	72
Figura 36: Caja de mando eléctrico y de control.	73
Figura 37: Modulos relevadores.	73
Figura 38: Contactor.	74
Figura 39: Construcción y pintado de toneles.....	76
Figura 40: Resistencias calefactor 1.....	76

Figura 41: Resistencias con aleteado en aluminio para disipación de calor (calefactor 1).	77
Figura 42: Turbina del calefactor y anclaje de las resistencias al tonel.	78
Figura 43: Resistencia calefactora en espiral con aleteado en aluminio (calefactor 2)....	78
Figura 44: Turbina y resistencias (calefactor 2).	79
Figura 45: Plano de conexión eléctrica (calefactor 1).	80
Figura 46: Plano de conexión eléctrica (calefactor 2).	81
Figura 47: Espacio para hacer la cortina de agua.	83
Figura 48: Cortina de agua en proceso de desarrollo.	83
Figura 49: Motobomba cortina de agua.	84
Figura 50: Conexión eléctrica de la cortina de agua.	85
Figura 51: Modelo de la planta control temperatura.	85
Figura 52: Esquema de conexión sensor digital de temperatura DS18B20.	87
Figura 53: Diseño estructural de la interfaz gráfica de usuario.	88
Figura 54: Acceder a un Game Object > UI > Button.	89
Figura 55: Interfaz gráfica de usuario.	90
Figura 56: Botón iluminación.	91
Figura 57: Botón extracción.	91
Figura 58: Botón calefacción.	92
Figura 59: Botón filtro de agua.	92
Figura 60: Botón apagar sistema.	92
Figura 61: Botón aceptar.	93
Figura 62: Conexión Red WiFi.	94
Figura 63: Librería ESP8266WIFI.h.	94

Figura 64: Variables de conexión WiFi.	94
Figura 65: Monitor serial dirección IP local.	95
Figura 66: Puertos Tarjeta uno y dos.	95
Figura 67: Dirección IP ingresada.	99
Figura 68: Tabla cuánto cuesta pintar un carro según consumo eléctrico.	102

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Clases para los sockets TCP.....	97
Tabla 2: Plan de mantenimiento para la cabina de pintura.....	102

Resumen

Este trabajo de grado consiste en la implementación de un sistema de control de aire y temperatura para una cabina de pintura, controlada por medio de una aplicación en un dispositivo móvil, que permita mitigar incumplimientos a las normas de sustentabilidad ambiental y condiciones de vida de la población, juntamente con el diseño de una instalación que proporcione un ambiente adecuado para la aplicación de la pintura. Al mencionar adecuado implica factores como son: iluminación, ventilación, calefacción y filtrado de partículas de pintura, generando un ambiente óptimo para el proceso de pintado automotriz. Se compararon hojas técnicas de las especificaciones de la pintura a utilizar, y de acuerdo con este tipo, se determinó la correcta selección y balanceo de todos los componentes ya mencionados.

Abstract

This degree work consists in the implementation of an air and temperature control system for a paint booth, controlled by an application in a mobile device that allows to mitigate non-compliance of environmental sustainability norms and life conditions of the population, together with the design of an installation that provides an adequate environment for the paint application. When “adequate” is mentioned implies factors such as: lighting, ventilation, heating and filtering of paint particles, generating an optimal environment for the automotive painting process. Technical sheets of the specifications of the paint to be used were compared, and according to this type, the correct selection and balancing of all the components was determined.

Capítulo 1. Aspectos Generales.

1.1 Planteamiento del Problema.

En el barrio Roma Kennedy segundo sector, una de las muchas actividades económicas que se mueve constantemente es el funcionamiento de talleres de latonería y pintura; hoy en día se presentan problemas de polución, aplicación y control de los procesos de pintura, incumpliendo las normas según ley 1454 del 2011, artículo 3 parágrafo 6, en cuanto a la sustentabilidad ambiental y condiciones de vida de la población.

Por lo anterior, este trabajo de grado tiene como propósito implementar un sistema de control industrial, el cual permita controlar la temperatura, y el flujo de aire en el sistema de ventilación, secando la pintura según especificaciones técnicas del fabricante, y enviando las partículas de pintura a una trampa de agua. Los procesos antes mencionados serán monitoreados por una aplicación móvil para móviles con sistema operativo Android, el cual se comunicará con la cabina de pintura a través de un módulo de comunicación wifi, permitiendo los procesos antes mencionados.

1.2 Justificación.

El objetivo principal de este trabajo de grado es mejorar la calidad y productividad de los procesos de pintado en estos talleres, apoyándose con la normatividad internacional **ASHRAE**, **OSHA**, **NIOSH** en cuanto a montajes y normas de construcción de una cabina de pintura, sin dejar de lado la sustentabilidad ambiental y condiciones de vida de la población. Procesos que automatizar: secado de la pintura por medio de resistencias eléctricas, junto con un sistema de ventilación en donde dirigiremos las partículas de pintura a una trampa de agua, configuración del módulo de comunicación wifi entre la cabina de pintura y el dispositivo móvil.

Lo que hace importante este trabajo de grado, es la contribución, a la sustentabilidad ambiental y condiciones de vida de la población; igualmente se contribuirá a la mejora de estas actividades económicas, ya que las piezas pintadas estarán libres de partículas de polvo, y el secado rápido permitirá entrega de acabados excelentes en tiempos reducidos, beneficiando al taller en general y a los trabajadores, ya que estos podrán laborar en condiciones controladas y menos perjudiciales para la salud.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo General.

Implementar un sistema de control de aire y temperatura para una cabina de pintura, controlada por medio de un dispositivo móvil.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Construir y acondicionar una cabina de pintura.
- Implementar el software de control para una cabina de pintura.
- Diseñar los circuitos de acondicionamiento de señal para el sistema de control.
- Implementar una comunicación inalámbrica entre el proceso de control de la cabina de pintura y el dispositivo móvil.
- Controlar los procesos de la cabina de pintura a través de una aplicación en un dispositivo móvil.

1.4 Antecedentes.

Los textos académicos tomados como referencia para la elaboración de este trabajo de grado son:

Sartenejas, febrero (2006). Universidad Simón Bolívar “Análisis de factibilidad Técnica-Económica para la compra o construcción de una Cabina de pintura de Vehículos”.

- Este trabajo de grado implementa un estudio de factibilidad técnico y económico, para la compra o construcción de una cabina de pintura para vehículos, teniendo como soporte, fundamentos teóricos relacionados con los materiales, tipos de construcción, funcionalidad y normatividad ambiental.

John Alexander Arellano Riera, Nury Estefanía Cornejo Cordova (2015). Escuela Superior Politécnica Del Litoral “Diseño de Sistema Domótica WIFI y Aplicación Android Utilizando Hardware Idetec- Inventio”.

- Este trabajo de grado presenta un módulo de comunicación WIFI Utilizando Hardware Idetec- Inventio, permitiendo la comunicación vía inalámbrica con el sistema domótico automatizado.

John Jairo Z.P. febrero (2015). Universidad Pedagógica Nacional “Aplicación para móviles con sistema operativo Android diseñada como herramienta de apoyo para la comprensión de circuitos lógicos fundamentales”.

- Este trabajo de grado presenta el desarrollo de una aplicación móvil para móviles con sistema operativo Android, permitiendo controlar tres módulos gráficos por medio del lenguaje de programación eclipse Juno. Posible software que se utilizara para el desarrollo del proyecto de grado.

Mario Rodríguez Cerezo Universidad Autónoma de Madrid (2014)” Sistema de control remoto para aplicaciones domóticas a través de internet”.

- Trabajo de grado en el que se desarrolló un sistema de domótica completo, para el control y obtención de parámetros controlados remotamente a través de internet, además se desarrolla una aplicación web, que sirve para que el usuario acceda al sistema y lo

controle, estableciendo parámetros de configuración y comunicación, los cuales se comunicarán entre la red domótica inalámbrica y la red de internet.

Jaramillo García, P.M (2015). “Desarrollo e implementación del sistema de monitoreo de una cabina de pintura para vehículos”.

- En este trabajo de grado se desarrolló un seguimiento y monitoreo en tiempo real, a variables como: temperaturas de secado, presiones de agua, sistema de ventilación y control general de la cabina de pintura, brindando una mejor confiabilidad en los procesos y mejorando los tiempos de respuesta dentro del sistema de control, reduciendo los errores para mejorar la calidad del producto terminado.

Roberto Antonio González Dávila, universidad Rafael Landívar (2004). “Diseño de la cabina de pintura de un taller automotriz de enderezado y pintura”.

- En este trabajo de grado se diseñó una instalación buscando proporcionar un ambiente adecuado para la aplicación de pintura automotriz, teniendo en cuenta factores como: el ambiente libre de partículas, ventilación, calefacción e iluminación. Al igual se determinó las dimensiones de la cabina de pintura y material de construcción de la cabina de pintura.

Leonardo Francisco Burbano. Julio(2017).”Estudio e implementación en MATLAB de un entorno de comunicación basado en protocolos del internet de las cosas para clientes de teleoperación en robótica.”

- En este trabajo de grado se diseñó e implemento un sistema de simulación de control remoto, utilizando la plataforma de Unity3D, evaluando un entorno de comunicación y presentando un perfil de desempeño de la utilización de los protocolos del IoT como

parte de la simulación, al igual se utilizan protocolos MQTT y WebSocket, para la comunicación serial entre el dispositivo y la plataforma de Unity.

Johanna G, Joyce C, Gerson R,(2006). "Diseño e implementación de un controlador de temperatura de señales para la automatización de equipos de refrigeración".

- En este trabajo de grado de grado se desarrolló un controlador para la automatización de equipos de refrigeración, donde la temperatura es controlada y monitoreada constantemente permitiendo mejorar la conservación de los productos. Para el sistema de control de dichos procesos, se utilizó un sistema de control (ON-OFF), con histéresis y una respectiva temperatura de Setpoint; con el fin de perdurar la vida de los actuadores y la automatización del sistema.

1.5 Metodología.

Se utilizó una metodología de cascada o clásica.

Análisis: se delimitarán las necesidades y los requerimientos del usuario.

Diseño: requerimientos convertidos en esquemas y planos.

Desarrollo: se pone en marcha la construcción e implementación de dichos esquemas y planos.

Pruebas: se comprueba el correcto funcionamiento de los componentes instalados.

Implementación: según los esquemas y planos realizados se verifica si cumple con las necesidades y los requerimientos propuestos.

Mantenimiento: se ajusta el sistema teniendo en cuenta cambios, con el fin de mantener el proceso diseñado de una manera óptima el mayor tiempo posible.

1.6 Marco teórico.

1.6.1 Cabina de pintura.

Una cabina de pintura es un recinto cerrado que posee ventilación forzada, donde se llevan a cabo actividades de pintura de diversos objetos. Es un área libre de partículas indeseables que pueden afectar las condiciones finales del producto, y que permite controlar las condiciones del proceso de pintado y secado.

1.6.2 Clasificación cabinas de pintura.

Los fabricantes de cabinas de pintado ofrecen distintas posibilidades para adaptarse al espacio disponible, posibilidades de inversión y las necesidades propias de los talleres. De esta manera, una cabina puede ofrecer distintas opciones, tanto de dimensiones y estructura del recinto, como caudales de aire, montadas con basamento o sin él, grupo de aspiración e impulsor de aire de uno o dos motores, con o sin equipos depuradores de carbón activo, piso totalmente enrejado, mixto o cortina de agua, distintas calidades en los materiales empleados, secado convencional por aire, calor o mediante radiación infrarroja. (Autocity, 2014, pág. 11)

No existe una clasificación general y única de los tipos de cabina de pintura. Cada fabricante posee una gama de cabinas con características distintas, y que no necesariamente pueden ubicarse dentro de la misma clasificación de tipos de cabina que otro fabricante posee.

A continuación, se nombrarán varias clasificaciones de cabinas de pintura :

- 1) En función del sentido de la corriente de aire en el interior:
 - Cabinas de flujo vertical → Son aquellas cuya corriente de aire baja desde el techo filtrante hacia el suelo en sentido vertical.
- 2) En función del sistema de impulsión y de extracción del aire:

- Cabinas modelo equilibrado → Cuentan con un grupo impulsor y un grupo extractor, es decir, dos motores y dos ventiladores.
- 3) En función del sistema de filtración:
- Filtración por vía húmeda → El filtro empleado es una cortina de agua.
- 4) En función de la forma de suministro de calefacción:
- Intercambiador de calor.
 - Resistencia eléctrica.
 - Infrarrojo.
- 5) En función del sistema utilizado para alcanzar la temperatura deseada en la fase de secado:
- Renovación total del aire reciclado.
 - Renovación parcial del interior.

1.6.3 Estructura.

Los componentes básicos que debe tener una cabina de pintura son:

- Sistema de inyección y extracción de aire para garantizar ventilación forzada, y en muchos casos presurización del ambiente de trabajo.
- Filtros en la inyección para depuración del aire ambiental y filtros en la extracción para retener partículas sólidas de pintura, gases y otras partículas volátiles contaminantes o tóxicas.
- Iluminación adecuada requerida por el proceso.
- En caso de requerir que la cabina cumpla función de horno de secado, debe contar con una Unidad de calor o sistema de calefacción para el aire suministrado a la cabina.

- Las dimensiones de la cabina y los valores de caudal, iluminación y energía calórica varían según los requerimientos de la situación.

1.6.4 Selección de la cabina de pintura.

El primer paso para seleccionar un sistema de cabina de pintura empieza con una investigación de los requisitos de producción, los cuales nos ayudan a determinar la dirección del flujo de aire a través de la cabina de pintura, así como el método de filtración apropiado, filtro seco o lavado de agua. La cabina de pintura es una inversión que paga muchos dividendos, manteniendo un ambiente para el pintor más limpio, un acabado de calidad bueno, medios de productividad crecientes, y mejorando las condiciones de vida de la población y de los trabajadores en el cumplimiento de la sustentabilidad ambiental.

1.6.5 Principios de funcionamiento.

El aire captado en el interior o exterior de la cabina de pintura se hace pasar por un filtro para eliminar las principales impurezas, después puede o no ser calentado mediante un quemador, que eleva su temperatura hasta el punto óptimo de aplicación. Antes de entrar a la cabina se hace pasar a través de unos filtros o "plenum" que eliminan las partículas finas de polvo para evitar que la suciedad quede adherida a la película de pintura.

El aire dentro de la cabina circula desde arriba hacia abajo, creando un flujo vertical y descendente que garantiza la adecuada renovación de aire del interior de la cabina. El caudal de aire en la aplicación de pintura debe ser tal que garantice un ambiente donde la concentración de sustancias tóxicas no supera los valores permisibles, y la velocidad media de aire de unos 0,4 m/s. El diseño de la cabina ha de asegurar que en esta circulación de aire no se produzcan turbulencias, para garantizar que los restos de pintura se dirijan directamente a la zona enrejada del suelo o cortina de agua según sea el caso. Otra característica importante que debe poseer una

cabina de pintado es un buen sistema de iluminación que proporcione la cantidad y calidad de luz necesaria para un buen desarrollo del trabajo de pintado.

Una vez aplicada la pintura de acabado, esta se puede secar a temperatura ambiente, o acelerar el proceso de secado elevando la temperatura en una cabina de secado aparte o en la misma cabina en la que se ha aplicado la pintura. Por lo general, la propia cabina de pintura donde se ha aplicado la pintura actúa también como horno de secado, circulando el aire en su interior a una temperatura que oscila entre los 40 y los 60°C máximo, durante unos 45 minutos de secado aproximadamente. Por lo tanto, estas cabinas tienen dos fases de funcionamiento: una fase de pintado, con un determinado caudal de aporte de aire, a una velocidad determinada; y una segunda fase de secado en la que el caudal y la velocidad pueden ser menores, y se eleva la temperatura a unos 40-60°C. En esta fase de secado, el aire aspirado del exterior antes de ser impulsado al "plenum" de distribución, puede ser recirculado a través del intercambiador de calor en cierta proporción para un mayor aprovechamiento energético, o se emplea otro tipo de generador de calor para aumentar la temperatura del aire.

1.6.6 Principios de ventilación.

Se define como ventilación a la renovación de aire en un espacio para mantener condiciones de salubridad y comodidad, Puede producirse de forma natural o artificial.

En la ventilación natural el aire contaminado se sustituye con aire puro simplemente con el paso de aire a través de aberturas como puertas y ventanas, o por permeabilidad de las paredes. En cambio, se habla de ventilación artificial o mecánica, cuando es necesario emplear métodos adicionales o equipos para producir el flujo del aire. Esto se efectúa introduciendo aire al lugar, extrayendo aire contaminado del mismo, o combinando ambos métodos.

1.6.7 Instalaciones de ventilación forzada.

Las instalaciones de ventilación forzada o artificial están formadas por dos elementos principales: una máquina para mover el aire o ventilador, y una tubería o conducto, para transportar el aire. Ambos elementos conforman un sistema donde uno depende e influye en el otro: el diseño del conducto tiene una influencia directa sobre el tamaño, eficiencia y operación del ventilador y viceversa. (“Guía de Instalaciones mecánicas parte II: Instalaciones de ventilación forzada” , 2014)

1.6.8 Ventiladores.

El ventilador es una máquina que se utiliza para producir una corriente o flujo de aire. El uso del término *Ventilador* está limitado, por definición, a los dispositivos que producen presiones diferenciales menores a 0,25 kg/cm² (3.55 PSI), al nivel del mar.

En función de la trayectoria del fluido, los ventiladores se pueden clasificar principalmente en: ventiladores de flujo radial (centrífugos) y ventiladores de flujo axial.

- El ventilador centrífugo: Se utiliza en la mayoría de las aplicaciones en virtud de su amplio margen de funcionamiento, alto rendimiento y presiones relativamente elevadas. El flujo de aire puede variarse de modo que se adapte a los requisitos del sistema de distribución de aire mediante simples ajustes de los dispositivos de transmisión del ventilador o de control. Trabajan a velocidades menores, con lo cual producen menos ruido y tienen un menor consumo eléctrico. A su vez, los ventiladores centrífugos se clasifican por la forma de sus álabes, pudiendo ser éstas curvadas hacia delante, curvadas hacia atrás y rectas. El ventilador centrífugo de álabes curvados hacia atrás es más silencioso que los demás y de alto rendimiento. El de álabes curvados hacia delante alcanza su máximo rendimiento a bajas velocidades,

pequeños caudales y altas presiones estáticas; y el de álabes rectos es auto-limpiante, por lo que se recomienda para aplicaciones en ambientes con mucho polvo o elementos sólidos suspendidos en el aire. (Milton López, 2014)

1.6.9 Filtros de la cabina de pintura.

1.6.9.1 Cabinas de filtro seco.

En estos equipos, la pintura sobrante que no se adhiere a las piezas es succionada hacia un filtro de papel especial, fabricado para realizar la captura de partículas de mayor tamaño, para después pasar por un segundo filtro de fibra de vidrio, lo que permite la captura del 99.9% de residuos peligrosos y la salida del aire limpio al medio ambiente.

Existen equipos compactos para series pequeñas de producción o retoques, y cabinas de tipo industrial, de 2,0 metros hasta 6,0 metros de ancho, con una altura de 2.40 metros.

El papel filtrante que se comercializa actualmente tiene una capacidad máxima de captura de 12 kg/m²; después de este límite el filtro debe ser renovado ya que se satura y los poros se tapan, lo que ocasiona la pérdida de la capacidad de filtración. Adicionalmente, por la saturación, el filtro puede escurrir el desperdicio dentro de la cabina. En este sentido, se recomienda monitorear periódicamente el nivel de saturación del papel y establecer, con base en el número de galones de pintura aplicados por mes, cada cuánto se debe reemplazar este insumo.

Es muy importante adquirir filtros originales del fabricante del equipo, ya que en el mercado hay papel filtrante de bajo costo que no cumple con los niveles mínimos de retención de partículas y se saturan rápidamente. Una vez se reemplazan los filtros, hay que contratar una firma autorizada para la adecuada disposición de este residuo, acorde con la normatividad vigente.

Aunque, inicialmente la instalación de una cabina de filtro seco tiene un costo menor, se recomiendan estos equipos para aquellas empresas con pequeños volúmenes de producción y una baja aplicación de pintura, ya que, a mediano y largo plazo, la saturación constante de los filtros y el recambio de éstos, aumentan los costos operativos ostensiblemente. (Villar J. S.-C., Filtro seco o cortina de agua, 2018, pág. 2)

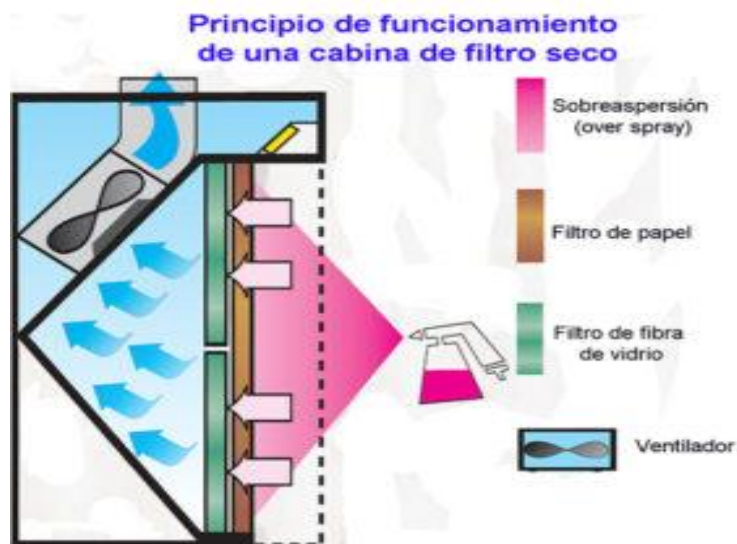


Figura 1: Principio de funcionamiento de una cabina de filtro seco. Villar C. M., 2015

1.6.9.2 Cabinas de cortina de agua.

Estos equipos integran un sistema doble para la captura de la sobre aspersion de las partículas de pintura en el aire, mediante una cortina frontal de agua (velo) que desciende en forma de cascada por la pared frontal de la estructura y un filtro de coco interno.

Al igual que en los sistemas de filtro seco, el ventilador se encarga de atraer el aire contaminado, esta vez, hacia la cortina de agua, la cual es generada por una bomba que recircula el líquido. El agua arrastra las partículas más pesadas hacia un tanque en la parte inferior de la estructura en donde se acumularán.

Por su parte, el aire contaminado con las partículas más pequeñas es dirigido a la zona posterior de la cabina, donde choca con los paneles reduciendo la velocidad, y ocasionando que

la otra parte de los residuos caigan también al tanque de recolección. Finalmente, los residuos más pequeños (del tamaño de micras) son dirigidos hacia un filtro de fibra natural de coco que los captura.

El filtro de coco es similar a un tapete y tiene una vida útil más prolongada. Incluso, cuando la pintura se solidifica es posible sacar el filtro, sacudirlo y recolectar el residuo para entregarlo al ente autorizado.

Cuando se acumulan los lodos de pintura en el tanque de agua, el líquido contaminado debe ser depurado por un equipo de decantación. Hasta hace poco, el agua con los lodos era conducida mediante una bomba hacia un sistema con sacos filtrantes, que retenían los residuos sólidos y dejaban salir el agua clara, la cual, nuevamente, se reutilizaba.

Las cabinas de cortina de agua entregan excelentes beneficios a las empresas en las que el volumen de producción y de aplicación de pintura es alto. Pues, aunque el costo de instalación inicial es mayor al de un equipo de filtro seco, a lo largo del tiempo, presenta un atractivo ahorro de dinero, gracias a la disminución de los mantenimientos y el menor costo de los insumos empleados (agua, filtro de coco y rollo de papel filtrante). Para evaluar realmente el costo de cada tipo de cabina (filtro seco y cortina de agua), el usuario debería considerar no sólo la inversión inicial de la instalación, sino comparar el precio de los insumos y del mantenimiento a lo largo de toda la producción.

Si bien es cierto, el costo inicial de la cabina de cortina de agua puede duplicar el de filtro seco, el precio de los consumibles y del mantenimiento, evidentemente es mayor en esta última, ya que el papel solo puede capturar una cantidad específica de sólidos, antes de llegar a un punto en el que el flujo del aire es menor que las tasas de recolección aceptables. En este punto la producción se debe detener mientras se reemplazan los filtros.

(Villar J. S.-C., Filtro seco o cortina de agua, 2018, pág. 4)

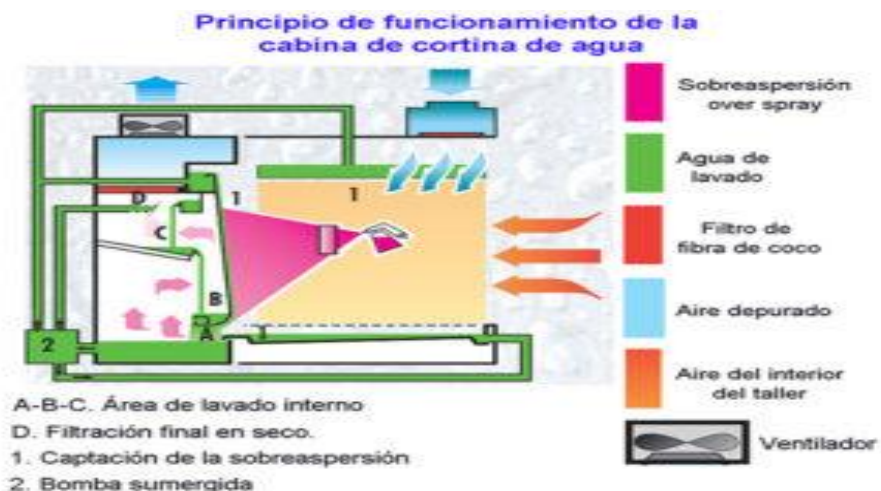


Figura 2: Principio de funcionamiento de la cabina de cortina de agua. Villar C. M., 2015

1.6.10 Dimensiones de la cabina de pintura.

Determinar el tamaño de la cabina es un paso importante para desarrollar el diseño del sistema, ya sea (manual o automático). Revisando el diseño y la situación de la cabina, ayudará a determinar si el espacio repartido es adecuado para el tamaño y estilo de esta.

Para la anchura, se debe medir la dimensión del auto más grande, y se agrega 80cm en cada lado. Este espacio permite voltear la parte a pintar y permite al operador trabajar cómodamente.

1.6.11 Características técnicas de diseño.

Una buena cabina de pintura para vehículos debe cumplir con una serie de requisitos básicos de diseño, los cuales se presentan a continuación:

- La construcción de la cabina debe ser modular pero sólida.
- El diseño debe asegurar la ausencia de turbulencias y de sobrepresiones elevadas.

Por esta razón se debe tener especial cuidado en el diseño de los sistemas de

inyección y de extracción de aire, así como también en lo referente al diseño del “plenum” presurizador.

- El nivel de iluminación dentro de la cabina debe ser uniforme y el flujo luminoso debe ser alrededor de 1000 luxes y nunca inferior a 800 luxes.
- Un buen sistema de iluminación debe proporcionar la cantidad y calidad de luz necesaria para un buen desarrollo del trabajo de pintado. Esta calidad de luz garantiza una buena reproducción cromática con un espectro de luz lo más semejante a los patrones de luz día, necesario para una buena percepción del color para la operación de ajuste, ya que la calidad de pintado de un vehículo depende en gran medida de un correcto ajuste del color de acabado.
- Una de las características fundamentales es la velocidad del aire en el interior de la cabina (0,4m/s), la cual debe garantizar una correcta evacuación de los gases y asegurar la renovación del aire recomendada. Esta ventilación en la cabina garantiza una sobrepresión, pero no hay que olvidar que el caudal de aire debe estar de acuerdo con el espacio.
- El techo filtrante debe ser suficientemente amplio para garantizar la ausencia de corrientes contrarias al flujo vertical existente, cuya presencia determinaría la creación de remolinos que puedan afectar el acabado final.
- La cabina de pintura debe constar de un sistema de calefacción y de regulación que garantice una temperatura constante y uniforme con una diferencia máxima de 5°C.

- La cabina debe tener una adecuada superficie de filtros para pintura de expulsión, correctamente colocados en la zona de paso del aire, que garanticen una retención no menor al 85-90% de las partículas de pintura que no se depositan.
- Estudios técnicos realizados en cabinas de pintado de automóviles, en los que se ha relacionado velocidad de aire y concentraciones ambientales de contaminantes, han permitido establecer los siguientes principios básicos que garantizan alcanzar satisfactoriamente ambos objetivos:
 - El flujo de aire debe mantenerse regular y homogéneo en la zona de trabajo.
 - El caudal de aire del sistema de ventilación debe ser el suficiente para mantener una velocidad media del aire igual o superior a 0.4 metros por segundo, con valores individuales no inferiores a 0.3 metros por segundo.
 - En las cabinas destinadas al pintado de grandes vehículos como camiones, las medidas deben realizarse a 0.5 metros del vehículo, a 1.5 metros de altura, 2 delante, 2 atrás y por tramos de 1.5 a 2 metros en ambos costados.
 - Las mediciones deben hacerse con un anemómetro capaz de indicar velocidades de aire comprendidas entre 0.1 y 1 metros por segundo.

Para cumplir estos principios básicos es recomendable seguir las siguientes normas:

- La superficie filtrante del plenum de impulsión debe abarcar la mayor parte posible del techo de la cabina, cercano al 80% del mismo. Superficies inertes mayores pueden provocar turbulencias perjudiciales.
- La superficie de salida del aire debe estar distribuida uniformemente por el suelo, normalmente un foso central o dos canales longitudinales bajo el emparrillado metálico.

- La profundidad del foso o de los canales longitudinales favorece la verticalidad del flujo de aire. Se recomiendan profundidades de 0.4 metros o mayores.
- Los paneles filtrantes del aire impulsado, y en su caso los del extraído, deben revisarse y renovarse con una periodicidad adecuada a las condiciones de trabajo de cada taller. Este aspecto puede modificar totalmente la eficacia del sistema de ventilación.

1.6.12 Ventajas de implementar la cabina de pintura.

No obstante, los expertos precisan que la utilización de una cabina de pintura es, indudablemente, uno de los factores que influyen en el acabado de un vehículo, siendo el principal objetivo de un buen profesional un acabado perfecto. Sin embargo, consideran que sería un grave error pensar que por el simple hecho de pintar en una buena cabina se pueden descuidar otros aspectos como la preparación de la lámina, un lijado perfecto, una limpieza tan cuidadosa como para garantizar que ninguna partícula de polvo haya quedado en la superficie a pintar. O sea, preparación y limpieza son dos ingredientes básicos para el acabado final.

1.6.13 Resistencia calefactora.

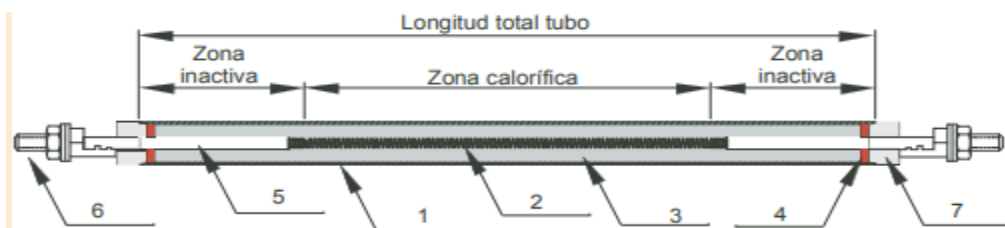


Figura 3: Resistencia tubular. *electricfor, n.d.*

- **Funda tubular:** Varía en función del material a calentar y la temperatura de uso. Véase la tabla adjunta donde se encuentran algunos de los materiales de funda más estándar, así como las distintas opciones de diámetros y longitudes de tubo.

- **Espiral resistiva:** Hilo resistivo de aleaciones de Níquel Cromo u otros metales. Varía en función del tipo de trabajo al que se destina la resistencia. La espiral resistiva puede estar constituida por uno, dos o tres hilos los cuales son la fuente de calor.
- **Granulado aislante:** Oxido de magnesio electro fundido con las características adecuadas a la clase térmica constructiva. Una vez compactado por laminación o compresión se consigue una buena conductividad térmica a la vez que se asegura el aislamiento dieléctrico correcto.
- **Sellado:** Protege contra la entrada de humedad al interior de la resistencia. Cinco tipos de sellados :
 - Sellado estanco.
 - Sellado extra estanco.
 - Sellado extra estanco de alta temperatura.
 - Sellado transpirable.
 - Sellado transpirable de alta temperatura.
- **Salida:** En acero pre niquelado, acero inoxidable AISI 303 o acero. La longitud de la salida interna determina la zona inactiva de la resistencia.
- **Borne de conexión:** Distintos tipos de bornes para su conexión a la red de alimentación.
- **Aislante borne:** Pasamuros de material cerámico o termo plástico para asegurar el aislamiento dieléctrico entre la salida y la funda tubular. (Termic, 2017, pág. 4)

1.6.14 Resistencia calefactora para aire forzado.

Calefactores aleteados características generales:

- Elementos blindados en AISI 321 o AISI 304L de $\varnothing 8$ mm para modelos AL y ALEC y $\varnothing 10$ mm para modelos .ALG.
- Aleta de aluzinc o chapa aluminizada de 25x50 mm para mods.AL y ALEC y 40x70MM para modelos ALG.
- Racores engrapados de acero zincado.
- Tensión normalizada ~230V.

Características particulares para modelos AL y ALG:

- Temperatura máxima con velocidad de aire = 2 m/seg \rightarrow 200°C.
- Temperatura máx. sin ventilación (velocidad de aire = 0 m/seg.):60°C.
- Para temperatura ambiente superior a 60°C es necesario ventilación forzada.
- Para temperatura de trabajo superior a 125°C es necesario aislar térmicamente los bornes de conexión de la zona de calentamiento. (Catálogo técnico-tarifa de precios Resistencias Eléctrica , p. 31)

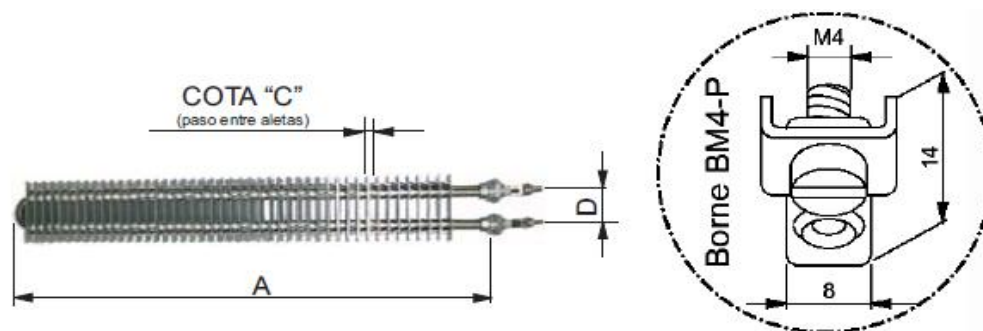


Figura 4: Resistencia aleteada. Catálogo técnico-tarifa Resistencias Eléctrica, p. 31

1.6.15 Baterías eléctricas para aire forzado.

- **características constructivas:** Marco en chapa galvanizada. Resistencias blindadas tubo AISI 321 o 304L diam.8 milímetros. Aletas 25 x 50 milímetros en chapa galvanizada, con racores engrapados de acero zincado. Termostato disco de

protección incorporado de 74°. Se sirven sin cablear, lo cual permite al cliente hacer el montaje eléctrico adecuado a sus necesidades, pudiendo trabajar a 220V en monofásico, o 220/380V en trifásico. (Catálogo técnico-tarifa de precios Resistencias Eléctrica , p. 31)

Modelo	Dimensiones			Potencia		Resistencias	
	A	B	C	Kw	Kcal/h	Cant.	Potencia
MES 3	400	250	50	3	2.580	3	1000 W
MES 6	400	250	75	6	5.160	6	1000 W
MES 3/2	400	500	50	3	2.580	3	1000 W
MES 6/2	400	500	75	6	5.160	6	1000 W
MES 9	400	500	75	9	7.740	9	1000 W
MES 12	400	500	100	12	10.320	12	1000 W
MES 15	400	500	100	15	12.900	15	1000 W
MES 18	400	500	100	18	15.480	18	1000 W
MES 21	400	500	100	21	18.060	21	1000 W
MES 24	400	500	100	24	20.640	24	1000 W
MES 4,5	500	250	50	4,5	3.870	3	1500 W
MES 9/2	500	250	75	9	7.740	6	1500 W
MES 9/3	500	500	50	9	7.740	6	1500 W
MES 13,5	500	500	75	13,5	11.610	9	1500 W
MES 18	500	500	75	18	15.480	12	1500 W
MES 22,5	500	500	75	22,5	19.350	15	1500 W
MES 27	500	500	100	27	23.220	18	1500 W



Figura 5: Tabla aire forzado. Catálogo técnico-tarifa Resistencias Eléctrica

1.6.16 Baterías eléctricas para aire forzado blindadas.

Características constructivas: Marco de chapa en acero zincado bicromatizado. (2) Una placa bornas de esteatita para conexión trifásica bitensión 220V - 380V para cada etapa de calor. (3) Conexión de seguridad con cable de silicona. (4) Termostato disco de protección 74 o 110° C, 10A para conectar intercalado en serie con todas las bobinas de los contadores. (5) Toma de tierra incorporada. (6) Tapa de protección del conexionado y bornas. (7) Elementos térmicos.

Los elementos calefactores son de acero inoxidable sin aletas. Los calefactores de acero inoxidable producen menos pérdidas de carga, ya que la superficie que frena el paso del aire es menor que en los aleteados y aunque su superficie de radiación es más pequeña tienen un coeficiente de disipación del calor muy elevado. (Catálogo técnico-tarifa de precios Resistencias Eléctrica , p. 32)

Modelo	N.º aline.	N.º resist.	Dimensiones (mm)				kW	Nº etapas	kW totales combinando 1, 2 o 3 módulos
			A	B	C	D			
MB-4	1	3	450	450	50	82	4	1	4-6-8-10
MB-6	1	3	450	450	50	82	6	1	12-14-16-18
MB-8	1	3	450	450	50	82	8	1	20-22-24-26
MB-10	1	3	450	450	50	82	10	1	28-30

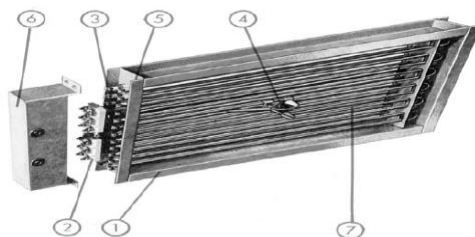


Figura 6: Dimensiones y modelos aire forzado. Catálogo técnico-tarifa Resistencias Eléctrica, p. 32

Combinaciones aconsejadas según entrada de aire.

MB-4	MB-8	MB-6	MB-10	MB-8	MB-6	MB-6	MB-10	MB-8
MB-4	MB-4	MB-10	MB-4	MB-4	MB-6	MB-4		
MB-10	MB-4							
18 kW	16 kW*	16 kW	14 kW	12 kW*	12 kW	10 kW	10 kW	8 kW*

Figura 7: Combinación de aire y resistencias según consumo. Catálogo técnico-tarifa Resistencias Eléctrica, p. 32

1.6.17 Conexiones para las resistencias eléctricas.

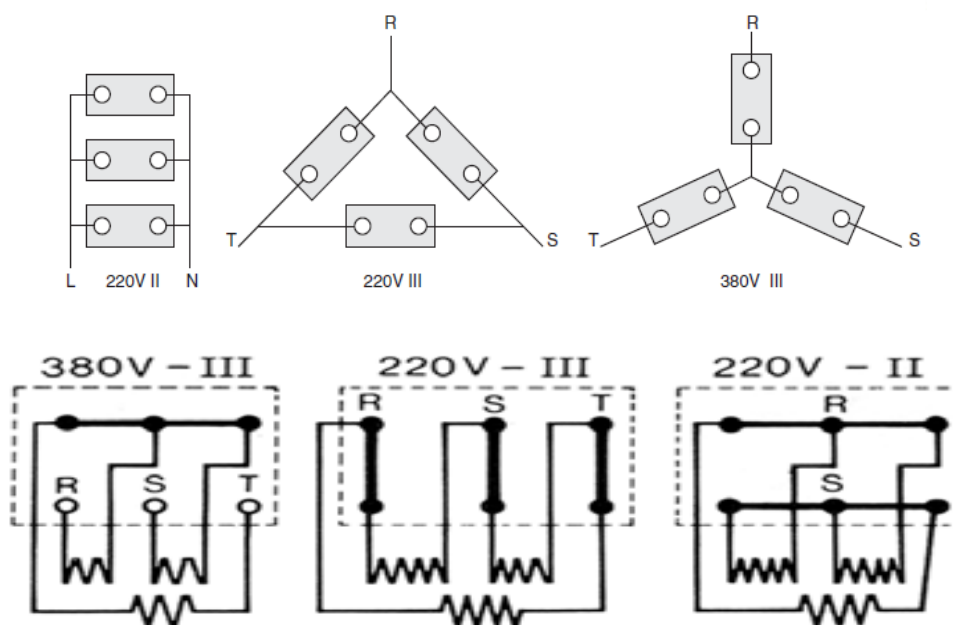


Figura 8: Conexiones resistencias eléctricas. Catálogo técnico-tarifa Resistencias Eléctrica, p. 32

1.6.18 Normative international.

- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers).
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration).
- NIOSH (National Institute Occupational Safety and Health).

Se comienza con las recomendaciones y normas de ventilación industrial que presenta la **normatividad ASHRAE**: en lo referente a cabinas de pintura, en el tomo ASHRAE SYSTEMS

HANDBOOK 1976 se encuentra una guía de recomendaciones acerca de velocidades de ventilación industrial (flujo de aire y velocidad de transporte) en función de la operación y tipo de lugar.

1.6.19 La normatividad OSHA.

Presenta una serie de lineamientos para el diseño de lugares donde se lleven a cabo operaciones de pintura. En algunos de sus apartados se define una cabina de pintura como una estructura con ventilación mecánica en la cual se llevan a cabo operaciones de rociado de pintura, y que sirve para confinar y limitar el escape de partículas, vapores y residuos en general, y conducirlos de una manera segura a un sistema de escape. Adicionalmente, se encuentran definiciones de tipos específicos de cabinas de pintura donde las dimensiones físicas de los objetos a tratar son de importancia principal. Los requerimientos de cada una de estas cabinas serán completamente diferentes en cuanto a la ventilación y a los equipos de protección personal. Sin embargo, las recomendaciones de este organismo se refieren casi en su totalidad a cabinas de pintura no cerradas, por lo cual solo son consultadas como apoyo o referencia, y no con carácter de lineamiento a seguir. Se puede observar también recomendaciones de flujo y velocidad de aire en el interior de la cabina, e información acerca de colectores y filtros, así como requerimientos que corresponden a normas de departamentos de protección contra incendios, en los cuales se plantean los niveles permisibles de concentración de vapores y sustancias explosivas en el interior de cabinas de pintura, al igual no se presenta recomendaciones específicas para un problema o situación particular. Este organismo también expone los límites permisibles de algunas sustancias que pueden resultar nocivas, tóxicas y hasta letales para la salud de las personas.

1.6.20 La normatividad NIOSH.

Por su parte, al igual que muchos de los organismos comentados anteriormente, presenta recomendaciones y normas a seguir para la seguridad y salubridad en ambientes o espacios ocupados por personas, así como también habla de la necesidad de los equipos de protección personal requeridos en algunas situaciones.

1.6.21 Ubicación según normas.

De acuerdo con la OSHA, las cabinas de pintura deben estar completamente separadas de todas las demás tareas y ubicadas a por lo menos 20 pies (6,1 metros) de materiales inflamables. Asimismo, exige que las cabinas de pintura posean un sistema aspersor separado aprobado, una evaluación de incendio de al menos dos horas y que esté construida de acuerdo con determinados estándares específicos.

1.6.22 Construcción.

Las cabinas de pintura deben estar hechas de concreto, mampostería o acero reforzado y asegurado. Otro material no inflamable, como el aluminio, es aceptable para tareas con poco volumen. Todos los materiales utilizados en la construcción de cabinas de pintura deben ser no inflamables, incluyendo los que se utilicen en el sistema de suministro de aire. Asimismo, las cabinas deben estar diseñadas para que se puedan limpiar de manera sencilla y segura, y para que los gases salgan por el tubo de escape. Podrás encontrar más especificaciones sobre la construcción de cabinas de pintura en los estándares de OSHA 1910.94(c) y 1910.107.

1.6.23 Electricidad.

Todos los materiales eléctricos e inflamables dentro de la cabina y del radio de 20 pies (6,1 metros) alrededor de esta están incluidos en los estándares de la OSHA. En las cabinas de rocío, solo se pueden utilizar apliques de luz empotrados y dentro de paneles protectores y

lámparas portátiles aprobadas para las ubicaciones peligrosas de Clase 1. Esto incluye toda la iluminación del exterior de la cabina que se encuentre dentro de los 20 pies (6,1 metros) de distancia. Todos los equipos que generen llamas, calor y chispas deben permanecer a una distancia de 20 pies (6,1 metros) de la cabina, a menos que se encuentren separados por una partición. Dentro de la cabina, el cableado eléctrico y los equipos también deben estar aprobados dentro de las ubicaciones de peligro Clase 1, División 1. El cableado y el equipo eléctrico que se encuentren fuera de la cabina, pero dentro de los 20 pies (6,1 metros) de distancia deben estar aprobados dentro de las ubicaciones de peligro Clase 1, división 1; Por último, todas las piezas metálicas de la cabina deben estar debidamente cubiertas.

1.6.24 Ventilación.

Las cabinas de pintura deben estar equipadas con un sistema de ventilación mecanizada, a fin de eliminar gases nocivos y residuos que queden en el aire. El aire no se puede recircular y la salida de este se debe alejar de los ingresos de aire de la cabina. Las salidas de aire, de acuerdo con la OSHA, se deben seguir con atención, a fin de evitar el riesgo de incendio y de gases nocivos. Todas las partes del sistema de ventilación la salida independiente, los ventiladores, los motores, las correas y los conductos deben cumplir con la regla 1910.94(c)(5) de OSHA. También se debe proporcionar ventilación adecuada para que los objetos pintados puedan secarse, a fin de evitar la acumulación de gases explosivos.

1.6.25 Velocidad y circulación del aire.

El estándar de la OSHA 1910.94(c)(6) establece el mínimo de velocidad de aire en las cabinas de aerosol, de acuerdo con el funcionamiento específico y el tamaño de estas. Al momento de diseñarla, consulta la tabla G-10 de OSHA. Asimismo, los gases nocivos se deben diluir en un 25% de su límite explosivo mínimo. Se debe proporcionar un respirador para el

suministro de aire que cumpla con esta norma, para que no alcance a los trabajadores el producto que se rocía, al igual las puertas deben estar cerradas durante el proceso de pintura.

1.6.26 Aire para compensar.

La cabina debe recibir aire nuevo y limpio en la misma cantidad que sale de ella. Todas las puertas que suministren este aire deben permanecer abiertas durante la actividad, y la velocidad no puede ser mayor a los 200 pies (60,9 metros por minuto). Puedes encontrar normas más específicas para cada operación en el estándar 1910.94(c)(7) de OSHA.(Becklin, 2007, pág. 2)

1.6.27 Sistemas de control.

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos encargados de coordinar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema con el fin de obtener resultados deseados, es decir que mediante la manipulación de variables de control podemos tener un dominio sobre las variables de salida.

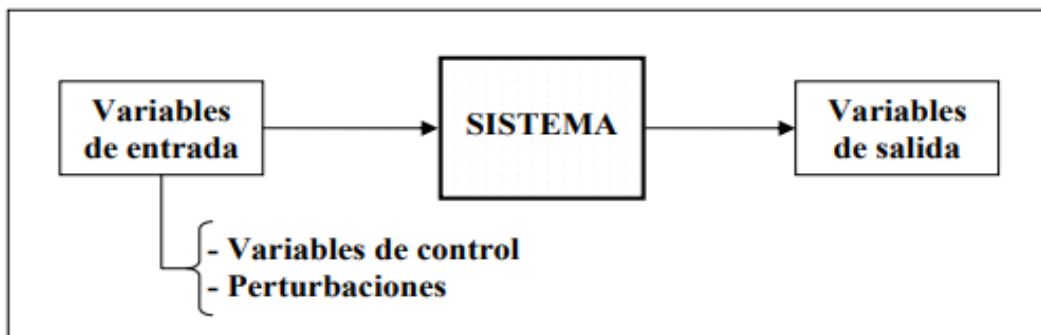


Figura 9: Sistema general de un sistema de control. BROTONS ALVARES, 2004, P.5

1.6.28 Requisitos de un sistema de control.

- Garantizar la estabilidad, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos. Sí un sistema de control es inestable, podría producir oscilaciones persistentes o de gran amplitud en la señal, por lo anterior si un sistema es inestable no se puede hablar de sistema de control.

- Exactitud: No hay sistemas de control que sean capaces de mantenerse sin errores, Matemáticamente se puede reducir ese error a casi cero, ya que siempre existirán imperfecciones inherentes a los componentes del sistema. (Karol Bohórquez; Diego Fonseca; Santiago Gutiérrez, 2017, p. 28).
- Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador. Debe funcionar en los lapsos de tiempo correctos, la característica importante de un sistema de control es dar respuestas rápidamente, es decir si un sistema es estable y presenta exactitud, el tiempo de respuesta se efectuará de manera rápida en lapsos de tiempos correctos.

1.6.29 Variables del sistema de control.

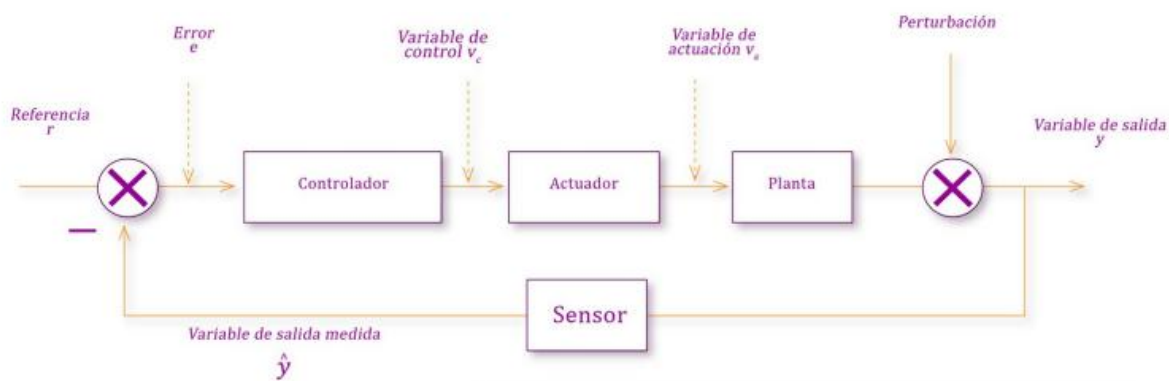


Figura 10: Diagrama de bloques de un sistema de control. Rubén Morales; Ricardo Ramírez, 2013, p.16

- **Referencia:** La referencia (o entrada) es el objetivo de control a ser obtenido. Dichos objetivos puede ser una posición final deseada, una aceleración, etc. Esta referencia puede ser estática (es decir, un valor fijo), en cuyo caso es conocido como set-point.
- **Variable de control:** La variable de control es la señal que representa el nivel de control requerido del controlador hacia el actuador del sistema físico.

- **Variable de actuación:** La variable de actuación, en cambio, corresponde al nivel de actuación físico que requiere el sistema para moverse. Es decir, es una transformación de la variable de control a una variable que afecta la dinámica del sistema.
- **Variable de salida:** Esta variable o señal corresponde a la salida del sistema, es decir, la medición que queremos obtener.
- **Variable de salida medida:** Esta señal corresponde a la presencia de elementos de sensado. En un sistema de sensado con cero errores de medición, esta señal debería de ser igual a la variable de salida.
- **Error:** En un sistema de lazo cerrado, el error es una de las señales más importantes a considerar.
- **Perturbación:** En un sistema de control pueden existir fuerzas externas que afecten el desempeño del sistema. (Rubén Morales; Ricardo Ramírez, 2013, p.17-18)

1.6.30 Sistema en lazo abierto.

Este sistema también es conocido como sistema sin realimentación, es decir que el controlador determina la acción de salida únicamente en función de la entrada al sistema de control.

Sin embargo, en lazo abierto generalmente es insuficiente, debido a los errores del modelo y a los errores en la estimación de las perturbaciones (Cesar Román, p.5-6). Por lo anterior este sistema no tiene sensores que estén constantemente informando el estado en el que se encuentra.

En la figura 11 se representa el diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto

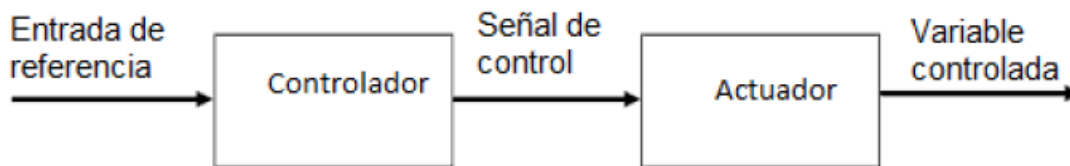


Figura 11: Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto. Carlos Garrido, 2015, p. 20

En esta representación se describe la lógica del funcionamiento de una manera secuencial, permitiendo modelar el sistema y encontrar errores de diseño.

1.6.31 Sistema en lazo cerrado.

Este sistema también es conocido como sistemas realimentados, en la cual la señal de salida realimenta al sistema de control mediante sensores, como se puede observar en el diagrama de bloques de la Figura 12. En consecuencia, las perturbaciones son desconocidas, pero son consideradas indirectamente mediante sus efectos sobre las variables de salida.

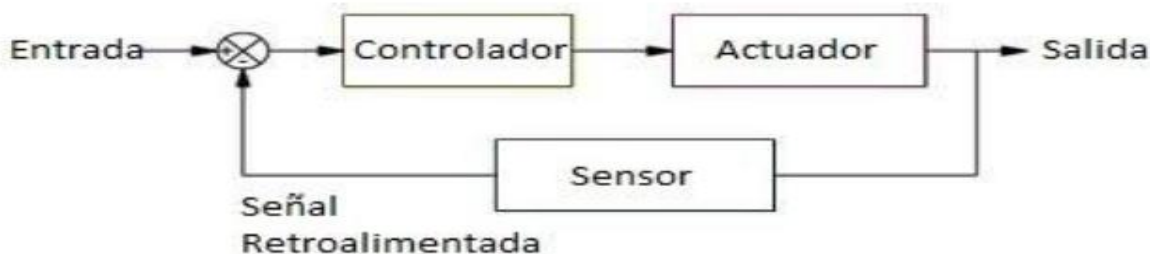


Figura 12: Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado. Garrido, 2015, pág. 20

1.6.32 Unity 3d.

Unity es un motor de desarrollo para la creación de juegos, aplicaciones y experiencias en 2D y 3D creado por *Unity Technologies*, ofrece tres tipos de licencias las cuales son: Licencia Plus encaminada a aficionado, Licencia Pro para equipos y freelancers, Licencia Personal versión gratuita de Unity para principiantes no incluye soporte, capacitación y servicios adicionales. Unity está disponible para plataformas como Microsoft Windows, Mac OS X y Linux.



Figura 13: *Logo de Unity. stickpng, n.d.*

Unity permite crear componentes utilizando scripts. Esto permite activar eventos, modificar las propiedades de los componentes a lo largo del tiempo y responde a entradas del usuario. Unity soporta lenguaje de programación C# de forma nativa es un lenguaje estándar de la industria similar a java o C++. En cuanto a la realización de modelos 3D es muy utilizado con programas como: Blender, Maya, 3Ds Max y otros. Los modelos realizados en cualquiera de estos programas permiten importarlos a Unity en un formato como .fbx, .3ds, .obj entre otros.

1.6.33 Plataformas de desarrollo.

Unity permite desarrollar juegos y aplicaciones en diferentes plataformas las cuales son:

- Web: WebGL
- PC: Windows, Windows Store, Apps, SteamOS, OS X y GNU/Linux.
- Dispositivos móviles: iOS y Android.
- Smart TV: Samsung Smart TV y Android TV.
- Consolas: PlayStation Vita, PlayStation 4, Xbox 360, Xbox One y Android.
- Dispositivos de realidad virtual: Oculus Rift, Google Cardboard y HTC Vive.

1.6.33.1 Interfaz del editor de Unity 3D.

La interfaz del editor se divide en cinco áreas principales las cuales son:

- **Ventana del proyecto (Project Windows):** Muestra la biblioteca de activos, que se encuentran disponibles para usar en el proyecto. Al momento de que se importan los activos como por ejemplo los modelos 3d aparecerán en esta ventana.

- **Vista de escena (Scene View):** Permite navegar visualmente y editar la escena, esta ventana permite mostrar perspectivas en 3D y 2D.
- **Ventana de jerarquía (Hierarchy Windows):** Representación de texto jerárquico de cada objeto en la escena. Cada elemento tiene una entrada en la jerarquía.
- **Ventana del inspector (Inspector Windows):** Permite ver y editar las propiedades del objeto seleccionado.
- **Barra de herramientas (Toolbar):** Permite acceso a las funciones de trabajo más esenciales las cuales son: vista de la escena, controles de reproducción, pausa y paso, acceso a servicios en la nube, visibilidad de capas, y un menú de diseño del editor.

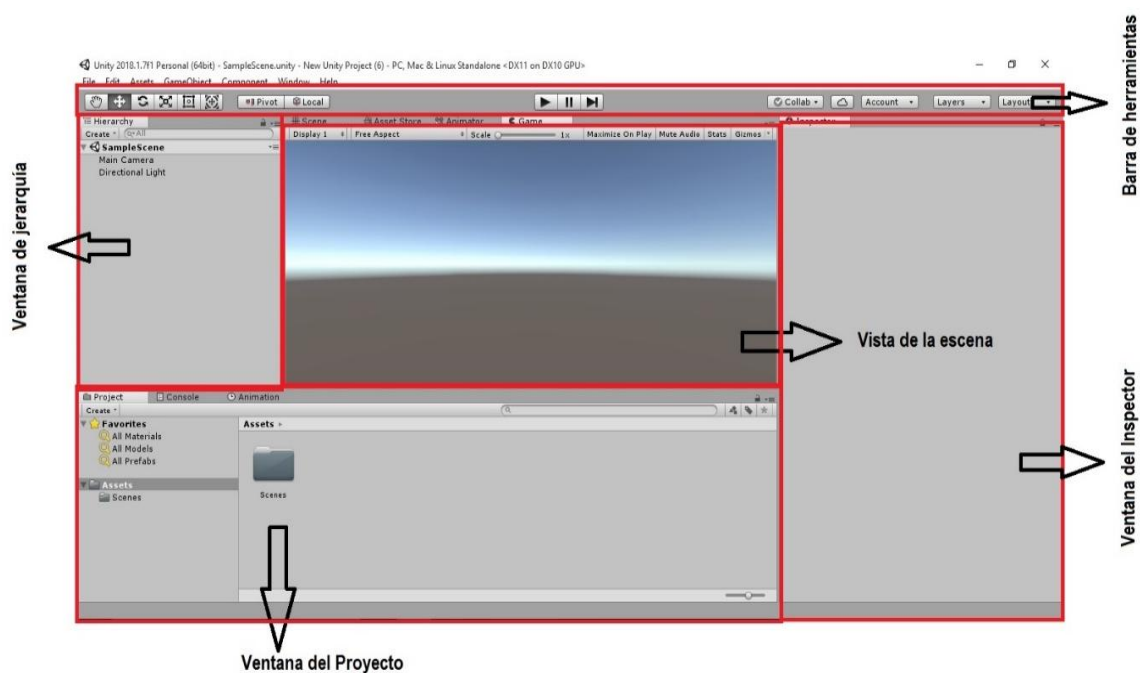


Figura 14: Ventanas de la interfaz del editor de Unity 3d. Fuente propia

1.6.34 Módulo wifi y comunicación serial.

WIFI es una de las tecnologías de comunicación inalámbrica mediante ondas más utilizadas hoy en día, comúnmente se le denomina WLAN (Wireless LAN, red inalámbrica) o IEEE 802.11. Para llegar a tener una red de comunicación inalámbrica efectiva debe contener las

siguientes características: Punto de acceso, tarjeta de red Wireless y router. (Riera & Córdova, 2015)

1.6.35 Tarjeta WiFi WeMos D1 ESP8266.

La placa de desarrollo WeMos D1, está basada en el popular chip que revolucionó el WiFi en sistemas embebidos. Con este módulo podemos realizar el prototipo de cualquier sistema para el IoT(Internet of things) en cuestión de horas. El concepto es excelente, pues no requiere de otros accesorios para tener conexión a internet como el accesorio Ethernet shield o wifi shield de Arduino oficial. Con el WeMos D1, se tiene todo: wifi y un potente procesador para potenciar la aplicación.

Una de las ventajas del WeMos D1 es que se programa utilizando el IDE de Arduino en lenguaje C y C++. Por lo tanto, podemos aprovechar el código realizado para Arduino y llevarlo a esta tarjeta fácilmente; de hecho, un buen número de librerías diseñadas para tarjetas Arduino basadas en AVR ya han sido actualizadas para soportar tarjetas basadas en el ESP8266, como la weMos D1 o el NodeMCU (Geek Factory, n.d.).

1.6.35.1 Características de Wemos D1 Tarjeta compatible Arduino ESP8266

- Compatible con Redes 802.11 B/G/N.
- Memoria Flash:4MB.
- Pines GPIO: 11.
- Interfaz SPI: 1.
- Interfaz I2C por software.
- Comunicación USB serial mediante el chip CH340.
- Tres modos de operación: Cliente, Acces Point y Simultaneo.
- Seguridad: OPEN/WEB/WPA.PSK/WPA2.PSK/WPA_WPA2_PSK.

- Soporte comunicaciones TCP Y UDP.
- Soporte hasta 5 conexiones simultaneas como servidor o cliente TCP/UDP.
- Compatible con infinidad de librerías en el IDE de Arduino.
- API para Wifi compatible con el Shield Wifi Arduino.
- Wemos D1 se programa con el IDE de arduino. (Geek Factory, n.d.)

1.6.36 Internet de las cosas (IoT).

La internet de las cosas es un tema emergente de importancia técnica, social y económica. En este momento se están combinando productos de consumo, bienes duraderos, automóviles, camiones, componentes industriales, servicios públicos, sensores y otros objetos de uso cotidiano con conectividad a internet, con potentes capacidades de análisis de datos que prometen transformar el modo en que trabajamos, vivimos y jugamos. Burbano Vallejo (2017).

Se menciona y analiza 5 capas fundamentales en el internet de las cosas, estas capas son: capa 1 corresponde a la Capa de Objetos, la cual está compuesta por todos los dispositivos físicos que se usan para obtener información y generar acciones (Sensores y actuadores). Capa 2, Capa de Abstracción de Objetos, abarca las tecnologías de acceso como la red celular, WiFi, RFID (Radio Frequency IDentification), BLE (Bluetooth Low Wnergy), Zigbee, entre otras. Capa 3, capa de Administración del Servicio, homogeniza la variedad de servicios y se integran todos los sistemas de adquisición de datos a Internet. Capa 4, Capa de aplicación, genera servicios de información de interés de los consumidores y facilita la generación de mercados verticales, en esta capa se procesan los datos y se toman decisiones. Capa 5, capa de Negocios, se encarga de generar servicios completos en base al monitoreo de todas las capas del modelo y generar estructuras de negocios en función de toda la información recolectada.

En conclusión, estas capas son manejadas por infraestructuras computacionales de un excelente desempeño y amplia capacidad de procesamiento de información, y buscan la integración de la información de una variedad de dispositivos para tomar decisiones. (Burbano Vallejo, 2017, p. 366)

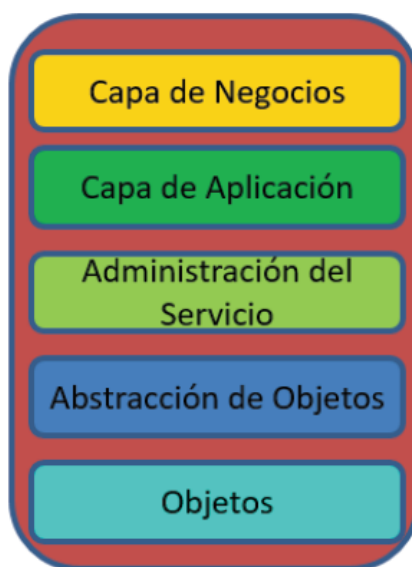


Figura 15: *Modelo de Referencia de 5 capas para el IoT. Burbano Vallejo, 2017, p. 366*

1.6.36.1 Definición del internet de las Cosas

El internet de las cosas (IoT) puede considerarse un concepto ambicioso con repercusiones tecnológicas y sociales. Desde la perspectiva de la normalización técnica, IoT puede concebirse como una infraestructura global de la sociedad de la información, que permite ofrecer servicios avanzados mediante la interconexión de objetos (físicos y virtuales) gracias a la inter-operatividad de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) presentes y futuras. Aprovechando las capacidades de identificación, adquisición de datos, procesamiento y comunicación, IoT utiliza plenamente los “objetos” para ofrecer servicios a todos los tipos de aplicaciones, garantizando a su vez el cumplimiento de los requisitos de seguridad y privacidad (UIT-T.2060, 2012).

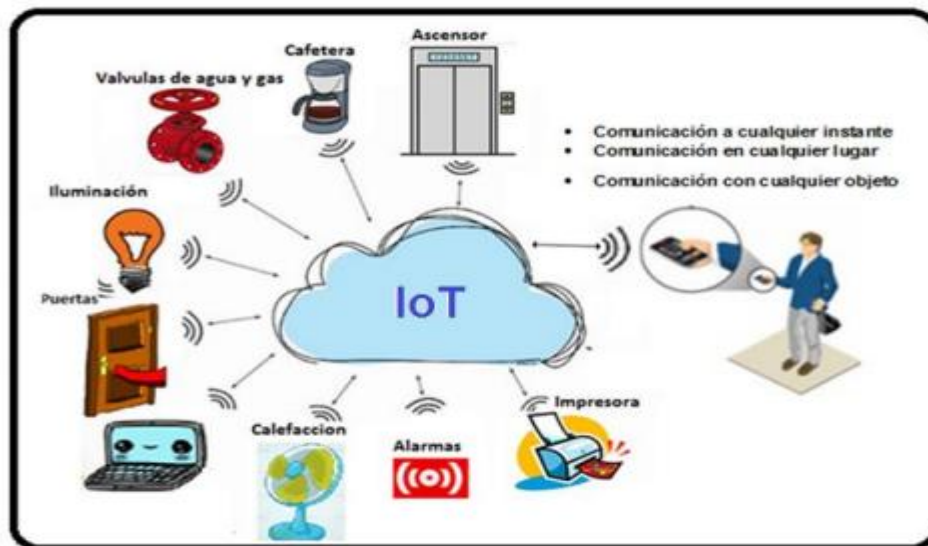


Figura 16: *Internet de las cosas IoT*. Ramírez Madrid & Rodríguez Hernández, 2016, p. 15

1.6.36.2 Principales tecnologías del Internet de las Cosas

Las principales tecnologías sobre las cuales se quiere impulsar el Internet de las Cosas son: la RFID para la identificación de los objetos, los sensores para la captación de los cambios del medio físico, la nanotecnología para que se genere ubicuidad en los sistemas, y tecnologías inteligentes para que los objetos puedan generar acciones dependiendo del contexto sin influencia humana. (Luiz Garcia, 1015, p. 20)

Capítulo 2. Marco procedimental.

2.1 Construcción de la cabina

Originalmente, se creía que el diseño de las cabinas de pintura constaba de solo construir un armazón en forma de caja, pero el correcto diseño y construcción de estas cabinas, depende de muchos factores que incluyen desde el espacio en donde se va a construir, como los materiales de construcción y el diseño.

El primer problema que se suscitó fue el material con el cual se terminaría de encerrar la cabina de pintura, ya que el espacio con el que se contaba era un espacio de 6 metros de largo, 3 de ancho y 2.40 de alto, espacio que solo cubre la mitad de la cabina en bloque y cemento, haciendo falta la otra mitad para el encerramiento de la cabina.

El espacio de la cabina de pintura lo podemos evidenciar por medio de la figura 17. En esa figura se ve el espacio en donde va a quedar ubicada la cabina de pintura, a este espacio que se muestra en la figura 17, se le van a realizar modificaciones tanto estructurales como de iluminación, extracción, y calefacción las cuales se explicarán a lo largo del documento.



Figura 17: Espacio para construcción de la cabina de pintura. Fuente propia

El primer material de prueba fue de plástico, llamado “Burbucartón”, el cual se veía resistente a la temperatura según norma técnica del mismo, pero al momento de someterlo a 50 grados centígrados y a turbulencias de ventilación mecánica forzada, este material se deformó inflándose y haciendo ver la cabina antiestética.

Como el primer material no funcionó, se decidió cambiar el diseño de la construcción de la cabina a un material más resistente. Primeramente, se pensó en drywall, láminas de yeso y cartón las cuales son resistentes al calor, estas se veían acorde para encerrar el resto de la cabina de pintura faltante. Para sujetar las láminas de drywall, tocó hacer un sistema movable, que permitiera que este material fuera corredizo, con el fin de recogerlo cuando se siguieran las actividades normales, las cuales ocupan todo el espacio del taller, incluyendo el espacio de la cabina de pintura.

2.1.1 Construcción del sistema de rieles superior.

Después de implementar un diseño propio del sistema corredizo, se encontró un problema, el cual consistía en hacer que el material pudiera dar la curva en las esquinas de la estructura. Para solucionar el respectivo problema; estas curvas se realizaron manualmente soldando dos ángulos, a los cuales se les fue dando la forma por medio de un martillado manual en una prensa hasta que llegaran a tener una circunferencia de 75 centímetros de diámetro. Estos dos ángulos fueron soldados respectivamente junto con pletina por la parte superior, de tal manera que sirviera como un sistema corredizo curvo, este sistema se puede evidenciar a través de la figura 18.



Figura 18: Rieles moldeados manualmente. Fuente propia

Después de tener los ángulos en forma de curva para el sistema de rieles, se dispuso a asegurarlos al techo por medio de chazos de expansión metálicos de (3/8 * 2"). Este paso se puede evidenciar por medio de la figura 19.



Figura 19: Anclaje de los rieles al techo por medio de chazos. Fuente propia

El sistema corredizo complementario, consta de un patín tipo riel que ya viene de tres metros de largo, el cual tuvo que ser añadido por medio de soldadura oxiacetilénica para que no hubiera trabas mecánicas al momento de que las rodachinas tipo carro pasaran por los rieles. Para ello tuvieron que ser añadidos los dos rieles de tres metros; este sistema de rieles al igual fue anclado por medio de chazos de (3/8 * 2") y soldado con el sistema de rieles curvo echo manualmente.

Cabe resaltar que esta soldadura se realizó por medio de un equipo de MIC, el cual permitió la fusión de estos dos metales, pletina de 3/4 y lamina Cold Rolled calibre 20. Este sistema se puede evidenciar por medio de la figura 20.



Figura 20: Anclaje al techo sistema corredizo. Fuente propia

2.1.2 Construcción del sistema de rieles inferior.

La siguiente etapa de la construcción del sistema corredizo de la cabina de pintura, es la parte de fijación de las bases, las cuales servirán como guía para que todas las láminas sigan el mismo recorrido y no se descarrilen, permitiendo así que no sufran daños estructurales.

Esta parte de las bases consta de un hueco en el suelo en donde se ancló una pletina en forma de “U” en calibre 16, la cual servirá de apoyo y guía para el sistema corredizo inferior; este sistema corredizo inferior consta de un tubo de 5/16 de diámetro, el cual contiene un balín en su interior con el fin de que se deslice el material de la cabina sobre el riel, y produzca menos fricción en la parte de los rieles superiores de la cabina de pintura. Este sistema se puede evidenciar por medio de la figura 21



Figura 21: Bases para guía y soporte del sistema de rieles. Fuente propia

2.1.3 Acondicionamiento y fijación del material de encerramiento.

Uno de los aspectos que influyen en el correcto funcionamiento de la cabina de pintura, es el material con el cual este se va a encerrar, es recomendable usar un material que tenga pérdidas de calor mínimas y sea resistente; por lo cual la primera opción que se tomó fue encerrar con láminas de drywall, las cuales pretendían ser las más eficientes para este tipo de encerramiento.



Figura 22: Prueba con láminas de drywall. Fuente propia

Nos dimos cuenta de que la parte en donde se ubican las rodachinas tipo carro influiría en la correcta movilidad del material de drywall sobre los rieles y más en las curvas, este tipo de fijaciones se evidencian en la figura 22.

Se intentó poner la rodachina en el centro de la lámina de drywall, evidenciando que se trababa en la curva, ya que esta lámina mide 122 cm de ancho, motivo por el cual tocó cortarla por la mitad para mirar si de esa manera daba la curva. Después de unos intentos no fue posible hacer que la lámina diera la curva, y no obstante en los intentos de que la lámina de drywall diera la curva esta se despicó en los bordes y se desboronó en algunos lados; por lo cual llegamos a la conclusión de que este no era el material más adecuado para el encerramiento de la cabina de pintura.

El siguiente material que se escogió para encerrar la cabina de pintura fue la madera MDF, esta madera de fibra de densidad media está fabricada a partir de fibras de maderas (aproximadamente un 85%) y resinas sintéticas comprimidas. Esta madera tenía muchas ventajas en comparación con el drywall; tanto en su resistencia, precio, propiedades térmicas y siendo la superficie de este tipo de madera ideal para la utilización de pinturas y barnices en su respectivo acabado. Para el anclaje de las rodachinas a la madera, se utilizaron láminas de calibre 16 a las cuales se les hicieron 3 huecos en la parte superior, en donde dos de ellos sujetan la lámina con la rodachina tipo carro, y el de la mitad es un tornillo ajustable de la rodachina, el cual sirve para darle ajuste a la altura de la lámina dependiendo del nivel del suelo, ya que el nivel del suelo varía por uniformidades de construcción. Los 4 huecos de la parte frontal son los que sujetan la lámina de hierro con la lámina de madera fijando así la rodachina con la lámina de madera. Este tipo de láminas las podemos evidenciar por medio de la figura 23.



Figura 23: *Pletinas de sujeción y rodachinas tipo carrito. Fuente propia*

Teniendo las rodachinas ya sujetas a las láminas de madera, y después de hacer varias pruebas en cuanto a posicionar las rodachinas en las láminas, se llegó a la conclusión de que la mejor posición para poner estas rodachinas es a un centímetro del borde de cada lámina de madera, al igual que fueron necesarios dos carros por lámina. Se pensaba que con una sola rodachina tipo carro era suficiente para desplazar el sistema, pero en el momento de hacer las pruebas de deslizamiento por las curvas del sistema corredizo, este se deslizaba de manera más fluida con las dos rodachinas tipo carro por lámina; de esta manera se pudo encerrar la cabina de pintura de una manera óptima, permitiendo que toda la estructura de madera se deslizara por el sistema de rieles. Este sistema lo podemos evidenciar a través de la figura 24.



Figura 24: Láminas de aglomerado de densidad media MDF. Fuente propia

Para la sujeción de las láminas de madera, se utilizó una bisagra hecha a partir de fibras de plástico y tela; resistente al calor y resistente a las deformaciones, la cual fue perfecta para que el sistema pudiera moverse de manera fluida incluyendo el movimiento en las curvas. Este sistema de sujeción se realizó por medio de grapas industriales de 14mm, las cuales sirvieron para sujetar las bisagras tipo carpa a las láminas de madera.

2.2 Calefacción y pérdidas térmicas de la cabina de pintura.

El fin primordial de una cabina de pintura, es mantener el ambiente a pintar libre de impurezas y de partículas de pintura suspendidas en el aire, que ocasionen una contaminación al acabado final. Al mismo tiempo que proporcione un nivel de calefacción necesario para la aplicación correcta de la pintura, o dicho en otras palabras que la cabina posea la máxima “conservación térmica” dependiendo del espacio y de los materiales con los que se cuente. El diseño de las paredes, techo y piso de la cabina de pintura influye de manera directa en la conservación térmica. La diferencia se basa concretamente en la pérdida de energía térmica a

través de las paredes, piso y techo de la cabina. Esto significa una pérdida de calor en el interior de la cabina, necesitando un sistema de calefacción más eficiente, que logre mantener los niveles de calor necesarios para la aplicación. Para lograr el nivel de calor requerido, básicamente consiste en seleccionar los materiales correctos para aislar térmicamente las paredes de la cabina, o en dado caso de no contar con los recursos necesarios, encerrar todas las posibles fugas de calor, para que la calefacción sea más eficiente y así poder conservar el calor necesario adentro de la cabina de pintura.

Para poder determinar los materiales aislantes que se utilizarán en la construcción de la cabina, es necesario definir el concepto de Resistencia Térmica “R”, la cual nos dice la capacidad de un material para resistir el flujo de calor que lo atraviesa.

La siguiente ecuación permite comprender cómo afecta la resistencia térmica a las pérdidas o ganancias de calor de la construcción. Esta fórmula la sacamos del estudio de (Acondicionamiento de aire: Principios y sistemas, 2000, pág. 88).

$$Q = \frac{1}{R} * A * DT \text{ (Pita, 2000)}$$

Donde:

Q = velocidad de la transferencia de calor, BTU/h

R = resistencia térmica del material, h-ft² – 0F / BTU

A = área de la superficie a través de la cual fluye el calor, ft²

DT = (tc – tt) = diferencia de temperatura por la que fluye calor, desde la temperatura más alta, (tc), hasta la temperatura más baja (tt), ambas en °F.

Como la Resistencia está en el denominador, los valores altos de Resistencia significan baja transferencia de calor (Q), y los valores bajos de Resistencia significan transferencia alta de

calor. Los materiales cuyo valor de (R) sean altos, transmitirán el calor a baja velocidad: lo que significa, que son buenos aisladores térmicos. Por lo tanto, para el diseño de la cabina de pintura, se necesitan materiales que sean aisladores térmicos porque reducen las pérdidas de calor, o sea, que posean un valor de resistencia alto. En la tabla Apéndice A, se muestra una lista de las resistencias térmicas de diversos materiales de construcción.

Dado lo anterior, Para un adecuado sistema de calefacción, se escogió un área de 14.4 metros cuadrados, los cuales fueron encerrados en madera MDF la cual tiene una resistencia térmica relativamente alta, ya que este material entra en la categoría de aglomerados de densidad media, el cual cuenta con una resistencia de 1.06 por pulgada según el Apéndice 1 de resistencia térmica; siendo este material la mejor opción tanto por sus propiedades térmicas costo y su fácil instalación.

El techó y la otra mitad de la cabina de pintura que cuentan con un área de 22.2 metros cuadrados; están hechos en concreto y recubiertos con estuco plástico. Este material de concreto juntamente con el estuco tiene una resistencia térmica según tabla de 0.20 por pulgada cuadrada, siendo esta una resistencia algo baja, y no apta para reducir las pérdidas de calor. Para solucionar este problema de pérdidas de calor, se pintó con una nueva tecnología en pinturas térmicas. La pintura térmica Imperlux Termic® es la mejor opción para solucionar dicho problema, ya que esta es una pintura acrílica que al secar presenta propiedades únicas. Su principal función es la rotura de puentes térmicos, los cuales suelen producir pérdidas de calor en las superficies. Al aplicar la pintura sobre estas superficies se evitan las transferencias térmicas, aislando el recinto. Con solo 2-3 manos de esta pintura en una pared, techo, fachada o tejado, conseguimos un impresionante aislamiento térmico para toda la vida (podemos pintar encima de esta pintura sin que pierda propiedades térmicas, siendo ideal para mantener la temperatura deseada).

Esta pintura posee un coeficiente de conductividad térmica (λ) de 0,056 W/mK de acuerdo con la Norma UNE 92202: 1989 Materiales aislantes térmicos. Esta pintura térmica, tiene una resistencia de 1.5 por pulgada cuadrada, lo que la hace perfecta para evitar pérdidas de temperatura. (Arelux, 2018).

El piso de piedra (mármol), cuenta con un área de 18 metros cuadrados, y según el anexo1, la piedra de mármol cuenta con una resistencia térmica de 0.40; a la cual no se le realizara ninguna modificación, ni con pintura, ni con recubrimientos de material térmico.

2.3 Cálculos de Calefacción para la cabina de pintura.

Según la norma internacional en cuanto a la construcción de cabinas de pintura OSHA, (Occupational Safety and Health Administration) requiere que el compartimiento de trabajo de la cabina de pintura se mantenga un nivel mínimo de temperatura de 65 °F (18.33 °C). Según especificación y norma técnica de las pinturas, cada pintura tiene un tiempo de secado, al igual que una temperatura mínima de aplicación. Además, muchos tipos de pintura dependiendo si son barnices o poliuretanos, tienen un período de secamiento, aún después de la aplicación, para alcanzar su estado de acabado final. Estos periodos de secamiento dependen del tipo de pintura que se aplique, de los diluyentes de la pintura, y de las capas extras en el proceso de pintado.

Para determinar la carga de calefacción de la cabina de pintura se realizaron los siguientes cálculos y Condiciones de diseño.

- Temperatura interior de la cabina: 62.6 °F 17 °C)
- Temperatura exterior de la cabina: 59 °F (15 °C)
- Temperatura de piso: 50 °F (10. °C)
- Construcción de la mitad de la pared: aglomerado de mediana densidad MD.
- Construcción de la mitad de la pared concreto con recubrimiento de estuco plástico.

- Construcción de piso: Losa de granito (mármol).

- Calculo consumo pared 1:

- Área = $9 \times 2.40 = 21.6 \text{ m}^2 = 232.50 \text{ ft}^2$.
- Diferencia de temperaturas = $3.6 \text{ }^\circ\text{F}$.
- Aislamiento en aglomerado MDF según anexo 1 resistencia = 1.06
- $Q = \frac{1}{1.06} * 232.50 \text{ft}^2 * 3.6 \text{ }^\circ\text{F}$ (Pita, 2000).
- **Q1=789 BTU/h.**

- Calculo consumo pared 2:

- Área = $9 \times 2.40 = 21.6 \text{ m}^2 = 232.50 \text{ ft}^2$.
- Diferencia de temperaturas = $3.6 \text{ }^\circ\text{F}$.
- Aislamiento en concreto o estuco plástico según anexo 1 resistencia = 0.20
- $Q = \frac{1}{0.20} * 232.50 \text{ft}^2 * 3.6 \text{ }^\circ\text{F}$ (Pita, 2000).
- **Q2=4185 BTU/h.**

- Calculo consumo techo:

- Área = $6 \times 3 = 18 \text{ m}^2 = 193.75 \text{ ft}^2$.
- Diferencia de temperaturas = $3.6 \text{ }^\circ\text{F}$.
- Aislamiento en concreto o estuco plástico según anexo 1 resistencia = 0.20
- $Q = \frac{1}{0.20} * 193.75 \text{ft}^2 * 3.6 \text{ }^\circ\text{F}$ (Pita, 2000).
- **Q3=3487 BTU/h**

- Calculo consumo piso:

- Área = $6 \times 3 = 18 \text{ m}^2 = 193.75 \text{ ft}^2$.
- Diferencia de temperaturas = $(62.6 \text{ }^\circ\text{F } 17 \text{ }^\circ\text{C}) - (50 \text{ }^\circ\text{F } 10. \text{ }^\circ\text{C}) = 12.6 \text{ }^\circ\text{F}$
- Aislamiento en concreto o estuco plástico según anexo 1 resistencia = 0.40

➤ $Q = \frac{1}{0.40} * 193.75\text{ft}^2 * 12.6 \text{ }^\circ\text{F}$ (Pita, 2000).

➤ **Q4=6103 BTU/h.**

Para calcular la transferencia total de calor, se suman todas las cargas de calefacción parciales:

➤ $Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$

➤ $Q_T = 789 + 4185 + 3487 + 6103$

➤ $Q_T = 14,564 \text{ BTU/h} = 4.26 \text{ KWh}$

2.4 Sistema de extracción de aire.

El sistema de extracción de aire es uno de los problemas más graves que hemos tenido en este proyecto, debido al espacio reducido para la instalación de los ductos de extracción.

Para seleccionar un ventilador, se calcula primero la resistencia del sistema de ductos, en forma de presión estática. A continuación, se usan los datos del fabricante para seleccionar la unidad que produzca el flujo (CFM) necesario contra la resistencia de la presión estática del sistema. En efecto, el ventilador debe desarrollar una presión estática (o presión estática externa) y un flujo igual a las necesidades del sistema. Se puede seleccionar también el ventilador sobre la base de la presión total, en lugar de sobre la presión estática. Cualquiera de ellas es satisfactorio, para los sistemas de baja velocidad. Para los sistemas de alta velocidad, es más preciso usar la presión total dado el gran volumen de aire a entregar. Para que el nivel de ruido no fuera excesivo, se optó por unificar el caudal en una caja extractora. Se Determinó, instalar una caja en serie dentro de la cabina de pintura, una en la parte baja y la otra en la parte media. Estos extractores no entran en contacto directamente con la pintura, ya que hay un sistema de filtrado por medio de guatas en la parte exterior del mismo ducto. Tomando en cuenta estas características, se selecciona el equipo siguiente: Motor con ventilador centrífugo con una

Potencia de motor 1 Hp, el cual cubre un caudal desde 2000 hasta 16.000 m³/h, y el otro extractor al igual con un ventilador centrífugo, con una potencia de 3/4 Hp, que cubre un caudal de 1000 hasta 8.000 m³/h, estos dos extractores cubren un margen de presión estática. El tercer extractor al ser sellado va a estar dirigido directamente a la cortina de agua, para filtrado por medio de filtros y agua, y este extractor si estará en contacto con la pintura, por lo cual tendrá un mantenimiento y un tratamiento diferente.

Especificaciones:

- Ducto envolvente de acero galvanizada 30 cm.
- Ventilador centrífugo de baja presión, con turbina de álabes hacia delante.
- 2 extractores anclados a la madera, con soportes anti vibratorios.
- Motores monofásicos 60 Hz de 1HP y ¾ Hp

Los extractores se pueden evidenciar por medio de la siguiente figura

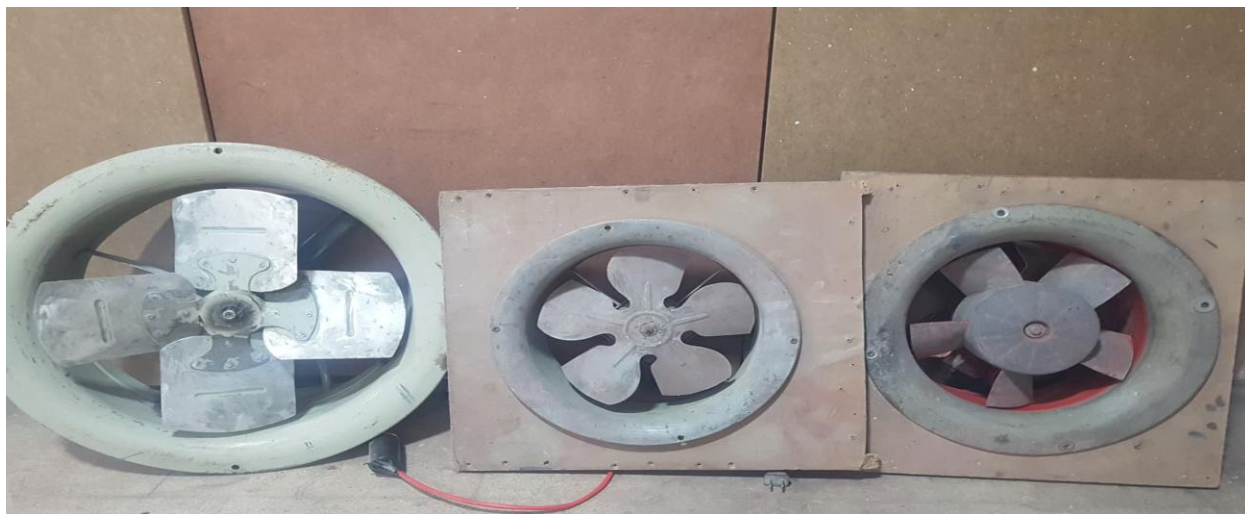


Figura 25: Extractores. Fuente propia

2.5 Construcción tablero eléctrico de potencia y control.

Se necesitaba un tablero de mando para instalar los contactores, por lo cual se diseñó y se construyó una caja de control de 30 cm de ancho por 60 cm de alto por 16 cm de profundidad.

Esta caja fue hecha en calibre 16, la cual tocó soldar, y anclar los rieles de sujeción de los contactores como se muestra en la siguiente figura 26.



Figura 26: Caja de control eléctrico en obra negra. Fuente propia

Después de darle el alistamiento, se le aplicó su respectiva pintura para mejor presentación.

Esto lo podemos evidenciar por medio de la siguiente figura.



Figura 27: Caja de control eléctrica pintada. Fuente propia

El tablero de potencia se sujetó a la Viga del primer piso con cuatro Chazos de (3/8*2"). Se realizaron tres agujeros por cada elemento para la sujeción de los pilotos indicadores; para el contactor uno, se instala un piloto verde en la parte de arriba que nos indica que el sistema este encendido, en la parte inferior, se instaló el piloto de Color rojo, el cual nos indica que nuestro

sistema está pagado, y en la mitad de estos dos pilotos se instaló un seleccionador (ON-OFF) Qué prende y apaga el calefactor. Para el calefactor 2 y para la motobomba, se realizó el mismo proceso que se le hizo al calefactor 1, quedando los tres elementos con un piloto indicador de encendido, otro piloto indicador de apagado, y un seleccionador (ON-OFF). Aparte de ello, se instaló un piloto amarillo el cual se acciona al momento de que cualquiera de los 3 contactores genere algún tipo de falla. Al tablero eléctrico, se le realizó un agujero en la mitad para sujetar el display indicador de temperatura, este indicador, aunque pertenece a la parte de control, quedo puesto en la parte de potencia del tablero, para dar un toque de elegancia al mismo.

Cabe resaltar que unos días antes de la instalación del tablero de control eléctrico, el compresor del taller sufrió un daño por recalentamiento y por pérdida de fase; por lo cual se le abrió un espacio en nuestro tablero del sistema de control de la cabina, para instalarle al compresor sus respectivas protecciones. para la parte del motor del compresor, se abrieron dos huecos al tablero para instalar dos pulsadores, uno de paro y otro de arranque, también se le abrieron tres huecos en los cuales se instalarían los pilotos indicadores de encendido, apagado, y falla por recalentamiento térmico. Se dejó un espacio en la parte inferior izquierda para poner la respectiva señalización del tablero de control, y en la parte inferior derecha se le abrió otro hueco, donde se instaló el paro de emergencia para la desconexión total de todos los componentes de la cabina de pintura, incluyendo el compresor. Los huecos iniciales del tablero de control eléctrico se pueden evidenciar en la siguiente figura.



Figura 28: Tablero de control eléctrico en construcción. Fuente propia.

El tablero de control se sujetó a la Viga del primer piso con cuatro Chazos de (1/4*1"). A este tablero se le abrieron 3 huecos en la parte superior con el fin de que se pudiera interconectar los cables con el tablero de potencia; este tablero de control se construyó a partir de una caja metálica calibre 16, la cual tiene unas medidas de 30 cm de ancho *20cm de alto*16cm de profundidad. Esta caja de control se construyó primeramente porque en la caja de potencia no había más espacio para los elementos de control, y además las tarjetas de comunicación wifi que van dentro del sistema de control, generaron interferencia al momento de ser puestas cerca de las bobinas de los contactores. Esta caja del sistema de control la podemos evidenciar por medio de la siguiente figura.



Figura 29: Tablero de control. Fuente propia

2.6 Construcción de componentes del tablero de control.

Se diseñó una fuente de voltaje de 12 voltios a 5 amperios, la cuál va a ser la encargada de alimentar nuestro sistema de iluminación led para las paredes de nuestra cabina de pintura. Cabe resaltar que, al ser un área de 15 metros, se utilizaron 3 tiras led de 5 metros cada una. Esta fuente está conectada a un tomacorriente ubicado en el tablero de potencia, el cual esta interconectado con nuestro tablero de control para así alimentar las tarjetas de comunicación WiFi (WeMos D1 ESP8266). Al igual se diseñó un circuito impreso, el cual nos sirve para alimentar todas las tarjetas que trabajan a un voltaje de 5v, en este circuito también se encuentra el pulsado de emergencia ya que funciona con un pulso de 5 voltios por un pin analógico de la tarjeta WeMos D1 ESP8266.

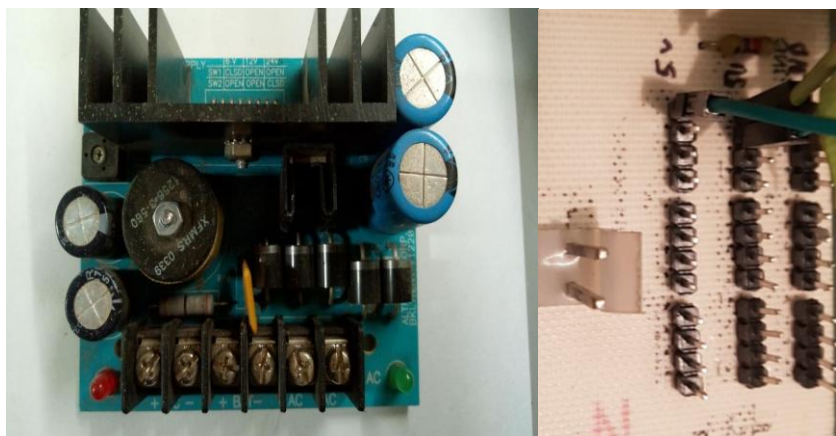


Figura 30: Fuente de alimentación 12v y tarjeta de conexiones 5v con el pulsador de emergencia. Fuente propia

2.7 Alimentación eléctrica del tablero de potencia y control.

Según normatividad recordemos que el "amperaje" del cable es una medida para establecer la cantidad de corriente que puede transportar un cable, por eso siempre al instalar un nuevo circuito, se escogen los cables dependiendo del amperaje de los elementos a utilizar. Según modelo térmico antes calculado, se determinó un consumo de 4.26 KWh por calefactor, al ser dos calefactores se tiene un consumo de 8.52KWH, siendo este el mayor consumo en la

cabina de pintura. Se escogió un calibre 6 el cual soporta un amperaje de 50 amperios y una carga máxima de voltaje de 9600 vatios, esto para las fases, y un calibre 10 AWG para el neutro, esto lo podemos evidenciar en el apéndice B. Para la alimentación eléctrica de nuestro tablero de control y potencia, se sacaron tres cables calibre 6 AWG para cada una de las fases, estos cables se sacaron de la caja de tacos principal del taller, teniendo una cometida trifásica, al igual se sacó un cable calibre 10 para el neutro, cabe resaltar que toda esta cometida se realizó por medio de tubo para luz de $\frac{3}{4}$. Por un tubo entra la alimentación, y por el otro salen los cables para los respectivos elementos como se evidencia en el tablero. Esto lo podemos evidenciar por medio de las siguientes figuras.



Figura 31: Conexiones eléctricas, caja de tacos, tablero y cometida. Fuente propia.

Para las conexiones de los calefactores, se utilizó cable calibre 10 AWG tipo THHN (termoplástico resistente al calor y a la flama), para los extractores se utilizó un cable calibre 12 AWG, para las luces se utilizó cable calibre 14 AWG, para las conexiones del sistema de control, tarjetas electrónicas, fuentes y módulos de relevos, se utilizó cable UTP categoría 6; y por ultimo para la conexión de pilotos y contactores, se utilizó cable calibre 14 (termoplástico para tableros) tipo TT. Para normatividad, tipo de calibres y categorías ver apéndice B.

2.8 Diseño e implementación del sistema de control

Se va a diseñar e implementar el sistema de control de la cabina de pintura, el cual efectuó los siguientes procesos:

- Encendido y apagado de los calefactores, con una temperatura de secado en un rango de 0°C a 42°C, según especificación técnica del fabricante de pintura.
- El sistema de control tendrá un display LCD de 16x2 ubicada en el tablero de potencia, el cual mostrará en tiempo real, dos mensajes, uno al iniciar el proceso “CABINA DE PINTURA” y otro mensaje donde se evidenciará “TEMPERATURA EN GRADOS CELSIUS °C “.
- En el panel de potencia se ubicarán todos los circuitos de alta tensión, los cuales ejecutaran la acción calculada por el controlador y modifica las variables de control esto es denominado en un sistema de control el cual afecta directamente al actuador.
- En el panel de control se ubicarán los siguientes dispositivos:
 - Tarjetas WiFi Wemos D1 ESP8266
 - Modulo relevadores.

2.9 Diagrama de entradas y salidas.

Gracias a las especificaciones mencionadas anteriormente se puede realizar un diagrama de entradas y salidas, estos serán la base para la programación de la tarjeta Wifi. Se hace uso de dos tarjetas WeMos D1 ESP 8266, ya que estas tarjetas cuentan con pocos pines digitales.

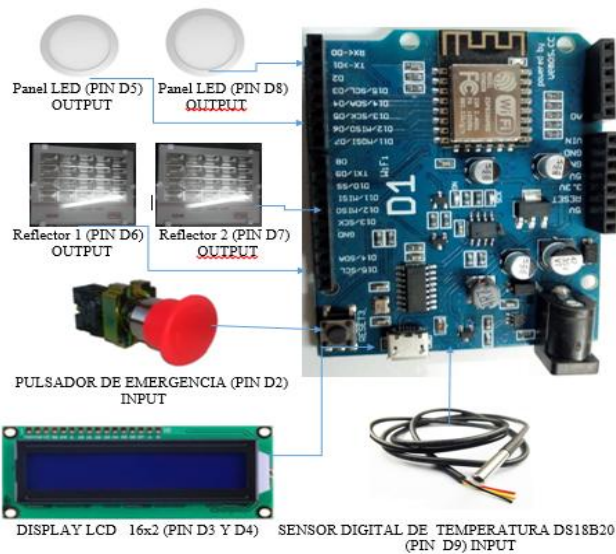


Figura 32: Diagrama de entradas y salidas tarjeta 1 WeMos D1 ESP8266 WiFi. Fuente propia

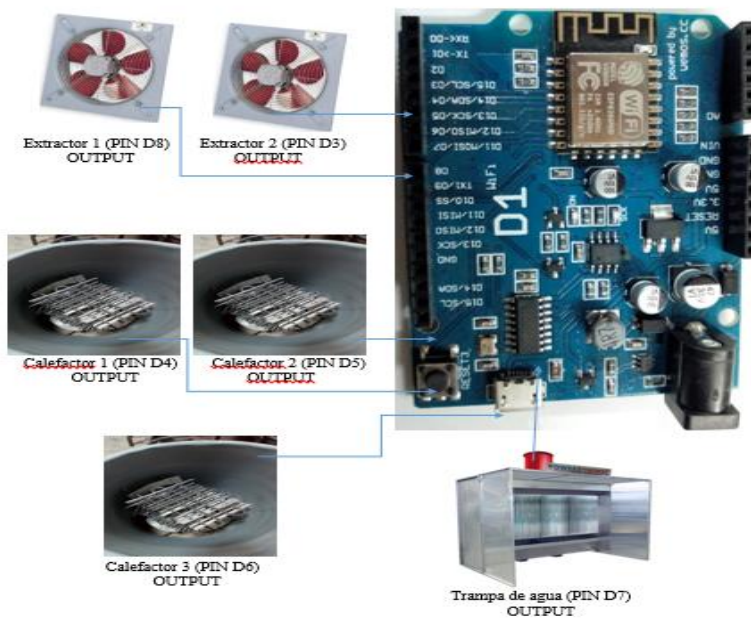


Figura 33: Diagrama de entradas y salidas tarjeta 2 WeMos D1 ESP8266 WiFi. Fuente propia

2.9.1 Diagrama de bloques sistema de control.

Se determinó diseñar un sistema de control On-Off, el cual se presenta en el siguiente diagrama de bloques, de un sistema de control en lazo cerrado.

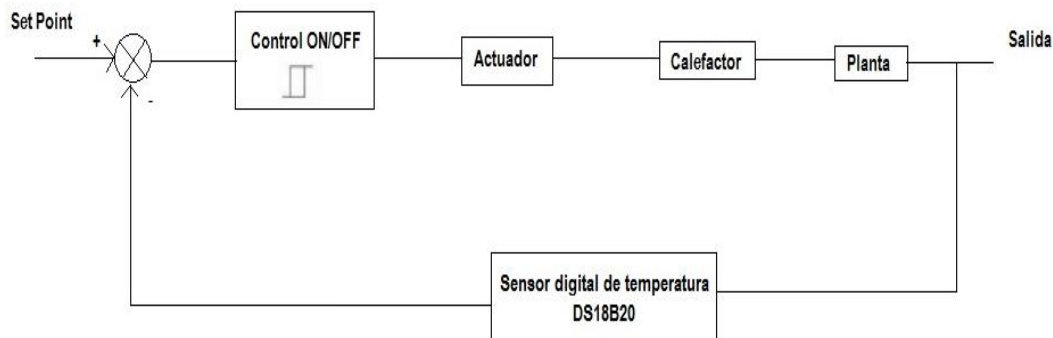


Figura 34: Diagrama de bloques del sistema de control. Fuente propia

2.9.2 Control (ON-OFF) con histéresis.

Este sistema de control es el más sencillo que podemos encontrar, por lo cual su uso es amplio en la industria. Este tipo de sistema entrega dos salidas: un estado en encendido (ON) o completamente apagado (OFF). Para nuestro sistema de control un estado será usado cuando la temperatura de los calefactores se encuentre por debajo de 28°C , y otro cuando la temperatura de los calefactores se encuentre por encima de 42°C .

Este proceso se realizó, implementando un control On-Off con diferencial o histéresis, esto requiere que la temperatura del Set Point este comprendida entre los 35°C , para este caso la histéresis está comprendido en un valor de 8°C , con el fin de que no ocurran cambios rápidamente ya que pueden dañar los actuadores. En el Apéndice D se encuentra el código correspondiente al Control On-Off.

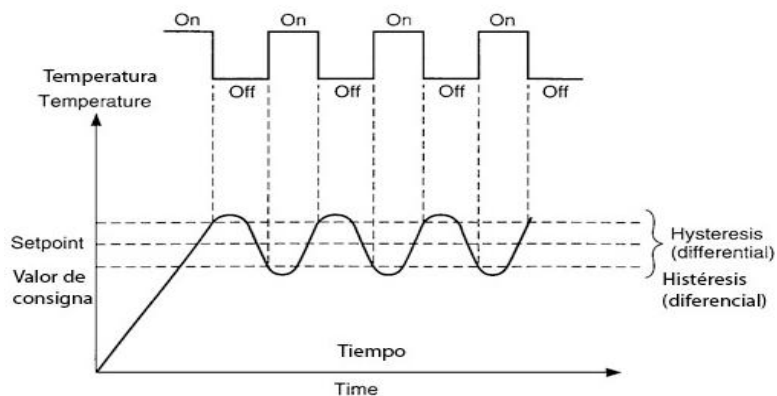


Figura 35: Diagrama de tiempo-temperatura para un control on-off con histéresis. Controladores de procesos industriales.

2.9.3 Actuadores.

En cuanto a los actuadores se hace referencia a los dispositivos que permiten al sistema de control “actuar”, en nuestro caso el dispositivo actuador son los dos calefactores véase figura 37. Estos dos calefactores llevan dos tipos de dispositivos de mando: contactores y módulos relevadores, el dispositivo actuador se encuentra ubicado en el mando de control eléctrico y los módulos relevadores se encuentra ubicados en la caja control como se puede observar en la siguiente figura.

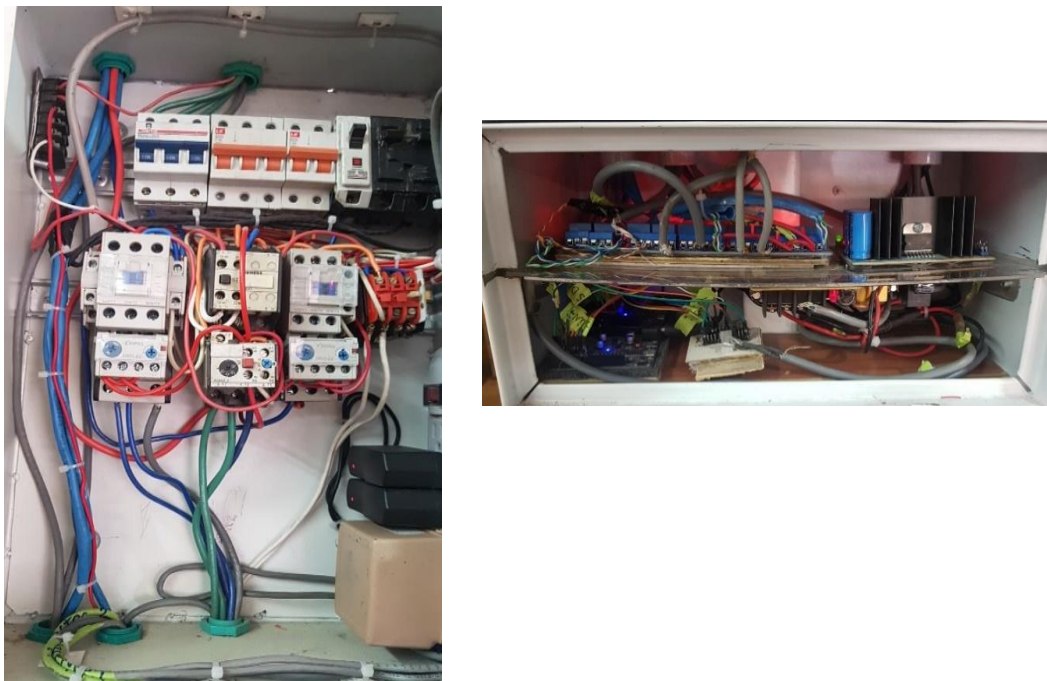


Figura 36: Caja de mando eléctrico y de control. Fuente propia

Estos dos dispositivos de mando anteriormente mencionados tienen su pulsador de apagado inmediato, en caso de emergencia.

Relé: Es un componente con un electroimán que al aplicarle corriente produce un movimiento mecánico que cierra circuitos a los que podemos conectar equipos externos. (Sensores actuadores y sistemas de control, 2017, p. 26)

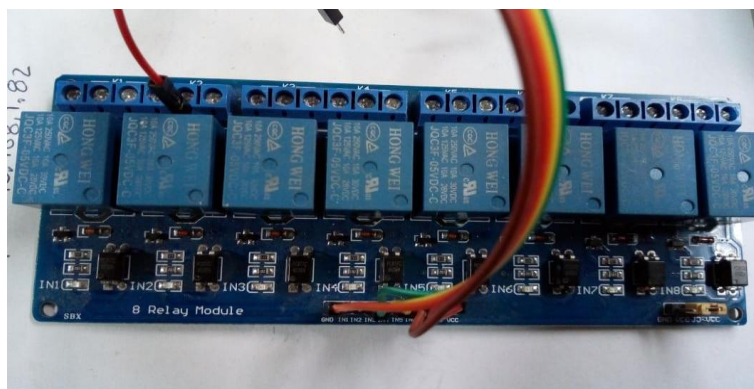


Figura 37: Módulos relevadores. Fuente propia

Contadores: El contador es un aparato eléctrico de mando a distancia, que puede cerrar o abrir circuitos, ya sea en vacío o en carga. Es la pieza clave del automatismo en el motor eléctrico. (Contactores).



Figura 38: Contactor. Fuente propia

Los planos eléctricos de los calefactores 1 y 2 se encuentran ubicados en los apartados 2.11 y 2.12.

Para la correspondiente instalación eléctrica en la caja de mando eléctrico del calefactor 1 se instaló un termomagnético de 63 amperios trifásico, un contactor de 36 amperios con su respectivo relé térmico de 36 amperios. Para el calefactor 2 se instaló un termomagnético de 63 amperios bifásico, un contactor de 26 amperios, en conjunto con su relé térmico de 26 amperios.

Aparte del actuador del sistema de control, se instalaron la moto bomba de la cortina de agua y el compresor. La moto bomba tiene un taco de 20 amperios con su respectivo contactor de 16 amperios, cabe resaltar que no se le instaló un relé térmico, ya que la motobomba cuenta con un relé térmico interno, El compresor tiene termomagnético

de 63 amperios trifásico, en conjunto con un contactor de 16 amperios con un relé de 16 amperios.

Para la caja de mando del control tenemos 10 relevos, los cuáles van a activar 10 componentes dos que son los actuadores del sistema de control de la cabina de pintura, y los demás son: los 3 extractores, 2 reflectores, 1 luz para el techo, 1 luz para la pared y una motobomba para la cortina de agua.

2.10 Calefactores.

De acuerdo con los cálculos realizados, se selecciona un calentador del siguiente tipo:

- Calentador de tipo resistencia eléctrica (transferencia directa de calor).
- Capacidad para suministrar 14.564 BTH/h, equivalentes a 4.26KWh, para poder mantener las condiciones de diseño antes mencionadas.

Se selecciona este tipo de calefactor, ya que el aire gana calor al contacto directo con las resistencias eléctricas, (transferencia directa de calor) además las resistencias al tener disipadores de aluminio, permite que el aire que circula por el calefactor gane calor pasando alrededor de los aleteados de aluminio, los cuales tienen una temperatura promedio después de 5 minutos de encendido, entre los 400 a 700 grados centígrados aproximadamente.

2.10.1 Diseño y construcción de los calefactores.

El sistema de calefacción consta de dos toneles hechos en lámina, estos toneles se realizaron a partir de la compra de $\frac{1}{2}$ lámina calibre 18 con una altura de 60 cm de alto con 240cm de ancho, las cuales fueron cortadas por la mitad para sacar dos pedazos respectivamente. Cada pedazo fue moldeado con un barril circular, hasta darle la forma a la lámina, quedando está

en forma de tonel con unas medidas de 60 cm de alto con un diámetro de 40 centímetros en su circunferencia. Después de darle la forma a cada tonel, se apuntó con soldadura eléctrica, la cual fue pulida para su respectivo pintado. Para el pintado se utilizó una base de altos sólidos resistente a altas temperaturas, pintando la parte interior y exterior del tonel; la parte exterior también fue pintada con una capa de pintura blanca de alta temperatura, para mejorar el aspecto del calefactor. Esta construcción la podemos evidenciar por medio de la siguiente figura.



Figura 39: Construcción y pintado de toneles. Fuente propia

Cada tonel, cuenta con una serie de resistencias eléctricas conectadas en paralelo, estas resistencias se escogieron de la siguiente manera:

- Para el calefactor (1) uno se escogieron 3 resistencias de 1.5 metros de largo en forma de (M). las cuales tienen una potencia de 2000 w cada uno, generando un consumo de 6000 W en total. Estas resistencias las podemos evidenciar en la siguiente figura.



Figura 40: Resistencias calefactor 1. Fuente propia

Para optimizar el proceso de disipación térmica, se le realizó a cada resistencia un aleteado utilizando aluminio reciclado, con el fin de mejorar la disipación térmica de las resistencias por medio de una turbina de aire. Estas resistencias aleteadas se pueden observar por medio de la siguiente figura.



Figura 41: Resistencias con aleteado en aluminio para disipación de calor (calefactor 1). Fuente propia

Teniendo el tonel listo y las resistencias instaladas, se fijó una turbina en la parte inferior del tonel con el fin de refrigerar las resistencias; al igual el aleteado de aluminio, permite una disipación de calor aun mayor, permitiendo que se genere aire caliente al interior de la cabina de pintura, y así poder obtener la temperatura deseada por recirculación de aire caliente. El sistema de turbina y el anclaje de las resistencias se pueden evidenciar por medio de la siguiente figura.

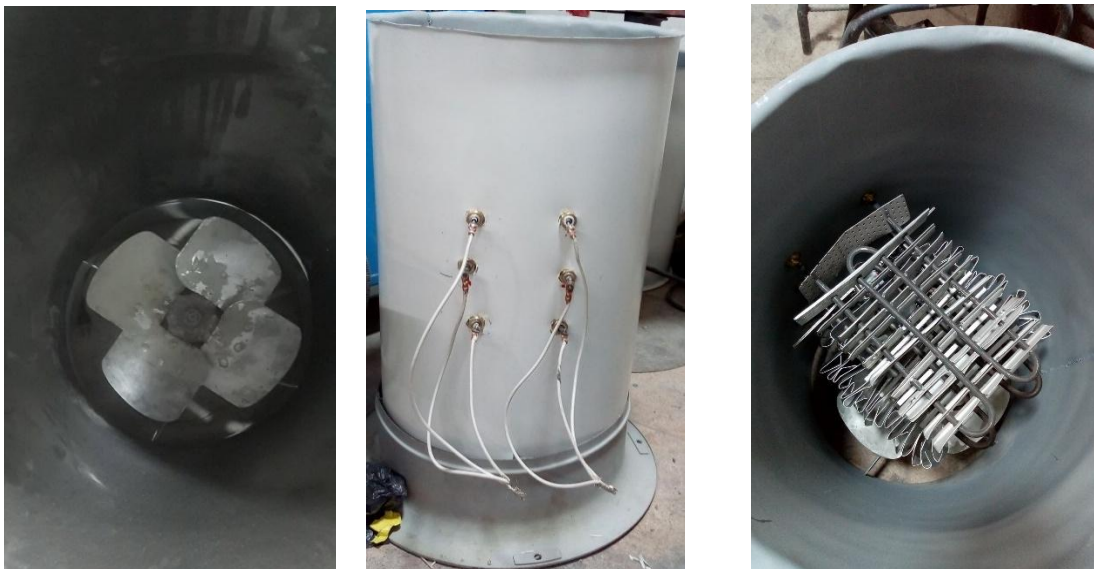


Figura 42: Turbina del calefactor y anclaje de las resistencias al tonel. Fuente propia

- para el calefactor (2) dos se escogieron 2 resistencias de 2.5 metros de largo en forma de espiral, las cuales tienen una potencia de 3000 W cada una generando un consumo de 6000 W en total. Estas resistencias las podemos evidenciar en la figura 43.



Figura 43: Resistencia calefactora en espiral con aleteado en aluminio (calefactor 2). Fuente propia

Al igual que el calefactor anterior, se realizó un aleteado en forma de espiral, el cual fue comprado como disipador de resistencias en espiral, este material ayuda a la disipación térmica de la resistencia, permitiendo la recirculación de aire caliente para obtener rápidamente la temperatura deseada dentro de la cabina de pintura.

Al igual que el calefactor anterior, se puso una turbina de aire, con el fin de refrigerar la resistencia y distribuir mejor el calor, esto lo podemos evidenciar por medio de la figura 44.



Figura 44: Turbina y resistencias (calefactor 2). Fuente propia

2.11 Conexión eléctrica calefactor 1.

Para la conexión eléctrica de los calefactores se suscitó un gran problema al controlar nuestro módulo de relevos con la aplicación androide, ya que estábamos manejando 3 fases a 110v, por lo cual nuestro módulo no tenía la capacidad de soportar esa cantidad de voltaje. Este problema se logró solucionar poniendo contactores y haciendo un circuito de control y uno de potencia. Dentro del circuito de potencia tenemos el calefactor número 1, el cual está alimentado por 3 fases a 110 voltios cada una, y su respectiva conexión la podemos evidenciar en el marco teórico en el tema de conexiones para resistencias eléctricas de la figura 8.

Para el sistema eléctrico de control del calefactor 1, se diseñó un circuito el cual cuenta con un termo magnético de 63 amperios que nos sirve como taco o fusible en caso de choque eléctrico, en conjunto con un contactor de 36 amperios y su relé térmico. Para realizar las conexiones en físico; primeramente, se realizaron pruebas de simulación las cuales se desarrollaron en el programa CADE_SIMU de licencia gratuita, para probar que las conexiones no tuvieran ninguna falla. Cabe resaltar que el sistema de control cuenta con un sistema de arranque y paro permanente por pulsador, en conjunto con su paro de emergencia y pilotos indicadores tanto del encendido, del apagado, y de alguna falla o avería. El circuito de mando y potencia se puede evidenciar por medio de la siguiente figura.

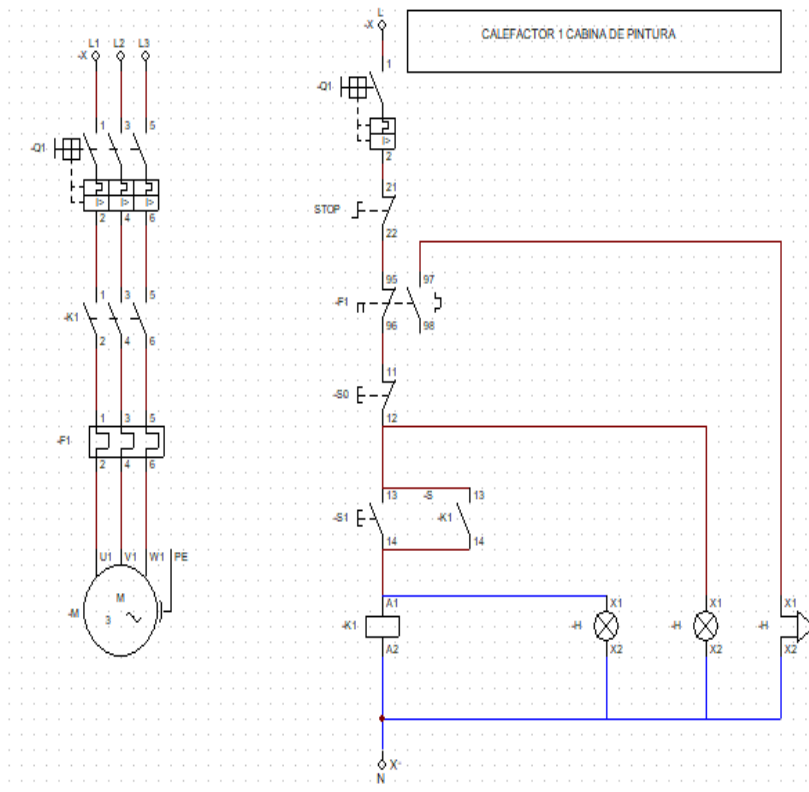


Figura 45: Plano de conexión eléctrica (calefactor 1). Fuente propia

2.12 Conexión eléctrica calefactor 2.

Para el sistema de control eléctrico del calefactor 2, se cambió un poco el plano eléctrico, ya que este calefactor solo funciona con 2 fases de 110 voltios cada una, por lo cual se diseñó un circuito que cuenta con un termomagnético de 63 amperios que nos sirve como taco o fusible en caso de choque eléctrico, juntamente con un contactor de 26 amperios y su relé térmico.

Para realizar las conexiones en físico; primeramente, se realizaron pruebas de simulación las cuales se desarrollaron en el programa CADE_SIMU de licencia gratuita, para probar que las conexiones no tuvieran ninguna falla. Cabe resaltar que en el calefactor dos, simplemente el circuito se acciona con un switch (ON-OFF), juntamente con su paro de emergencia y su led de iluminación amarilla en caso de avería o falla. El circuito de mando y potencia se puede evidenciar por medio de la siguiente figura.

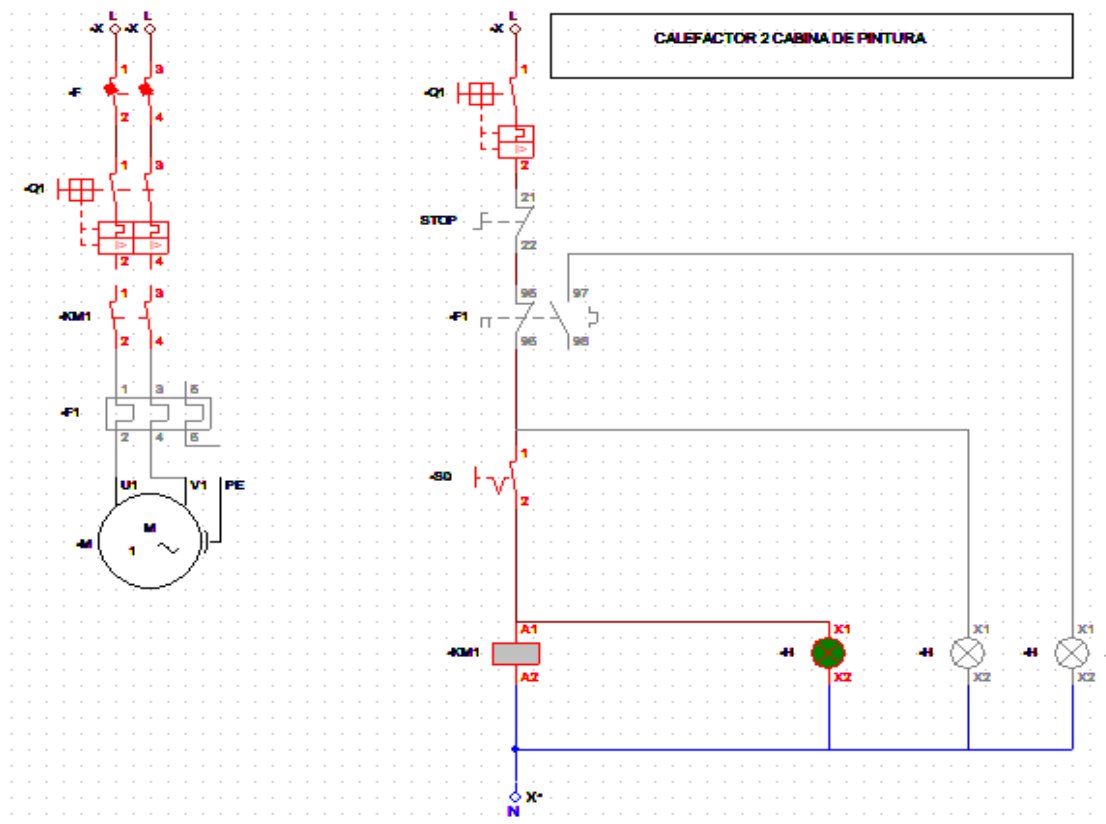


Figura 46: Plano de conexión eléctrica (calefactor 2). Fuente propia

2.13 Filtros cabina de pintura.

Un buen sistema de filtrado empieza con un buen sistema de extracción. Las cabinas de pintura generan un flujo de aire que se mueve a lo largo de toda la cabina, Y este flujo debe ser absorbido por el sistema de filtrado, capturando la pintura que no se aplique a la pieza.

Generalmente este proceso se conoce como overspray. Para asegurar una captura correcta, el flujo a través de toda la cabina deberá ser homogéneo. Cuando el flujo no es homogéneo se generan remolinos de aire, los cuales causarán que la pintura se quede flotando en determinadas áreas y se puedan fogear las piezas ya pintadas.

Para el sistema de filtrado de la cabina de pintura, se escogieron dos tipos de filtros, ya que contamos con tres extractores de alta potencia. El primer extractor está destinado para el filtro tipo cortina de agua, el cual es más eficiente según marco teórico. Las ventajas de esta

cortina de agua son muy reconfortantes, ya que permiten filtrar las partículas de pintura de una manera rápida, y su mantenimiento es mucho más prolongado que los filtros secos.

Los otros dos extractores, se utilizaron para los filtros secos, los cuales proyectan el excedente de pintura hacia una pared de filtros a medida. Los filtros más populares son los filtros tipo fibra de vidrio sellada con poliéster, y los tipos guata. Los tipos fibra de vidrio sellada con poliéster, es un filtro fabricado con fibra de vidrio y poliéster estructurado en forma piramidal de doble capa, el cual tiene un patrón especial que provoca que el aire choque con las paredes de poliéster antes de salir. Los filtros tipo guata son tejidos de diferentes fibras como fibra sintética, poliéster o nylon etc. Estos filtros recogen el aire contaminado que pasa a través de estas membranas del filtro. En nuestro caso se van a utilizar los dos tipos de filtro, uno para la parte de exposición a la pintura, y otro para los ductos de ventilación.

Debemos tener en cuenta que existe una gran desinformación con respecto a las cabinas de cortina de agua. “En la industria hay mitos que desvirtúan las ventajas del sistema de agua, hay personas que aseguran que está prohibido su uso en el país, lo cual es completamente falso”.

Si bien es cierto, la Ley restringe el vertimiento al alcantarillado de las aguas residuales y de los lodos provenientes de las cabinas de pintura, esto también aplica para la disposición de filtros contaminados, y en ningún caso incluye el uso de los equipos, por el contrario, la Secretaria de Ambiente promueve y exige la captura de los desechos mediante los dos métodos”.

2.14 Construcción cortina de agua.

Para la construcción de la cortina de agua se cuenta con un espacio de 220 centímetros de alto, por 270 cm de ancho, este espacio es donde va a quedar ubicada la cabina de pintura, lo podemos evidenciar por medio de la figura 47.



Figura 47: *Espacio para hacer la cortina de agua. Fuente propia*

El agua que fluirá por la cortina de agua va a ser soportada por un plástico tipo tapete de calibre de 4 milímetros de espesor, el cual será el encargado de mantener la pared aislada del agua, y permitirá la recirculación de agua.



Figura 48: *Cortina de agua en proceso de desarrollo. Fuente propia*

Esta agua será recirculada por una motobomba industrial de $\frac{3}{4}$ Hp con tubería de 2 pulgadas, la cual será la encargada de regar el agua sobre la cortina de plástico, con el fin de que se mantenga el flujo de agua en movimiento. Esta motobomba la podemos evidenciar por medio de la siguiente figura.



Figura 49: Motobomba cortina de agua. Fuente propia

Al igual a esta cortina de agua se le hizo un contenedor en la parte inferior, el cual sirve como recipiente para recibir el agua que llega de la cortina de agua, como para la absorción de agua por parte de la motobomba.

Para el accionamiento de la motobomba por medio de nuestro dispositivo androide, al igual que en los calefactores, fue necesario poner un sistema de contactores, los cuales son accionados por medio de nuestro módulo de relevos del sistema circuital.

El sistema de control eléctrico de la cortina de agua cuenta con un taco de 20 amperios, juntamente con un contactor de 16 amperios, en este caso no se le puso relé térmico, ya que este motor cuenta con un relé térmico incluido dentro de su fabricación, motivo por el cual no fue necesaria la compra de dicho relé.

El plano de conexión eléctrica de la cortina de agua lo podemos evidenciar por medio de la figura 50.

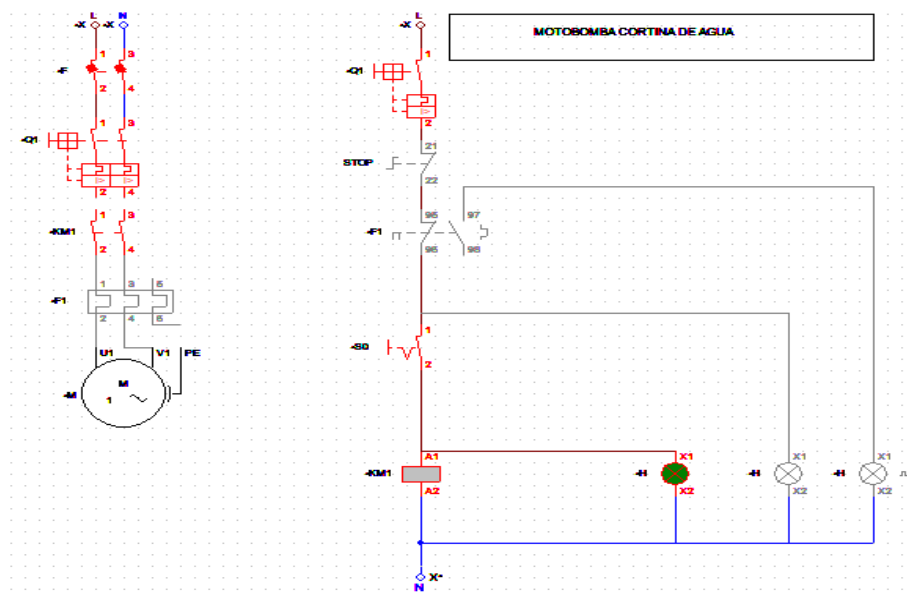


Figura 50: Conexión eléctrica de la cortina de agua. Fuente propia

2.15 Construcción filtros secos.

Para la construcción del sistema de sujeción de los filtros secos, se realizó una estructura de 60 por 60 cm la cual tiene un enmallado tipo rejilla, el cual va tanto en la parte frontal, y trasera de una estructura hecha en pletina de $\frac{3}{4}$. Con un área de 60*60cm con una profundidad de 2 pulgadas, en esta profundidad es donde serán puestos los filtros tipo guata, que son los que van a tener contacto directo con la cabina de pintura.

Al igual este proceso se le realizara al extractor de la parte media de la cabina.

2.16 Planta cabina de pintura.

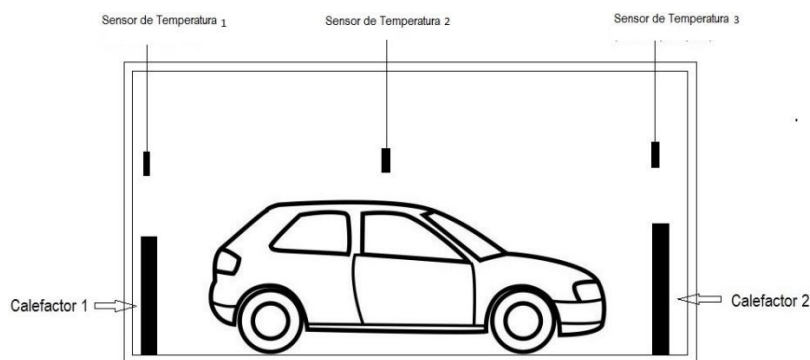


Figura 51: Modelo de la planta control temperatura Fuente propia

2.17 Sensores.

En el mercado encontramos gran variedad de sensores que se pueden dividir en sensores análogos y digitales. Las salidas en forma digital de estos dispositivos son muy atractivas por su facilidad en la implementación y adecuación de señales, y aún más por su inmunidad a las interferencias electromagnéticas. Existen muchas ventajas al utilizar sensores digitales además de las ya mencionadas, se encuentra que ante la pérdida de información la señal digital puede ser reconocida gracias a los sistemas de regeneración de señales (usados también para amplificarla, sin introducir distorsión). (García Muñoz, Kanayet Castañeda, & Ruiz Moya, 2006, pp. 64-65)

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes física o química, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser, por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. (Aprendiendo Arduino, 2016). Para nuestro trabajo de grado las variables que se desean controlar son las de la temperatura. Por tal razón se especificará el sensor a utilizar y sus correspondientes características.

2.18 Temperatura.

En los procesos anteriormente descritos del sistema de control de la cabina de pintura, se puede evidenciar de que la temperatura cumple un papel importante en este trabajo de grado, razón por la cual se escogieron dos tipos de sensores: Termocuplas Tipo K y Sensores digitales de temperatura DS18B20.

En conclusión, las termocuplas tipo K, generan mucha interferencia al momento de ser añadidas por cables externos, y su precisión varía mucho dependiendo de la ubicación; motivo

por el cual se llegó al resultado de que el sensor digital de temperatura DS18B20 es el indicado para el proceso de sensado del sistema de control de la cabina de pintura.

El sensor digital de temperatura DS18B20 es un dispositivo que se comunica de forma digital, cuenta con tres terminales: Vcc, GND y el pin Data. Este sensor utiliza comunicación por protocolo serial digital OneWire. Este protocolo de comunicación permite enviar y recibir datos utilizando un solo cable. Para leer el sensor con un Arduino es necesario utilizar dos librerías : Dallas Temperatura. Y OneWire, estas librerías deben ser instaladas antes de cargar el código a nuestra placa de desarrollo.

Características del sensor: Tipo digital, resolución de 9 y 12 bits, Rango de operación de -50 a 125 grados Centígrados., Precisión +- 0.5 grados y Protocolo OneWire. (Ramírez, 2015).

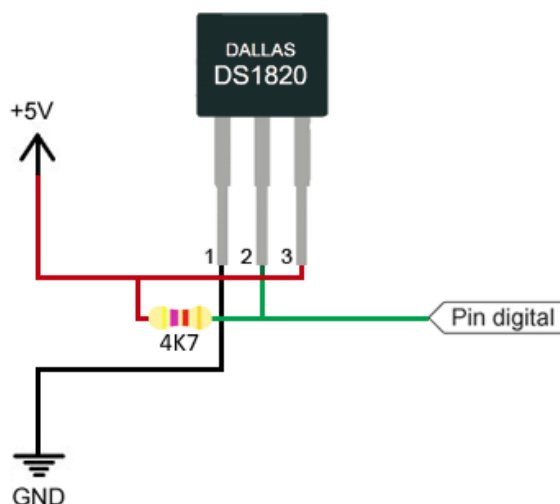


Figura 52: Esquema de conexión sensor digital de temperatura DS18B20. Arduino, 2016

El pin de dato del sensor digital de temperatura DS18B20, se conecta a la tarjeta WeMos D1 ESP8266 mediante un pin digital, en la cual se obtiene la temperatura en °C, en el ANEXO C, se encuentra el código correspondiente a la obtención de la temperatura mediante el pin digital D9, esto a su vez es la base para el control On-Off. Esta variable de temperatura se visualiza en

un display LCD de 16 x 2 como también en el dispositivo móvil, permitiéndole al usuario observar la temperatura en la que se encuentra la cabina de pintura.

Capítulo 3. Comunicación e interfaz de usuario.

3.0 Diseño Estructural de la Interfaz de usuario.

Para dar inicio con la construcción de la interfaz de usuario se determinó diseñar un esquema general de la aplicación, permitiendo tener una idea sobre la ubicación de cada uno de los botones y herramientas que se desean implementar y controlar.

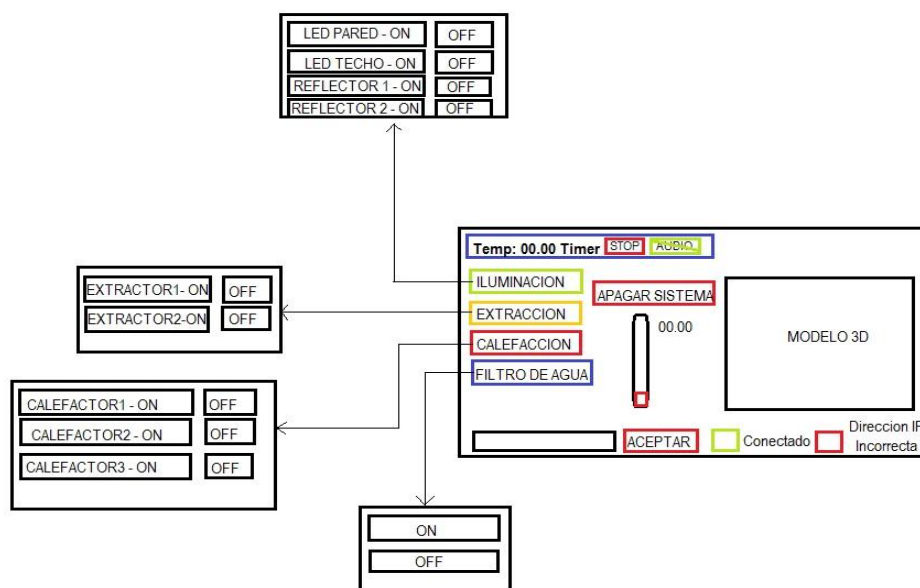


Figura 53: Diseño estructural de la interfaz gráfica de usuario. Fuente Propia

3.1 GUI (Interfaz Gráfica de usuario).

Mediante la estructura general expuesta anteriormente, se planteó diseñar la interfaz gráfica de usuario en un software como Unity, que permite diseñar aplicaciones móviles muy fluidas y atractivas para el usuario. Desde la versión 4.6 de Unity, han introducido un componente llamado Canvas, que hace más fácil dicho diseño con una manera de trabajo más

intuitiva, y readaptando de forma automática el tamaño y posición de los elementos del UI a las distintas resoluciones de pantalla donde se reproduce la aplicación (Academia android, 2015).

El canvas es el área donde todos los elementos UI deben estar. El canvas es un Game Object con un componente canvas en él, y todos los elementos UI deben ser hijos de dicho Canvas (Technologies, 2016)

Para crear un nuevo elemento como por ejemplo un botón basta con acceder al menú **GameObject > UI > Button** como se observa en la figura 47, esté automáticamente crea el canvas, siendo creado el elemento UI como un hijo del Canvas.

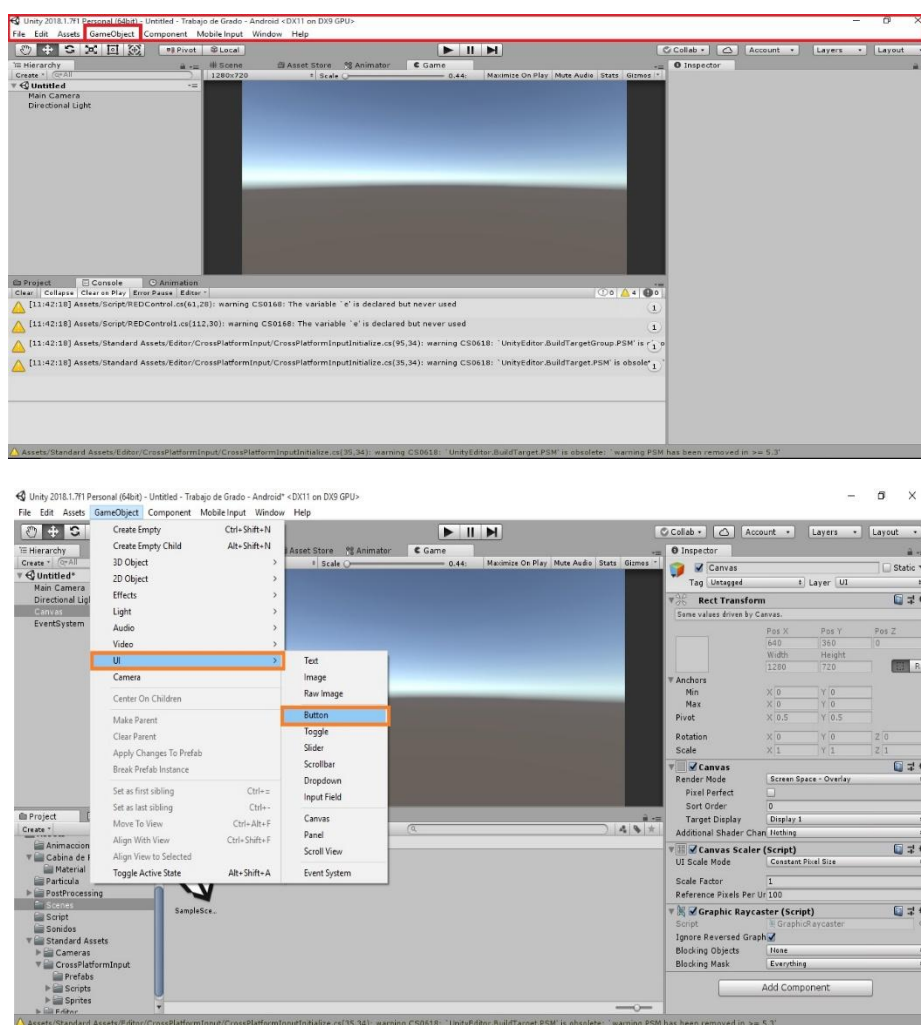


Figura 54: Acceder a un Game Object > UI > Button. Fuente Propia

Enseguida se diseñó la respectiva interfaz gráfica de usuario como se observa en la figura 55, esta interfaz contiene en total 28 botones, 6 textos, y un Input Field, los botones principales de la interfaz gráfica son: Iluminación, Extracción, Calefacción, filtro de agua, Apagar sistema y Aceptar. En los botones correspondientes a la Iluminación con tiene 8 sub-botones, en el botón Extracción con tiene 4 sub-botones, en el botón Calefacción 4 sub-botones y en el botón filtro de agua contiene 2 sub-botones.



Figura 55: Interfaz gráfica de usuario. Fuente Propia

3.1.1 Botón 1, Iluminación

Al momento de tocar este botón se despliega ocho sub-botones como se puede observar en la figura 56. Cada uno de estos botones cumple la función de encender las diferentes luces de la cabina de pintura como también permite apagarlas, pero para que se permita realizar estas acciones el usuario debe tener la dirección IP.



Figura 56: Botón iluminación. Fuente propia

3.1.2 Botón 2, Extracción

Enseguida del botón iluminación se encuentra el botón extracción, en la cual al momento de tocar este botón se despliega cuatro sub-botones como se puede observar en la figura 57, las cuales cumple la función de encender los extractores de la cabina de pintura como también permite apagarlos, para que se permita realizar estas acciones el usuario debe tener la dirección IP.



Figura 57: Botón extracción. Fuente propia

3.1.3 Botón 3, Calefacción.

Al momento de tocar este botón se despliega seis sub-botones las cuales cumplen la función de encender y apagar los calefactores, pero estos calefactores tienen un funcionamiento acorde al sistema de control es decir que al momento de que la temperatura supero los 42°C los calefactores se apagan automáticamente y cuando la temperatura se encuentre por debajo de los 27°C los calefactores se prenden automáticamente, esto gracias al sistema de control diseñado

anteriormente. Pero para que se cumpla todos estos procesos el usuario debe tener la dirección IP.



Figura 58: Botón calefacción. Fuente propia

3.1.4 Botón 4, filtro cortina de agua.

Enseguida del botón calefacción se encuentra el botón Filtro de agua la cual al tocar este botón se despliega dos sub-botones como se puede observar en la figura 59, este botones cumple la función de encender y apagar el filtro de agua, esto se cumple si el usuario ingresa la dirección IP.



Figura 59: Botón filtro de agua. Fuente propia

3.1.5 Botón 5, apagar sistema.

Al momento de que el usuario toca este botón se apaga todo el sistema, es decir: Iluminación, extracción, calefacción y filtro de agua.



Figura 60: Botón apagar sistema. Fuente propia

3.1.6 Botón 6, aceptar.

Este botón puede ser el más importante en la interfaz gráfica, ya que es el botón que al momento de ser tocado se va a enlazar con la tarjeta WiFi mediante la dirección IP ingresada. Si la dirección IP ingresada es incorrecta el usuario no podrá manipular los distintos dispositivos que se encuentran en la cabina de pintura. Esta dirección IP será suministrada al usuario.



Figura 61: Botón aceptar. Fuente propia

3.2 Comunicación WiFi.

Una vez implementado los sensores, actuadores como también elaborada la interfaz gráfica, se procede a recibir y transmitir los datos obtenidos de Unity a Arduino y viceversa.

Para este caso tenemos un comportamiento cliente en el que se encuentra el sensor digital de temperatura DS18B20, que solo transmitirá el valor de la temperatura al motor de desarrollo Unity, En el caso de la iluminación, extracción, calefacción y filtro de agua necesitamos recibir los datos que Unity envía, para así poderlos ejecutar, de manera que si Arduino recibe un dato como por ejemplo un uno, este se ejecutara poniendo la salida del Led del Techo en “HIGH”, y así con los demás actuadores de la cabina de pintura. El servidor es el programa que continuamente está a la espera de que alguien solicite una conexión, siendo el cliente el que solicita la conexión con el fin de enviar datos al servidor.

3.2.1 Modo cliente arduino.

Para poder conectarnos con el servidor que en este caso viene siendo el motor de desarrollo Unity, y poderle enviar los datos primero, se necesitó conectarnos a la red WiFi a la que tenemos acceso. Como se observa en la siguiente figura.

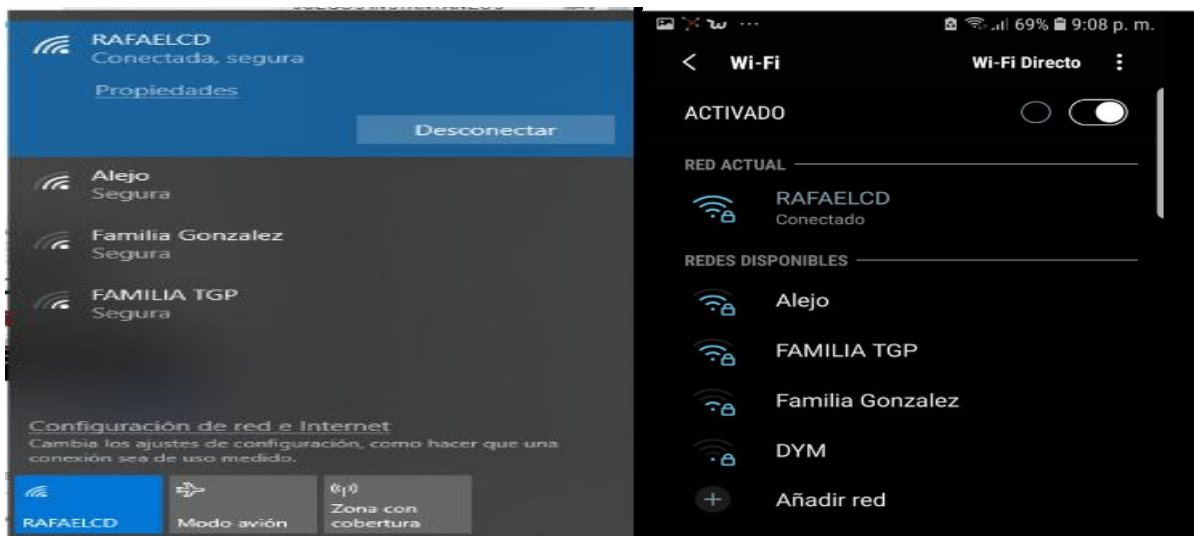


Figura 62: Conexión Red WiFi. Fuente Propia

Para conectarnos a la red WiFi se utilizó una librería disponible para la tarjeta WeMos D1 ESP8266 que es “ESP8266WiFi.h”, esta librería proporciona las rutinas específicas WiFi de ESP8266 a las que llamamos para conectarnos a la red (Arduino, 2018)

```
#include <ESP8266WiFi.h>
```

Figura 63: Librería ESP8266WiFi.h. Fuente propia

Para llevar a cabo la conexión se definió las variables tipo char para conectarnos al WiFi, en estas variables se escriben el ssid y el password, como se puede observar en la siguiente figura.

```
char ssid[] = "RAFAELCD";
char pass[] = "*****";
```

Figura 64: Variables de conexión WiFi. Fuente propia

En la función “setup” nos conectamos al WiFi haciendo uso de las variables definidas anteriormente, y se esperó hasta que la conexión fuese exitosa. Si por alguna razón no se conectó al monitor serial de Arduino, se envía un mensaje de “Conexión WiFi invalida”, una vez conectado al WiFi, mediante el monitor serial, se recibió la dirección IP Local como se observa en la figura 65, en la cual es necesaria para realizar la comunicación entre Arduino y Unity.

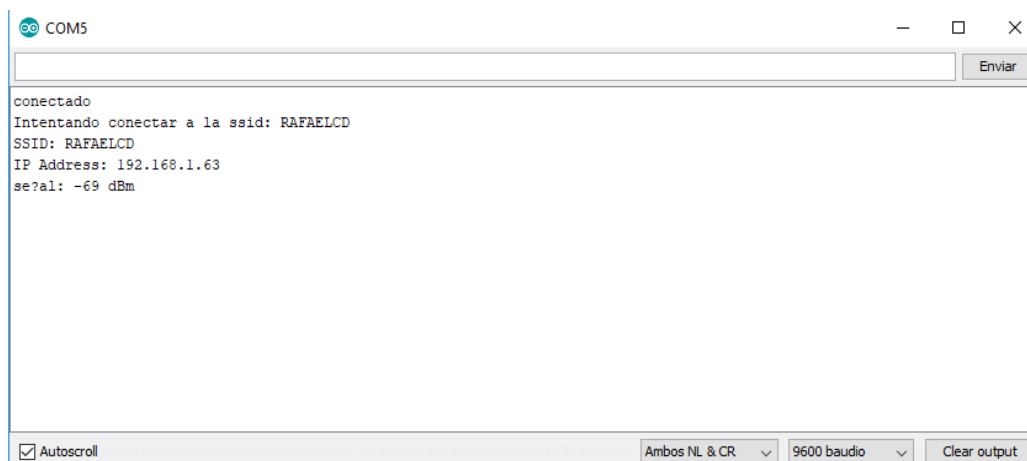


Figura 65: Monitor serial dirección IP local. Fuente propia

En la función “Loop” creamos un cliente y abrimos una conexión TCP. Por ultimo para poder transmitir se ingresó el siguiente comando `client.print()`, esto permite imprimir los datos en el servidor al que está conectado un cliente. Imprime números como una secuencia de dígitos, cada uno es un carácter ASCII. (Arduino, 2018)

En el anexo C y D se encuentran los códigos correspondientes.

3.2.2 Modo servidor Arduino.

Para conectar la tarjeta WiFi D1 WeMos ESP8266 como servidor, primero se abrió un puerto libre que en nuestro caso es el 80 para la tarjeta uno, y para la segunda tarjeta el puerto 81. Esto se hizo para crear un servidor que reciba las conexiones entrantes en el puerto especificado. (Arduino, 2018)

Al igual que para el modo cliente, lo primero que se realizó fue conectarnos a la red WiFi y enseguida crear A un “WiFiServer” la cual es un servidor que enlaza las conexiones entrantes del puerto 80 y 81, en seguida lo iniciamos en la función “setup” escribiendo `server.begin()`.

```
WiFiServer server(81); WiFiServer server(80);
```

Figura 66: Puertos Tarjeta uno y dos. Fuente propia

En la función “Loop” comprobamos si hay algún cliente conectado, y si lo está, recibimos los datos que este le trasmita, por ejemplo, si nos devuelve un valor de 1 ponemos la salida del pin que está conectado al “Led del Techo” en “HIGH”.

En el anexo A y B se encuentran los códigos correspondientes.

3.2.3 Modo Cliente y Servidor Unity :

En Unity se implementó el protocolo socket para comunicación entre cliente y servidor, la cual guarda relación con el protocolo TCP (Transmission Control Protocol) y hacen parte del modelo de referencia IoT, A continuación, se definen los términos correspondientes a TCP, IP y Socket

- **TCP:** Es un protocolo de transporte orientado a la conexión que envía datos como un flujo de bytes no estructurado. (mlluis & Harkisin, 2005)
- **IP:** Es el protocolo principal de capa 3 en la suite de Internet. Las direcciones IP son números únicos de 32 bits asignados por el Centro de información de red. Una dirección IP se divide en dos partes. La primera parte designada la dirección de red, mientras que la segunda parte desinada la dirección de host. Estas direcciones IP se dividen en diferentes clases de red. Las redes de clase A están destinadas principalmente para su uso, ya que proporciona solo 8 bits para el campo de dirección de red. Las redes de clase B asignan 16 bits, y las redes de clase C asignan 24 bits, para el campo de dirección de red (mlluis & Harkisin, 2005)
- **Sockets:** Los sockets son una forma de comunicación entre procesos que se encuentran en diferentes máquinas de una red, los sockets proporcionan un punto de comunicación por el cual se puede enviar o recibir información entre procesos (Irving, 2012) Los sockets están basados en una arquitectura cliente/servidor.

Tabla 1: Clases para los sockets TCP. Irving, 2012

Clase	Descripción
Socket	Esta clase implementa sockets del cliente. Un socket es uno de los extremos en la comunicación entre dos máquinas.
Server Socket	Esta clase implementa sockets del servidor. Un socket del servidor espera a que una solicitud provenga de la red; lleva a cabo determinadas operaciones basadas en la solicitud recibida; y entonces, posiblemente, retorna un resultado al solicitante.

Pero para lograr este acople entre servidor-cliente en Unity, se empleó la APIs propia de cada protocolo, las cuales son disponibles como código abierto para ser implementadas en el entorno Unity.

Para poder realizar la conexión servidor-cliente se necesitó utilizar las siguientes librerías:

```
using System.IO;
using System.Net.Sockets;
```

La librería System.IO permite leer y escribir en archivos y flujos de datos, la librería System.Net.Sockets implementa la interfaz de Sockets.

En seguida se definieron las siguientes variables:

```
cpClient myRed;
NetworkStream theStream;
StreamWriter theWriter;
StreamReader theReader;
```

Se creó una función pública la cual es fundamental para la comunicación entre el servidor y el cliente, esta función contiene cuatro clases las cuales son:

```
myRed = new TcpClient(Host, Port);
theStream = myRed.GetStream();
theWriter = new StreamWriter(theStream);
theReader = new StreamReader(theStream);
```

La primera clase es la que nos proporciona los métodos para conectarse, enviar, recibir y transmitir datos. El Host es la dirección IP que nos proporciona Arduino ver figura 65, el Port es el valor del puerto escrito en el código Arduino.

La segunda clase se usó para enviar y recibir datos.

La tercera y la cuarta clase son las más importantes, ya que una clase proporciona la escritura, es decir que está diseñada para la salida de caracteres, estas salidas van a ir direccionadas al servidor de arduino y la otra clase lee los caracteres, es decir, que está diseñada para la entrada de caracteres, por lo tanto, Arduino se convierte en cliente.

En seguida se crearon dos funciones una función para lectura (servidor) y otra para escritura (cliente). La función de lectura (Servidor) contiene un código muy importante que es:

```
theReader.ReadLine();
```

Esta línea de código permitió leer los caracteres del flujo de entrada mediante el método ReadLine().

La función de escritura (cliente) contiene un código muy importante que permite realizar la escritura este código es el siguiente:

```
theWriter.Write(pulsado);
```

Esta línea de código permitió realizar la escritura mediante variables tipo Char, String y Int mediante el método write ();

En los anexos J y K se encuentran los códigos correspondientes a la comunicación cliente-servidor.

3.3 Establecimiento de la conexión

El encargado de iniciar la conexión es el cliente que en este caso el cliente viene siendo la persona que va a manipular los procesos de la cabina de pintura, en la cual el cliente necesitara

una dirección IP Local asignada por Arduino “192.168.1.63”, esta dirección IP el usuario la ingresa en la interfaz gráfica de usuario como se observa en la figura 67.

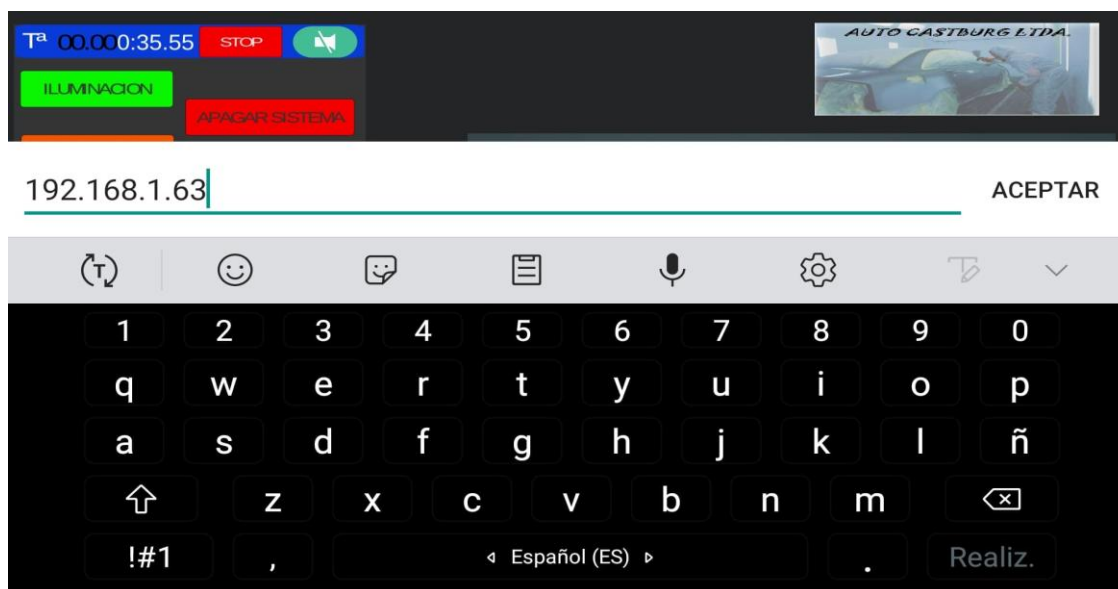


Figura 67: Dirección IP ingresada. Fuente propia

Una vez que se valide la conexión el usuario puede manipular los procesos de la cabina de pintura, la interfaz gráfica tiene un aviso donde le indica cuando la conexión se ha realizado satisfactoriamente.

Capítulo 4. Manual de operación costos y funcionamiento.

4.0 Manual de operación y funcionamiento.

- Revisar que no exista en el interior de la cabina de secado impurezas ni contaminantes.
- Encender tablero de control.
- Activar el control de iluminación.
- Revisar que puertas del ingreso de vehículos como de técnico se encuentren herméticamente cerradas evitando fugas de calor.
- Activar la opción de pintura (A).

- Para desactivar la opción pintado activar la opción OFF.
- En tablero existe opción de pintado(A) y curado (B).
- Iniciar la fase de curado (B)
- Ingresar el tiempo que se requiere.
- El proceso finaliza de forma automática luego de cumplir con el tiempo establecido.
- Apagar lámparas de iluminación y abrir puerta de ingreso/salida del vehículo

PARADA DE EMERGENCIA.

- En el caso exista anomalía en alguna de las fases de pintado o secado se desactivará el sistema activando la opción OFF.
- En el caso que no responda el botón OFF se acciona el control de energía es decir desenergizar en su totalidad el sistema.

4.1 Iluminación de la cabina de pintura.

La cabina de pintura contaba con dos balastos con 2 bombillas fluorescentes, estos balastos consumían 400W cada uno, Por lo cual se decidió cambiar este sistema iluminación por un sistema iluminación LED. Este sistema de iluminación LED consta de dos reflectores de 50 Watts Y 2 paneles led para el techo de 24 watts , en conjunto con 3 tiras LED de 10 watts de 5 metros, las cuales van sujetas a la pared de los laterales de la cabina de pintura. El sistema de iluminación mejoró considerablemente, ya que se está economizando energía, ya que este sistema de iluminación alumbró más y consume menos que el sistema anterior.

4.2 proceso de pintado dentro de la cabina de pintura.

Para el proceso de pintado de la cabina de pintura, primeramente, se tendrá que hacer todo el aseo respectivo del lugar, el cual contempla: barrer el piso, las paredes y el techo de la

cabina, con el motivo de eliminar cualquier partícula de polvo. Después de ello se encenderán las luces y los extractores de aire para el proceso de pintado, que dura aproximadamente de 1 hora a 1 y 30 minutos. Después de haber pintado el automóvil, el operario tendrá que salirse de la cabina de pintura, para así encender el sistema de calefacción automático. Para esta parte, quedará funcionando 1 extractor el cual servirá para la recirculación de aire caliente, para calentar y mantener la temperatura deseada en el menor tiempo posible.

4.3 Normas antes de pintar.

- Quitar accesorios (espejo, retrovisores, molduras particulares en plástico, etc.) que no sean originales del automóvil para evitar su deformación por efecto del calor que se producirá durante el secado.
- Vaciar el tanque de combustible y los circuitos de alimentación. Acto seguido desmontar el tanque de combustible del vehículo y no entrarlo en la cabina.
- Es indispensable que los neumáticos del automóvil sean rebajados en su presión de inflado para evitar deformaciones en ellos durante la cocción.
- Verificar que tanto el cristal del parabrisas como la luna trasera no estén rajados o arañados para evitar que durante la fase de secado se formen burbujas en el extracto de plástico interpuesto entre los dos cristales laminados.

4.4 Consumo y precio en KWh por automóvil.

Para pintar un automóvil se necesitan aproximadamente 2 horas de trabajo, de esas horas no todos los elementos de la cabina de pintura estarán encendidos; por ejemplo, la parte de iluminación estará encendida las dos horas, la parte de extracción estará encendida 1 hora y 20 minutos en conjunto con la motobomba para la cortina de agua, y la parte de los calefactores solo estarán encendidos de 20 a 40 minutos según el tipo de pintura que se le aplique al automóvil, ya

sea poliéster, poliuretano o barniz. A continuación, se podrá evidenciar en la siguiente figura el consumo que tendríamos que pagar adicional por pintar cada automóvil.

COSTO PARA PINTAR UN CARRO SEGÚN CONSUMO ELECTRICO .					
APARATO ELECTRICO	POTENCIA EN W o VA	POTENCIA EN KW	HORAS DE USO	KW/h	COSTO POR CARRO
	P	p/1000	t	p*t	450.49/kwh
CALEFACTOR	6000	6	0.6666667	4	1801.96
CALEFACTOR	6000	6	0.6666667	4	1801.96
TURBINA 1	1500	1.5	0.6666667	1	450.49
TURBINA 2	1500	1.5	0.6666667	1	450.49
EXTRACTOR	600	0.6	1.5	0.9	405.441
EXTRACTOR	600	0.6	1.5	0.9	405.441
EXTRACTOR	300	0.3	1.5	0.45	202.7205
MOTOBOMBA	370	0.37	1.5	0.555	250.02195
LUZ TECHO 1	25	0.025	2	0.05	22.5245
LUZ TECHO 2	25	0.025	2	0.05	22.5245
REFLECTOR 1	50	0.05	2	0.1	45.049
REFLECTOR 2	50	0.05	2	0.1	45.049
LED PARED 1	15	0.015	2	0.03	13.5147
LED PARED 2	15	0.015	2	0.03	13.5147
LED PARED 3	15	0.015	2	0.03	13.5147
				total=	5944.2156

Figura 68: Tabla cuánto cuesta pintar un carro según consumo eléctrico. Fuente propia

Capítulo 5. Mantenimiento.

5.0 Mantenimiento.

Tabla 2: Plan de mantenimiento para la cabina de pintura. Fuente propia

Tipo de operación de mantenimiento.	150h	250h	600h	1200h	1700h
Limpiar paredes de la cabina	X				
Limpiar techo de la cabina	X				
Limpiar riel inferior del piso		X			
Limpiar lámparas			X		
limpiar reflectores			X		
Limpiar sensores de temperatura (termocuplas).		X			
Limpiar ducto de extracción			X		
Limpiar trampa de agua	X				
Revisar filtros de ducto de extracción /cambiar			X		
Revisar ventiladores y calefactores		X			
Engrase de riel superior junto con carritos de sujeción.			X		
Revisión de funcionamiento de motobomba.		X			
Revisión tablero de control(tacos contactores)			X		

Revisión sistema electrónico (tarjetas de control)		X		
Revisión de empaques puertas.	X			
Cambio de lámparas.			X	
Cambio de reflectores				X
Cambio de filtros.			X	
Cambio de agua trampa de agua.		X		
Para evitar que la intensidad de la luz disminuya o incluso cambie de color. Es posible aplicar una película plástica a los vidrios de las lámparas. Esta película plástica podrá retirarse cuando se haya contaminado mucho, y es sustituida por una nueva película.			X	

Capítulo 6. Posibles mejoras y conclusiones.

6.0 Posibles mejoras.

- Implementarle un sistema de cámaras de video, las cuales se puedan visualizar mediante el dispositivo móvil.
- Instalar un sistema de alarma, que al momento que se prendan los calefactores, se encienda avisando que los calefactores fueron prendidos por medio del dispositivo móvil.
- Automatizar el sistema corredizo, permitiendo encerrar la cabina de pintura automáticamente, por medio del dispositivo móvil.
- Implementar un sistema de control de procesos de la cabina de pintura mediante comandos de voz.

6.1 Conclusiones.

- Se concluyó que el mejor material para evitar las perdidas térmicas dentro de la cabina de pintura, es la madera de aglomerado de densidad media MDF, juntamente con la pintura térmica.
- La construcción modular de la cabina de pintura por medio de rieles y un sistema deslizante, es la mejor decisión para el diseño de una cabina de pintura en un espacio pequeño. Este sistema optimizó al máximo el espacio, permitiendo seguir las actividades normales del taller, las cuales ocupan el espacio de la cabina de pintura.
- Se controló la capacidad de extracción de una manera óptima gracias a la capacidad de los extractores.
- La ubicación estratégica de los extractores se relaciona directamente con el nivel de “overspray” que se generó dentro del proceso de pintado.

- Con los filtros de guata y la cortina de agua; se controló la contaminación en el interior como en el exterior de la cámara, a través de un sistema de filtrado meticuloso.
- La construcción de la cabina de pintura redujo los tiempos de pintado de un vehículo en más del 50%, en comparación con un vehículo secado a temperatura ambiente.
- El sistema de control (ON-OFF), fue fácil de desarrollar ya que fue más eficiente, manteniendo la temperatura constante según nivel de histéresis; lo cual fue ideal para el secado por medio de recirculación de aire caliente.
- Vale la pena asumir un gasto adicional en energía eléctrica, ya que en todo el proceso de pintura, se gasta aproximadamente 18 KW por vehículo, lo que implica un costo bajo de dinero, a cambio de calidad y eficiencia.
- El cambio de lámparas fluorescentes a luz led, optimizo la potencia lumínica y el ahorro de energía eléctrica, en comparación con la luz fluorescente.

6.3 Campo de desarrollo.

Se involucran elementos de comunicaciones, control, electrónica digital y analoga.

Trabajos citados

- (23 de Oct de 2017). Obtenido de Sensores actuadores y sistemas de control: <https://es.scribd.com/document/362414781/Sensores-Actuadores-y-Sistemas-de-Control>
- Academia android*. (18 de Dic de 2015). Obtenido de Canvas: creación de interfaz de usuario en Unity: <https://academiaandroid.com/canvas-creacion-de-interfaz-de-usuario-en-unity/>
- Aprendiendo Arduino*. (06 de Nov de 2016). Obtenido de Electrónica, Sensores, Actuadores y Periféricos: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/11/06/electronica-sensores-actuadores-y-perifericos/>
- Arduino* . (27 de Jun de 2016). Obtenido de MEDIR TEMPERATURA DE LÍQUIDOS Y GASES CON ARDUINO Y DS18B20: <https://www.luisllamas.es/temperatura-liquidos-arduino-ds18b20/>
- Arduino*. (2018). Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Reference/ClientPrint>
- Arellano , J., & Cornejo, N. (2015). *Diseño de Sistema Domótico WIFI y Aplicación Androide*. Guayaquil, Ecuador.
- Arelux. (2018). Pintura Aislante termica. *La pintura térmica permite ahorrar hasta un 40% de energía gracias a la rotura de puente térmico*.
- Autocity. (2014). Documentos tecnicos cabinas de pintura. <http://www.autocity.com/servicios/documentos-tecnicos/pintura/cabinas-de-pintura>, 15.
- Becklin, E. (2007). Normas para las cabinas de pintura. www.ehowenespanol.com/normas-cabinas-pintura-lista_276043/, 50.
- Burbano Vallejo, L. F. (2017). *Estudio e implementación en matlab se un entorno de comunicación basado en protocolos del internet de las cosas para clientes de teleoperación en robótica*.

- Catálogo técnico-tarifa de precios Resistencias Eléctrica* . (s.f.). Salvador Escoda S.A.
- Contactores. (s.f.). *Tecnología*, <http://www.areatecnologia.com/electricidad/contactor.html>.
- Controladores de procesos industriales*. (s.f.). Obtenido de <http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/index.php>
- DÁVILA, R. A. (2004). DISEÑO DE LA CABINA DE PINTURA DE UN TALLER AUTOMOTRIZ. *tesis*, 111.
- electricfor*. (s.f.). Obtenido de Programa Fabricación : <https://www.electricfor.es/es/333065/Programa-Fabricacion.htm>
- García Muñoz, J. C., Kanayet Castañeda, J. N., & Ruiz Moya, G. F. (2006). *Diseño e implementación de un controlador de temperatura y monitoreo de señales para la automatización de equipos de refrigeración*.
- Garrido, C. (2015). Sistemas de control. *Sistemas de Control*, 20.
- Geek Factory*. (s.f.). Obtenido de <https://www.geekfactory.mx/tienda/arduino/wemos-d1-esp8266/>
- I. B. (07 de Nov de 2012). *Sockets: Protocolos de comunicación TCP y UDP*. Obtenido de DSP: <http://dsp.mx/blog/sistemas-de-informacion/49-sockets-tcp-udp>
- Karen Rose, Scott Eldridge, & Lyman Chapin. (2015). La internet de las cosas - una breve reseña. *Internet Society*, 5.
- Luiz Garcia, L. C. (1015). *Estudio del impacto técnico y económico de la transición de internet al internet de las cosas (IoT) para el caso colombiano* .
- Milton López. (2014). “Guía de Instalaciones mecánicas parte II: Instalaciones de ventilación forzada” .

- mlluis, & Harkisin. (10 de Agos de 2005). *Cisco* . Obtenido de Descripción general de TCP / IP: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/routing-information-protocol-rip/13769-5.html>
- Pita, E. G. (2000). Acondicionamiento de aire: Principios y sistemas. *México: Compañía editorial Continental, 2000, 548.*
- Ramírez Madrid, D. A., & Rodríguez Hernández, E. D. (2016). *Diseño de un método para identificar necesidades y oportunidades para la implementación de.*
- Ramírez, R. (30 de sep de 2015). *Hetpro*. Obtenido de Sensor de temperatura DS18B20 con Arduino: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-temperatura-ds18b20/>
- Riera, A., & Córdova, C. (2015). *Diseño de Sistema Domótica WIFI y Aplicación Android Utilizando Hardware Idetec- Inventio.*
- S.A., S. E. (2014). Resistencias electricas. *Catalogo tecnico de Resistencias electricas.*, 56.
- stickpng.* (s.f.). Obtenido de <http://www.stickpng.com/es/img/iconos-logotipos-emojis/companias-technologicas/logo-unity>
- Technologies, U. (2016). *Manual de Unity.* Obtenido de <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UICanvas.html>
- Termic, B. (2017). Resistencias electricas calefactoras. *DISTRIBUCIONES INDUSTRIALES E INSTRUMENTACIÓN*, 140.
- UIT-T.2060. (15 de Jun de 2012). *Descripción general de Internet de los objetos.* Obtenido de <https://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=Y.2060>
- Villar, C. M. (10 de sept de 2015). *Revista M&M.* Obtenido de Cabinas de pintura: ¿filtro seco o cortina de agua?: <https://revista-mm.com/blog/pinturas/cabinas-de-pintura-filtro-seco-o-cortina-de-agua/>

Villar, J. S.-C. (2018). Filtro seco o cortina de agua. *M&M*, <https://revista-mm.com/blog/pinturas/cabinas-de-pintura-filtro-seco-o-cortina-de-agua/>, 6.

Villar, J. S.-C. (2018). Filtro seco o cortina de agua. *M&M*, <https://revista-mm.com/blog/pinturas/cabinas-de-pintura-filtro-seco-o-cortina-de-agua/>, 6.

Apéndice A.

Resistencia térmica de materiales aislantes y de construcción.

Descripción	Densidad lb/ft ³	Resistencia (R)	
		Por pulgada	Por espesor nominal
TABLEROS			
Tableros, paneles, contrapisos, recubrimientos			
Productos de tabla de madera			
Tablero de asbesto cemento	120	0.25	--
Tablero de asbesto cemento 0.125 in	120	--	0.03
Tablero de asbesto cemento 0.25 in	120	--	0.06
Tablero de yeso 0.375 in	50	--	0.32
Tablero de yeso 0.5 in	50	--	0.45
Tablero de yeso 0.625 in	50	--	0.56
Triplay	34	1.25	--
Triplay 0.25 in	34	--	0.31
Triplay 0.375 in	34	--	0.47
Triplay 0.5 in	34	--	0.62
Triplay 0.625 in	34	--	0.77
Triplay o tableros de madera 0.75 in	34	--	0.93
Tablero de fibra vegetal			
Recubrimiento, densidad regular 0.5 in	18	--	1.32
..... 0.78125 in	18	--	2.06
Recubrimiento, densidad intermedia 0.5 in	22	--	1.22
Recubrimiento para clavar 0.5 in	25	--	1.14
Respaldo de tejamanil 0.375 in	18	--	0.94
Respaldo de tejamanil 0.3125 in	18	--	0.78
Tablero antirruído 0.5 in	15	--	1.35
Tableros de cerámica, simples o			
acústicos	18	2.50	--
..... 0.5 in	18	--	1.25
..... 0.75 in	18	--	1.89
Laminados de papel			
Cartón homogéneo de papel reciclado	30	2.00	--
Tablero Duro			
Densidad media	50	1.37	--
Alta densidad, servicio de temperatura, servicio	63	1.00	--
sobrepuesto	55	1.22	--
Alta densidad, templado normal	63	1.00	--
Aglomerados			
Baja densidad	37	1.85	--
Densidad media	50	1.06	--
Alta densidad	62.5	0.85	--
Base 0.625 in	40	--	0.82
Contrapiso de madera 0.75 in		--	0.94

MEMBRANAS DE CONSTRUCCIÓN			
Filtro permeable al vapor	--	--	0.06
Sello de vapor, 2 capas de filtro 15 lb	--	--	0.12
Sello de vapor, membrana plástica	--	--	Negl.
MATERIALES DE TERMINADO DE PISO			
Carpeta y capa fibrosa	--	--	2.08
Carpeta y capa de hule	--	--	1.23
Losetas de corcho 0.125 in	--	--	0.28
Terrazzo 1 in	--	--	0.08
Losetas de asfalto, linóleo, vinilo, hule, asbesto vinílico	--	--	0.05
cerámica			
Madera, acabado de madera dura 0.75 in			0.68
MATERIALES AISLANTES			
Colchoneta y tabla			
Fibra mineral, lana de roca, escoria o vidrio			
aprox. 2 a 2.75 in	0.3 - 2.0	--	7
aprox. 3 a 3.5 in	0.3 - 2.0	--	11
aprox. 3.50 a 6.5 in	0.3 - 2.0	--	19
aprox. 6 a 7 in	0.3 - 2.0		22
aprox. 8.5 in	0.3 - 2.0		30

Descripción	Densidad lb/ft ³	Resistencia (R)	
		Por pulgada	Por espesor nominal
Tabla y losas			
Vidrio celular	8.5	2.63	--
Fibra de vidrio aglomerada con sustancias orgánicas	4-9	4.00	--
Hule expandido, rígido	4.5	4.55	--
Poliestireno expandido y extruido			
Superficie célula	1.8	4.00	--
Poliestireno expandido y extruido			
Superficie lisa de piel	2.2	5.00	--
Poliestireno expandido y extruido			
Superficie lisa de piel	3.5	5.26	--
Poliestireno expandido, perlas moldeadas	1.0	3.57	--
Poliuretano expandido (R-11 exp.)	1.5	6.25	--
(espesores de 1 in. o mayores)	2.5		
Fibra mineral con aglomerado de resina	15	3.45	--
Tablero de fibra mineral, filtro húmedo			
Aislamiento de núcleo o de techo	16-17	2.94	--
Loseta acústica	18	2.86	--
Loseta acústica	21	2.70	--
Tablero de fibra mineral, moldeado húmedo			
Loseta acústica	23	2.38	--
Tablero de fibra de madera o bagazo			
Loseta acústica 0.5 in	--	--	1.25
Loseta acústica 0.75 in	--	--	1.89
Acabado interior (tablón, loseta)	15	2.86	--
Madera astillada (cementada en losas preformada)	22	1.67	--

RELLENO SUELTO			
Aislamiento celulósico (papel o pulpa de madera sueltos)	2.3 - 3.2	3.13-3.70	--
Aserrín o cepilladuras de madera	8.0 - 15.0	2.22	--
Fibra de maderas suaves	2.0 - 3.5	3.33	--
Perlita, expandida	5.0 - 8.0	2.70	--
Fibra mineral (roca, escoria o vidrio)			
aprox. 3.75 a 5 in	0.6 - 2.0		11
aprox. 6.5 a 8.75 in	0.6 - 2.0		19
aprox. 7.5 a 10 in	0.6 - 2.0		22
aprox. 10.25 a 13.75 in	0.6 - 2.0		30
Vermiculita exfoliada	7.0 - 8.2	2.13	--
..... 4.0 - 6.0	2.27	--	
Aislamiento de techo			
Preformado, para uso sobre cubierta			
Se consiguen diferentes aislamientos de techo en diferentes espesores para llegar a los valores C que se mencionan. Consultar con los fabricantes para conocer el espesor real de su material			1.39
			a
			8.33
MATERIALES DE MAMPOSTERÍA			
Concretos			
Mortero de cemento	116	0.20	--
Concreto con yeso y fibra: 87.5% de yeso y 12.5% de astilla de madera	51	0.60	--
Agregados de peso ligero, incluyendo pizarra expandida, arcilla o pizarra normal; escorias expandidas; cenizas; piedra pómez; vermiculita; también los concretos celulares	120	0.19	--
	100	0.28	--
	80	0.40	--
	60	0.59	--
	40	0.86	--
	30	1.11	--
	20	1.43	--
perlita, expandida	40	1.08	
	30	1.41	
	20	2.00	
De arena y grava o agregado de piedra (secado al horno)	140	0.11	
De arena y grava o agregado de piedra (no secado)	140	0.08	
Estuco	116	0.20	

MATERIALES DE ENYESADO			
Cemento blanco con agregado de arena	116	0.20	--
Agregado de arena 0.375 in	--	--	0.80
Agregado de arena 0.75 in	--	--	0.15
Yeso:			
Agregado ligero 0.5 in	45	--	0.32
Agregado ligero 0.625 in	45	--	0.39
Agregado ligero sobre listón metálico 0.75 in	--	--	0.47
Agregado de perlita	45	0.67	--
Agregado de arena	105	0.18	--
Agregado de arena 0.5 in	105	--	0.09
Agregado de arena 0.625 in	105	--	0.11
Agregado de arena sobre listón metálico 0.75 in	--	--	0.13
Agregado de vermiculita	45	0.59	--
TECHO			
Tejas de asbesto cemento	120	--	0.21
Techado de asfalto	70	--	0.15
Tejas asfálticas	70	--	0.44
Techo armado 0.375 in.	70	--	0.33
Pizarra, arcilla 0.5 in.	--	--	0.05
Tejas de madera, simples y con acabado de película de plástico	--	--	0.94

Apéndice B.

Calibres de cables

Calibre AWG o kcmil	Temperatura máxima en conductor						Calibre AWG o kcmil
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	(140°F)	(167°F)	(194°F)	(140°F)	(167°F)	(194°F)	
	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	
	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	
Cobre			Aluminio				
18	----	----	14	----	----	----	----
16	----	----	18	----	----	----	----
14	15	20	25	----	----	----	----
12	20	25	30	15	20	25	12
10	30	35	40	25	30	35	10
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400

Fuente: <http://faradayos.blogspot.com/2013/12/caracteristicas-cables-conductores.html>

Calibre del cable	Amperaje	Máx. carga de voltaje
	Calibre 14 15 amps	1440 vatios (120 voltios)
	Calibre 12 20 amps	1920 vatios (120 voltios) 3840 vatios (240 voltios)
	Calibre 10 30 amps	2880 vatios (120 voltios) 5760 vatios (240 voltios)
	Calibre 8 40 amps	7680 vatios (240 voltios)
	Calibre 6 50 amps	9600 vatios (240 voltios)

Fuente: <https://instalacioneselectricasresidenciales.blogspot.com/2009/11/6-consejos-para-trabajar-con-cables-en.html>

Categoría	Ancho de banda (MHz)	Aplicaciones	Notas
Categoría 1	0,4 MHz	Líneas telefónicas y módem de banda ancha.	No descrito en las recomendaciones del EIA/TIA. No es adecuado para sistemas modernos.
Categoría 2	4 MHz	Cable para conexión de antiguos terminales como el IBM 3270.	No descrito en las recomendaciones del EIA/TIA. No es adecuado para sistemas modernos.
Categoría 3	16 MHz	10BASE-T and 100BASE-T4 Ethernet	Descrito en la norma EIA/TIA-568. No es adecuado para transmisión de datos mayor a 16 Mbit/s.
Categoría 4	20 MHz	16 Mbit/s Token Ring	
Categoría 5	100 MHz	100BASE-TX y 1000BASE-T Ethernet	
Categoría 5e	100 MHz	100BASE-TX y 1000BASE-T Ethernet	Mejora del cable de Categoría 5. En la práctica es como la categoría anterior pero con mejores normas de prueba. Es adecuado para Gigabit Ethernet
Categoría 6	250 MHz	1000BASE-T Ethernet	Cable más comúnmente instalado en Finlandia según la norma SFS-EN 50173-1.
Categoría 6a	250 MHz (500MHz según otras fuentes)	10GBASE-T Ethernet (en desarrollo)	
Categoría 7	600 MHz	En desarrollo. Aún sin aplicaciones.	Cable U/FTP (sin blindaje) de 4 pares.
Categoría 7a	1200 MHz	Para servicios de telefonía, Televisión por cable y Ethernet 1000BASE-T en el mismo cable.	Cable S/FTP (pares blindados, cable blindado trenzado) de 4 pares. Norma en desarrollo.
Categoría 8	1200 MHz	Norma en desarrollo. Aún sin aplicaciones.	Cable S/FTP (pares blindados, cable blindado trenzado) de 4 pares.
Categoría 9	25000 MHz	Norma en creación por la UE.	Cable S/FTP (pares blindados, cable blindado trenzado) de 8 pares con milar y polyamida.

Fuente: <http://redes5cp22013g11.blogspot.com/2013/04/hardware-de-red.h>

Apéndice C.

Código Arduino para la comunicación vía WiFi. Tarjeta numero 1 WeMos D1 ESP8266

WIFI

```

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>

char ssid[] = "RAFAELCD";
char pass[] = "rafinho147";

WiFiServer server(80); //puerto de servicio a usar
WiFiClient client;

int Ext1 = D8;
int Ext2 = D3;
int Calec1 = D4;
int Calec2 = D5;
int Calec3 = D6;
int filtro = D7;
String guardarDato;
int valor;

void setup() {

  pinMode(Ext1, OUTPUT);
  pinMode(Ext2, OUTPUT);
  pinMode(Calec1, OUTPUT);
  pinMode(Calec2, OUTPUT);
  pinMode(Calec3, OUTPUT);
  pinMode(filtro, OUTPUT);

  Serial.begin(9600); //velocidad de datos en bits por segundo

  WiFi.begin(ssid, pass);
  Serial.println("conectado");

  if (WiFi.status() == WL_NO_SHIELD) {
    Serial.println("Wi no presente");

    while (true);
  }

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print("Intentando conectar a la ssid: ");
    Serial.println(ssid);
    delay(10000);
  }
}

```

```
Serial.print("SSID: ");
Serial.println(WiFi.SSID());
```

```
Serial.print("IP Address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
```

```
Serial.print("se?al: ");
Serial.print(WiFi.RSSI());
Serial.println(" dBm");
```

```
server.begin();//empieza el puerto serial
}
```

```
void loop() {
```

```
WiFiClient client = server.available(); // cliente conectado al servidor y tiene datos para leer
```

```
if (client) { // Si hay un cliente
  Serial.println("Cliente conectado");
  while (client.available() > 0)
    client.read();
```

```
while (client.connected()) {
```

```
  while (client.available() > 0)
    guardarDato = client.readStringUntil(10);
```

```
  valor = guardarDato.toInt();
```

```
  Serial.println(valor);
```

```
  if (valor == 5) { // EXTRACTOR 1
```

```
    digitalWrite(Ext1, HIGH);
  } else if (valor == 17) {
    digitalWrite(Ext1, LOW);
  }
}
```

```
  if (valor == 6) { // EXTRACTOR2
```

```
    digitalWrite(Ext2, HIGH);
  } else if (valor == 18) {
    digitalWrite(Ext2, LOW);
  }
}
```

```
  if (valor == 7) { // CALEFACTOR 1
```

```
    digitalWrite(Calec1, HIGH);
```

```
  } else if (valor == 40) {
    digitalWrite (Calec1, LOW);
```

```

}

if (valor == 45) {
    digitalWrite (Calec1, LOW);
}

if (valor == 8) { // CALEFACTOR 2

    digitalWrite(Calec2, HIGH);
} else if (valor == 19) {
    digitalWrite(Calec2, LOW);
}
if (valor == 55) {
    digitalWrite(Calec2, LOW);
}

if (valor == 3) {
    digitalWrite(Calec1, HIGH);
    digitalWrite(Calec2, HIGH);
}
if (valor == 1) {
    digitalWrite(Calec2, HIGH);
}

if (valor == 9) { // CALEFACTOR 3

    digitalWrite(Calec3, HIGH);

} else if (valor == 20) {
    digitalWrite(Calec3, LOW);
}

if (valor == 11) { // Filtro

    digitalWrite(filtro, HIGH);
} else if (valor == 24) {
    digitalWrite(filtro, LOW);

}

//if(valor == 30){
// digitalWrite(Calec1, LOW);
//digitalWrite(Calec2, LOW);
//digitalWrite(Calec3, LOW);
//}

if (valor == 31) {
    digitalWrite(Calec1, HIGH);
    digitalWrite(Calec2, HIGH);
    digitalWrite(Calec3, HIGH);
}

```

```

if (valor == 13) { //Apagado sistema

    digitalWrite(Ext1, LOW);
    digitalWrite(Ext2, LOW);
    digitalWrite(filtro, LOW);
    digitalWrite(Calec1, LOW);
    digitalWrite(Calec2, LOW);
}
if (valor == 78) {
    digitalWrite(Calec1, LOW);
    digitalWrite(Calec2, LOW);

}

if (valor == 90){
    digitalWrite(Calec1, LOW);
}

if(valor == 95){
    digitalWrite(Calec2,LOW);
}
}
} else {
while (client.available() > 0)
    client.read();
digitalWrite(Ext1, LOW);
digitalWrite(Ext2, LOW);
digitalWrite(Calec1, LOW);
digitalWrite(Calec2, LOW);
digitalWrite(Calec3, LOW);
digitalWrite(filtro, LOW);

}

}
}

```

Apéndice D.

Código Arduino para la comunicación vía WiFi. Tarjeta numero 2 WeMos D1 ESP8266

WIFI

```

#include <DallasTemperature.h>
#include <OneWire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <Wire.h>

char ssid[] = "RAFAELCD";

```

```

char pass[] = "rafinho147";

WiFiServer server(81); //puerto de servicio a usar
WiFiClient client;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,2,1,0,4,5,6,7);

int ledpared = D8;
int ledtecho = D5;
int Reflector1 = D6;
int Reflector2= D7;
int Inputpul = D2;

// D3 Y D4 LCD
// D2, D7, D6, D5, D8, D9;
String guardarDato;
int valor;
#define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire oneWire (ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
DeviceAddress insideThermometer1={0x28, 0xAA, 0xE7, 0x9A, 0x16, 0x13, 0x2, 0x62};
DeviceAddress insideThermometer2={0x28, 0xE1, 0x29, 0xE0, 0x1B, 0x13, 0x1, 0x2E};
DeviceAddress insideThermometer3={0x28, 0x8B, 0xAC, 0xE3, 0x1B, 0x13, 0x1, 0xB3};

int valorpulsador = 0;

void setup() {

  pinMode(ledpared, OUTPUT);
  pinMode(ledtecho, OUTPUT);
  pinMode(Reflector1, OUTPUT);
  pinMode(Reflector2, OUTPUT);
  pinMode(Inputpul, INPUT);

  Serial.begin(9600); //velocidad de datos en bits por segundo
  lcd.begin(16,2);
  sensors.begin();

  WiFi.begin(ssid,pass);
  Serial.println("conectado");

  if(WiFi.status() == WL_NO_SHIELD){
    Serial.println("Wi no presente");

    while(true);
  }
}

```

```

}

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  Serial.print("Intentando conectar a la ssid: ");
  Serial.println(ssid);
  delay(10000);
}

Serial.print("SSID: ");
Serial.println(WiFi.SSID());

Serial.print("IP Address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());

Serial.print("se?al: ");
Serial.print(WiFi.RSSI());
Serial.println(" dBm");

server.begin();//empieza el puerto serial

lcd.setBacklightPin(3,POSITIVE);
lcd.setBacklight(HIGH);
lcd.home ();
lcd.setCursor(4, 0);
lcd.print("CABINA");
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print("DE PINTURA");

}

void loop() {

WiFiClient client = server.available(); // cliente conectado al servidor y tiene datos para leer

if (client) { // Si hay un cliente
  Serial.println("Cliente conectado");
  while (client.available() > 0)
    client.read();

  while(client.connected()){

    while (client.available() > 0)
      guardarDato = client.readStringUntil(10);

    valor = guardarDato.toInt();

```

```

Serial.println(valor);
  // Temperatura

sensors.requestTemperatures();
float temp1 = sensors.getTempCByIndex(0);
  float temp2 = sensors.getTempC(insideThermometer2);
  float temp3 = sensors.getTempC(insideThermometer3);

  Serial.print("Temperatura 1= ");
  Serial.print(temp1);
  Serial.print(" C");
  Serial.print("Temperatura 2= ");
  Serial.print(temp2);
  Serial.print(" C");
  Serial.print("Temperatura 3= ");
  Serial.print(temp3);
  Serial.println(" C");

client.println(temp1);
client.print('\r');
  delay(1000);

if (valor == 1){// LED PARED

  digitalWrite(ledpared, HIGH);
} else if (valor == 13){
  digitalWrite(ledpared, LOW);
}

if (valor == 2){ // LED TECHO
  digitalWrite(ledtecho, HIGH);
} else if (valor == 14){
  digitalWrite(ledtecho, LOW);
}

if (valor == 3){//Reflector1
  digitalWrite(Reflector1, HIGH);
} else if (valor == 15){
  digitalWrite(Reflector1, LOW);
}

if (valor == 4){//Reflector2
  digitalWrite(Reflector2, HIGH);
} else if (valor == 16){
  digitalWrite(Reflector2, LOW);
}

```

```
if(valor == 25){// Apagar sistema leds
  digitalWrite(ledpared, LOW);
  digitalWrite(ledtecho, LOW);
  digitalWrite(Reflector1, LOW);
  digitalWrite(Reflector2, LOW);
}

// Pulsador
valorpulsador = digitalRead(Inputpul);
if (valorpulsador == HIGH){
  digitalWrite(ledpared, LOW);
  digitalWrite(ledtecho, LOW);
  digitalWrite(Reflector1, LOW);
  digitalWrite(Reflector2, LOW);
}

lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Temperatura: ");
lcd.setCursor(2,1);
lcd.print(temp1);
lcd.setCursor(9, 1);
lcd.print("C");
}
} else {
while (client.available() > 0)
  client.read();
  digitalWrite(ledpared, LOW);
  digitalWrite(ledtecho, LOW);
  digitalWrite(Reflector1, LOW);
  digitalWrite(Reflector2, LOW);
}
}
```

Apéndice E.

Código botón apagar sistema Interfaz Grafica

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class ApagarSistema : MonoBehaviour {

    public REDControl funciones;
    public REDControl1 funciones1;
    public bool comprobante;
    public bool comprobanteluz;

    public void ButtonApagarSistema()
    {
        if (!funciones.Estadoled && !funciones1.Estadoled1)
        {
            Apagado();
        }
    }

    public void ButtonApagarSistema1()
    {
        if (!funciones1.Estadoled1)
        {
            Apagarcalto();
        }
    }

    public void Apagado()
    {
        funciones1.EscribirRed1("25");
        comprobanteluz = true;
        return;
    }

    public void Apagarcalto()
    {
        comprobante = true;
    }
}

```

```
}

```

Apéndice F.

Código botón encender-apagado calefactores Interfaz Grafica

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Apagadocale : MonoBehaviour {

    public REDControl1 funciones1;
    public REDControl funciones;
    public ApagarSistema apagarpul;
    public bool comprobanteapa;
    public bool comprobantesiste;
    public bool comprbanteoffuno;
    public bool comprbanteoffdos;
    public Ventiladorsimple ventilador;
    public Ventiladorsimple ventilador2;
    // Update is called once per frame
    void Update()
    {

        if (funciones1.SupGrado == true)
        {
            pulsadorcal();

        }
        if (funciones1.SupGrado1 == true )
        {
            caleon1();
            // caleon2();

        }

        if (funciones1.SupGrado3 == true)
        {
            caleon3();

        }

        if (funciones1.SupGrado4 == true)
        {
            caleon4();

        }

        if(apagarpul.comprobante == true && funciones1.SupGrado5 == true)
        {
            apagarsistema();

        }

        if(ventilador.comprobanteoff1 == true)
        {

```

```
        offuno();
    }

    if(ventilador2.comprobanteoff2 == true)
    {
        offdos();
    }
}

public void caleoffpul()
{
    if (!funciones.Estadoled)
    {
        pulsadorcal();
    }
}

public void caleon1()
{
    if(!funciones.Estadoled)
    {
        caledonpri1();
    }
}

public void caleon3()
{
    if (!funciones.Estadoled)
    {
        caledonpri3();
    }
}

public void caleon4()
{
    if (!funciones.Estadoled)
    {
        caledonpri4();
    }
}

public void caledonpri1()
{
    funciones.EscribirRed("3");
    return;
}

public void caledonpri2()
{
    funciones.EscribirRed("1");
    return;
}

public void caledonpri3()
{
    funciones.EscribirRed("7");
```

```

        return;
    }

    public void caledonpri4()
    {
        funciones.EscribirRed("8");
        return;
    }

    public void pulsadorcal()
    {
        funciones.EscribirRed("78");
        return;
    }

    public void apagarsistema()
    {
        funciones.EscribirRed("13");
        comprobantesiste = true;
        return;
    }

    public void offuno()
    {
        funciones.EscribirRed("90");
        comprbanteoffuno = true;
        return;
    }

    public void offdos()
    {
        funciones.EscribirRed("95");
        comprbanteoffdos = true;
        return;
    }
}

```

Apéndice G.

Código botton encendido-apagado LEDS Interfaz Grafica

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class pulled1 : MonoBehaviour {

    public Light Techo;
    public GameObject panel;
    public bool LedOn = false;

    public REDControl1 funciones1;

    public void Buttonledpared()

```

```
{
    Techo.enabled = true;
    panel.SetActive(false);

    if (!funciones1.Estadoled1)
    {
        Ledpared();
    }
}

public void ButtonledparedOFF()
{
    Techo.enabled = false;
    panel.SetActive(false);

    if (!funciones1.Estadoled1)
    {
        Ledparedoff();
    }
}

public void Buttonledtecho()
{
    Techo.enabled = true;
    panel.SetActive(false);

    if (!funciones1.Estadoled1)
    {
        Ledtecho();
    }
}

public void ButtonledtechoOFF() {
    Techo.enabled = false;
    panel.SetActive(false);

    if (!funciones1.Estadoled1)
    {
        Ledtechooff();
    }
}

public void Buttonreflectoruno()
{
    Techo.enabled = true;
    panel.SetActive(false);

    if (!funciones1.Estadoled1)
    {
        Ledrefle();
    }
}
```

```
}

public void Buttonreflectorunooff()
{
    Techo.enabled = false;
    panel.SetActive(false);

    if (!funciones1.Estadoled1)
    {
        Ledreflectorunooff();
    }
}

public void Buttonreflectordos()
{
    Techo.enabled = true;
    panel.SetActive(false);

    if (!funciones1.Estadoled1)
    {
        Ledrefledos();
    }
}

public void Buttonreflectordosoff()
{
    Techo.enabled = false;
    panel.SetActive(false);

    if (!funciones1.Estadoled1)
    {
        Ledreflectordosoff();
    }
}

public void Ledpared()
{
    funciones1.EscribirRed1("1");
    return;
}

public void Ledtecho()
{
    funciones1.EscribirRed1("2");
    return;
}

public void Ledrefle()
{
    funciones1.EscribirRed1("3");
    return;
}

public void Ledrefledos()
```

```

    {
        funciones1.EscribirRed1("4");
        return;
    }

    public void Ledparedoff()
    {
        funciones1.EscribirRed1("13");
        return;
    }

    public void Ledtechooff()
    {
        funciones1.EscribirRed1("14");
        return;
    }

    public void Ledreflectorunooff()
    {
        funciones1.EscribirRed1("15");
        return;
    }

    public void Ledreflectorodosoff()
    {
        funciones1.EscribirRed1("16");
        return;
    }
}

```

Apéndice H.

Código botón stop Interfaz Grafica

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class ButtonStop : MonoBehaviour
{
    public bool pulsadoStop;

    // Use this for initialization
    public void ButtonOn()
    {
        pulsadoStop = true;
    }
}

```

Apéndice I.

Código botón encendido-apagado extractores Interfaz Grafica

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Extractor : MonoBehaviour {

    public float velocidad = 100000;

    bool comprobante;
    public GameObject panel;
    public REDControl funciones;

    // Update is called once per frame
    void Update () {

        if (comprobante == true)
        {
            transform.Rotate(Vector3.right * Time.deltaTime * velocidad);
        }

        if (comprobante == false)
        {
            transform.Rotate(Vector3.right * 0 * 0);
        }
    }

    public void ButtoOnExtractor1()
    {

        comprobante = true;
        panel.SetActive(false);
        transform.GetComponent().Play();

        if(!funciones.Estadoled)
        {
            ledExtractoruno();
        }

    }

    public void ButtoOFFExtractor1()
    {

        comprobante = false;
        panel.SetActive(false);

        if (!funciones.Estadoled)
        {
            ledExtractorunooff();
        }
    }
}

```

```
    }  
}  
  
public void ButtoOnExtractor2()  
{  
    comprobante = true;  
    panel.SetActive(false);  
    transform.GetComponent().Play();  
  
    if (!funciones.Estadoled)  
    {  
        ledExtractorodos();  
    }  
}  
  
public void ButtonOFFExtractor2()  
{  
    comprobante = false;  
    panel.SetActive(false);  
  
    if (!funciones.Estadoled)  
    {  
        ledExtractorodosoff();  
    }  
}  
  
public void ledExtractoruno()  
{  
    funciones.EscribirRed("5");  
    return;  
}  
  
public void ledExtractorodos()  
{  
    funciones.EscribirRed("6");  
    return;  
}  
  
public void ledExtractorunooff()  
{  
    funciones.EscribirRed("17");  
    return;  
}  
  
public void ledExtractorodosoff()  
{  
    funciones.EscribirRed("18");  
    return;  
}  
}
```

Apéndice J.

Código botón encendido-apagado cortina de agua Interfaz Grafica

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class filtrodeagua : MonoBehaviour {

    public GameObject filtro;
    public GameObject panel;
    public REDControl funciones;

    public void ButtonOnfiltro()
    {
        filtro.SetActive(true);
        panel.SetActive(false);

        if (!funciones.Estadoled)
        {
            filtroON();
        }
    }

    public void ButtonOfffiltro()
    {
        filtro.SetActive(false);
        panel.SetActive(false);
        if (!funciones.Estadoled)
        {
            filtroOFF();
        }
    }

    public void filtroON()
    {
        funciones.EscribirRed("11");
        return;
    }

    public void filtroOFF()
    {
        funciones.EscribirRed("24");
        return;
    }
}

```

Apéndice K.

Código comunicación 1 WiFi - Arduino Interfaz Grafica

```

using System.Collections; //librerias a utilizar
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using System;
using System.IO;
using System.Net.Sockets;
using UnityEngine.UI;

public class REDControl : MonoBehaviour {

    bool redLista = false; // variables globales
    TcpClient myRed; // proporciona conexiones de cliente para servicios de RED TCP
    public NetworkStream theStream; // proporciona la secuencia de datos subyacentes para
    el acceso a la red
    StreamWriter theWriter; // escribir los caracteres de un secuencia en una
    codificacion determinada
    StreamReader theReader; // leer los caracteres de un secuencia en una codificacion
    determinada
    public InputField IP;
    public bool Estadoled;
    private string recibidoDato;
    private String pulsado;
    public GameObject Conectado;
    public GameObject Incorrecto;
    string Host;

    void Update () {

        while (theStream.DataAvailable) //si se reciben datos de arduino
        {
            recibidoDato = leerRed();

            if(recibidoDato == "led encendido")
            {
                Estadoled = true;
            }

            if(recibidoDato == "led apagado")
            {
                Estadoled = false;
            }

        }
    }

    public void confired() // Configuracion RED
    {

        try { // excepciones

```

```

        Host = IP.text;

        myRed = new TcpClient(Host, 80);
        theStream = myRed.GetStream(); // obtener el flujo de myRed
        theWriter = new StreamWriter(theStream); // definir los siguientes metodos
que cada escrito de flujo debe definir
        theReader = new StreamReader(theStream); // definir los siguientes metodos que
cada lector de flujo debe definir
        Conectado.SetActive(true);
        redLista = true;

    } catch (Exception e) {
        Incorrecto.SetActive(true);
    } //excepciones
}

public String leerRed() //funcion para leer datos Arduino a Unity
{
    if (!redLista) // verifica si la red esta lista para recibir
        return "";
    if (theStream.DataAvailable)//verifica si se recibio datos

        return theReader.ReadLine(); //devuelve el dato usando ReadLine leer una
linea completa del archivo
    return "No hay Datos";
}

public void EscribirRed(string linea)// funcion para escribir datos Unity a Arduino
{
    if (!redLista)
        return;
    pulsado = linea + "\r\n";

    theWriter.Write(pulsado);
    theWriter.Flush();
}

public void cerrarRed()// funcion para cerrar la red
{
    if (!redLista)
        return;
    theWriter.Close();
    theReader.Close();
    myRed.Close();
    redLista = false;
}

public void mantenerconec()// funcion para mantener la conexion
{
    if (!theStream.CanRead) // si la secuencia admite lectura
    {
        confired();
    }
}
}

```

Apéndice L.

Código comunicación 2 WiFi - Arduino Interfaz Grafica

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using System;
using System.IO;
using System.Net.Sockets;
using UnityEngine.UI;

public class REDControl1 : MonoBehaviour {

    bool redLista1 = false; // variables globales
    TcpClient myRed1; // proporciona conexiones de cliente para servicios de RED TCP
    public NetworkStream theStream1; // proporciona la secuencia de datos subyacentes
    para el acceso a la red
    StreamWriter theWriter1; // escribir los caracteres de un secuencia en una
    codificacion determinada
    StreamReader theReader1; // leer los caracteres de un secuencia en una codificacion
    determinada
    public bool Estadoled1;
    public string recibidoDato1;
    private String pulsado1;
    public Text Grados;
    public Text Gardosval;
    public Slider tempera;
    private float grado = 00.00f;
    public GameObject Conectado;
    private float setpoint = 35.00f;
    private float hist = 8.00f;

    public float superiorTemp = 00.00f;
    public float inferiorTemp = 00.00f;
    public bool SupGrado;
    public bool SupGrado1;
    public bool SupGrado5;
    public bool SupGrado3;
    public bool SupGrado4;

    public Ventiladorsimple com;
    public Ventiladorsimple comt;

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
        //EscribirRed (value.ToString());
        while (theStream1.DataAvailable) //si se reciben datos de arduino
        {
            // recibir dato1 para la temperatura

```

```

recibidoDato1 = leerRed1();
grado = float.Parse(recibidoDato1);
tempera.value = grado;
    Grados.text = recibidoDato1 + "°C";
    Gardosval.text = recibidoDato1 + "°C";

// Control ON-OFF

superiorTemp = setpoint + hist;
inferiorTemp = setpoint - hist;

SupGrado5 = true;
if (comt.comprobantecale == true && grado<=inferiorTemp )
{
    SupGrado3 = true;

}

if (com.comprobantecale1 == true && grado<=inferiorTemp)
{
    SupGrado4 = true;

}

if (grado >= superiorTemp)// apagado
{
    SupGrado = true;
    SupGrado1 = false;
    SupGrado5 = false;
    SupGrado3 = false;
    SupGrado4 = false;

}

if (SupGrado == true && grado <= inferiorTemp)
{
    SupGrado = false;
    SupGrado1 = true;
    SupGrado5 = true;
    SupGrado3 = false;
    SupGrado4 = false;
    return;

}

if (recibidoDato1 == "led encendido")
{
    Estadoled1 = true;
}

if(recibidoDato1 == "led apagado")
{
    Estadoled1 = false;
}

```

```

    }
}

public void confired1() // Configuracion RED
{
    try
    { // excepciones

        myRed1 = new TcpClient("192.168.1.63", 81);
        theStream1 = myRed1.GetStream(); // obtener el fujo de myRed
        theWriter1 = new StreamWriter(theStream1); // definir los siguientes
metodos que cada escrito de flujo debe definir
        theReader1 = new StreamReader(theStream1); // definir los siguientes
metodos que cada lector de flujo debe definir
        redLista1 = true;
        Conectado.SetActive(true);

    }
    catch (Exception e)
    {

    } //excepciones
}

public String leerRed1() //funcion para leer datos Arduino a Unity
{
    if (!redLista1) // verifica si la red esta lista para recibir
        return "";
    if (theStream1.DataAvailable) //verifica si se recibio datos

        return theReader1.ReadLine(); //devuelve el dato usando ReadLine leer una
linea completa del archivo
    return "No hay Datos";
}

public void EscribirRed1(string linea1) // funcion para escribir datos Unity a Arduino
{
    if (!redLista1)
        return;
    pulsado1 = linea1 + "\r\n";

    theWriter1.Write(pulsado1);
    theWriter1.Flush();
}

public void cerrarRed1() // funcion para cerrar la red
{
    if (!redLista1)
        return;
    theWriter1.Close();
    theReader1.Close();
    myRed1.Close();
    redLista1 = false;
}

```

```

    }

    public void mantenerconec1()// funcion para mantener la conexion
    {
        if (!theStream1.CanRead) // si la secuencia admite lectura
        {
            confired1();
        }
    }
}

```

Apéndice M.

Código apagado del sonido Interfaz Grafica

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class StopSonido : MonoBehaviour {

    public GameObject sonidoventilador1;
    public GameObject sonidoventilador2;
    public GameObject sonidoventilador3;
    public GameObject sonidoventilador4;
    public GameObject sonidoventilador5;

    public void ButtonONsonido()
    {
        sonidoventilador1.GetComponent<AudioSource>().Pause();
        sonidoventilador2.GetComponent<AudioSource>().Pause();
        sonidoventilador3.GetComponent<AudioSource>().Pause();
        sonidoventilador4.GetComponent<AudioSource>().Pause();
        sonidoventilador5.GetComponent<AudioSource>().Pause();
    }
}

```

Apéndice N.

Código Tiempo Interfaz Grafica

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class Tiempo : MonoBehaviour {

    public Text Tiempo1;
    private float inicioTiempo;
    public ButtonStop pulsado;
}

```

```

public GameObject Carro;

// Use this for initialization
void Start () {

    inicioTiempo = Time.time; // acumula los tiempos de cada frame con el tiempo
    inicial

}

// Update is called once per frame
void Update () {

    if (pulsado.pulsadoStop)
    {
        return;
    }

    float t = Time.time - inicioTiempo;

    // resultado de la division entera = minutos
    //Residuo de la division entera = minutos
    string minutos = ((int)t / 60).ToString(); // calculo minutos
    string segundos = (t % 60).ToString("f2"); // % residuo de la division
    Tiempo1.text = minutos + ":" + segundos;

}

public void carroonoff(bool Valor)
{
    Carro.SetActive(Valor);
}
}

```

Apéndice O.

Código botón encendido calefactores

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Ventilador : MonoBehaviour {

    public GameObject panel;
    public GameObject aspas;
    public float velocidad = 100000;
    bool comprobante;
    bool comprobantecir;
    public REDControl funciones;

    void Update()
    {

        if (comprobante == true)
        {

```

```

        aspas.transform.Rotate(Vector3.back * Time.deltaTime * velocidad);
    }

    if (comprobante == false)
    {
        aspas.transform.Rotate(Vector3.back * 0 * 0);
    }
}

public void ButtonOnVentiladortres()
{
    comprobante = true;
    panel.SetActive(false);
    transform.GetComponent().Play();

    if (!funciones.Estadoled)
    {
        VentiladorOn();
    }
}

public void ButtonOffVentiladortres()
{
    comprobante = false;
    panel.SetActive(false);
    transform.GetComponent().Play();

    if (!funciones.Estadoled)
    {
        VentiladorOff();
    }
}

public void VentiladorOn()
{
    funciones.EscribirRed("9");
    return;
}

public void VentiladorOff()
{
    funciones.EscribirRed("20");
    return;
}
}

```

Codigo botón apagado calefactores

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;

```

```

using UnityEngine;

public class Ventiladorsimple : MonoBehaviour {

    public GameObject panel;
    bool comprobante;
    bool comprobantecir;
    public bool comprobantecale;
    public bool comprobantecale1;
    public REDControl funciones;
    public void ButtonOnVentiladorUno()
    {
        panel.SetActive(false);
        transform.GetComponent().Play();
        comprobantecale = true;
    }
    public void ButtonOffVentiladorUno()
    {
        panel.SetActive(false);

        if (!funciones.Estadoled)
        {
            VentiladorOffuno();
        }
    }
    public void ButtonOnVentiladorDos()
    {
        panel.SetActive(false);
        transform.GetComponent().Play();

        comprobantecale1 = true;
    }
    public void ButtonOffVentiladorDos()
    {
        panel.SetActive(false);

        if (!funciones.Estadoled)
        {
            VentiladorOffdos();
        }
    }

    public void VentiladorOffuno()
    {
        funciones.EscribirRed("45");
        return;
    }

    public void VentiladorOffdos()
    {
        funciones.EscribirRed("19");
        return
    }
}

```

Apéndice P.

Resultados.



FILTRO, CORTINA DE AGUA.



RESULTADO FINAL.

