

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA INGENIERÍA INFORMÁTICA**



**“INNOVAR LOS PROCEDIMIENTOS DE  
ESTERILIZACIÓN DE LOS AMBIENTES DE LA  
PLANTA BAJA DE LA CAJA DE SALUD DE LA BANCA  
PRIVADA, MEDIANTE UN PROTOTIPO DE ROBOT  
MÓVIL CON LUZ UVC, UTILIZANDO CONCEPTOS  
IOT”**

**Por:**

**Israel Zurita Sánchez**

Trabajo Final presentado a consideración de la “**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
JUAN MISAEL SARACHO**”, como requisito para optar el grado académico de  
Licenciatura en Ingeniería Informática.

**TARIJA – BOLIVIA**

**Abril de 2021**

**DEDICATORIA:**

Dedico con todo mi corazón este trabajo a: Mi familia, mis amigos, a todos los que aún están presentes y a todos los que partieron, el apoyo brindado por todos fue indispensable para llegar a este momento.

**AGRADECIMIENTO:**

A mi familia, por la comprensión y apoyo a lo largo de mis estudios.

A mis amigos, asesores, docentes por su orientación y apoyo desinteresado.

Y a todas las personas que de una u otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo

**PENSAMIENTO:**

“Tienes que levantarte, tienes que tener fe en que lo único que querías que sucediera a menudo fue lo mejor que nunca sucedió.”

**Dwayne Johnson**

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO</b> .....	<b>1</b>
I.1 Introducción .....	1
I.2 Antecedentes .....	2
I.3 Justificación del Proyecto .....	3
I.4 Planteamiento del Problema .....	4
I.5 Objetivos .....	4
I.5.1 Objetivo General .....	4
I.5.2 Objetivos Específicos .....	4
I.6 Matriz de Marco Lógico (MML) .....	5
I.7 Resultados Esperados .....	9
I.8 Beneficiarios .....	9
I.8.1 Beneficiarios Directos .....	9
I.8.2 Beneficiarios Indirectos .....	9
I.9 Alcances .....	9
I.10 Limitaciones .....	10
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>11</b>
II.1 Introducción .....	11
II.2 IOT Internet of Things (Internet de las Cosas) .....	11
II.3 Esterilización y Desinfección .....	12
II.4 Métodos de Esterilización y Desinfección .....	12
II.4.1 Método de Desinfección Hervido .....	13
II.4.2 Método de Desinfección Químico Líquido .....	13
II.4.3 Método de Desinfección Amonios Cuaternarios .....	13
II.4.4 Método de Esterilización UVC .....	14
II.4.5 Método de Esterilización por Calor Húmedo o Esterilización a Vapor .....	15
II.4.6 Método de Esterilización Autoclave Instantánea .....	15
II.5 Componentes Hardware .....	16
II.5.1 Placa de desarrollo ESP32 .....	16
II.5.2 Placa de Desarrollo ESP32 CAM .....	18

II.5.3 Placa Protoboard.....	19
II.5.4 Espadines Macho Hembra .....	20
II.5.5 Cables de Conexión o Jumper .....	21
II.5.6 Tira LED 12v.....	22
II.5.7 Perfil de Aluminio para LED.....	23
II.5.8 Transistor ULN2003A .....	24
II.5.9 Controlador L298N (Puente H) .....	25
II.5.10 Motor DC.....	26
II.5.11 Trupan.....	27
II.5.12 Ruedas.....	28
II.5.13 Rodamientos .....	29
II.5.14 Cadenillas de Distribución.....	30
II.5.15 Estrella de Distribución .....	31
II.5.16 Ejes Metálicos.....	32
II.5.17 Servomotor .....	33
II.5.18 Fuente de Alimentación.....	34
II.6 Componentes Software.....	35
II.6.1 Arduino IDE .....	35
II.6.2 Tinkercad .....	35
II.6.3 Broker MQTT .....	36
II.6.4 Ngrok .....	36
II.6.5 Heroku .....	37
II.6.6 C++ .....	38
II.6.7 PHP .....	39
II.6.8 JavaScript.....	39
II.6.9 JQuery .....	39
II.6.10 Enterprise Architect.....	40
II.6.11 Fritzing.....	40
II.7 Metodología de Desarrollo del Proyecto.....	41
II.7.1 Metodología ROS-XP.....	41

<b>CAPÍTULO III: COMPONENTE I</b> .....	<b>44</b>
III.I.1 Introducción .....	44
III.I.2 Objetivos .....	44
III.I.2.1 Objetivo General .....	44
III.I.2.2 Objetivos Específicos.....	44
III.I.3 Alcances y Limitaciones .....	44
III.I.3.1 Alcances .....	44
III.I.3.2 Limitaciones .....	45
III.I.4 Aplicación de la Metodología.....	45
III.I.4.1 Planeación del Proyecto .....	45
III.I.4.1.1 Historias de Usuario .....	45
III.I.4.1.2 Pruebas Funcionales .....	47
III.I.4.1.3 Cronograma .....	47
III.I.4.2 Iteraciones .....	48
III.I.4.2.1 Planeación de Iteraciones .....	48
III.I.4.2.2 Diseño.....	49
III.I.4.2.2.1 Diagrama de Actividad General de Locomoción .....	49
III.I.4.2.2.2 Diagrama de Actividad Sistema de luz UV .....	50
III.I.4.2.2.3 Diagrama de Actividad Cámara IP WiFi.....	51
III.I.4.2.2.4 Diagrama de Actividad Movimiento Hacia Adelante.....	52
III.I.4.2.2.5 Diagrama de Actividad Movimiento Hacia Atrás .....	53
III.I.4.2.2.6 Diagrama de Actividad Dirección Derecha .....	54
III.I.4.2.2.7 Diagrama de Actividad Dirección Izquierda .....	55
III.I.4.2.2.8 Diagrama de Secuencia SetupWifi .....	56
III.I.4.2.2.9 Diagrama de Secuencia ESP32 CAM.....	57
III.I.4.2.2.10 Diagrama de Secuencia Conexión MQTT.....	58

III.I.4.2.2.11 Diagrama de Conexión y Esquemático Cámara ESP32 .....	59
III.I.4.2.2.13 Diagrama de Conexión y Esquemático Servomotor.....	61
III.I.4.2.2.14 Diagrama de Conexión y Esquemático Motor DC .....	62
III.I.4.2.3 Construcción.....	64
III.I.4.2.3.1 Modelo 3D .....	64
III.I.4.2.3.2 Proceso de Construcción.....	69
III.I.4.2.3.3 Interfaz De Usuario.....	74
III.I.4.2.4 Programación.....	75
III.4.2.4.1 Código Placa ESP32 .....	75
III.I.4.2.4.2 Código Control Remoto.....	82
III.I.4.2.5 Pruebas .....	89
III.I.4.2.5.1 Ejecución de Prueba o Testeo .....	89
III.I.4.3 Producción .....	92
III.I.4.3.1 Despliegue .....	92
III.I.4.3.2 Plan de Contingencia.....	92
III.I.5 Características Del Prototipo .....	94
III.I.6 Entorno Del Prototipo.....	95
<b>COMPONENTE II .....</b>	<b>97</b>
III.II.1 Introducción.....	97
III.II.2 Objetivos.....	97
III.II.2.1 Objetivo General.....	97
III.II.2.2 Objetivos Específicos .....	97
III.II.3 Contexto .....	97
III.II.4 Propuesta Pedagógica.....	98
III.II.4.1 Elaboración del Material.....	99
III.II.5 Desarrollo De La Capacitación .....	99



III.II.6 Plan de Clases.....	103
<b>CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>105</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>108</b>
<b>ANEXO A INFORMACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO B ENTREVISTAS .....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXO C NORMATIVA IEEE 830 .....</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO D SISTEMA DE MARCO LÓGICO .....</b>	<b>145</b>
<b>ANEXO E MEDIOS DE VERIFICACIÓN.....</b>	<b>152</b>
<b>ANEXO F MANUAL DE USUARIO.....</b>	<b>145</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Costo detallado del diseño y construcción de la estructura del robot móvil .....	46
Tabla 2: Especificaciones de las Partes .....	68
Tabla 3: test 1 .....	89
Tabla 4: test 2 .....	90
Tabla 5: test 3 .....	91
Tabla 6: Capacitación (Plan de Clases) .....	104
Tabla 7: Director del Proyecto .....	110
Tabla 8: Participantes de equipo de trabajo.....	110
Tabla 9: Equipo de trabajo empresa .....	111
Tabla 10: Actividades previstas .....	112
Tabla 11: Presupuesto .....	114
Tabla 12: Descripción De Los Gastos De Servicios Básicos .....	115
Tabla 13: Descripción de los Gastos de Viajes y Transporte de Personal .....	115
Tabla 14: Descripción de los Gastos en Servicios Profesionales y Comerciales .	116
Tabla 15: Descripción de los Gastos Alimentos y Productos Agroforestales .....	116
Tabla 16: Descripción del Gasto de Productos de Papel, Cartón e Impresos .....	117
Tabla 17: Descripción del Gasto en Productos Varios .....	117
Tabla 18: Descripción del Gasto de Maquinaria y Equipo .....	118
Tabla 19: Descripción de Costos del Prototipo de Robot Móvil.....	119
Tabla 20: IEEE 830 Personal Involucrado .....	128
Tabla 21: Definiciones, Acrónimos, Abreviaturas .....	130
Tabla 22: Referencias .....	130
Tabla 23: Características de los usuarios .....	132
Tabla 24: Requisito Funcional 1 .....	134
Tabla 25: Requisito Funcional 2 .....	135
Tabla 26: Requisito Funcional 3 .....	135
Tabla 27: Requisito Funcional 4 .....	136

Tabla 28: Requisito Funcional 5 .....	136
Tabla 29: Requisito Funcional 6 .....	137
Tabla 30: Requisito Funcional 7 .....	137
Tabla 31: Requisito Funcional 8 .....	138
Tabla 32: Requisito No funcional 1 .....	138
Tabla 33: Requisito No funcional 2 .....	139
Tabla 34: Requisito No funcional 3 .....	139
Tabla 35: Requisito No funcional 4 .....	140
Tabla 36: Requisito No funcional 5 .....	140
Tabla 37: Requisito No funcional 6 .....	141
Tabla 38: Requisito No funcional 7 .....	141
Tabla 39: Requisito No funcional 8 .....	142
Tabla 40: Requisito No funcional 9 .....	142
Tabla 41: Requisito No funcional 10 .....	143

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Placa ESP32 .....	17
Figura 2: Placa ESP32 CAM.....	18
Figura 3: Protoboard.....	19
Figura 4: Espadines .....	20
Figura 5: Jumpers .....	21
Figura 6: Tira LED .....	22
Figura 7: Perfil de Aluminio .....	23
Figura 8: ULN2003a .....	24
Figura 9: L298N .....	25
Figura 10: Motor DC.....	26
Figura 11: Trupán.....	27
Figura 12: Ruedas.....	28
Figura 13: Rodamientos .....	29
Figura 14: Cadenillas de Distribución.....	30
Figura 15: Estrellas de Distribución.....	31
Figura 16: Ejes.....	32
Figura 17: Servomotor.....	33
Figura 18: Fuente de Alimentación .....	34
Figura 19: Pilares de la Metodología ROS-XP .....	41
Figura 22: Diagrama General de Locomoción .....	49
Figura 23: Diagrama de Actividad Sistema de Luz .....	50
Figura 24: Diagrama de Actividad Cámara IP WiFi .....	51
Figura 25: Diagrama de Actividad Movimiento Hacia Adelante.....	52
Figura 26: Diagrama de Actividad Movimiento Hacia Atrás .....	53
Figura 27: Diagrama de Actividad Dirección Derecha .....	54
Figura 28: Diagrama de Actividad Dirección Izquierda .....	55
Figura 29: Diagrama de Secuencia SetupWifi .....	56
Figura 30: Diagrama de Secuencia ESP32 CAM.....	57

Figura 31: Diagrama de Secuencia Conexión MQTT .....	58
Figura 32: Diagrama de Conexión ESP32 CAM .....	59
Figura 33: Diagrama de Esquemático ESP32 CAM .....	59
Figura 34: Diagrama de Conexión Luz UV .....	60
Figura 35: Diagrama de Esquemático Luz UV .....	60
Figura 36: Diagrama de Conexión Servomotor .....	61
Figura 37: Diagrama de Esquemático Servomotor .....	61
Figura 38: Diagrama de Conexión Motor DC.....	62
Figura 39: Diagrama de Esquemático Motor DC.....	63
Figura 40: Modelo TinkerCad 3D (proceso de ensamblaje) .....	64
Figura 41: Base.....	65
Figura 42: Extremos .....	65
Figura 43: Ejes.....	66
Figura 44: Espacio Central Motor .....	66
Figura 45: Paredes .....	67
Figura 46: Pared Lados Trasera.....	67
Figura 47: Pared Lados Delantera .....	68
Figura 48: Estructura Final 3D.....	69
Figura 49: Espacio de luz de la Base y Eje .....	70
Figura 50: Motor DC y soporte .....	70
Figura 51: Servomotor.....	71
Figura 52: Soldadura LED .....	71
Figura 53: Colocado L298N.....	72
Figura 54: Asegurado del Motor .....	72
Figura 55: Empotrado de la Cámara.....	73
Figura 56: Circuito Final .....	73
Figura 57: Funcionamiento LED's .....	74
Figura 58: Interfaz Control Remoto .....	75
Figura 20: Relación Tiempo/Distancia de Esterilización.....	95
Figura 21: Entorno del Prototipo (Planta Baja).....	96

Figura 59: Entorno del Robot Móvil .....	98
Figura 60: Material De Capacitación (Diapositivas).....	99
Figura 61: Capacitación (Link Zoom).....	100
Figura 62: Capacitación (Participantes) .....	100
Figura 63: Capacitación (URL Heroku).....	101
Figura 64: Capacitación (Robot Movil Apagado).....	102
Figura 65: Capacitación (Ejecución Del Procedimiento UVC) .....	102