



FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA

REDISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE UN EQUIPO LAVAVAJILLAS TIPO TUNEL PARA
MEJORAR LA CONTINUIDAD DEL SERVICIO EN LA EMPRESA SODEXO

**Línea de investigación:
Sistemas eléctricos y electrónicos**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero

Electrónico

Autor

Gómez Quispe, Neil Steve

Asesor

Rosales Fernandez, José Hilarión

ORCID: 0000-0001-8402-2466

Jurado

Flores Masías, Edward José

Peña Carrillo, César Serapio

Pastor Castillo, José Enrique

Rosales Fernandez, José Hilarión

Lima - Perú

2025



REDISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE UN EQUIPO LAVAVAJILLAS TIPO TUNEL PARA MEJORAR LA CONTINUIDAD DEL SERVICIO EN LA EMPRESA SODEXO

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	9%	1%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.winterhalter.com Fuente de Internet	4%
2	repositorio.une.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	catalonica.bnc.cat Fuente de Internet	1%
4	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%
5	www.przetargi.info Fuente de Internet	<1%
6	patents.google.com Fuente de Internet	<1%
7	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	www.ordelux.electrolux.it Fuente de Internet	<1%
9	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
10	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
11	Submitted to Universidad Andrés Bello Trabajo del estudiante	<1%



FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA E INFORMATICA

**REDISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE UN EQUIPO LAVAVAJILLAS TIPO
TUNEL PARA MEJORAR LA CONTINUIDAD DEL SERVICIO EN LA EMPRESA
SODEXO**

Línea de investigación:

Sistemas eléctricos y electrónicos

Informe de Trabajo Modalidad Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electrónico

Autor:

Gómez Quispe, Neil Steve

Asesor:

Rosales Fernandez, José Hilarión

ORCID: 0000-0001-8402-2466

Jurado:

Flores Masias, Edward José

Peña Carrillo, César Serapio

Pastor Castillo, José Enrique

Rosales Fernandez, José Hilarión

Lima – Perú

2025

Dedicatoria

A mis padres Felipe y María por sus enseñanzas y por haberme guiado siempre hacia el camino correcto.

A mis hijos Nicole y Aarón que con sus talentos despertaron mi entusiasmo.

A mis maestros por la enseñanza recibida en las aulas durante mi formación.

Agradecimiento

A mi Dios por volver a iluminar mi camino y darme la fortaleza para alcanzar mis metas y poder cumplir mi propósito.

A mi familia, que siempre está a mi lado dándome su apoyo incondicional.

INDICE

Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 Trayectoria del autor.....	11
1.2 Descripción de la Empresa / Institución	12
1.3 Organigrama de la Empresa.....	13
1.4 Áreas y funciones desempeñadas.....	13
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA	15
2.1 Planteamiento del Problema	17
2.1.1 Determinación del problema.....	18
2.1.2 Problema principal.....	21
2.1.3 Problemas secundarios.....	21
2.1.4 Objetivo principal	22
2.1.5 Objetivos secundarios	22
2.1.6 Justificación	22
2.1.7 Alcances y limitaciones	23
2.2 Marco Teórico	24
2.2.1 Antecedentes bibliográficos.....	24
2.2.2 Bases Teóricas	26
2.2.3 Definición de términos básicos.....	35
2.3 Propuesta de solución	36
2.3.1 Metodología de la solución.....	36

2.3.2	Desarrollo de la solución	37
2.3.3	Factibilidad técnica – operativa	67
2.3.4	Cuadro de inversión	67
2.4	Análisis de resultados	69
2.4.1	Análisis Costos – beneficio.....	69
III.	APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA / INSTITUCIÓN	74
IV.	CONCLUSIONES	75
V.	RECOMENDACIONES	76
VI.	REFERENCIAS	77
VII.	ANEXOS	79

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Fallas presentadas durante los dos primeros años</i>	20
Tabla 2 <i>Alternativas para la propuesta de solución</i>	38
Tabla 3 <i>Costos durante el cuarto y quinto año de operación</i>	66
Tabla 4 <i>Costo de los componentes y actividades para la implementación</i>	68
Tabla 5 <i>Costos antes de la implementación</i>	69
Tabla 6 <i>Costos después de la implementación</i>	70
Tabla 7 <i>Flujo de caja proyectado</i>	71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Organigrama de la empresa VAST</i>	13
Figura 2 <i>Equipos instalados en el comedor del cliente Sodexo – parte 1</i>	15
Figura 3 <i>Equipos instalados en el comedor del cliente Sodexo – parte 2</i>	16
Figura 4 <i>Línea de atención del comedor de la empresa Sodexo</i>	16
Figura 5 <i>Sistema completo de un lavavajillas tipo túnel</i>	27
Figura 6 <i>Tipos de canastillas para lavavajillas</i>	30
Figura 7 <i>Esquema de las partes del lavavajillas tipo túnel</i>	32
Figura 8 <i>Micro PLC LOGO de Siemens</i>	33
Figura 9 <i>Módulo controlador de temperatura electrónico</i>	34
Figura 10 <i>Sensor de temperatura NTC modelo SB-59</i>	34
Figura 11 <i>Componentes utilizados en la implementación de la propuesta</i>	41
Figura 12 <i>Instalación del micro PLC, fuente y módulo DM8 en el tablero</i>	42
Figura 13 <i>Esquema eléctrico de etapa de control del lavavajillas</i>	45
Figura 14 <i>Esquema eléctrico de etapa de potencia del lavavajillas</i>	46
Figura 15 <i>Ciclos del proceso de lavado del equipo lavavajillas</i>	47
Figura 16 <i>Diagrama en bloques FUP del programa de control del lavavajillas</i>	49
Figura 17 <i>Configuración de la red y transferencia del programa de PC al Logo</i>	50
Figura 18 <i>Equipo lavavajillas recibido en el taller de la empresa</i>	51
Figura 19 <i>Desmontaje de los componentes actuales – parte 1</i>	52
Figura 20 <i>Desmontaje de los componentes actuales – parte 2</i>	53
Figura 21 <i>Montaje de componentes – parte 1</i>	54
Figura 22 <i>Montaje de componentes – parte 2</i>	55
Figura 23 <i>Montaje de componentes – parte 3</i>	57
Figura 24 <i>Conexión del equipo a la red eléctrica para pruebas iniciales</i>	58

Figura 25 <i>Pruebas iniciales de calentamiento</i>	59
Figura 26 <i>Protocolo de pruebas del equipo lavavajillas realizado en el taller</i>	60
Figura 27 <i>Reinstalación del equipo lavavajillas en el comedor de Sodexo</i>	62
Figura 28 <i>Pruebas iniciales del lavavajillas en el comedor de Sodexo</i>	62
Figura 29 <i>Protocolo de pruebas del equipo lavavajillas realizado en Sodexo</i>	63
Figura 30 <i>Lavado de la vajilla dentro del equipo tipo túnel</i>	64
Figura 31 <i>Personal usando el equipo durante el servicio de lavado</i>	65
Figura 32. <i>Cálculo de los valores VAN y TIR del proyecto en Excel</i>	73
Figura 33 <i>Protocolo de pruebas en taller VAST</i>	81
Figura 34 <i>Protocolo de pruebas en comedor Sodexo</i>	82
Figura 35 <i>Acta de entrega de equipo lavavajillas</i>	83
Figura 36 <i>Reporte de instalación de equipo lavavajillas</i>	84
Figura 37 <i>Características Módulo LOGO base</i>	85
Figura 38 <i>Especificaciones controlador de temperatura y sensor NTC SB59</i>	86
Figura 39 <i>Datos de vida útil de las salidas tipo relay</i>	87
Figura 40. <i>Fotos durante el lavado y repuestos que fallaron</i>	88
Figura 41. <i>Esquema eléctrico de control</i>	89
Figura 42. <i>Esquema eléctrico de potencia</i>	90
Figura 43. <i>Características de los motores del equipo</i>	91
Figura 44. <i>Sistema hidráulico del lavado y enjuague del equipo</i>	92

Resumen

Los equipos de lavado de vajilla industrial tipo túnel, son muy utilizados por las concesionarias que ofrecen servicios de alimentación corporativo para los comedores de empresas, industrias, plantas de producción, instituciones educativas y operaciones mineras, a nivel global. El comedor principal de la empresa Sodexo, cuenta con un equipo lavavajillas tipo túnel dentro de su parque de equipos gastronómicos. El equipo presentó varios problemas técnicos durante los dos primeros años que estuvo en operación, debido a fallas en los componentes de su diseño original. Esto conllevó a la necesidad de realizar varios mantenimientos correctivos y la contratación de personal operario para el área de lavado; y afectó la continuidad del servicio del cliente. El objetivo del presente trabajo de investigación, es el diseño e implementación de un sistema de control automatizado para el equipo lavavajillas tipo túnel del cliente Sodexo, usando un micro PLC y controladores electrónicos de temperatura, como una alternativa de solución, para garantizar que el equipo trabaje dentro de los valores de temperatura y tiempos necesarios para asegurar un lavado higiénicamente seguro y mejorar la disponibilidad de la vajilla para la atención del servicio; beneficiando a nuestro cliente. La metodología utilizada en la propuesta de solución fue de tipo experimental.

Palabras clave: Control automatizado, lavavajillas tipo túnel, lavado higiénicamente seguro.

Abstract

Industrial tunnel-type dishwashing equipment is widely used by concessionaires that offer corporate catering services for company cafeterias, industries, production plants, educational institutions, and mining operations worldwide. Sodexo's main cafeteria includes a tunnel-type dishwashing equipment as part of its catering equipment fleet. The equipment experienced several technical problems during its first two years of operation due to failures in its original design components. This led to the need for several corrective maintenance projects and the hiring of operating personnel for the dishwashing area, impacting the continuity of service to the client. The objective of this research project is to design and implement an automated control system for Sodexo's tunnel-type dishwashing equipment. This system uses a micro PLC and electronic temperature controllers as an alternative solution to ensure the equipment operates within the temperature and time limits required to ensure hygienically safe washing and improve dishware availability for service, benefiting our client. The methodology used in the proposed solution was experimental.

Keywords: Automated control, tunnel-type dishwasher, hygienically safe washing.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Trayectoria del autor

Me formé en la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería Electrónica e Informática de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Desarrollé mis prácticas pre-profesionales en el Área de Electromedicina de la Unidad de Servicios Generales del Instituto Especializado Materno Perinatal (Ex Maternidad de Lima) en el 2004 y obtuve el grado de Bachiller en Ingeniería Electrónica en el año 2005. Durante los primeros años de mi experiencia laboral, realicé labores de reparación y configuración de equipos informáticos y redes, trabajando para empresas de ese sector entre los años 2006 al 2008.

En el año 2008, ingresé a laborar en el rubro de los equipos industriales de la línea gastronómica, trabajando inicialmente para la empresa Mantenimiento Industrial y Comercial; en donde realicé labores de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo e instalación de los equipos gastronómicos que atendía la empresa, tales como: hornos de sistema combinado vapor-calor, hornos de calentamiento ultrarrápido, máquinas lavavajillas tipo túnel y tipo capota, máquinas de café expreso, cocinas de inducción, equipos de lavandería industrial entre otros.

En el año 2012, ingresé a laborar en la empresa VAST, dedicada también, al rubro de los equipos industriales de la línea gastronómica. Estuve encargado de las labores de mantenimiento preventivo, correctivo e instalación de equipos gastronómicos tales como: hornos de sistema combinado vapor-calor, hornos de calentamiento ultrarrápidos, máquinas lavavajillas tipo túnel y tipo capota, equipos pasadores de café, máquinas de café expreso, cocinas de inducción entre otros. Además, desempeñé labores de supervisión, en donde estuve a cargo del área de instalaciones de la empresa y el área de clientes remotos, en donde se tenía

como principal cliente, a la empresa de servicios de alimentación Sodexo, quien tiene sus comedores en provincias y en varias sedes mineras a nivel nacional. Durante el tiempo que estuve en la empresa, empecé a recabar información de las incidencias que se presentaban en los equipos que tenía a mi cargo, y elaboré un historial de las fallas más comunes por tipo de equipo y por marca.

1.2 Descripción de la Empresa / Institución

La empresa VAST, es una empresa dedicada a brindar soluciones técnico logísticas, de los equipos industriales gastronómicos de las empresas del rubro Horeca, en donde están incluidas las empresas de servicios de alimentación, cadenas de restaurantes, comedores del sector hotelero, comedores de supermercados, tiendas de conveniencia entre otros. La empresa ofrece el servicio de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo e instalación de equipos; overhaul o repotenciación de equipos, venta de repuestos, accesorios para los equipos, insumos de limpieza, almacenaje de equipos, entre otras actividades.

La empresa VAST es un “Service Partner” o socio de servicio de varias marcas de equipos importados de procedencia europea y americana. Entre los equipos que representa en Perú, están los hornos combinados Rational, los hornos ultrarrápidos Turbochef, los hornos MenuMaster, los equipos freidores Frymaster, las marmitas y sartenes basculantes Cleveland, las máquinas de café expreso Nouva Simonelli, los equipos lavavajillas Hobart, entre otras marcas. Para estos equipos se tenía el soporte de fábrica en cuanto a repuestos, accesorios y capacitaciones técnicas para el personal de la empresa.

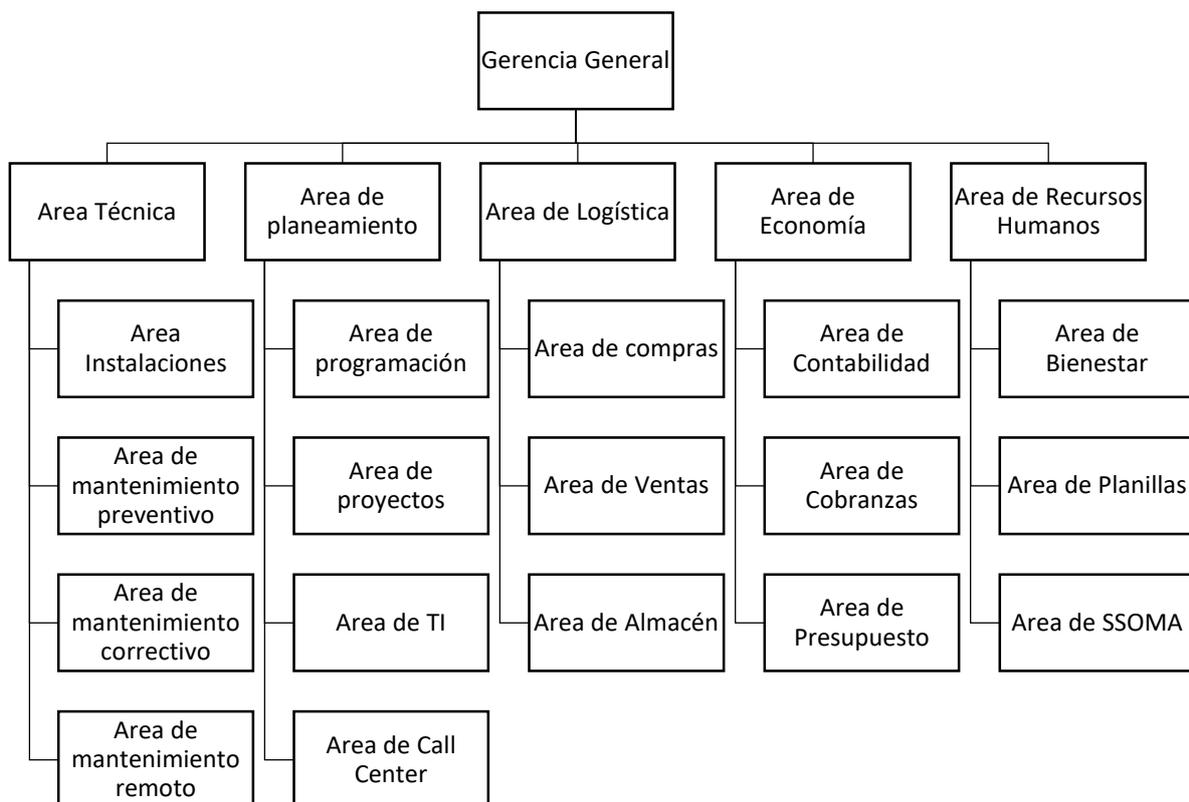
Entre los clientes más importantes, se tuvo a las empresas Sodexo, Cencosud, Supermercados Peruanos, Cinco Millas de Gastón Acurio, Cadena de cafeterías Starbucks, Sangucherías Subway y La Lucha, Dunkin Donuts, Tiendas Listo de Corporación Primax, Cadena Hotelera Intursa, Cadena Hotel Libertadores, entre otros clientes.

1.3 Organigrama de la Empresa

La empresa VAST está dividida en cinco áreas que son: el área técnica, el área de planeamiento, el área de logística, el área de economía y el área de recursos humanos. En el siguiente gráfico, se muestra el organigrama.

Figura 1

Organigrama de la empresa VAST



Nota: Elaboración propia

1.4 Áreas y funciones desempeñadas

Durante mi permanencia en la empresa VAST, desempeñé las siguientes funciones:

Área de instalaciones: Estuve en el cargo de supervisor de instalaciones. Era el responsable de la coordinación de los trabajos con los clientes en conjunto con el área de planeamiento, las visitas de inspección previa a la instalación, la verificación de los puntos de instalación en el

local de los clientes, la coordinación para el traslado y posicionamiento de los equipos, la supervisión de la instalación, realizar los protocolos de prueba de los equipos, la capacitación del uso de los equipos y la elaboración de los reportes e informes técnicos. Mi grupo de trabajo estaba conformado por cuatro técnicos.

Área de mantenimiento correctivo: Responsable de realizar la revisión, el diagnóstico técnico y el cambio de los repuestos de los equipos, de los clientes dentro de Lima. Elaboraba reportes e informes técnicos, y realizaba las coordinaciones con el área de cotizaciones.

Área de operaciones remotas: Responsable de realizar los mantenimientos preventivos y correctivos de los equipos de los clientes, en las operaciones fuera de Lima; principalmente en los comedores de los campamentos de las empresas mineras.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

Se contrató los servicios de mi empresa VAST, para realizar la instalación y el soporte técnico de los equipos gastronómicos del comedor principal de la empresa Sodexo. Nuestra labor consistió en la instalación del parque de equipos adquirido por el cliente. Se instalaron hornos combinados, sartenes basculantes, marmitas, equipo lavavajillas tipo túnel, conservadores refrigerados, mantenedores de alimentos, távolas calientes, entre otros equipos. El comedor de la empresa Sodexo tenía que atender tres servicios de alimentación, que son el desayuno, almuerzo y cena de forma diaria. Se atendían entre 300 a 500 raciones por servicio.

En cada servicio, se tiene que asegurar que siempre se tengan todos los tipos de vajillas disponibles en la línea de atención de los clientes. El comedor contaba con una cantidad establecida de vajillas de cada tipo. La vajilla ya utilizada, pasaba a la zona de lavado, en donde el personal asignado se encargaba de realizar el proceso de lavado y almacenado de la vajilla limpia; siguiendo un procedimiento establecido, que cumple con los protocolos de higiene necesarios, a fin de garantizar una vajilla final limpia y segura, libre de cualquier agente contaminante.

Figura 2

Equipos instalados en el comedor del cliente Sodexo – parte 1



Figura 3

Equipos instalados en el comedor del cliente Sodexo – parte 2



Nota: Elaboración propia

Figura 4

Línea de atención del comedor de la empresa Sodexo



Nota: Elaboración propia

2.1 Planteamiento del Problema

Durante los dos primeros años, el equipo lavavajillas tipo túnel presentó problemas de funcionamiento, que provocó fallas en el control de temperaturas y en control de los tiempos de los ciclos de lavado. El equipo no calentaba el agua adecuadamente y la vajilla salía mal lavada; se tenía que completar el lavado de forma manual. También se presentaron problemas con el tiempo de los ciclos de lavado; el equipo no iniciaba o no completaba el ciclo de lavado. Durante los años uno y dos, se cambiaron en varias oportunidades los repuestos afectados, para restablecer la función del equipo.

Estas fallas ocasionaron atraso en la reposición de vajilla hacia la zona de atención de comensales. En muchos casos, las fallas tomaron varios días en resolverse; hasta que el equipo quedó inoperativo a finales de diciembre del año dos. El gerente de operaciones de Sodexo, en vista de los antecedentes técnicos ocurridos hasta esa fecha, decidió dejar el equipo fuera de servicio, al considerar que se generaban muchos costos de reparación y atraso en el servicio de lavado; y afectaba la disponibilidad de la vajilla para la atención de sus clientes. Se procedió a la desinstalación del equipo y el equipo fue retirado hacia un ambiente de almacenaje del cliente Sodexo. Durante el año tres, la empresa Sodexo tuvo que contratar un personal adicional para el servicio de lavado.

Surgieron dos dificultades: en primer lugar, no se podía tener disponible la cantidad suficiente de vajilla para la atención de los clientes, debido a que el lavado manual tomaba mucho más tiempo. En los anexos, se ha elaborado un comparativo de los tiempos promedio que se necesitan para el lavado de forma manual y con el equipo lavavajillas. Además, no se podía asegurar que el lavado manual cumpliera con las temperaturas y tiempos de lavado de acuerdo a lo normado para máquinas de lavado de vajilla en servicios de alimentación. Los requerimientos y procesos de lavado higiénicamente seguros para todo tipo de maquinaria de lavado en servicios de alimentación, están recogidos en la normativa DIN SPEC 10534.

2.1.1 Determinación del problema

Se realizó un análisis de las incidencias técnicas que se presentaron en el equipo en el periodo de los dos primeros años, tomando como referencia los reportes técnicos e informes técnicos ya elaborados durante ese periodo. Se elaboró un resumen de las fallas presentadas en el equipo y las causas que lo originaron.

Se determinó que el problema técnico del equipo se originó por fallas en los componentes del sistema de control del diseño original, el cual estaba conformado principalmente por termostatos mecánicos para el control de las temperaturas de lavado y de enjuague; y por temporizadores mecánicos para el control de tiempos del ciclo de lavado, enjuague y desplazamiento. Estos componentes mecánicos, que tienen unos valores de tolerancia altos, ocasionaron un control deficiente de los parámetros del ciclo de lavado del equipo y fallas, que afectaron la calidad del lavado de la vajilla. Los valores del proceso de lavado del equipo, son los siguientes:

- **Temperatura del caldero:** 85°C
- **Temperatura de la cuba:** 55°C
- **Tiempo del lavado:** 60 segundos
- **Tiempo del enjuague:** 30 segundos
- **Tiempo del desplazamiento de cestas:** 90 segundos

A continuación, se muestra un resumen de las fallas más resaltantes presentadas en el equipo por trimestre, durante los dos primeros años.

Trimestre 1. La temperatura del caldero llegaba hasta 70° C, la temperatura de cuba hasta 45° C. Se solucionó con la calibración de los termostatos del caldero y cuba. Se realizó el contraste de temperaturas con un termómetro laser.

Trimestre 2. El tiempo de lavado llegaba hasta 40 segundos y se detenía, no se iniciaba el enjuague. La temperatura del caldero llegaba hasta 45°C y temperatura en la cuba hasta 40°C. En este caso ya no resultó la calibración y se tuvo que cambiar los dos termostatos. Se pudo ajustar el temporizador del lavado y se cambió el temporizador del enjuague. Se realizó el contraste de temperaturas con un termómetro laser y de tiempos con un cronómetro.

Trimestre 3. La temperatura en el caldero se quedaba en 22°C, la temperatura de la cuba llegaba a 54°C. En este caso ya no resultó la calibración y se tuvo que cambiar el termostato del caldero. Se realizó el contraste de temperaturas con un termómetro laser.

Trimestre 4. El tiempo de lavado llegaba hasta 45 segundos y se pasaba al tiempo de enjuague que duraba 20 segundos y se detenía. No resultó el ajuste de los temporizadores, se tuvo que cambiar ambos temporizadores. Se realizó el contraste de temperaturas con un termómetro laser y de tiempos con un cronómetro.

Trimestre 5. No se iniciaba el ciclo de lavado completo, por falla del temporizador del sistema de desplazamiento. Se tuvo que cambiar ese temporizador. La temperatura del caldero solo llegaba hasta 60°C y temperatura en la cuba hasta 35°C. En este caso ya no resultó la calibración y se tuvo que cambiar los dos termostatos. Se realizó el contraste de temperaturas con un termómetro laser y de tiempos con un cronómetro.

Trimestre 6. La temperatura del caldero llegaba hasta 75° C, la temperatura de cuba hasta 45° C. Se solucionó con la calibración de los termostatos del caldero y cuba. Se realizó el contraste de temperaturas con un termómetro laser. El tiempo de lavado llegaba hasta 50 segundos y se pasaba al tiempo de enjuague que duraba 35 segundos. Se pudo realizar el ajuste de ambos temporizadores, se realizó el contraste de tiempos con un cronómetro.

Trimestre 7. El tiempo de lavado llegaba hasta 45 segundos y se detenía, no se iniciaba el enjuague. La temperatura del caldero llegaba hasta 65°C y temperatura en la cuba hasta 54°C. En este caso ya no resultó la calibración y se tuvo que cambiar el termostato del caldero. Se pudo ajustar el temporizador del lavado y se cambió el temporizador del enjuague. Se realizó el contraste de temperaturas con un termómetro laser y de tiempos con un cronómetro.

Trimestre 8. No se iniciaba el ciclo de lavado completo, por fallas del temporizador del sistema de desplazamiento y del temporizador de lavado. Se tuvo que cambiar los dos temporizadores. La temperatura del caldero solo llegaba hasta 70°C y temperatura en la cuba hasta 45°C. En este caso ya no resultó la calibración y se tuvo que cambiar los dos termostatos. Se realizó el contraste de temperaturas con un termómetro laser y de tiempos con un cronómetro.

En la siguiente tabla, se muestra el costo de las atenciones técnicas durante los dos primeros años.

Tabla 1

Atenciones técnicas durante los dos primeros años

INCIDENCIAS TECNICAS PRESENTADAS	TRIMES TRE 1	TRIMES TRE 2	TRIMES TRE 3	TRIMES TRE 4	TRIMES TRE 5	TRIMES TRE 6	TRIMES TRE 7	TRIMES TRE 8
CANTIDAD DE ATENCIONES TECNICAS	2	2	3	2	3	5	5	7
CAMBIO DE TERMOSTATOS	0	2	1	0	2	0	1	2
CAMBIO DE TEMPORIZADORES	0	1	0	2	1	0	1	2
COSTO DE REPUESTOS CAMBIADOS (EN SOLES)	0	800	250	700	800	0	550	1100
COSTO DE LAS ATENCIONES TECNICAS (EN SOLES)	240	240	360	240	360	600	600	720
COSTO X PERIODO (EN SOLES)	240	1040	610	940	1160	600	1150	1820
COSTO TOTAL EN DOS AÑOS (EN SOLES)	7560							

Nota: Elaboración propia

Además de los costos por servicio técnico, para el cliente Sodexo se generaron sobrecostos por contratación de un personal adicional para el área de lavado. Según información proporcionada por el gerente de operaciones de nuestro cliente Sodexo, se contrató un trabajador adicional para el área de lavado para el año 3; ingresado a planilla con un sueldo anual de S/. 12,600.

Se planteó como alternativa de solución, el diseño e implementación de un sistema de control automatizado, conformado por componentes más confiables como son: un micro PLC Logo y controladores electrónicos de temperatura entre los componentes principales.

2.1.2 Problema principal

¿Cómo el diseño e implementación de un sistema de control automatizado para un equipo lavavajillas tipo túnel, podrá mejorar el servicio de lavado en el comedor de la empresa Sodexo?

2.1.3 Problemas secundarios

¿Cómo el diseño e implementación de un sistema de control automatizado para un equipo lavavajillas, mejorará el control de las temperaturas de los ciclos de lavado, conforme con las regulaciones existentes para el manejo de vajilla en los servicios de alimentación?

¿Cómo el diseño e implementación de un sistema de control automatizado para un equipo lavavajillas, mejorará el control de tiempo de los ciclos de lavado, conforme con las regulaciones existentes para el manejo de vajilla en los servicios de alimentación?

¿Con la implementación de un control automatizado, se mejorará la disponibilidad de vajillas higiénicamente segura en la línea de atención del cliente y se reducirán los costos en personal y atenciones técnicas del equipo?

2.1.4 *Objetivo principal*

Diseñar e implementar un sistema de control automatizado para un equipo lavavajillas tipo túnel, para mejorar el servicio de lavado en el comedor de la empresa Sodexo.

2.1.5 *Objetivos secundarios*

Diseñar e implementar un sistema de control automatizado con un micro PLC y controladores electrónicos de temperatura, para mejorar el control de temperaturas de los ciclos de lavado del equipo lavavajillas, y que cumpla con las regulaciones existentes para el manejo de vajilla en los servicios de alimentación.

Diseñar e implementar un sistema de control automatizado con un micro PLC y controladores electrónicos de temperatura, para mejorar el control de tiempos de los ciclos de lavado y que cumpla con las regulaciones existentes para el manejo de vajilla en los servicios de alimentación.

Mejorar la disponibilidad de vajillas higiénicamente seguras en la línea de atención del cliente Sodexo, y reducir los costos de contratación de personal y atenciones técnicas del equipo.

2.1.6 *Justificación*

El comedor de la empresa Sodexo ha tenido dificultades para una correcta atención de sus servicios de alimentación diarios, por retrasos en el servicio de lavado; ocasionado por las fallas presentadas en su equipo lavavajillas tipo túnel. Se justifica la implementación del diseño de la propuesta desde dos puntos importantes:

Justificación práctica:

La implementación de un sistema de control automatizado, mejorará el funcionamiento del equipo al hacer más precisos el control de temperaturas y tiempo de los ciclos de lavado, asegurando un funcionamiento más confiable del equipo. Además, permitirá el cumplimiento de las normas de higiene en el manejo de la vajilla en cuanto al control de temperaturas y tiempo de los ciclos, según la normativa DIN SPEC 10534.

Justificación económica

Con la implementación del diseño de la propuesta, se reducirán los costos de contratación de personal adicional para el área de lavado y de servicio técnico del equipo, en el transcurso del tiempo.

2.1.7 Alcances y limitaciones

El alcance de este proyecto es el diseño e implementación de un sistema de control automatizado para un equipo lavavajillas tipo túnel en la empresa Sodexo, como una alternativa de solución para mejorar el funcionamiento del equipo y ofrecer al cliente un equipo con un funcionamiento más confiable, sin paradas imprevistas y que permita cumplir con las normas existentes para máquinas de lavado de vajillas en servicios de alimentación. Además, permitirá reducir los costos de contratación de personal adicional en el área de lavado.

Las limitaciones para la implementación de este diseño en la sede del cliente, son las siguientes:

- El equipo requiere de un mantenimiento preventivo periódico de todos sus componentes para asegurar su buen funcionamiento.

- Los suministros externos para el equipo lavavajillas, deben trabajar dentro de los valores de instalación recomendados. En el caso del suministro eléctrico, el voltaje debe ser de 220 V con una tolerancia de $\pm 5\%$, para evitar daños en componentes eléctricos y electrónicos. En el caso del suministro de agua, la presión de ingreso debe estar entre 40 a 60 psi, para asegurar un tiempo de llenado correcto. Es de responsabilidad del cliente, mantener sus instalaciones en buen estado para asegurar un buen funcionamiento del equipo.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Antecedentes bibliográficos

Se realizó la revisión de literatura relacionada con el tema de estudio del presente trabajo de investigación.

Según una publicación de Escuela de Postgrado Industrial (2019), un automatismo referido al mundo industrial es aquel proceso en el que las máquinas realizan las actividades encomendadas de forma automática, con mínima intervención humana. A esto se le conoce como automatismo industrial y pertenece al rubro de la automatización. Para tal efecto se necesita de dispositivos tecnológicos que permitan realizar acciones de control, supervisión y acción de acuerdo al tipo de procesos que se estén implementando.

De acuerdo con una publicación de Fundación Siemens Argentina (2022) el micro PLC Logo, ofrece un tiempo de vida en los contactos de salida de aproximadamente un millón de maniobras para cargas inductivas con corrientes bajas, lo que lo convierte un dispositivo durable para el tipo de aplicaciones de control de equipos.

Para el caso del diseño de la propuesta, este factor es muy importante debido a que durante la operación del equipo lavavajillas, las salidas del PLC tendrán que conmutar muchas veces durante su funcionamiento. El uso de este dispositivo le da mayor tiempo de vida útil a la implementación.

Además, (Körner, 2019 citado por Arica, 2022, p.10), refiere que “un PLC tiene las características de alta confiabilidad y fuerte capacidad ante interferencia”.

Según una publicación del fabricante de equipos lavavajillas Winterhalter, con título: Qué es y cómo funciona un tren de lavado de Winterhalter (2022), indica que cuando el proceso de lavado se realiza a mano, suele haber más problemas de retrasos en el lavado y secado de loza y utensilios. En los comedores con un alto volumen de comensales y un menú variado es muy difícil estandarizar un proceso de lavado manual para que sea eficiente y garantice una total desinfección de los platos, vasos y cubiertos que son usados por varias personas diariamente.

Este punto es muy importante para evitar riesgos en la salud de los clientes que acuden al comedor. La propuesta plantea un control de los tiempos y temperaturas de los procesos de lavado más preciso, para poder cumplir con ese propósito.

Además, la misma publicación de Winterhalter (2022), indica que en las grandes cocinas cualquier problema en el área de lavado puede afectar toda la operación. Los tiempos en los que se debe servir la comida a los comensales están previamente establecidos y es muy importante respetarlos para poder cumplir con este horario de servicios. En este escenario, cualquier demora en el lavado de loza ocasionaría retrasos en el servicio, afectando el flujo normal de los turnos del comedor.

En nuestro caso, se presentó esa dificultad en la atención del comedor de Sodexo, cuando luego de quedar fuera de servicio el equipo lavavajillas, se tuvo que trabajar el lavado de forma manual y se provocó retrasos en la disponibilidad de vajilla limpia para el servido de los alimentos de los clientes. Es uno de los motivos que llevó a la implementación del diseño de la propuesta para ayudar al cliente en cumplir los tiempos de atención en sus servicios de alimentación.

Sullón (2023), en su trabajo con título “Automatización industrial mediante LOGO Soft Comfort para aplicaciones en proyectos en la empresa Tecnología Universal S.A.C”, menciona que, mediante la automatización del sistema de un ascensor de tres pisos, usando el controlador industrial Logo Siemens 230RCE, programado con el software Logo Soft Comfort V8.0 de Siemens; pudo mejorar el indicador de tiempo medio entre fallos identificado con las siglas MTBF. Concluyendo que mediante la automatización se obtuvo un ascensor que trabaja de manera eficaz y con las condiciones de seguridad en el uso del mismo.

En el diseño de la propuesta se ha considerado el uso del micro PLC Logo de Siemens, porque al igual que describe el autor precedente, se trata de un dispositivo confiable para implementaciones de control de procesos. Además, en implementaciones realizadas en otros equipos de la empresa, nos ha respondido satisfactoriamente y no se presentaron fallas críticas en el transcurso del tiempo.

2.2.2 Bases Teóricas

2.2.2.1 Equipos de lavado de vajillas industriales. Los equipos de lavado de vajilla industriales, son ampliamente utilizados por los negocios del rubro HORECA. Se emplean desde los equipos más pequeños de lavado de copas, hasta los equipos de lavado de tipo túnel y tipo faja transportadora. Los equipos lavavajillas se desarrollaron para facilitar las operaciones del rubro gastronómico, optimizar los resultados del lavado, mejorar los tiempos de lavado de la vajilla, reducir la cantidad de personal en esta actividad; con la finalidad de hacer más eficiente la operación de estos negocios.

Un equipo lavavajillas tipo túnel, está conformado por las siguientes partes: una cámara de lavado, una cámara de enjuague, un caldero, una bomba de lavado y enjuague, un sistema de desplazamiento, un sistema de calentamiento del agua y un bloque de control eléctrico o electrónico. El sistema completo para un equipo lavavajillas tipo túnel, comprende las

siguientes partes: una mesa de entrada, una zona de desconche, un lavadero, el equipo lavavajillas y una mesa de salida.

Figura 5

Sistema completo de un lavavajillas tipo túnel



Nota: Fuente www.infohoreca.com/productos

2.2.2.2 Consideraciones de instalación de equipos lavavajillas. En los equipos de lavado de vajillas, es importante considerar las condiciones iniciales de instalación, las cuales serán determinantes para asegurar el buen funcionamiento durante la vida útil del equipo.

Suministro de agua. La presión de ingreso del agua hacia el equipo, según lo recomendado por los fabricantes de este tipo de equipos, debe estar entre los valores de 30 a 60 psi. Debe considerarse una calidad de agua adecuada, cuyos valores de dureza no excedan la recomendación de los fabricantes y que son como máximo 200 ppm, sobre este valor, las partículas de los minerales como el calcio y magnesio serán perjudiciales y ocasionarán la calcificación de la superficie de las resistencias, la estructura del caldero y el tanque de lavado.

Suministro eléctrico. La instalación eléctrica resulta importante para asegurar un funcionamiento seguro de los componentes eléctricos y electrónicos. El voltaje existente en la toma eléctrica del equipo, debe ser estable; en nuestro medio el voltaje es de 220 VAC con un

índice de variación de +/- 5%. Además, debe de contar con un sistema de puesta a tierra para proteger al operario del equipo de alguna descarga accidental; y para proteger los componentes electrónicos sensibles del equipo. Este debe tener un valor máximo de 10 ohmios.

Sistema de extracción de vapores. Es importante que exista una ventilación adecuada en el ambiente donde se instalara el equipo; además resulta necesario la instalación de una campana extractora, para los vapores producidos por el equipo durante sus ciclos de trabajo.

2.2.2.3 Normativa DIN SPEC 10534: Lavado higiénicamente seguro. Los requerimientos y procesos de lavado higiénicamente seguros para todo tipo de maquinaria de lavado están recogidos en la normativa DIN SPEC 10534. Esta normativa indica que, cuando se consigue una reducción considerable de gérmenes, bacterias y virus en el material a lavar, se considera que el proceso de lavado es apto. Esto se consigue utilizando las temperaturas adecuadas en cada ciclo del lavado y tiempos de lavado adecuados.

Se resume a continuación las consideraciones a tener en cuenta, según el reconocido fabricante de equipos lavavajillas a nivel mundial – Winterhalter, extraído de www.frinorsa.com/2020/10/06/seguridad-higienica-en-lavavajillas-industriales/.

Temperatura: La temperatura exigida para conseguir un resultado higiénico es de 55°C. Las resistencias de la máquina deberían asegurar el mantenimiento de las temperaturas de forma permanente. La temperatura en la zona de enjuague debe estar entre 80°C y 85°C.

Tiempo (de contacto): Se entiende como tiempo de contacto, la fase desde el inicio del ciclo de lavado hasta el inicio de la fase de aclarado. En máquinas de un solo tanque de lavado, se considera que un tiempo de contacto de 90 segundos es suficiente para conseguir un resultado higiénicamente satisfactorio.

Mecánica: Se debe asegurar una aplicación eficaz de solución de detergente y de abrillantador sobre el material a lavar. Durante el proceso de lavado, se debe garantizar suficiente presión del agua con detergente sobre el material a lavar, de manera que se eliminen los todos restos de suciedad. Por último, el volumen de agua de aclarado debería ser suficiente para enjuagar por completo el material a lavar, eliminando así los restos de detergente.

Químico: Los productos químicos empleados deben ser formulados para su uso de lavavajillas industriales, quedando excluido cualquier producto químico formulado para el uso doméstico. El detergente debe tener la capacidad de eliminar de forma eficaz la suciedad presente en el material a lavar, asegurando así un resultado higiénicamente perfecto.

En el caso del lavado de vajilla en servicios de alimentación, estas consideraciones son muy importantes. Según una investigación de la NSF International, que es una organización a nivel global para estándares de salud pública, publicada en la página de Infobae (2024), menciona que “se encontró bacterias coliformes en un 45% de los lavaplatos analizados, en comparación con solo un 9% en los lavamanos del baño. Los lavaplatos pueden concentrar hasta 100.000 veces más gérmenes que otros sitios, incluido el lavamanos”. Esta investigación nos indica el riesgo que existe, cuando se realiza el lavado de forma manual de forma no adecuada.

En mi experiencia laboral, se presentó en una oportunidad un caso de infección de varios clientes en el comedor de una empresa, durante un servicio de atención. Debido a que las bacterias de un usuario enfermo, quedaron en las vajillas usadas y como el proceso de lavado realizado de forma manual, no cumplió con las temperaturas y tiempo adecuados, contaminó el resto de la vajilla de ese servicio.

Esto afectó a varios clientes, ocasionándole dolor abdominal y diarrea. Posterior al incidente, y por el reclamo presentado por los clientes, se realizó el estudio sanitario por una

empresa certificada por DIGESA y se encontró restos de la bacteria del E. Coli sobre algunas vajillas que se estudiaron. El comedor fue sancionado con una multa y tuvo que levantar sus observaciones.

Se presentaron casos similares en otros comedores. Por este motivo el control de temperaturas y tiempos de los ciclos de lavado, juega un papel fundamental para asegurar una vajilla higiénicamente segura y evitar problemas de salud de los clientes.

2.2.2.4 Tipos de canastillas para el equipo lavavajillas tipo túnel. Los equipos lavavajillas industriales, utilizan unas canastillas en donde serán colocada la vajilla a lavar. Para el caso de los lavavajillas tipo túnel, existen tres tipos de canastillas de lavado: la canastilla totalmente plana, que se utiliza para colocar los cubiertos en general. La canastilla tipo panal, que se utiliza para colocar los vasos y tazas. La canastilla con postes, que se utiliza para colocar los platos y similares. La cantidad de vajilla que se puede acomodar en estas canastillas, va depender de las dimensiones de los platos. La medida estándar de estas canastillas es de 50 cm x 50 cm, esto representa un estándar internacional aplicable a cualquier marca de equipo lavavajillas.

Figura 6

Tipos de canastillas para lavavajillas



Nota: Fuente <https://tienda.pallomaro.com/canastillas>

2.2.2.5 Descripción de las partes del equipo lavavajillas tipo túnel. El equipo lavavajillas tipo túnel del cliente, consta de las siguientes partes:

Sistema de lavado. Conformada por un tanque de 80 litros, dentro del cual están instaladas dos resistencias sumergibles las cuales calentarán el agua a una temperatura de 55°C; y un motor bomba trifásico de 1 HP, con un sistema de tuberías que se conectan a cuatro brazos de lavado en la parte superior y tres brazos de lavado ubicados en la parte inferior de la cámara de lavado.

Sistema de enjuague. Conformada por un caldero de 7 litros, dentro del cual están instaladas cuatro resistencias sumergibles las cuales calentarán el agua a una temperatura de 85°C. Un motor bomba monofásico de 1/2 HP, con un sistema de tuberías que se conectan a dos brazos de enjuague en la parte superior y en la parte inferior de la cámara de enjuague.

Sistema de llenado de agua. Conformada por una electroválvula y un arreglo de mangueras, que llenarán el caldero y la cámara de lavado.

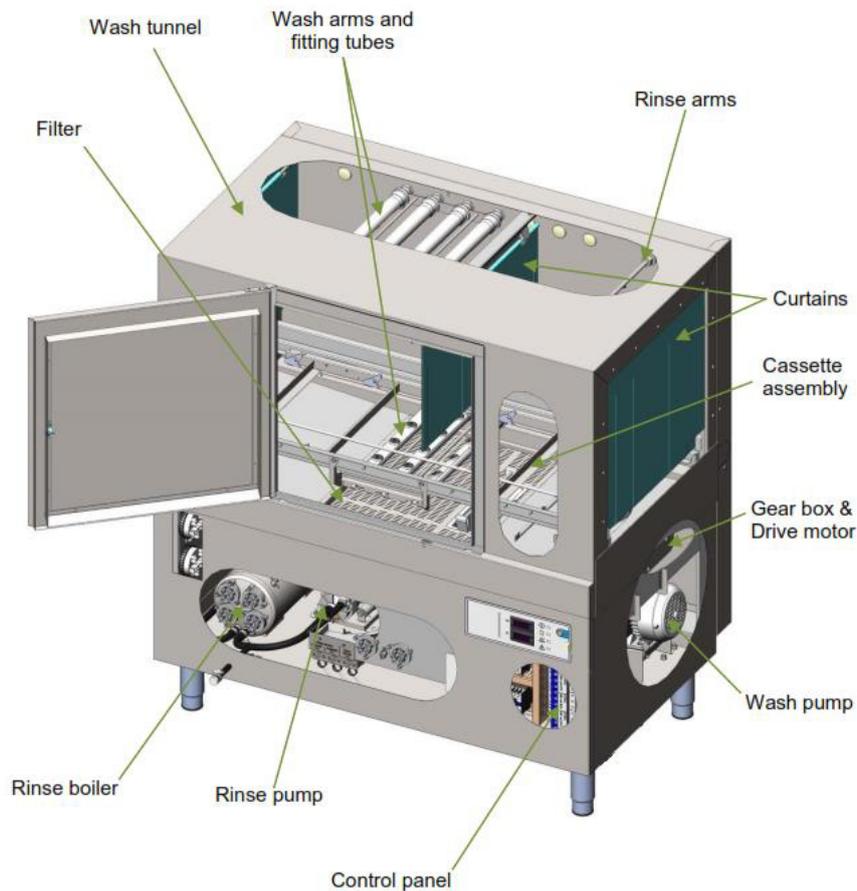
Sistema de calentamiento. Conformado por dos termostatos mecánicos con bulbo y un arreglo de resistencias en el caldero y en la cuba de lavado.

Sistema de control de funciones. Conformado por temporizadores mecánicos, termostatos mecánicos, contactores, switches y su cableado correspondiente.

Sistema de desplazamiento de canastillas. Conformada por un motor reductor trifásico de 1 HP, con sistema de transmisión y disco de acoplamiento; que se encarga de mover el mecanismo de desplazamiento, por donde se desplazarán las canastillas durante el proceso de lavado.

Figura 7

Esquema de las partes del lavavajillas tipo túnel

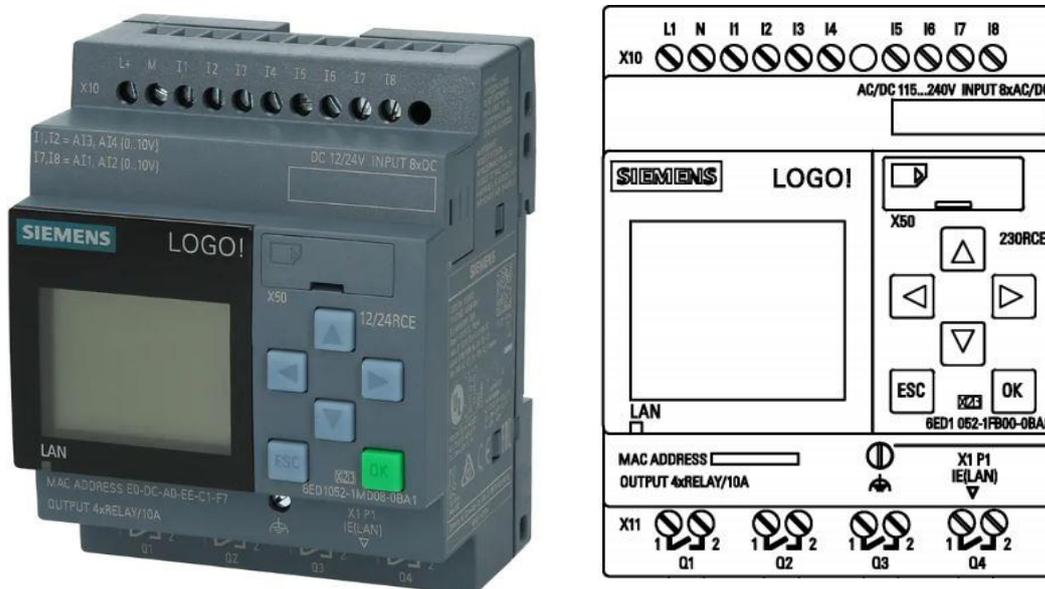


Nota: Fuente Engineers Manual CST Machines and Dryer Unit

2.2.2.6 Componentes principales usados en la propuesta de solución

Micro PLC Logo 12/24 RCE.

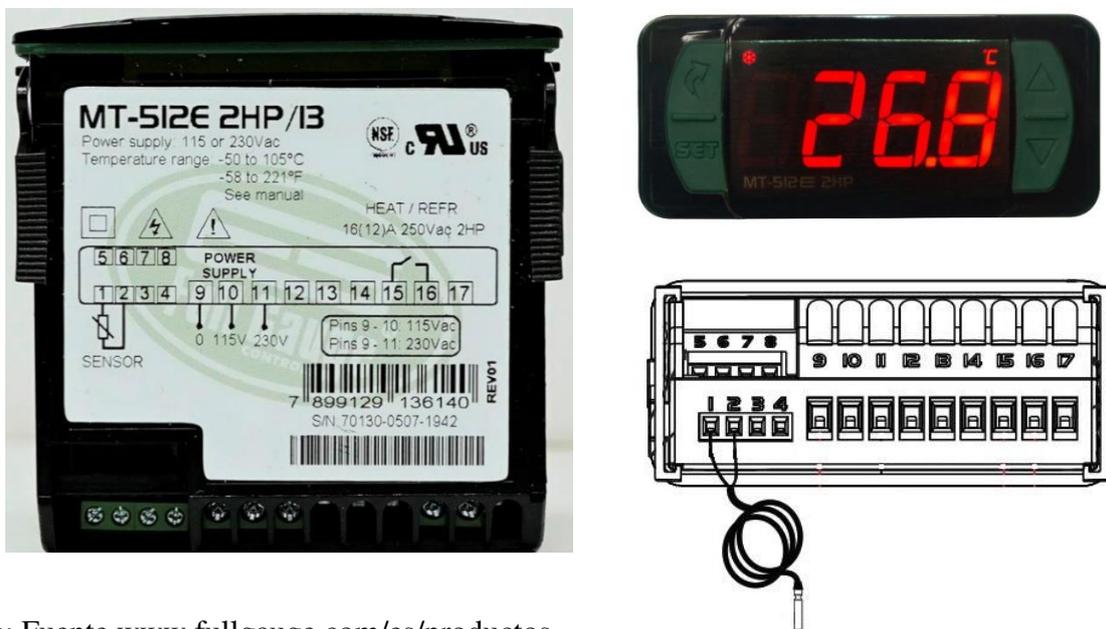
Se trata de un micro PLC del fabricante Siemens con las siguientes características principales: se alimenta con un voltaje de 12/24 VDC; permite manejar en sus salidas cargas de 10 A de tipo resistivo y 3 A de tipo inductivo. Cuenta con 8 entradas digitales, y 4 salidas digitales tipo relay y permite la expansión con módulos lógicos adicionales; hasta 20 entradas y 16 salidas digitales. Para nuestro diseño, en conjunto con el micro PLC Logo, utilizaremos una fuente de voltaje de 24 VDC a 2.5 A, también de Siemens y un módulo de expansión DM8.

Figura 8*Micro PLC LOGO de Siemens*

Nota: Fuente www.siemens.com/es/es/productos

Controlador de temperatura electrónico.

Se empleará un controlador de temperatura electrónico, modelo MT-512e. Según la descripción de su fabricante, se trata de un control de temperatura para usos en sistemas de calefacción. Posee un relay de 16 amperios, que permite manejar cargas de hasta 2 HP y se alimenta con un voltaje de 220VAC. Permite un control de temperatura de hasta 200° C con el sensor tipo NTC modelo SB-59. Tiene un índice de protección IP65 en la parte frontal, que indica que es resistente al polvo y a chorros de agua de baja presión, lo cual lo hace adecuado para el diseño propuesto, debido a que el equipo está expuesto a salpicaduras de agua durante la operación. Su temperatura de operación está entre 0° y 50° C.

Figura 9*Módulo controlador de temperatura electrónico**Nota:* Fuente www.fullgauge.com/es/productos**Sensor de temperatura SB-59.**

Se trata de un sensor del tipo NTC, que presenta una resistencia de 10K @ 25°C, un índice de precisión del 1% y un tiempo de respuesta de menos de 10 segundos, según la ficha técnica del fabricante. Opera en temperaturas entre - 50°C hasta 200°C. Viene con un cable de silicona y una capsula de acero inoxidable.

Figura 10*Sensor de temperatura NTC modelo SB-59**Nota:* Fuente <https://conexperu.com.pe/productos>

2.2.3 Definición de términos básicos

Bombas de lavado y de enjuague. Componentes electromecánicos que están compuestos por un motor eléctrico y una bomba mecánica que se encarga de impulsar el flujo de agua desde una entrada a una salida con una presión y caudal según su diseño.

Brazos de lavado y enjuague. Piezas de material PVC reforzado o acero, en forma de regaderas tipo flauta por donde fluirá el agua a presión proveniente de las bombas de lavado y enjuague.

Caldero o boiler. Elemento compuesto por un cilindro de acero dentro del cual se insertan unas resistencias eléctricas de forma hermética y que se encarga de calentar el agua que ingresa hasta una temperatura de 85 grados centígrados. En el caso de nuestro equipo, la capacidad del caldero es de 7 litros.

Cuba o cámara de lavado. Cavidad o cámara del equipo donde se almacena el agua que intervendrá en el proceso de lavado. En el caso de nuestro equipo, la capacidad de esta cámara es de 80 litros.

Controlador de Temperatura. Dispositivo electrónico de control con salida de tipo ON/OFF. Está diseñado para poder controlar mediante un sensor de temperatura tipo NTC, un valor de temperatura establecido en sus parámetros iniciales.

Ciclo de lavado. Es el tiempo total de lavado, que incluye la fase de lavado y la fase de enjuague.

LOGO. Micro PLC del fabricante Siemens. Se caracteriza por su simplicidad de uso, su tamaño y forma compacta, su versatilidad para aplicaciones que no demanden cálculos lógicos tan complejos.

Presostato de nivel. Componente mecánico que contiene un diafragma interno y un resorte, el cual, bajo una presión preestablecida en su punto de control, cierra un contacto eléctrico. Los presostatos tienen por lo general un punto común, un contacto NO y un contacto NC.

Resistencias sumergibles. Elementos eléctricos que están compuesto por un alambre de Ni-Chrome insertado dentro de una varilla de metal y rodeado de material aislante.

Sensor de temperatura NTC. Este sensor tiene una resistencia de 10K Ohmios a 25°C, su resistencia disminuye a medida que la temperatura aumenta. Es altamente preciso y confiable.

Switch magnético. Componente mecánico que activa un contacto cuando se le acerca un elemento magnético.

2.3 Propuesta de solución

2.3.1 Metodología de la solución

El presente trabajo es de tipo experimental. Se utilizó una metodología con enfoque predictivo. Se desarrolló en cinco fases.

La primera fase fue el planteamiento y análisis del problema. Se identificó y se realizó la evaluación del problema. Se elaboró el pre diseño de la propuesta y se presentó a la gerencia de operaciones del cliente Sodexo, tuvo una duración de 15 días útiles.

La segunda fase fue la elaboración del diseño del sistema de control automatizado, la programación y pruebas, de acuerdo a la propuesta planteada. Se desarrolló en las instalaciones de la empresa Vast, tuvo una duración de 25 días útiles.

La tercera fase fue la implementación del diseño del sistema de control automatizado en el equipo lavavajillas del cliente. Las actividades técnicas se realizaron en el taller de la empresa Vast, tuvo una duración de 15 días útiles.

La cuarta fase fue el periodo de las pruebas iniciales en el equipo y la evaluación de los resultados, tuvo una duración de 10 días útiles en su etapa preliminar en el taller de la empresa Vast y 10 días más, en el comedor del cliente Sodexo.

La quinta fase fue la entrega formal del equipo al cliente, para que reanude el servicio de lavado con el equipo lavavajillas tipo túnel.

Es importante mencionar que posterior a la entrega del equipo al cliente Sodexo, se continuaron las evaluaciones periódicas durante el año siguiente, con una frecuencia de una vez al mes y durante los mantenimientos preventivos programados, como parte de la garantía comercial del servicio por doce meses, que se planteó al cliente en la propuesta técnica económica.

Para el desarrollo de esta implementación, realicé la función de supervisor del proyecto, y tuve a cargo dos integrantes técnicos de la empresa.

En este proyecto, hablamos de un enfoque predictivo, porque se basa en la planificación; con los objetivos y las acciones definidas, con la finalidad de evitar eventos inesperados que afecten los resultados.

2.3.2 Desarrollo de la solución

2.3.2.1 Descripción de la propuesta. La propuesta de solución planteada para la empresa Sodexo consistió en reemplazar el sistema de control actual de su equipo lavavajillas, por un sistema de control automatizado; para lograr un funcionamiento más confiable del equipo, para mejorar el control de temperaturas y tiempos de los ciclos de lavado y asegurar la disponibilidad de vajilla higiénicamente segura, en su línea de atención de clientes.

Para la solución del problema del diseño del sistema de control, se analizaron tres posibles alternativas con componentes disponibles en el mercado local, que presentan certificación de calidad de la industria y que ya han sido utilizados en proyectos similares en

la empresa con buenos resultados. En la siguiente tabla, se hará un comparativo de las alternativas de solución.

Tabla 2

Alternativas para la propuesta de solución

Costo de los componentes(en soles)	PLC S7-1200	Micro PLC Logo	Micro PLC Zelio
Controlador Lógico Programable	1600	700	700
Fuente de poder	800	500	500
Módulo de expansión	1200	600	600
Módulo control temperatura	0	300	300
Pantalla o HMI	2500	0	0
Sensores temperatura	200	200	200
Sensores de presión de nivel	180	180	180
Switch magnético de puerta	100	100	100
Sensores térmicos	80	80	80
Cableado, terminales, precintos	220	220	220
Gabinete eléctrico	250	200	200
Relay 24 V a 15 amperios	900	900	900
Costo de elaboración del diseño	2000	2000	2000
Costo de la implementación	2500	2500	2500
Costo de las pruebas iniciales	1500	1500	1500
Tiempo del diseño	30 días	25 días	25 días
Tiempo de implementación	15 días	15 días	15 días
Periodo de pruebas iniciales	10 días	10 días	10 días
Costo Total (en soles)	14,030	9,980	9,980

Nota: Elaboración propia

Del cuadro anterior, se observa que sin bien las tres alternativas técnicas son posibles, la segunda alternativa con el micro PLC Logo y controladores electrónicos de temperatura, ofrece ventajas en el aspecto económico y tiempo de desarrollo e implementación, y se conoce bien su uso. Además, la confiabilidad de esos componentes, ya ha sido comprobada en proyectos similares que desarrollé en la empresa.

Se presentó la propuesta a la gerencia de mi empresa VAST, quien estuvo de acuerdo con la alternativa de solución. Se procedió en conjunto con el área de planeamiento, a la evaluación de los costos que implicarían el diseño e implementación. Se debe mencionar, que los costos de los componentes que figuran en la tabla precedente, ya contienen el margen de ganancia de la empresa VAST, y que por política de la empresa es del 20%. Se elaboró la cotización y se presentó junto a la propuesta técnica, al gerente de operaciones del cliente Sodexo, quien después de unas semanas de evaluación, aceptó la cotización.

El equipo del cliente fue trasladado desde la sede del cliente Sodexo hacia al taller de la empresa VAST, en donde se realizaron los trabajos técnicos de modificación, implementación y pruebas iniciales del equipo lavavajillas.

2.3.2.2 Diseño actual del sistema de control. El sistema de control actual de temperatura del equipo lavavajillas tipo túnel, está conformado por unos termostatos mecánicos con bulbo que son usados para controlar el calentamiento del agua del caldero y de la cámara de lavado. Para el ajuste de la temperatura, se debe girar la perilla de control en un ángulo determinado y esto corresponde a un valor aproximado de la temperatura a controlar, luego se debe de comprobar con un termómetro si la temperatura es la adecuada. El problema con este tipo de componentes, es que son sensibles a los cambios de temperatura y humedad del ambiente y se descalibran con mucha frecuencia, además no aseguran un control preciso de la temperatura del medio debido a que su rango de recuperación es muy grande, alrededor del

15% del valor principal. Esto ocasionaba que, en algunos ciclos de lavado no se cumpliera con los valores de temperatura adecuados para un lavado higiénicamente aceptable, además ocasionaba un consumo no eficiente de la energía eléctrica.

El sistema de control actual de los tiempos de los ciclos de lavado, está conformado por un arreglo de temporizadores mecánicos, conectados en serie con los circuitos de control de los motores de lavado, enjuague y desplazamiento. Estos componentes mecánicos presentaron fallas internas haciendo que no se iniciaran a tiempo los ciclos de lavado del equipo o no cumplieran el tiempo programado, ocasionando retrasos en el servicio de lavado.

2.3.2.3 Descripción de los componentes utilizados en la propuesta. Para la implementación de la propuesta, se emplearon los siguientes componentes:

- Un micro PLC Logo de Siemens modelo 12/24 RCE tipo OBA0.
- Una fuente de poder de Siemens de 24 VDC 2.5 amperios.
- Un módulo de expansión de 4DI/4DO modelo DM8.
- Dos controladores electrónicos de temperatura modelo MT-512e.
- Dos sondas de temperatura tipo NTC modelo SB-59.
- Dos presostatos de nivel 40/20 mbar de ϕ 58 mm, empalme de ϕ 6mm.
- Dos térmicos de seguridad tipo disco con corte a 90°C y 60°C.
- Un switch magnético con corriente de contacto de 15 amperios.
- Seis relays de 24 VDC con corriente de contacto de 16 amperios.
- Cables eléctricos calibre 18 y 14 AWG de diferentes colores y terminales eléctricos de varios tipos.

Los componentes utilizados en esta implementación: micro PLC Logo, fuente de 24 V, módulo de expansión DM8 de Siemens y controladores electrónicos de temperatura, cumplen

con las normas UL, CSA, CE, FM y NSF, emitidas por empresas de certificación y validación de productos de nivel mundial. Esto garantiza que cumplen con las especificaciones y estándares de la industria, para un uso confiable.

Figura 11

Componentes utilizados en la implementación de la propuesta



Nota: Elaboración propia

2.3.2.4 Desarrollo de la propuesta. Se iniciaron los trabajos de implementación del sistema automatizado de control para el equipo lavavajillas tipo túnel del cliente. Se realizaron las siguientes actividades técnicas:

Para el ensamblaje del tablero de control del equipo lavavajillas, se utilizó una caja de PVC reforzado de 20 x 25 x 10 cm, con índice de protección IP22. Se instaló un riel eléctrico DIN de 25 cm de largo. Sobre el riel se montaron los siguientes componentes: el micro PLC Logo, la fuente de alimentación de 24 VDC, el módulo de expansión Logo DM8. Se realizó el cableado entre estos componentes utilizando cable calibre 18 AWG, conectando primero los cables de alimentación de 24 V tanto para el micro PLC Logo y para el módulo de expansión. En el micro PLC Logo, se conectaron los dispositivos de entrada como el presostato de nivel, sensor magnético y los dispositivos de salida como los relay, electroválvula, indicadores.

Figura 12

Instalación del micro PLC, fuente y módulo DM8 en el tablero



Nota: Elaboración propia

Los dos controladores electrónicos de temperatura, se montaron en la tapa frontal del equipo lavavajillas. Para este fin, se aprovechó que ya existían unos cortes rectangulares en la tapa del panel y se modificaron para la medida; la medida de la parte frontal es de 71 x 28 mm. De los terminales 1 y 2 de cada controlador, se conectaron los sensores de temperatura tipo NTC modelo SB-59; un sensor se instaló en la parte externa de la cámara de lavado, en un soporte tipo abrazadera; y el segundo sensor se instaló en un receptáculo tipo varilla que tiene integrado el caldero del equipo. Las salidas tipo relay de los dos controladores de temperatura, que corresponde a los terminales 15 y 16, se conectaron hacia las entadas I5 y I6 del micro PLC Logo.

Se programaron los valores de los controladores electrónicos de temperatura. Se accedió al parámetro F02, se programó la temperatura del caldero en 85 °C y la temperatura de la cámara de lavado en 55°C. Se accedió al parámetro F06, se programó el rango de recuperación en +/- 5 °C.

Para el control del nivel de agua del caldero y de la cámara de lavado, se conectaron los contactos NC de los presostatos de nivel del caldero y de la cámara de lavado, hacia los terminales I1 y I2 del micro PLC Logo, a su vez, las mangueras de control de presión de 6 mm, se conectaron una hacia un acople tipo pitón de 90° instalado en la parte frontal de la cámara de lavado y hacia un acople tipo pitón recto ubicado en una de las salidas del caldero. Los contactos NO de los presostatos de nivel, se conectaron a las entradas I3 y I4 del micro PLC Logo.

Los contactos del switch magnético para el accionamiento del riel de canastillas, se conectaron en la entrada I1 del módulo de expansión Logo DM8. El switch magnético se instaló en la parte interna de la estructura y en el lado externo, montado en la barra de ingreso de las canastillas, se instaló un imán para que accione el switch magnético.

Los contactos tipo NC de los térmicos de seguridad tipo disco, se conectaron en serie con la alimentación de las bobinas de los contactores que activan los paquetes de resistencias tanto del caldero como de la cámara de lavado. Estos están conectados en las salidas Q1 y Q2 del micro PLC Logo.

El contacto NC del microswitch de protección del motor de desplazamiento, está conectado en serie con la alimentación de la bobina del relay que energiza el motor de desplazamiento. El contacto NC del sensor térmico interno de protección del motor de lavado, está conectado en serie con la alimentación de la bobina del relay que energiza el motor de lavado.

En la salida Q1, se conectó el relay que energiza a los contactores de las resistencias del caldero. Se ha empleado un relay de 24 VDC con una corriente de contactos de 16 amperios.

En la salida Q2, se conectó el relay que energiza al contactor de las resistencias de la cámara de lavado. Se ha empleado un relay de 24 VDC con una corriente de contactos de 16 amperios.

En la salida Q3, se conectó el relay que energiza al contactor del motor de lavado. Se ha empleado un relay de 24 VDC con una corriente de contactos de 16 amperios. En la salida Q4, se conectó el relay que energiza al contactor del motor de desplazamiento. Se ha empleado un relay de 24 VDC con una corriente de contactos de 16 amperios.

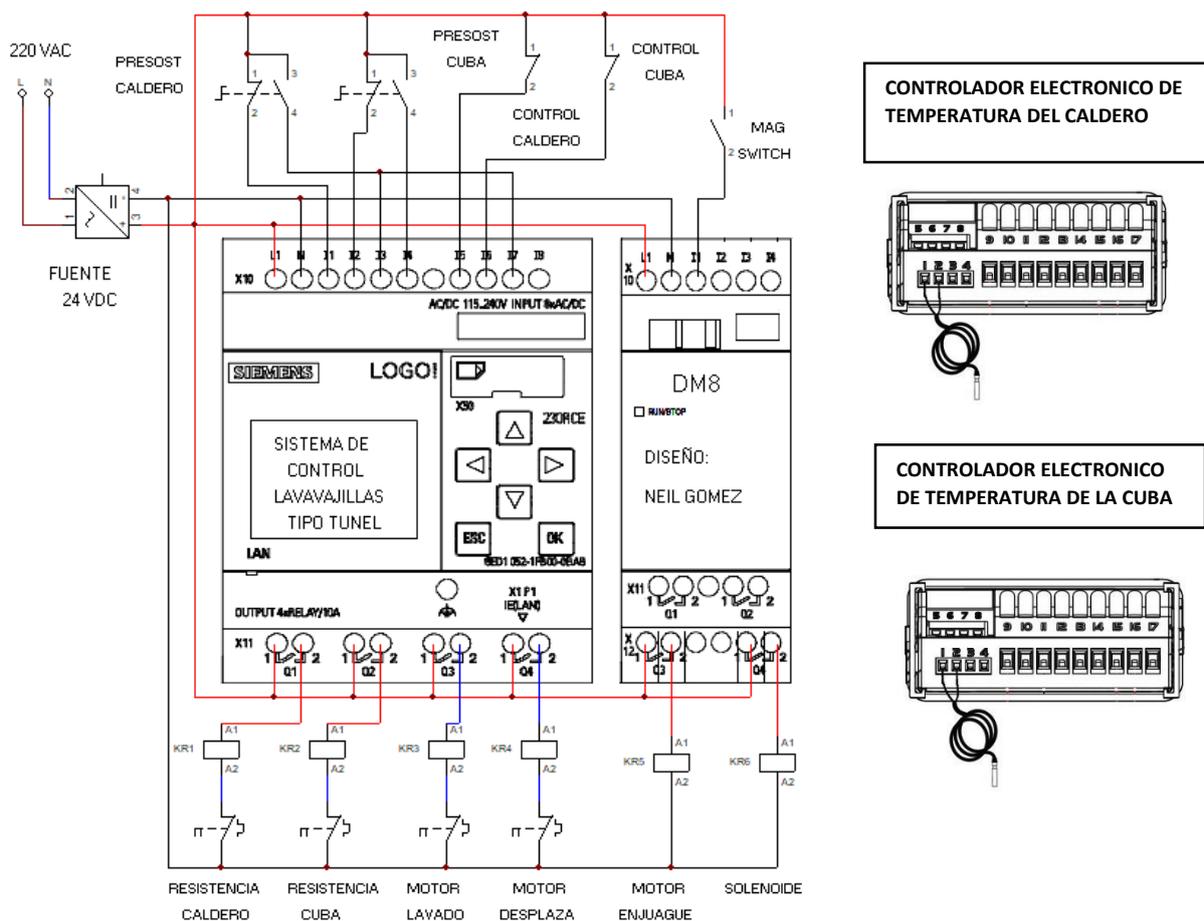
En la salida Q5, se conectó el relay que energiza al contactor del motor de enjuague. Se ha empleado un relay de 24 VDC con una corriente de contactos de 16 amperios. En la salida Q6, el relay que energiza al solenoide de llenado. Se ha empleado un relay de 24 VDC con una corriente de contactos de 16 amperios.

En las salidas del micro PLC Logo y su módulo de expansión DM8, se instalaron seis diodos 1N4007 en anti paralelo, para proteger las salidas internas de los controladores, de los picos transitorios que generan las bobinas al desconectarse.

Los planos eléctricos del circuito de control y de potencia del lavavajillas tipo túnel, han sido desarrollados usando el software CADe Simu v. 4.2. En la figura 13, se muestra el esquema eléctrico de la etapa de control usando el micro PLC Logo, el módulo de expansión DM8, la fuente de 24 VDC y otros. En la figura 14, se muestra el esquema del circuito de potencia del equipo.

Figura 13

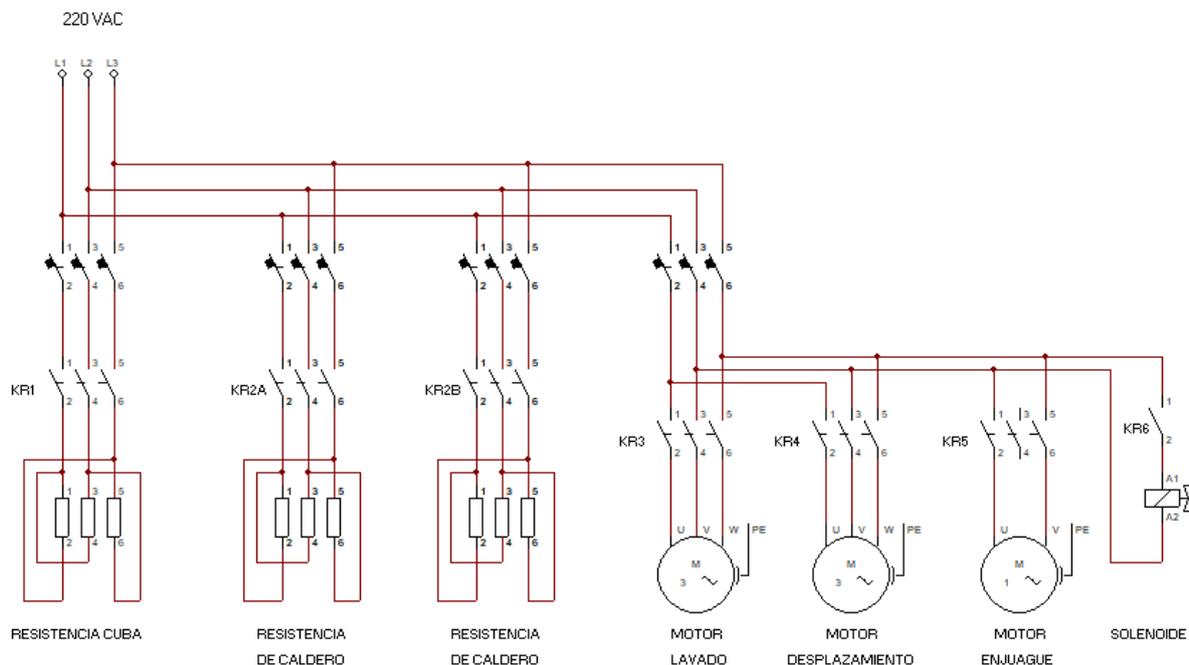
Esquema eléctrico de etapa de control del lavavajillas



Nota: Elaboración propia

Figura 14

Esquema eléctrico de etapa de potencia del lavavajillas



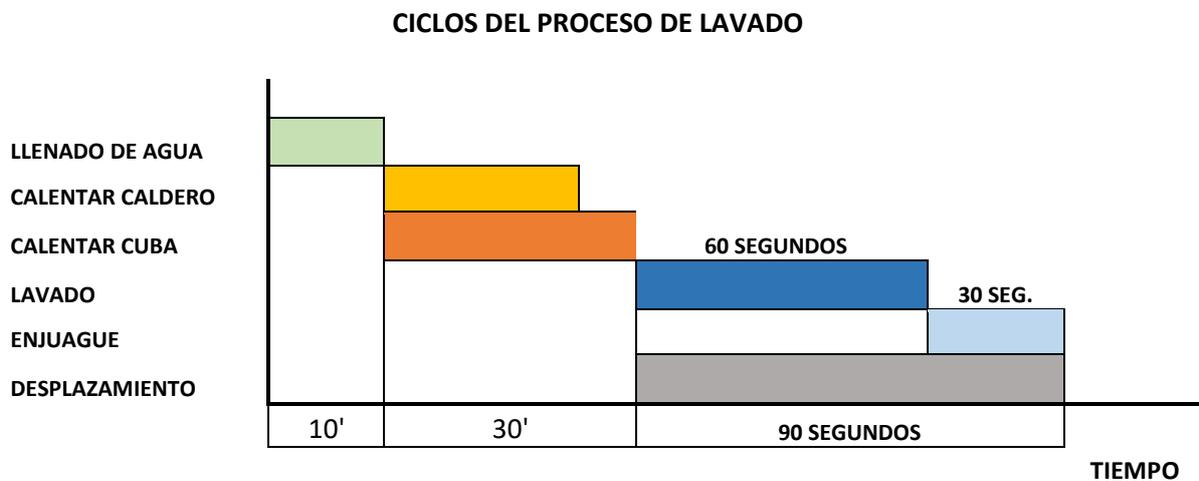
Nota: Elaboración propia

Se elaboró el programa de control de tiempo de los procesos de lavado del equipo lavavajillas tipo túnel, utilizando el software de programación Logo Soft Comfort v.8.2.

Para la programación del ciclo de lavado, se trabajó con un tiempo total de 90 segundos, en donde está incluido el tiempo de la fase de lavado, el tiempo de la fase de enjuague y el tiempo de desplazamiento del sistema mecánico; desde que ingresa una canastilla por el lado izquierdo del equipo, hasta que sale por el lado derecho. Los tiempos de llenado del agua y de calentamiento de las resistencias, que son previos al ciclo de lavado, tienen una duración de 10 minutos y 30 minutos respectivamente. En el siguiente gráfico se muestra como es la secuencia de los ciclos del proceso de lavado del equipo.

Figura 15

Ciclos del proceso de lavado del equipo lavavajillas



Nota: Elaboración propia

Se ha definido una secuencia de los procesos de funcionamiento del sistema de control del equipo del siguiente modo: una vez encendido el equipo, se activa el proceso de llenado tanto del caldero como de la cuba de lavado. Cuando se completa el nivel de agua en ambas cámaras, permite iniciar al proceso de calentamiento tanto de las resistencias del caldero y de las resistencias de la cuba. Una vez que llegan a las temperaturas programadas que son de 85°C y 55°C respectivamente, habilita el inicio del ciclo de lavado mediante el switch magnético.

Para iniciar el proceso automático, luego de activar el botón de encendido general, se activará la salida Q6, y se energizará la electroválvula de ingreso de agua. El tiempo de llenado del agua es en promedio de 10 minutos, pero depende de la presión de ingreso desde la red de agua del local. El agua llenará primero el caldero y por una manguera de derivación, llenará la cámara de lavado.

Cuando se alcanza el nivel de llenado en el caldero, el presostato del caldero cambiará la posición de su contacto de cerrado a abierto. Cuando se alcanza el nivel de llenado en la cámara de lavado, el presostato de la cámara cambiará su posición de cerrado a abierto. Con

las dos señales en nivel bajo, se activará la salida Q1 y Q2 correspondientes a los relay de activación para los contactores de las resistencias del caldero y de la cámara de lavado.

Las resistencias de caldero y cámara de lavado, calentarán el agua hasta una temperatura de 85°C y 55°C respectivamente. Este proceso toma en promedio 30 minutos. El contacto de salida de los dos controladores electrónicos de temperatura, están conectados en serie con los relay del caldero y de la cámara de lavado.

Cuando la temperatura del agua en el caldero alcanza su valor predefinido, el contacto de salida del controlador, que es de tipo NC, cambia a un estado de nivel bajo, y desactiva al relay de mando para las resistencias del caldero. Cuando la temperatura del agua en la cámara de lavado alcanza su valor predefinido, el contacto de salida del controlador, que es de tipo NC, cambia a un estado de nivel bajo, y desactiva al relay de mando para las resistencias de la cámara de lavado.

El ciclo completo de lavado es de 90 segundos, está dividido en un ciclo de lavado de 60 segundos y un ciclo de enjuague de 30 segundos. En las salidas Q3 y Q4 que corresponden a las salidas para energizar el motor de lavado y el motor de desplazamiento, se programó un temporizador con retardo a la desconexión de 100 segundos. Se le ha agregado 10 segundos más del tiempo del ciclo, para asegurar que la canastilla salga por completo del túnel de lavado.

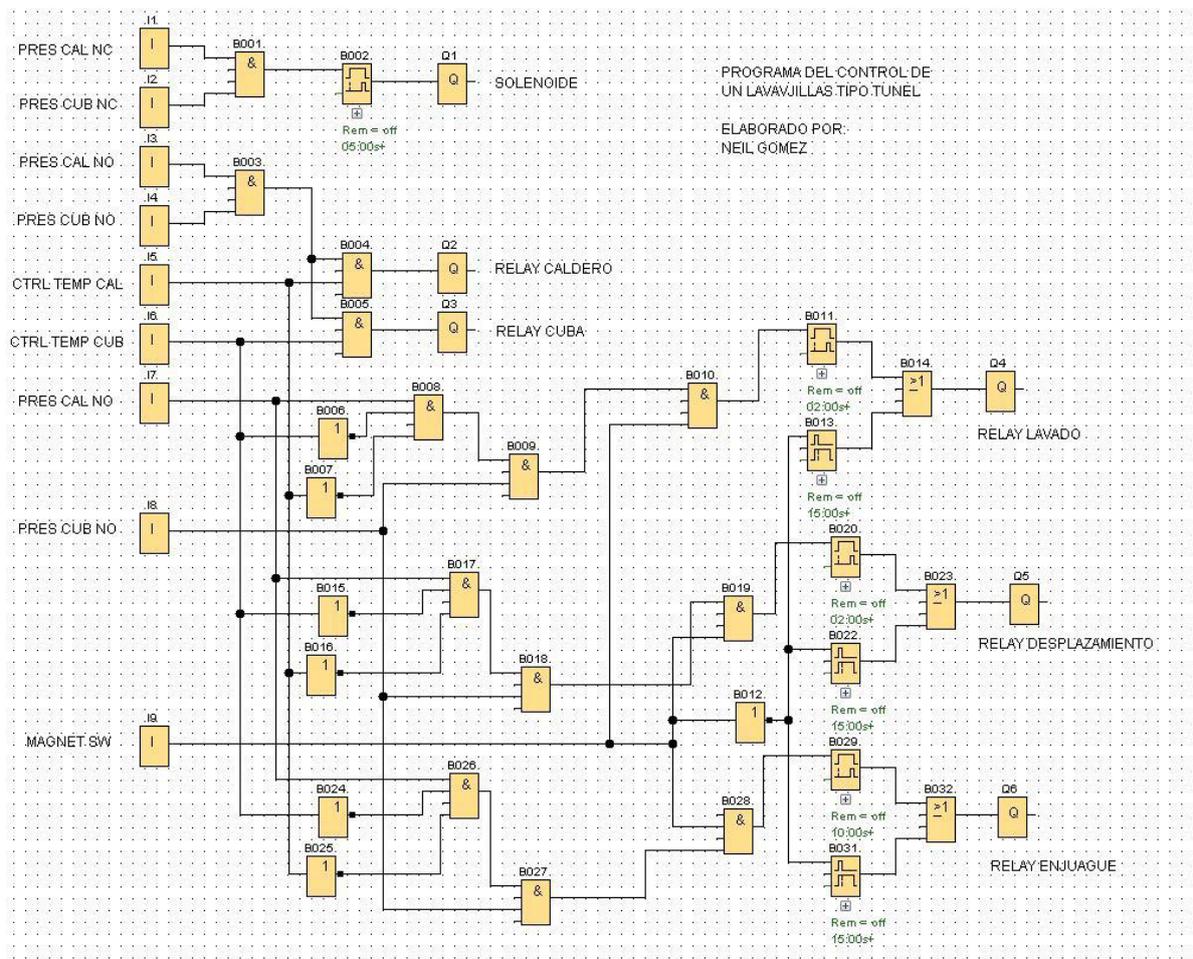
En la salida Q5, que corresponde a la salida para energizar el motor de enjuague, se programó un retardo a la conexión de 30 segundos. Se está adelantando el inicio del ciclo de enjuague esos 30 segundos, para asegurar que la cámara de enjuague esté funcionando antes que la canastilla llegue a esa zona.

Se programó un retardo a la conexión de 2 segundos, posterior a la activación del switch magnético, para ayudar a que la canastilla sea bien ubicada dentro del sistema de arrastre del equipo. La señal del switch magnético es la que activa el ciclo de lavado. En la siguiente figura,

se muestra el programa de control de procesos para el equipo lavavajillas, desarrollado con el software Logo Soft Comfort.

Figura 16

Diagrama en bloques FUP del programa de control del lavavajillas



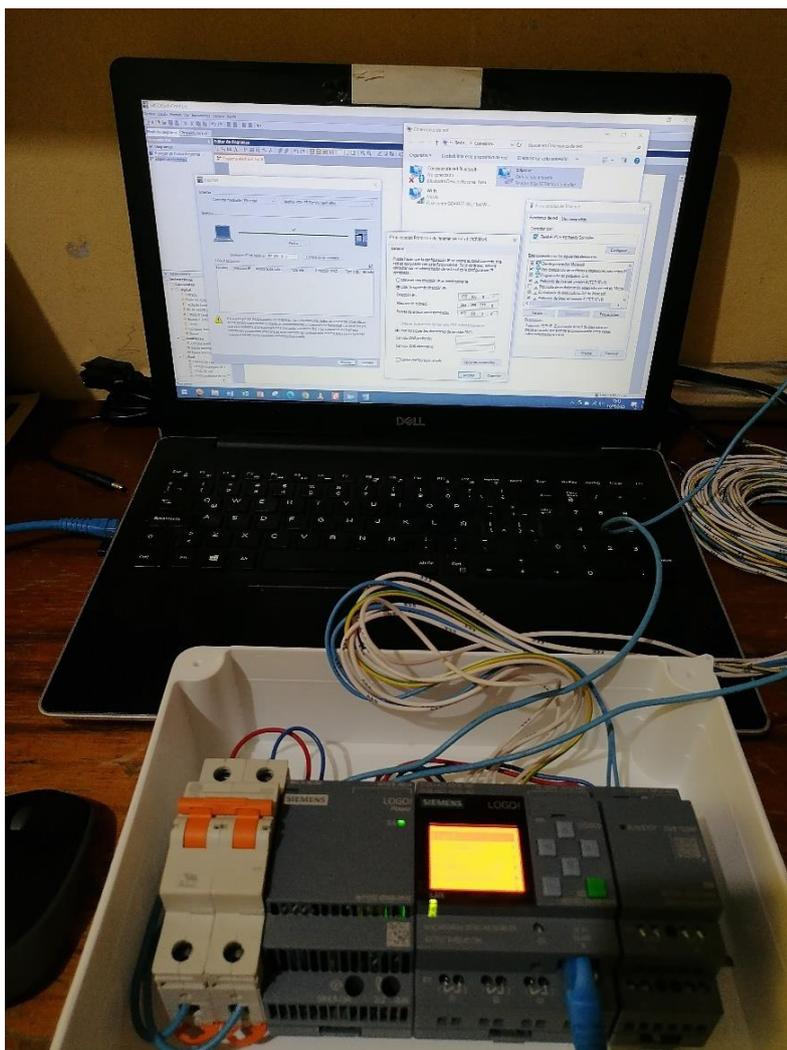
Nota: Elaboración propia

Se realizó la simulación del programa en el software Logo Soft Comfort y se realizaron los ajustes necesarios en el programa. Una vez verificada la funcionalidad del programa, se realizó la transferencia del programa desde el PC hacia el Micro PLC Logo, utilizando para este fin un cable de red CAT 6. Previamente se configuró la dirección IP tanto en la PC como en el Logo. Para la PC se utilizó la dirección 192.168.0.1 y para el micro PLC Logo la dirección

192.168.0.3. La dirección de la puerta de enlace, se configuró en 192.168.0.0. Con el comando de transferencia, se cargó el programa de control del equipo lavavajillas en el micro PLC Logo.

Figura 17

Configuración de la red y transferencia del programa del PC al Logo



Nota: Elaboración propia

2.3.2.5 Actividades de desinstalación de los componentes. Se realizaron las actividades técnicas de la implementación, según la propuesta presentada al cliente. En la primera etapa, se realizaron las siguientes actividades:

- Se retiraron los componentes y el cableado original.
- Se realizó una limpieza general de la estructura interna y externa del equipo.
- Se realizó el pulido de la estructura metálica del equipo para retirar manchas y corrosión existentes.
- Se realizó la limpieza de las mangueras del sistema hidráulico del equipo.
- Se realizó el mantenimiento de los motores de lavado, enjuague y desplazamiento. Se realizó limpieza y siliconado de las cortinas de entrada y salida del túnel de lavado.

Figura 18

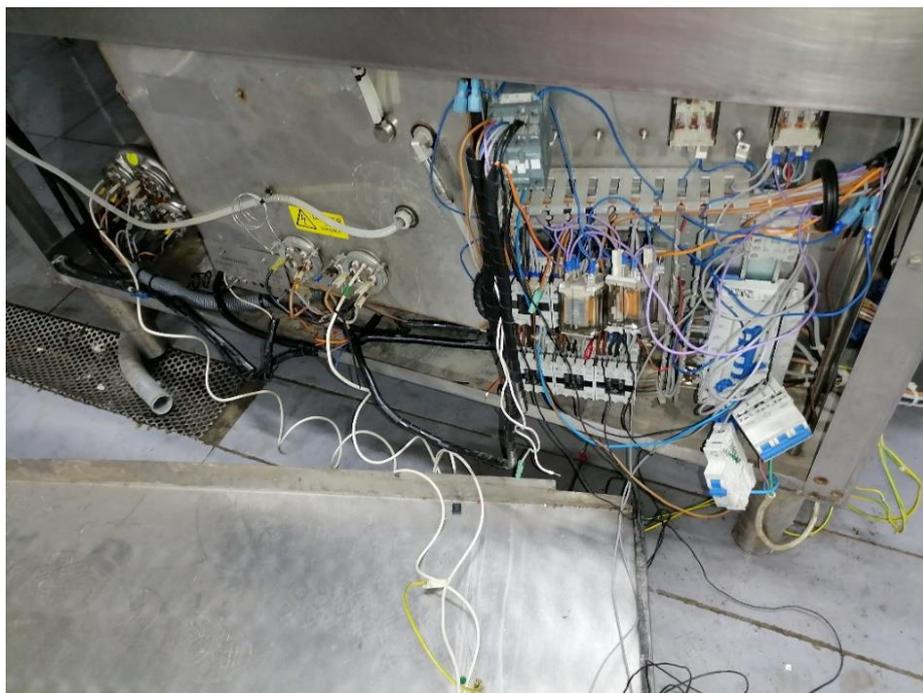
Equipo lavavajillas recibido en el taller de la empresa



Nota: Elaboración propia

Figura 19

Desmontaje de los componentes actuales – parte 1



Nota: Elaboración propia

Figura 20

Desmontaje de los componentes actuales – parte 2



Nota: Elaboración propia

2.3.2.6 Instalación de los nuevos componentes y cableado. Se instalaron los dos térmicos de seguridad tipo disco en el caldero y la cámara de lavado y se realizaron las conexiones de las resistencias de la cámara de lavado y del caldero, se utilizó cable calibre 14 AWG y terminales tipo hembra aislados.

Figura 21

Montaje de componentes – parte 1



Nota: Elaboración propia

Se fijaron en el lado izquierdo de la estructura, los presostatos de control de nivel del caldero y cámara de lavado. Se conectaron las mangueras de control de los presostatos en unos acoples ubicados en una salida del caldero y una salida de la cámara de lavado. Las mangueras que se utilizaron son de 6 mm de diámetro externo. Estos presostatos se ajustaron cuando se realizaron las primeras pruebas de funcionamiento en el taller, y se dejó regulado en el valor correcto que corresponde al nivel de agua adecuado para el buen funcionamiento del equipo, tanto en el caldero y en la cámara de lavado.

Figura 22

Montaje de componentes – parte 2



Nota: Elaboración propia

Se instalaron los componentes del sistema de control automatizado que ya se habían ensamblado previamente dentro de una caja eléctrica de PVC. Para la interface de control de los componentes de potencia, se conectaron los 6 relay de mando; se utilizó cable calibre 18 AWG y terminales tipo hembra aislados. El voltaje de las bobinas de los relay es de 24 V y 1 amperio.

Para la conexión de los componentes de potencia, se utilizó cable calibre 14 AWG y terminales tipo punta y tipo ojal. Se realizó la conexión hacia los dos contactores de las resistencias del caldero y hacia el contactor de las resistencias de la cámara de lavado. Las resistencias del caldero y de la cámara de lavado son de 2.5 KW de potencia y trabajan con una conexión trifásica. De acuerdo con la ley de Ohm, el consumo de corriente de todas las resistencias es de $2500/220 = 11.36$ amperios, los contactores trifásicos son de 15 amperios de corriente por fase, y el cable calibre 14 AWG soporta los 15 amperios.

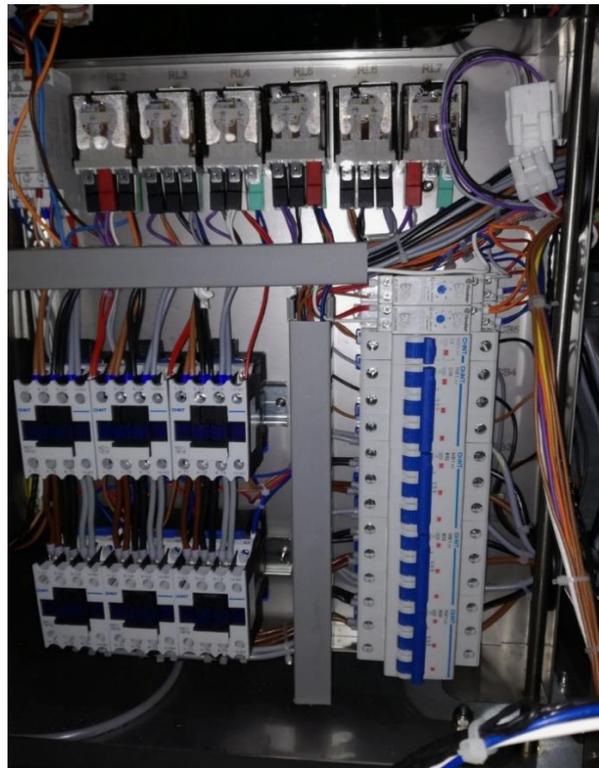
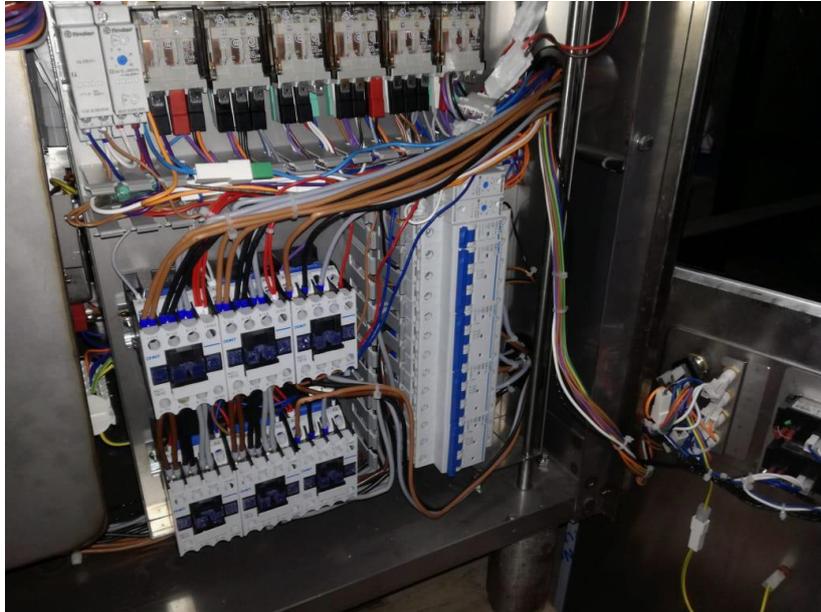
Se realizó la conexión hacia los contactores de los motores de lavado, de desplazamiento y de enjuague. Los motores de lavado y de desplazamiento son trifásicos y de una potencia de 1 HP. El motor de enjuague es monofásico y de una potencia de 1/2 HP.

Los componentes de potencia, se conectaron hacia cuatro llaves termomagnéticas trifásicas de 25 amperios ya existentes, que servirán para cortar la energía de los circuitos cuando se tenga que realizar una intervención técnica del equipo.

Se han utilizado los mismos motores de lavado, motor de enjuague y motor de desplazamiento. Luego de su mantenimiento en taller y de las pruebas correspondientes, se observó que los tres motores mantienen la potencia necesaria para generar un flujo de agua constante en las cámaras de lavado y enjuague y mantienen su valor de corriente dentro de sus especificaciones técnicas, esto se verificó con una pinza amperimétrica.

Figura 23

Montaje de componentes – parte 3



Nota: Elaboración propia

En el panel frontal, se realizó la conexión hacia el interruptor de encendido; para estas conexiones, se utilizó cable calibre 14 AWG y terminales tipo hembra aislados. Se realizó la conexión de los indicadores luminosos ya existentes: del encendido, del calentamiento y del ciclo de lavado, para estas conexiones se utilizó cable calibre 18 AWG y terminales tipo hembra aislados.

Concluidas las actividades técnicas de instalación de los componentes, el equipo se trasladó a la zona de pruebas del taller de VAST. Se instaló el equipo para realizar las primeras pruebas de funcionamiento. Durante 10 días útiles, se realizaron dos pruebas de funcionamiento diarias, una por la mañana y otra por la tarde. Se observó que el equipo cumple con llegar y mantener los valores de temperatura del diseño, y cumple con los tiempos de los ciclos de lavado. Se realizó un registro de los valores medidos. Las pruebas del equipo se realizaron con las siguientes características de los suministros en el taller: la presión de ingreso del agua en 45 psi y el voltaje de la red eléctrica en 220 voltios trifásico.

Figura 24

Conexión del equipo a la red eléctrica para pruebas iniciales



Nota: Elaboración propia

Figura 25*Pruebas iniciales de calentamiento*

Nota: Elaboración propia

2.3.2.7 Protocolo de pruebas del equipo lavavajillas en taller. Se realizó un protocolo de pruebas del funcionamiento del equipo en el taller, para verificar que se cumpla con los valores programados para las temperaturas y los tiempos de los ciclos de lavado.

Para este fin, durante los diez días que estuvo el equipo en las pruebas iniciales o “marcha blanca”, se tomaron mediciones de la temperatura en la cámara de lavado y en el caldero haciendo uso de un termómetro laser marca Fluke, modelo 62 Mini IR. Para el control de los tiempos de los ciclos de lavado, con la ayuda de un cronómetro, se controló los tiempos de los ciclos de lavado, ciclo de enjuague, tiempo de llenado y tiempo de calentamiento. Los resultados de las pruebas realizadas se muestran en la siguiente figura:

Figura 26

Protocolo de pruebas del equipo lavavajillas realizado en el taller

		PROTOCOLO DE PRUEBAS				N° 015	FECHA:	
							2020-DICIEMBRE	
SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO LAVAVAJILLAS								
CLIENTE:			SODEXO			EQUIPO:		LAVAVAJILLAS TIPO TUNEL
UBICACION:			TALLER DE PRUEBAS VAST					
TIPO DE PRUEBA:			CONTROL DE TEMPERATURAS Y TIEMPOS DE CICLOS					
INSTRUMENTO DE MEDICION:			TERMOMETRO IR FLUKE 62 MINI, CRONOMETRO					
VALORES PREDETERMINADOS:			85°C	55°C	60 SEG.	30 SEG.	10 MIN.	30 MIN.
FECHA DE PRUEBA	HORA	TIEMPO DE PRUEBA	TEMP. CALDERO	TEMP. CUBA	T. LAVADO	T. ENJUAGUE	T. LLENADO	T. CALENTAR
DIA 1	10:00	1 HORA	84	54	60	30	10	29
DIA 1	17:00	1 HORA	83	53	60	30	9.5	30.5
DIA 2	10:00	1 HORA	84	54	60	30	10.5	29.5
DIA 2	17:00	1 HORA	86	52	60	30	10	29
DIA 3	10:00	1 HORA	84	53	60	30	11	29.5
DIA 3	17:00	1 HORA	84	51	60	30	10.5	30
DIA 4	10:00	1 HORA	86	53	60	30	9.5	31
DIA 4	17:00	1 HORA	85	52	60	30	10	30.5
DIA 5	10:00	1 HORA	85	56	60	30	10	31
DIA 5	17:00	1 HORA	83	53	60	30	10.5	29.5
DIA 6	10:00	1 HORA	84	54	60	30	10	31
DIA 6	17:00	1 HORA	82	53	60	30	11	30.5
DIA 7	10:00	1 HORA	83	55	60	30	11	30.5
DIA 7	17:00	1 HORA	84	56	60	30	10.5	31
DIA 8	10:00	1 HORA	83	56	60	30	10	29.5
DIA 8	17:00	1 HORA	83	52	60	30	11	31
DIA 9	10:00	1 HORA	84	53	60	30	10.5	30.5
DIA 9	17:00	1 HORA	86	52	60	30	11	30.5
DIA 10	10:00	1 HORA	84	52	60	30	11	31
DIA 10	17:00	1 HORA	84	54	60	30	10.5	30

RESULTADO:		APTO	X	NO APTO
-------------------	--	-------------	----------	----------------

FIRMA	FIRMA	FIRMA
TECNICO DE TURNO	SUPERVISOR TECNICO	CLIENTE
J. MALASQUEZ	NEIL GOMEZ Q.	SODEXO

Nota: Elaboración propia

2.3.2.8 Reinstalación y pruebas iniciales del equipo en el comedor del cliente.

Culminado el trabajo y las pruebas correspondientes en taller, se coordinó el traslado del equipo con el gerente de operaciones del cliente Sodexo. El equipo fue trasladado desde el taller y reinstalado en la zona de lavado del comedor de la empresa Sodexo con dos técnicos de la empresa, bajo mi supervisión. En una visita técnica previa a la reinstalación, se verificó que los suministros para la instalación del equipo estén dentro de los valores adecuados para un correcto funcionamiento.

Conforme a lo acordado con el cliente, durante diez días más se realizaron dos pruebas de funcionamiento diarias ya en el comedor del cliente y con las condiciones de instalación del lugar, una por la mañana y otra por la tarde y se observaron los resultados. Estas pruebas se realizaron con la presencia del jefe técnico corporativo del cliente Sodexo. El equipo cumplió con los valores de temperatura y los tiempos de los ciclos de lavado programados. Se realizó un registro de los valores medidos. Las pruebas del equipo se realizaron con las siguientes características de suministro del local: la presión de ingreso del agua a 40 psi y el voltaje de la red en 217 voltios trifásico.

El primer día de pruebas del equipo lavavajillas en el comedor, estuvo presente el gerente de operaciones de Sodexo Sr. Erick Blanco y el jefe técnico corporativo de Sodexo Sr. Jhon Gutierrez, para corroborar “in situ”, el funcionamiento del equipo. Estuvieron conformes con las primeras pruebas, en donde ellos mismos realizaron varios procesos de lavado con unas vajillas de prueba. Se continuaron con las pruebas de funcionamiento durante dos horas en la mañana y dos horas en la tarde el primer día. El equipo cumplió satisfactoriamente con los valores de temperatura y tiempos programados. El tipo de vajilla utilizado en las pruebas fueron las bandejas gourmet, tal como se muestran en las siguientes imágenes. Se realizó el registro de los valores medidos en el formato de protocolo de pruebas.

Figura 27

Reinstalación del equipo lavavajillas en el comedor de Sodexo

**Figura 28**

Pruebas iniciales del lavavajillas en el comedor de Sodexo



Nota: Elaboración propia

Figura 29

Protocolo de pruebas del equipo lavavajillas realizado en Sodexo

		PROTOCOLO DE PRUEBAS				N° 016	FECHA: 2020-DICIEMBRE	
SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO LAVAVAJILLAS								
CLIENTE:		SODEXO			EQUIPO:		LAVAVAJILLAS TIPO TUNEL	
UBICACION:		COMEDOR PRINCIPAL DEL CLIENTE						
TIPO DE PRUEBA:			CONTROL DE TEMPERATURAS Y TIEMPOS DE CICLOS					
INSTRUMENTO DE MEDICION:			TERMOMETRO IR FLUKE 62 MINI, CRONOMETRO					
VALORES PREDETERMINADOS:			85°C	55°C	60 SEG.	30 SEG.	10 MIN.	30 MIN.
FECHA DE PRUEBA	HORA	TIEMPO DE PRUEBA	TEMP. CALDERO	TEMP. CUBA	T. LAVADO	T. ENJUAGUE	T. LLENADO	T. CALENTAR
DIA 14	08:00	2 HORAS	84	54	60	30	10	29
DIA 14	12:00	2 HORAS	83	53	60	30	9.5	30.5
DIA 15	08:00	2 HORAS	84	54	60	30	10.5	29.5
DIA 15	12:00	2 HORAS	86	52	60	30	10	29
DIA 16	08:00	2 HORAS	84	53	60	30	11	29.5
DIA 16	12:00	2 HORAS	84	51	60	30	10.5	30
DIA 17	08:00	2 HORAS	86	53	60	30	9.5	31
DIA 17	12:00	2 HORAS	85	52	60	30	10	30.5
DIA 18	08:00	2 HORAS	85	56	60	30	10	31
DIA 18	12:00	2 HORAS	83	53	60	30	10.5	29.5
DIA 19	08:00	2 HORAS	84	54	60	30	10	31
DIA 19	12:00	2 HORAS	82	53	60	30	11	30.5
DIA 20	08:00	2 HORAS	83	55	60	30	11	30.5
DIA 20	12:00	2 HORAS	84	56	60	30	10.5	31
DIA 21	08:00	2 HORAS	83	56	60	30	10	29.5
DIA 21	12:00	2 HORAS	83	52	60	30	11	31
DIA 22	08:00	2 HORAS	84	53	60	30	10.5	30.5
DIA 22	12:00	2 HORAS	86	52	60	30	11	30.5
DIA 23	08:00	2 HORAS	84	52	60	30	11	31
DIA 23	12:00	2 HORAS	84	54	60	30	10.5	30
RESULTADO:			APTO		X		NO APTO	
FIRMA			FIRMA		FIRMA		FIRMA	
TECNICO DE TURNO			SUPERVISOR TECNICO		CLIENTE		SODEXO	
J. MALASQUEZ			NEIL GOMEZ Q.					

Nota: Elaboración propia

Los resultados de las pruebas fueron satisfactorios y se realizó el registro de los valores en el formato de protocolo de pruebas de la empresa. Una vez completadas las pruebas durante los diez días, se informó al gerente de operaciones de Sodexo sobre los resultados obtenidos durante ese tiempo; quien luego de haber verificado en conjunto con el jefe técnico corporativo de Sodexo, el desempeño del equipo lavavajillas, validó nuestro formato de protocolo de pruebas.

Se procedió a realizar la entrega formal del equipo al cliente Sodexo y se reanudó el servicio de lavado con el equipo lavavajillas. De forma complementaria, a partir del segundo mes hasta terminar el año, se realizó la evaluación del equipo de forma mensual y durante los mantenimientos preventivos programados. Para la entrega del equipo, se presentaron los siguientes documentos, que se incluyen en el anexo 3:

- Acta de Conformidad de entrega del equipo.
- Protocolo de pruebas del equipo en el comedor Sodexo.
- Protocolo de pruebas del equipo en el taller de Vast.
- Reporte técnico de la instalación del equipo.

Figura 30

Lavado de la vajilla dentro del equipo tipo túnel



Nota: Fuente www.winterhalter.com

Reestablecido el servicio en el área de lavado con el equipo lavavajillas, durante los dos siguientes años, solo se necesitó un personal operario para el área de lavado de la vajilla.

Figura 31

Personal usando el equipo durante el servicio de lavado



Nota: Elaboración propia

El equipo funcionó sin problemas durante los dos años siguientes en el comedor del cliente. Durante ese periodo, tuvo ocho mantenimientos preventivos, que como se indicó al inicio, es una actividad fundamental para asegurar el funcionamiento confiable del equipo en el tiempo y fue parte de la propuesta de solución. Participé en la supervisión de los trabajos de mantenimiento del equipo.

Durante los dos años siguientes a la implementación, se mejoró la disponibilidad de la vajilla limpia en la línea de atención del comedor de la empresa Sodexo, en cada uno de sus tres servicios de alimentación. Esta información fue corroborada “in situ” de forma visual, durante las visitas técnicas posteriores que realizamos al comedor de Sodexo y confirmada por el gerente de operaciones del cliente Sodexo, con quien se tuvo una comunicación constante luego de la implementación, para evaluar la evolución del equipo lavavajillas en su comedor.

Durante los dos años siguientes a la implementación, se redujeron las solicitudes de atención técnica a solo 3 llamados por incidencias técnicas menores, relacionadas con desgaste de otros componentes por el tiempo de uso. En el trimestre 15 y 17, se cambiaron los contactores de la resistencia del caldero, estos trabajos se realizaron en las horas libres de uso del equipo y no afectaron la continuidad del servicio del área de lavado.

En la siguiente tabla, se muestran los costos durante los dos años siguientes de uso del equipo lavavajillas, posterior a la implementación de la propuesta.

Tabla 3

Costos durante el cuarto y quinto año de operación

COSTO ATENCIONES TECNICAS (EN SOLES)	TRIMES TRE 13	TRIMES TRE 14	TRIMES TRE 15	TRIMES TRE 16	TRIMES TRE 17	TRIMES TRE 18	TRIMES TRE 19	TRIMES TRE 20
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO	400	400	400	400	400	400	400	400
LLAMADOS PARA ATENCION TECNICA	0	0	120	0	120	120	0	0
CAMBIO DE REPUESTOS	0	0	150	0	150	0	0	0
COSTO POR PERIODO	400	400	670	400	670	520	400	400
COSTO TOTAL (EN SOLES)	3860							

Nota: Elaboración propia

2.3.3 Factibilidad técnica – operativa

El proyecto es factible desde el punto de vista técnico, ya que fue posible reemplazar el sistema de control actual de tipo mecánico, por uno de mejores prestaciones técnicas, que es mediante el uso de un micro PLC Logo y controladores de temperatura electrónicos, como componentes principales. Los dispositivos empleados cumplen las normas de calidad de la industria; cumplen con las normas UL, CSA, FM y NSF, emitidas por empresas de certificación y validación de productos de nivel mundial. Esto garantiza que cumplen con las especificaciones y estándares de la industria, para un uso confiable.

Operativamente, el proyecto está gestionado por un grupo de trabajo con experiencia en proyectos de implementación de sistemas de control automatizado en equipos similares, liderado por mi persona. Para la validación de la implementación, se utilizó un protocolo de pruebas de control de parámetros. El mantenimiento preventivo incluido en la propuesta al cliente, será determinante para evitar fallas en el sistema implementado durante la vida útil del equipo.

2.3.4 Cuadro de inversión

A continuación, se muestra el cuadro de inversión para la implementación del diseño de la propuesta. Se está considerando un plazo de 2 años de operación del equipo posterior a la implementación, para realizar la evaluación económica.

Tabla 4*Costo de los componentes y actividades para la implementación*

COSTO DE COMPONENTES UTILIZADOS EN LA IMPLEMENTACION	CANTI- DAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
MICRO PLC LOGO 12/24RCE COD. 6ED1052-1M-0BA1	1	700	700
MODULO DE FUENTE DE 24 V SIEMENS COD. 6EP3332	1	500	500
MODULO DE EXPANSION DM8 SIEMENS 12/24V	1	600	600
CONTROLADOR DE TEMPERATURA MODELO MT-502E	2	150	300
SONDA DE TEMPERATURA TIPO NTC COD. SB 59	2	100	200
PRESOSTATO DE NIVEL 40/20 MBAR DIAMETRO 58 MM	2	90	180
SWITCH MAGNETICO 15 AMPERIOS	1	100	100
SENSOR TERMICO TIPO DISCO DE 90°C Y60°C	2	40	80
GABINETE ELECTRICO	1	200	200
RELAY 24 VDC 16 AMPERIOS DTDP	6	150	900
CABLE GPT N° 14 Y 18 AWG DE COLORES X METRO	1	150	150
TERMINALES ELECTRICOS VARIOS TIPOS	1	70	70
COSTO TOTAL			3980

COSTOS DE DESARROLLO DE LA PROPUESTA	COSTO EN SOLES
ELABORACION DEL DISEÑO	2000
IMPLEMENTACION DEL DISEÑO EN EL EQUIPO	2500
PRUEBAS INICIALES - MARCHA BLANCA	1500
COSTO TOTAL	6000

COSTOS PRESTACIONES ACCESORIAS (MANTENIMIENTO)	COSTO EN SOLES
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO POR 8 TRIMESTRES	3200
COSTO TOTAL	3200

Nota: Elaboración propia

El costo total de la implementación incluido los costos de materiales, desarrollo y prestaciones accesorias es de S/. 13,180.00.

2.4 Análisis de resultados

2.4.1 Análisis Costo – beneficio

Para este análisis, se realizó una comparación entre dos escenarios: el primero es sin la implementación, en donde existió un costo en atenciones técnicas en el año uno y dos; y costos de contratación de personal adicional para el área de lavado en el año tres. El segundo escenario es cuando ya se ha implementado la propuesta del sistema de control automatizado para el equipo lavavajillas, y estuvo en operación durante los años cuatro y cinco. Los costos de ambos escenarios, se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 5

Costos antes de la implementación

INVERSIÓN ANTES DE LA IMPLEMENTACION	TRIME STRE 1	TRIMES TRE 2	TRIMES TRE 3	TRIMES TRE 4	TRIMES TRE 5	TRIMES TRE 6	TRIMES TRE 7	TRIMES TRE 8	AÑO 3
COSTOS DE IMPLEMENTACION	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COSTO DE LLAMADOS TECNICOS	240	240	360	240	360	600	600	720	0
COSTO DE REPUESTOS CAMBIADOS	0	800	250	700	800	0	550	1100	0
COSTO DE PERSONAL CONTRATADO	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	25,200.00
COSTO POR PERIODO	3,840	4,640	4,210	4,540	4,760	4,200	4,750	5,420	25,200.00
COSTO TOTAL(EN SOLES)	57,960.00								

Nota: Elaboración propia

Tabla 6*Costos después de la implementación*

INVERSIÓN CON LA IMPLEMENTACIÓN	AÑO CERO	TRIMES TRE 13	TRIMES TRE 14	TRIMES TRE 15	TRIMES TRE 16	TRIMES TRE 17	TRIMES TRE 18	TRIMES TRE 19	TRIMES TRE 20
COSTO DE IMPLEMENTACION	9,980	0	0	0	0	0	0	0	0
COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		400	400	400	400	400	400	400	400
COSTO DE LLAMADOS TECNICOS		0	0	120	0	120	120	0	0
COSTO DE REPUESTOS CAMBIADOS		0	0	150	0	150	0	0	0
COSTO DE PERSONAL CONTRATADO		3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150
COSTO POR PERIODO	9,980	3,550	3,550	3,820	3,550	3,820	3,670	3,550	3,550
COSTO TOTAL(EN SOLES)	39,040.00								

Nota: Elaboración propia

Para el análisis de costo beneficio de esta propuesta, al no ser de producción de bienes sino de servicios, no se considerará la rentabilidad como ganancias de producción, en cambio como el ahorro en el costo de contratación de personal adicional en el área de lavado del comedor del cliente y atenciones técnicas.

La inversión en la implementación de la propuesta, asciende a S/. 13,180.00, en donde están incluidos los costos de materiales, mano de obra y mantenimientos preventivos programados para los dos años siguientes. Gracias a la implementación de la propuesta, durante los años cuatro y cinco, se ha generado un ahorro de S/. 25,200.00 en contratación de personal adicional para el área de lavado.

Para el cálculo de la relación beneficio – costo, se empleó la siguiente fórmula:

$$B/C = \sum \text{ahorros generados} / \sum \text{costos implementación}$$

Realizando el cálculo con los valores anteriores se obtiene el siguiente resultado:

$$B/C = 25,200 / 13,180 = 1.91$$

Al ser el resultado obtenido mayor a uno, significa que el proyecto es viable.

En la siguiente tabla se presenta el flujo de caja proyectado para los dos años siguientes después de la implementación. Se han dividido los dos años en ocho trimestres, para una mejor visualización de la evolución de los costos.

Tabla 7

Flujo de caja proyectado

CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1				AÑO 2			
	AÑO CERO	TRIMES TRE 13	TRIMES TRE 14	TRIMES TRE 15	TRIMES TRE 16	TRIMES TRE 17	TRIMES TRE 18	TRIMES TRE 19	TRIMES TRE 20
INVERSION EN LA IMPLEMENTACION (EN SOLES)	-9,980	0	0	0	0	0	0	0	0
AHORRO EN PERSONAL ADICIONAL(EN SOLES)		3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150
COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO		400	400	400	400	400	400	400	400
BALANCE(EN SOLES)	-9,980	3,550	3,550	3,550	3,550	3,550	3,550	3,550	3,550
FLUJO ACUMULADO(EN SOLES)	-9,980	-6,430	-2,880	670	4,220	7,770	11,320	14,870	18,420

Nota: Elaboración propia

De la tabla anterior, se observa que, en el tercer trimestre posterior a la implementación, ya se había recuperado la inversión inicial.

Se realizó el cálculo de las dos herramientas financieras utilizadas para evaluar la viabilidad de un proyecto de inversión, que son el VAN y el TIR. La fórmula para el cálculo del VAN es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+r)^t} - \text{Inversión inicial}$$

Ft : Flujo de efectivo neto en el periodo

r : Tasa de descuento

n : Número de periodos

Estos son los criterios que se deben considerar:

$VAN > 0$: El valor actualizado de la inversión, genera beneficios.

$VAN = 0$: El proyecto de inversión no genera ni beneficios ni pérdidas.

$VAN < 0$: El proyecto de inversión genera pérdidas, por lo que debe rechazarse.

Se realizó el cálculo del VAN en Excel con una tasa de descuento del 15%, se obtuvo un VAN de S/ 5,473.06, por tanto, el proyecto es viable. Se eligió esa tasa porque se ha usado en proyectos de implementación similares.

La TIR nos ayuda a evaluar la rentabilidad de un proyecto y determina la tasa de crecimiento interna que iguala los flujos de efectivo presentes y futuros. La fórmula para el cálculo del TIR es la siguiente:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+TIR)^t} - \text{Inversión inicial}$$

Si $TIR > k$ (tasa mínima requerida), el proyecto se acepta.

Si $TIR < k$: El proyecto se rechaza.

Se realizó el cálculo del TIR en Excel y se obtuvo un TIR de 21%. Se observa que el valor del TIR es mayor que la tasa de descuento elegida, que es de 15%, y que representa la rentabilidad mínima que se espera de la inversión, lo que significa que el proyecto es viable.

Figura 32

Cálculo de los valores VAN y TIR del proyecto en Excel

FLUJO DE CAJA AÑOS 1 Y 2 DESPUES DE LA IMPLEMENTACION										
	AÑO 1				AÑO 2					
	AÑO CERO	TRIMESTRE 13	TRIMESTRE 14	TRIMESTRE 15	TRIMESTRE 16	TRIMESTRE 17	TRIMESTRE 18	TRIMESTRE 19	TRIMESTRE 20	
INVERSION EN LA IMPLEMENTACION (EN SOLES)	-9980.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AHORRO EN PERSONAL ADICIONAL(EN SOLES)		3150.00	3150.00	3150.00	3150.00	3150.00	3150.00	3150.00	3150.00	3150.00
COSTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO		400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
BALANCE(EN SOLES)	-9980.00	3550.00	3550.00	3550.00	3550.00	3550.00	3550.00	3550.00	3550.00	3550.00
FLUJO ACUMULADO(EN SOLES)	-9980.00	-6430.00	-2880.00	670.00	4220.00	7770.00	11320.00	14870.00	18420.00	
TASA %:		0.15								
VAN:		S/ 5,473.06								
TIR:		21%								

Formulas shown in the screenshot:

- $$fx = =VNA(E11;E9:L9)+D9$$
- $$fx = =TIR(D9:L9)$$

Nota: Elaboración propia

III. APORTES MAS DESTACABLES A LA EMPRESA

Con la implementación del sistema automatizado de control del equipo lavavajillas, se logró dar solución al problema técnico del equipo lavavajillas tipo túnel del cliente Sodexo.

Se mejoró el control de la temperatura y tiempo de los ciclos de lavado, para lograr un lavado higiénicamente seguro según la normativa existente para este tipo de equipos.

Al tener un equipo funcionando de manera adecuada, se mejoró la disponibilidad de la vajilla limpia para la atención de los clientes del comedor de Sodexo.

Se generó un ahorro en contratación de personal adicional para el área de lavado del cliente.

Para la empresa Vast donde laboré, se logró generar ingresos por mantenimientos preventivos programados y se logró la fidelización del cliente para que contrate otros servicios con la empresa.

IV. CONCLUSIONES

4.1 Con el diseño e implementación de un sistema de control automatizado para un equipo lavavajillas, se mejoró el control de las temperaturas de los ciclos de lavado, conforme con las regulaciones existentes para el manejo de vajilla en los servicios de alimentación.

4.2 Con el diseño e implementación de un sistema de control automatizado para un equipo lavavajillas, se mejoró el control de tiempo de los ciclos de lavado, conforme con las regulaciones existentes para el manejo de vajilla en los servicios de alimentación.

4.3 Con la implementación de un control automatizado, se mejoró la disponibilidad de vajillas higiénicamente segura en la línea de atención del cliente y se redujo los costos en personal y atenciones técnicas del equipo en el transcurso del tiempo.

4.4 Se recuperó la inversión realizada, a partir del tercer trimestre posterior a la implementación.

V. RECOMENDACIONES

- 5.1 Se recomienda realizar los mantenimientos preventivos programados trimestrales para mantener el equipo en óptimas condiciones de funcionamiento.

- 5.2 Se recomienda verificar periódicamente, que los suministros de instalación del equipo siempre sean los adecuados, para evitar fallas en el funcionamiento del equipo.

- 5.3 Se recomienda realizar capacitaciones constantes al personal usuario, en cuanto a los cuidados básicos y limpieza del equipo, para asegurar un funcionamiento confiable en el tiempo.

VI. REFERENCIAS

- Arica, M. (2022). *Automatización con logo PLC para el arranque de electrobombas en el sistema de rebombeo del sector langostinero*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/112479>
- ClassEQ (Ed.). (2018). *Engineers Manual CST Machines and Dryer Unit*. ClassEQ Ltd.
- Conex (s.f.). *Sensor de temperatura SB-59*. Conexperu. <https://www.conexperu.com.pe/productos-detalle.php?id=131>
- Danieri, P. (2009). *PLC Automatización y control industrial*. Hasa
- Escuela de postgrado Industrial (11 de noviembre de 2019). *Automatismos industriales: tipos y características*. Postgradoindustrial. <https://postgradoindustrial.com/automatismos-industriales-tipos/>
- FullGauge (s.f.). *Manual de programación del controlador de temperatura MT-512*. <https://fullgauge.com/public/uploads/files/products/manual-de-produto-113-36.pdf>
- Fundación Siemens Argentina (junio de 2022). *Curso virtual de automatización industrial con Logo – Modulo 1*. Researchgate. https://www.researchgate.net/publication/371038448_Automatizacion_industrial_con_LOGO_8
- Infobae (22 de julio de 2024). *La zona más contaminada, enfermedades que se pueden contraer y utensilios ‘contagiosos’*. <https://www.infobae.com/peru/2024/07/22/la-cocina-bajo-la-mirada-de-infectologos>
- InfoHoreca (11 de julio de 2023). *Esquema de un sistema de lavado tipo túnel*. <https://www.infohoreca.com/productos/20230711/lavavajillas-arrastre-elettrobar-hosteleria>

InfoPLC (s.f.). *Manuales y ejemplos de programación de autómatas, PLC, HMI.*

<https://www.infopl.net/descargas>

Siemens (s.f.). *Datasheet módulo LOGO 12/24RCE Siemens.*

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/6ED1052-1MD08-OBA1>

Sullón, I. (2023). “*Automatización industrial mediante LOGO! Soft Comfort para aplicaciones en proyectos en la empresa Tecnología Universal S.A.C.*” [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional UTP.

<https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/8901>

Trento, I. (junio 2022). *Automatización industrial con LOGO 8*. Researchgate.

https://www.researchgate.net/publication/371038448_Automatizacion_industrial_con_LOGO_8

Winterhalter (31 de marzo de 2022). *Qué es y cómo funciona un tren de lavado de Winterhalter.*

<https://www.winterhalter.com/cl-es/blog-winterhalter/que-es-y-como-funciona-un-tren-de-lavado-de-winterhalter/>

Winterhalter (6 de octubre de 2020). *Seguridad higiénica en lavavajillas industriales.*

<https://www.frinorsa.com/2020/10/06/seguridad-higienica-en-lavavajillas-industriales/>

VII. ANEXOS

ANEXO A. Datos de tiempos de uso y lavado por tipo de vajillas

Horas de uso del equipo lavavajillas: 9 horas/día – 3 horas/servicio

Tiempos de lavado con lavado manual

Tiempo promedio de lavado manual por tipo de vajilla, (tiempo tomado con cronómetro, en la sede de Sodexo observando al personal del área de lavado).

- Platos: 20 segundos
- Vasos: 12 segundos
- Cubiertos: 10 segundos
- Bandejas gourmet: 35 segundos

Tiempos con lavado con el equipo lavavajillas

Cantidad de ciclos promedio por servicio: En una hora se pueden realizar 30 ciclos como máximo. Cada ciclo de lavado es de 120 segundos (incluye el ciclo de 60 segundos más el tiempo de preparación de la vajilla en las canastillas). En un ciclo de lavado, se pueden lavar:

- 15 platos
- 25 vasos
- 40 cubiertos
- 7 bandejas gourmet

Esto significa que el tiempo promedio de lavado por tipo de vajilla con el equipo es:

- Platos: 8 segundos
- Vasos: 4.8 segundos
- Cubiertos: 3 segundos
- Bandejas gourmet: 17.14 segundos

Nota: Elaboración propia

ANEXO B. Actividades de mantenimiento preventivo

Se presenta el listado de las actividades de mantenimiento preventivo del equipo lavavajillas realizadas de forma trimestral en el comedor del cliente.

- Medición del valor de presión en el punto de suministro de agua.
- Medición del voltaje en el punto eléctrico.
- Verificación del estado exterior del equipo y sus accesorios.
- Revisión y medición de los valores de la resistencia del caldero.
- Revisión y medición de los valores de la resistencia de la cuba.
- Revisión de los relay y ajuste de sus contactos.
- Revisión y ajuste de los contactos de los contactores.
- Verificación de los presostatos y limpieza de mangueras.
- Revisión del cableado eléctrico y cambio de terminales recalentados.
- Verificación y prueba del motor de lavado.
- Verificación y prueba del motor de desplazamiento.
- Verificación y prueba del motor de enjuague.
- Medición de valores de corriente de trabajo
- Pruebas de desempeño de lavado.
- Entrega de reporte técnico con las recomendaciones.

Nota: Elaboración propia

ANEXO C. Documentos de entrega del equipo lavavajillas

Figura 33

Protocolo de pruebas en taller VAST

vast
Técnica

PROTOCOLO DE PRUEBAS

N° 015 FECHA: 11/12/20

CLIENTE: SODEXO EQUIPO: LAVAVAJILLAS TIPO TUMBL

UBICACION: TALLER DE PRUEBAS VAST

TIPO DE PRUEBA: CONTROL DE TEMPERATURAS Y TIEMPOS DE CICLOS

INSTRUMENTO DE MEDICION: TERMOMETROS IR FLUKE 62 MINI, CRONOMETRO

VALORES PREDETERMINADOS: 85°C 55°C 60seg 30seg 10 MIN 30 MIN

FECHA DE PRUEBA	HORA	TIEMPO DE PRUEBA	TEMP. CALDERO	TEMP. CUBA	T. LAVADO	T. ENJUAGUE	T. LLENADO	T. CALENTAR
30/11/20	10:00	1 hora	84	54	60	30	10	29
30/11/20	17:00	1 hora	83	53	60	30	9.5	30.5
01/12/20	10:00	1 hora	84	54	60	30	10.5	29.5
01/12/20	17:00	1 hora	86	52	60	30	10	29
02/12/20	10:00	1 hora	84	53	60	30	11	29.5
02/12/20	17:00	1 hora	84	51	60	30	10.5	30
03/12/20	10:00	1 hora	86	53	60	30	9.5	31
03/12/20	17:00	1 hora	85	52	60	30	10	30.5
04/12/20	10:00	1 hora	85	56	60	30	10	31
04/12/20	17:00	1 hora	83	53	60	30	10.5	29.5
07/12/20	10:00	1 hora	84	54	60	30	10	31
07/12/20	17:00	1 hora	82	53	60	30	11	30.5
08/12/20	10:00	1 hora	83	55	60	30	11	30.5
08/12/20	17:00	1 hora	84	56	60	30	10.5	31
09/12/20	10:00	1 hora	83	52	60	30	11	31
09/12/20	17:00	1 hora	84	53	60	30	10.5	30.5
10/12/20	10:00	1 hora	86	52	60	30	11	30.5
10/12/20	17:00	1 hora	84	52	60	30	11	31
11/12/20	10:00	1 hora	84	54	60	30	10.5	30
11/12/20	17:00	1 hora	83	56	60	30	10	29.5

RESULTADO: APTO NO APTO

TECNICO DE TURNO: *J. Malvarez* SUPERVISOR TECNICO: *[Firma]* CLIENTE: *[Firma]*

RECIBIDO
02/01/2021
SODEXO
ÁREA TÉCNICA

sodexo JEFE TÉCNICO CORPORATIVO: *[Firma]*

Nota: Elaboración propia

Figura 34

Protocolo de pruebas en comedor Sodexo

vast
Técnica

PROTOCOLO DE PRUEBAS

N° 016 FECHA: 31/12/20

CLIENTE: SODEXO EQUIPO: LAVAVAJILLAS TIPO TUNEL

UBICACION: COMEDOR PRINCIPAL

TIPO DE PRUEBA: CONTROL DE TEMPERATURAS Y TIEMPOS DE LOS CICLOS

INSTRUMENTO DE MEDICION: TERMOMETRO IR FLUXO 62 MINI, CRONOMETRO

VALORES PREDETERMINADOS: 85°C 55°C 60seg 30seg 20 MIN 30 MIN

FECHA DE PRUEBA	HORA	TIEMPO DE PRUEBA	TEMP. CALDERO	TEMP. CUBA	T. LAVADO	T. ENJUAGUE	T. LLENADO	T. CALENTAR
16/12/20	08:00	2 horas	84	54	60	30	10	29
16/12/20	12:00	2 horas	83	53	60	30	9.5	30.5
17/12/20	08:00	2 horas	84	54	60	30	10.5	29.5
17/12/20	12:00	2 horas	86	52	60	30	10	29
18/12/20	08:00	2 horas	84	53	60	30	11	29.5
18/12/20	12:00	2 horas	84	51	60	30	10.5	30
21/12/20	08:00	2 horas	86	53	60	30	9.5	31
21/12/20	12:00	2 horas	85	52	60	30	10	30.5
22/12/20	08:00	2 horas	85	56	60	30	10	31
22/12/20	12:00	2 horas	83	53	60	30	10.5	29.5
23/12/20	08:00	2 horas	84	54	60	30	10	31
23/12/20	12:00	2 horas	82	53	60	30	11	30.5
28/12/20	08:00	2 horas	83	55	60	30	11	30.5
28/12/20	12:00	2 horas	84	56	60	30	10.5	31
29/12/20	08:00	2 horas	83	56	60	30	10	29.5
29/12/20	12:00	2 horas	83	52	60	30	11	31
30/12/20	08:00	2 horas	84	53	60	30	10.5	30.5
30/12/20	12:00	2 horas	86	52	60	30	11	30.5
31/12/20	08:00	2 horas	84	52	60	30	11	31
31/12/20	12:00	2 horas	84	54	60	30	10.5	30

RESULTADO: APTO NO APTO

J. Malasquez J. GOMEZ
TECNICO DE TURNO SUPERVISOR TECNICO OPERACIONES
VAST

RECIBIDO
02/01/2021
sodexo
AREA TECNICA

sodexo
CLIENTE
J. GUTIERREZ
JEFE TECNICO CORPORATIVO

Nota: Elaboración propia

Figura 35

Acta de entrega del equipo

vast
Técnica

Formato N°03

ACTA DE CONFORMIDAD DE ENTREGA DE EQUIPO

Siendo las 10:00 horas del día 02 de enero de 2021; La empresa **VTECNICA S.A.C.**, hizo efectivo el acto de entrega del equipo que a continuación se detalla:

Descripción	Marca	Modelo	Cantidad
EQUIPO LAVAVAJILLAS TIPO TUNEL	CLASSEQ	D120	01 UND

Nro. de Contrato: 020-2020-SODEXO-SL-GG-OL

Dicho acto contó con la presencia del Representantes de Sodexo y representantes de la Empresa contratista, en la constatación del cumplimiento de la prestación principal se pudo constatar:

1) El cumplimiento de condiciones de operatividad del equipo, según el detalle de la propuesta técnica, así como las condiciones señaladas en los documentos contractuales.

Acto seguido se llevó a cabo la suscripción de la presente ACTA en señal de conformidad.

Firman dando fe de lo anterior:



Firma y sello: Jefe del Área Técnica
SODEXO



Firma y sello: Gerente de Operaciones
SODEXO

RECIBIDO
02/01/2021
SODEXO
ÁREA TÉCNICA

Página 1 de 1

Nota: Elaboración propia

Figura 36

Reporte de instalación del equipo

Vast Técnico

REPORTE DE INSTALACION / PREINSTALACION-CHECKLIST Nº 001902

TECNICO RESPONSABLE: Juan Malaguez / Neil Gómez FECHA DE VISITA: 15/12/2020

DATOS DEL CLIENTE				TIEMPO DE ATENCION	
CLIENTE	<u>Sodexo</u>			SOLICITADO	
DIRECCION	<u>Comedor Principal</u>			LLEGADA	<u>08:30</u>
CONTACTO	<u>Jhon Gutierrez</u>	CARGO	<u>Jefe Técnico</u>	SALIDA	<u>13:30</u>
PROYECTO					

DATOS DEL EQUIPO					
EQUIPO	<u>Lavavajillas tipo tunnel</u>	MARCA	<u>Classez</u>	MODELO	<u>D120</u>
SERIE	<u>712 a 31</u>	VOLTAJE	<u>200V / 3 φ</u>	AMPERAJE	
OBSERVACIONES DEL EQUIPO	EMBALAJE <u>NO</u>	ABOLLADURAS <u>NO</u>	ACCESORIOS <u>SI</u>	MANUAL <u>NO</u>	

UBICACION DEL EQUIPO		
DISTANCIAS NECESARIAS PARA EL EQUIPO	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
PISOS NIVELADOS	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
PUERTA DE ACCESO DE MEDIDA ADECUADA?	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
SE UBICARA EN OTRO PISO?	<input type="checkbox"/> SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO
ESCALERAS PARA EL ACCESO AL AREA?	<input type="checkbox"/> SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO
ALGUN EQUIPO EN EL LUGAR DE INSTALACION?	<input type="checkbox"/> SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO
EQUIPO ESTA EN SU POSICION FINAL	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO

PUNTOS DE CONEXION			
PUNTO DE AGUA	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
KIT DE FILTROS	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
PRESION MAXIMA			
PRESION MINIMA			
DIAMETRO DE LA TUBERIA	<u>1/2"</u>		
LLAVE DE PASO	<u>SI</u>		
OBS <u>Presion actual 40 PSI</u>			

PUNTO ELECTRICO			
PUNTO ELECTRICO	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
TIPO DE VOLTAJE	MONOFASICO	TRIFASICO	
VALOR NOMINAL	<u>220V</u>	380V	110V
DISTANCIA DEL PISO A LA TOMA			
TIPO DE TOMACORRIENTE	<u>Mennekes</u>		
LLAVE TERMICA INDEPENDIENTE	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
VOLTAJE DE LINEAS	L1-L2 <u>217V</u>	L2-L3 <u>217V</u>	L1-L3 <u>217V</u>
L1-T		L2-T	
OBS <u>Voltage dentro del rango</u>			

PUNTO DE GAS			
PUNTO DE GAS	<input type="checkbox"/> SI	<input checked="" type="checkbox"/> NO	
TIPO DE GAS	GLP	NATURAL	
PRESION MAXIMA			
PRESION MINIMA			
DIAMETRO DE LA TUBERIA			
LLAVE DE PASO			
OTROS EQUIPOS EN LA MISMA LINEA?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
MANG. DORMONT	36"	48"	72"
OBS <u>NO USA</u>			

PUNTO DE DRENAJE			
PUNTO DE DRENAJE	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
TIPO DE TUBERIA	<u>PVC</u>	CPVC	
DIAMETRO	<u>2"</u>		
A RAS DE SUELO	<input checked="" type="checkbox"/>	PARED	
OBS <u>Drenaje OK</u>			

DESCRIPCION DEL TRABAJO REALIZADO / OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

- Se realiza la instalacion del equipo. Conexion al punto de agua, punto electrico y drenaje.

- Se realizaron pruebas de operatividad con resultados satisfactorios.

• Equipo queda operativo

ESTADO FINAL	<input checked="" type="checkbox"/> OPERATIVO	<input type="checkbox"/> INOPERATIVO	<input type="checkbox"/> OBSERVADO
--------------	---	--------------------------------------	------------------------------------

J. Malaguez

TECNICO RESPONSABLE

Neil Gómez

SUPERVISOR DE INSTALACIONES

VAST

Sodexo

NOMBRE / FIRMA DEL CLIENTE

DNI: Jhon Gutierrez

EMPLEADO CORPORATIVO

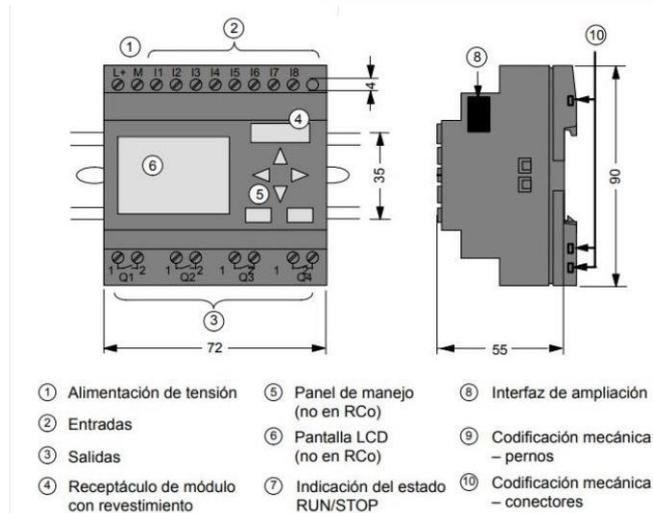
Nota: Elaboración propia

ANEXO D. Especificaciones módulo Siemens y controlador de temperatura

Figura 37

Características Módulo LOGO base

Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 12 V DC	Yes
• 24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	10.8 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Time of day	
Time switching clocks	
• Number	400; Max. 400, function-specific
• Power reserve	480 h
Digital inputs	
Number of digital inputs	8; Of which 4 can be used in analog mode (0 to 10 V)
Digital outputs	
Number of digital outputs	4; Relays
Short-circuit protection	No; external fusing necessary
Output current	
• for signal "1" permissible range for 0 to 55 °C, max.	10 A
Relay outputs	
Switching capacity of contacts	
— with inductive load, max.	3 A
— with resistive load, max.	10 A
EMC	
Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
• Limit class B, for use in residential areas	Yes; Radio interference suppression according to EN55011, Limit Value Class B
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
CSA approval	Yes
UL approval	Yes
FM approval	Yes
developed in accordance with IEC 61131	Yes
according to VDE 0631	Yes
Marine approval	Yes



Nota: Adaptado de www.siemens.com/es/es/productos

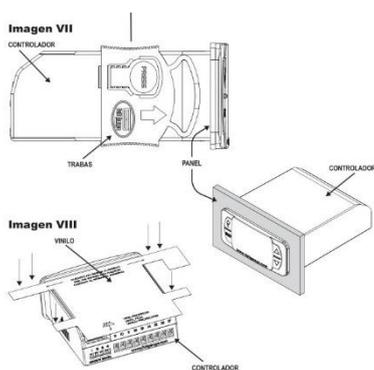
Figura 38

Especificaciones controlador de temperatura y sensor NTC SB59

4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Alimentación	MT-512E 2HP: 115 o 230 Vac $\pm 10\%$ * (50/60 Hz) MT-512EL 2HP: 12 o 24 Vdc o Vac $+10\%$ *
Temperatura de control (**)	- 50 a 105°C (-58 a 221°F)
Temperatura de operación	0 a 50°C / 32 a 122°F
Humedad de operación	10 a 90% HR (sin condensación)
Resolución	0,1 °C (-10 a 100 °C) y 1°C en lo restante de la faja
Corriente máxima de la carga (***)	16 A para cargas tipo resistivas y 12 A para cargas tipo inductivas
Potencia máxima de la carga (***)	2HP
Grado de protección	IP 65 (frontal)
Dimensiones (mm)	76 x 34 x 77 mm (Ancho x Alto x Profundidad)
Dimensiones del recorte (mm)	X = 71 \pm 0,5 Y = 29 \pm 0,5 (vide Imagen V)

(*) Variación admisible en relación a la tensión nominal.



Diferencial

Certificaciones



CE - Conformité Européenne

UL Internacional

NSF International

Sensor SB-59

DESCRIPCIÓN:
Sensor de temperatura con cable de silicona y con una cápsula de acero inoxidable. Opera en temperaturas de -50°C hasta 200°C.

COLOR DEL CABLE:
Blanco

TIPO DE CÁPSULA:
Acero inoxidable

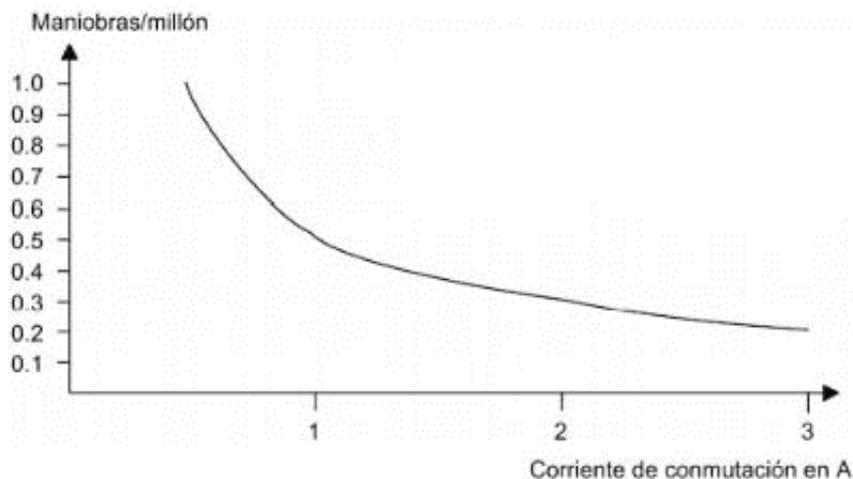
MÁS INFORMACIONES:

- **NTC:** Resistencia en 10K hasta 25 °C
- **Rango de temperatura:** -50°C hasta 200°C
- **Precisión:** 1% FS
- **Tiempo de respuesta:** Menos de 10 segundos. Ensayo en agua según IEC 751. Tiempo necesario para alcanzar el 63,2% de la temperatura.
- **Prueba de tracción:** Pmax = 4kgf

Nota: Adaptado de www.fullgauge.com/es/productos

ANEXO E. Datos de vida útil del módulo LOGO**Figura 39**

Datos de vida útil de las salidas tipo relay



La vida útil de las salidas a relé dependerá del tipo de carga y de los valores de tensión y corriente de conmutación. Para carga óhmica (resistencias de calefacción, por ejemplo), se puede alcanzar el medio millón de maniobras en los relés de LOGO! para una corriente de conmutación de 2 A. Este valor desciende a menos de 100.000 maniobras para corrientes de conmutación de 10 A.

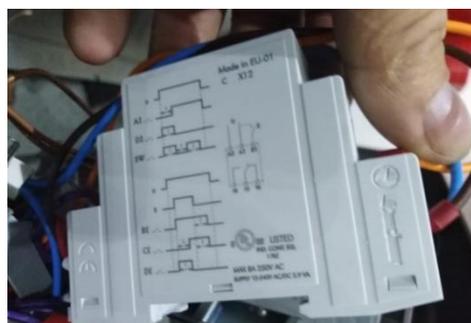
En el caso de cargas inductivas (bobinas, motores o contactores), los relés pueden llegar a un millón de maniobras para corrientes bajas (0,5 A), como muestra la curva.

Nota: Fuente Fundación Siemens Argentina

ANEXO F. Fotos complementarias del equipo lavavajillas

Figura 40

Fotos durante el lavado y repuestos que fallaron

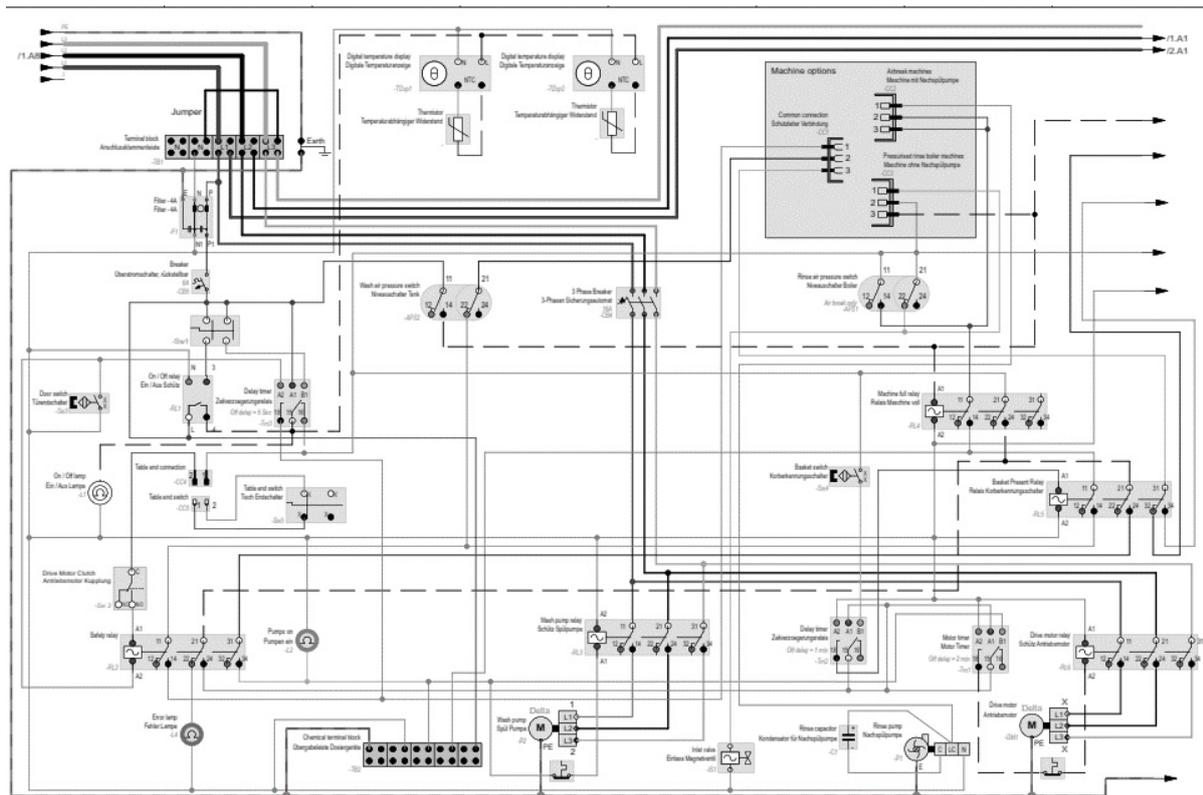


Nota: Elaboración propia

ANEXO G. Esquemas eléctricos iniciales del equipo lavavajillas

Figura 41

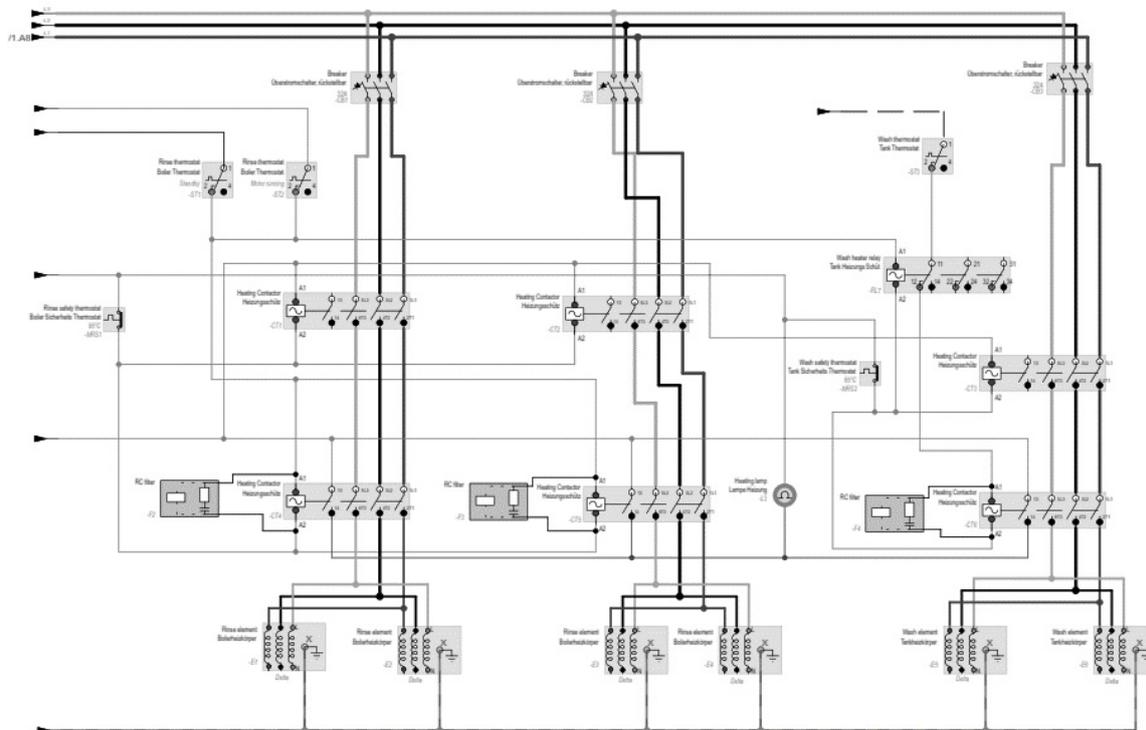
Esquema eléctrico de control



Nota: Fuente Engineers Manual CST Machines and Dryer Units

Figura 42

Esquema eléctrico de potencia

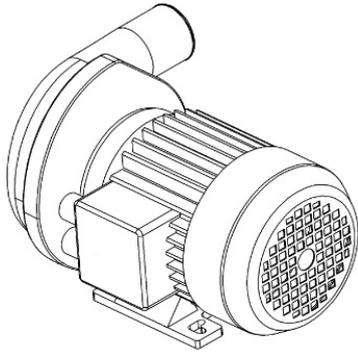


Nota: Fuente Engineers Manual CST Machines and Dryer Units

ANEXO H. Características de los motores del equipo lavavajillas

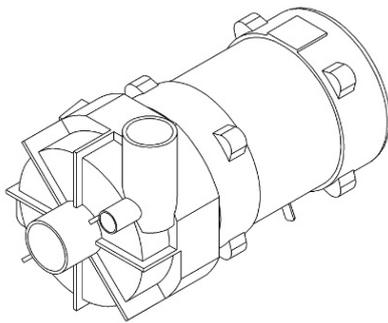
Figura 43

Características de los motores del equipo



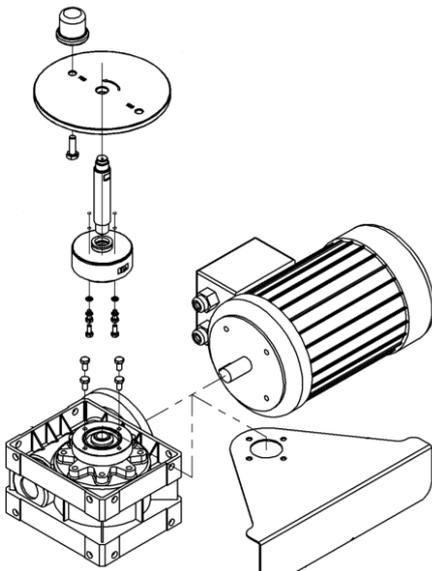
Motor de lavado

Voltaje: 220 V trifásico
 Potencia: 1 HP
 Corriente: 2.3 A / fase
 Frecuencia: 60 Hz
 RPM: 2200
 Cos φ : 0.90
 CAT: IP55



Motor de enjuague

Voltaje: 220 V monofásico
 Potencia: 0.5 HP
 Corriente: 1.7 A
 Frecuencia: 60 Hz
 RPM: 2600
 Cos φ : 0.95
 CAT: IP55
 CAP: 12 μ F 450 V



Motor de desplazamiento

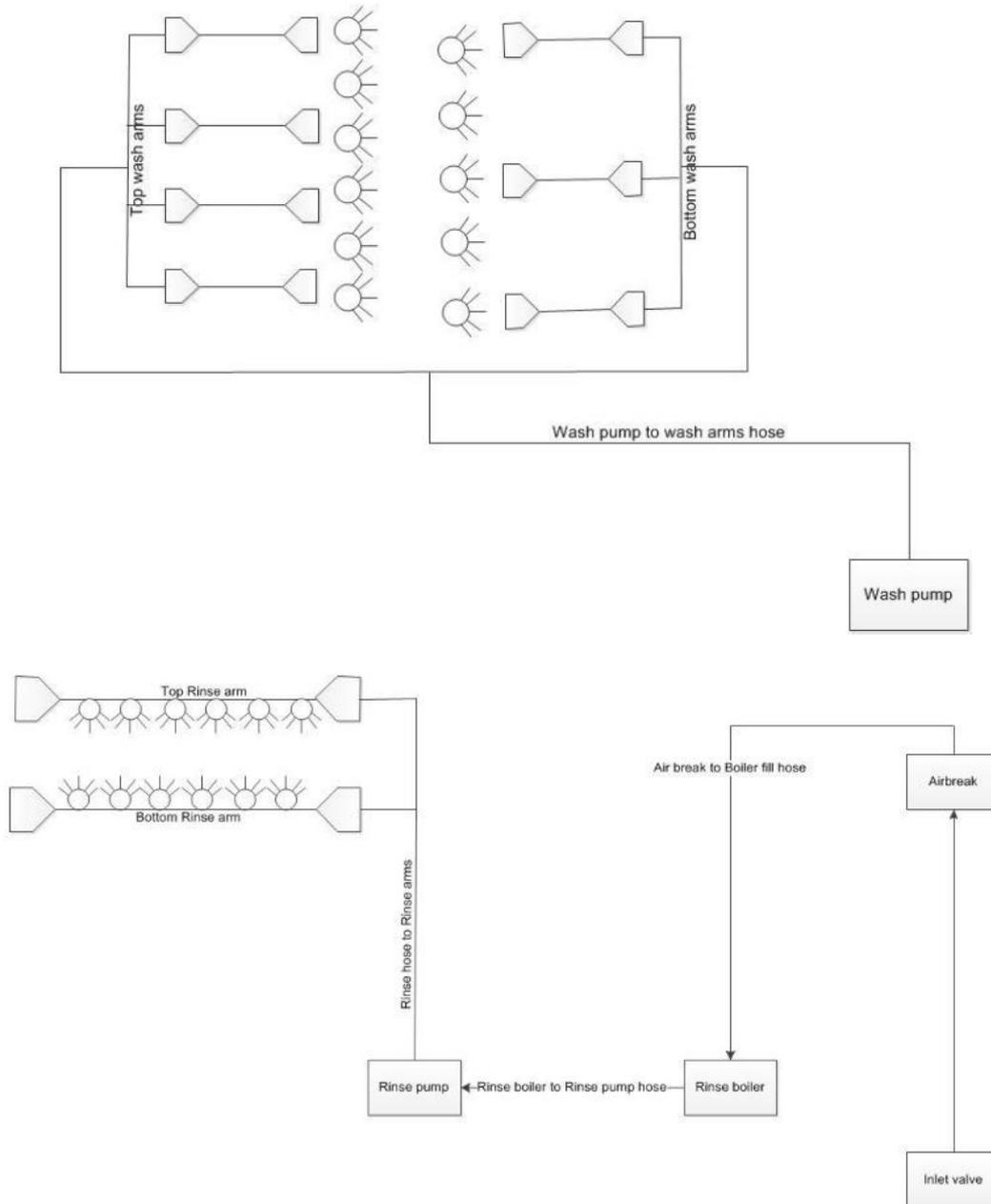
Voltaje: 220 V trifásico
 Potencia: 1 HP
 Corriente: 2.3 A / fase
 Frecuencia: 60 Hz
 RPM: 1800
 Cos φ : 0.85
 CAT: IP55

Nota: Fuente Engineers Manual CST Machines and Dryer Units

ANEXO I. Esquema hidráulico del equipo lavavajillas

Figura 44

Sistema hidráulico del lavado y enjuague del equipo



Nota: Fuente Engineers Manual CST Machines and Dryer Units