



Sistema SCADA de alto desempeño con proyección a la industria 4.0 a través del internet industrial de las cosas (IIOT) para la línea de embotellado número dos en la empresa ARCA CONTINENTAL Ecuador planta Santo Domingo

Barreno Ramírez, Diego Alejandro

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica

Centro de Posgrados

Maestría en Electrónica y Automatización. Mención Redes Industriales

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magister en Electrónica y Automatización. Mención Redes Industriales

MSc. Llanos Proaño, Jacqueline Del Rosario PhD

15 de septiembre del 2022

Latacunga



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Reporte de Verificación

TESIS MAESTRIA REV FINAL DB.pdf

Scanned on: 20:53 September 8, 2022 UTC



Identical Words	1596
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	0
Omitted Words	1357

MSc. Llanos Proaño, Jacqueline Del Rosario PhD

Director

C.C.: 0502527039



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: “**Sistema SCADA de alto desempeño con proyección a la industria 4.0 a través del internet industrial de las cosas (IIOT) para la línea de embotellado número dos en la empresa ARCA Continental Ecuador planta Santo Domingo**” fue realizado por el señor **Barreno Ramírez, Diego Alejandro**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 15 de septiembre del 2022

Firma:

MSc. Llanos Proaño, Jacqueline Del Rosario PhD

Director

C.C.: 0502527039



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Responsabilidad de Autoría

Yo **Barreno Ramírez, Diego Alejandro**, con cédula/cédulas de ciudadanía n° 1724719354, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Sistema SCADA de alto desempeño con proyección a la industria 4.0 a través del internet industrial de las cosas (IIOT) para la línea de embotellado número dos en la empresa ARCA Continental Ecuador planta Santo Domingo”**, es de mí autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 15 de septiembre del 2022

Firma:

Barreno Ramírez, Diego Alejandro

C.C.: 1724719354



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Autorización de Publicación

Yo **Barreno Ramírez, Diego Alejandro**, con cédulas de ciudadanía n° 1724719354, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Sistema SCADA de alto desempeño con proyección a la industria 4.0 a través del internet industrial de las cosas (IIOT) para la línea de embotellado número dos en la empresa ARCA Continental Ecuador planta Santo Domingo”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 15 de septiembre del 2022

Firma:

Barreno Ramírez, Diego Alejandro

C.C.: 1724719354

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mis padres quienes con esfuerzo y entereza me han podido brindar la oportunidad de estudiar, sin la ayuda y consejos de ellos no hubiese sido posible lograr este objetivo.

Diego

Agradecimiento

En primer lugar a Dios, a mis padres por su apoyo incondicional que me brindaron durante mis estudios, a la MSc. Jacqueline del Rosario Llanos Proaño por sus enseñanzas, tiempo y asesoramiento durante el desarrollo del presente proyecto de investigación, a la empresa ARCA CONTINENTAL por haberme permitido desarrollar el presente proyecto de titulación, al Ing. Cristian Guachamin, coordinador eléctrico de mantenimiento por el apoyo brindado durante el desarrollo del proyecto y finalmente pero no menos importante a todo el equipo de mantenimiento eléctrico por el apoyo brindado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	16
Índice de figuras.....	17
Resumen	24
Abstract.....	25
Capítulo I: Problemática	26
Planteamiento del problema	26
Antecedentes.....	27
Justificación, importancia y alcance del proyecto	29
Objetivos	31
<i>Objetivo General</i>	31
<i>Objetivos Específicos</i>	31
Capítulo II: Marco teórico.....	32

Sistemas SCADA	32
<i>Prestaciones.....</i>	32
La monitorización	32
La supervisión.....	33
La adquisición de datos de los procesos en observación	33
La visualización de los estados de las señales del sistema (alarmas y eventos)	33
El mando	33
Grabación de acciones o recetas.....	33
Garantizar la seguridad de los datos	33
Garantizar la seguridad en los accesos.....	33
Posibilidad de programación numérica	34
<i>Criterios de selección y diseño.....</i>	34
Disponibilidad	34
Robustez	34
Seguridad	35
Mantenibilidad	35
Escalabilidad.....	35
<i>Arquitectura general de un sistema SCADA</i>	36
<i>Componentes de un sistema SCADA</i>	37
Configuración	37
Interfaz gráfica	37
Tendencias	37
Alarmas y eventos	38
Registro y archivado	39

	10
Generación de informes.....	39
Control de proceso	39
Recetas	40
Comunicaciones.....	40
Normativa.....	40
<i>ANSI-ISA 101.01</i>	40
Gestión del sistema HMI	41
Estándares del sistema.....	41
Etapa de diseño	42
Etapa de implementación	42
Etapa de operación	43
Ingeniería de Factores Humanos (HFE) y Ergonomía.....	43
<i>ANSI-ISA 18.2</i>	44
HMI de alto desempeño	46
Redes de comunicación industrial.....	48
<i>Pirámide de automatización industrial</i>	49
Nivel de campo y proceso	50
Nivel de control	50
Nivel de supervisión.....	50
Nivel de operación o planeación	50
Nivel de gestión	51
<i>Ventajas de las comunicaciones industriales</i>	51
<i>Sistemas centralizados y distribuidos</i>	51
Sistemas centralizados.....	52

Sistemas distribuidos	52
<i>Modelo TCP/IP</i>	<i>54</i>
Capa de acceso a la red	54
Capa de internet	54
Capa de transporte	55
Capa de aplicación	55
<i>Topologías de redes.....</i>	<i>55</i>
Tipo punto a punto	55
Tipo Bus	56
Tipo árbol.....	57
Tipo anillo	58
Tipo estrella.....	59
<i>Interconexión de redes</i>	<i>60</i>
Repetidor	60
Puente o bridge	61
Encaminador o router	62
Pasarela o Gateway	62
Redes de comunicación inalámbrica	64
<i>Componentes de una red inalámbrica</i>	<i>64</i>
Placa de red inalámbrica	64
Punto de acceso.....	65
Router inalámbrico	66
Antenas.....	66
<i>Topologías de redes inalámbricas</i>	<i>67</i>

<i>Modos de operación</i>	67
Modo infraestructura.....	67
Modo Ad hoc.....	68
<i>Ventajas de redes inalámbricas</i>	69
<i>Desventajas de redes inalámbricas</i>	69
Industria 4.0	70
<i>Internet Industrial de las cosas</i>	70
<i>Beneficios IIoT</i>	71
<i>Arquitectura de un sistema IIOT</i>	72
<i>Protocolos de comunicación IIoT</i>	72
Protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol)	73
Protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)	74
CoAP (Constrained Application Protocol).....	74
AMQP (Advanced Message Queuing Protocol).....	74
DDS (Data Distribution Service).....	74
<i>Plataformas IIoT</i>	75
Plataforma de conectividad M2M	76
Plataforma en la nube Kaa IOT	76
Plataforma en la nube Thinger.io	76
Plataforma ThingSpeak	76
Capítulo III: Diseño e implementación	77
Principios fundamentales de diseño.....	77
Diseño e implementación de la arquitectura de red	78
<i>Arquitectura de red en TIA PORTAL V16</i>	84

Diseño e implementación de la interfaz grafica	85
<i>Estándares del sistema</i>	86
<i>Diseño de pantallas</i>	86
Requerimientos de usuario	86
Jerarquía de pantallas	88
<i>Estructura de navegación</i>	92
<i>Convención de colores</i>	92
<i>Datos dinámicos</i>	97
<i>Barras graficas</i>	98
<i>Tendencias</i>	100
Construcción de ventanas en WICC UNIFIED.....	101
<i>Sección "PROCESO"</i>	101
<i>Sección "ALARMAS Y EVENTOS"</i>	108
<i>Sección "REPORTES"</i>	111
<i>Gestión de alarmas y eventos</i>	116
<i>Estado de los avisos</i>	118
<i>Categoría de avisos</i>	118
<i>Configuración de avisos</i>	120
<i>Ficheros de registro</i>	121
<i>Generación de reportes</i>	123
Configuración de complemento en Excel	123
Configuración de conexión y origen de datos.....	125
<i>Configuración de la plantilla de informe</i>	127
<i>Interfaz del control "Informes</i>	128

<i>Administración de usuarios</i>	131
Configuración y programación de pasarela IOT2040	134
<i>Especificaciones técnicas IOT2040</i>	134
<i>Requerimientos de Software</i>	136
<i>Instalación de SD-Card</i>	137
<i>Inicio de sesión en Simatic IOT2040</i>	141
<i>Cambio de dirección IP</i>	142
<i>Inicio de Node-red e instalación de paquetes</i>	145
<i>Programación en Node-red</i>	149
Configuración de nodo S7	149
Configuración de nodo Function.....	153
Configuración de nodo join	154
Configuración de nodo http.....	155
Configuración de plataforma en la nube	156
<i>Creación de un dispositivo HTTP</i>	158
<i>Creación de propiedades de dispositivo</i>	160
<i>Creación de DataBucket</i>	160
<i>Configuración de la solicitud HTTP</i>	162
<i>Diseño de interfaz gráfica en la nube</i>	164
Capítulo IV: Pruebas y análisis de resultados	169
Pruebas de comunicación	169
Pruebas de funcionamiento del sistema SCADA	174
<i>Pruebas de monitoreo y control</i>	174
<i>Pruebas de adquisición de datos y generación de informes</i>	177

<i>Pruebas de monitoreo y almacenamiento de datos en la plataforma Thinger.io</i>	182
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.....	188
Conclusiones	188
Recomendaciones	189
Bibliografía	190

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Ventajas y desventajas de la red punto a punto</i>	56
Tabla 2 <i>Ventajas y desventajas de la red tipo bus</i>	57
Tabla 3 <i>Ventajas y desventajas de la red tipo anillo</i>	59
Tabla 4 <i>Ventajas y desventajas de la red tipo estrella</i>	60
Tabla 5 <i>Ventajas y desventajas de los repetidores</i>	61
Tabla 6 <i>Tabla comparativa sobre alguno de los protocolos</i>	75
Tabla 7 <i>Especificaciones técnicas LiteAP LAP-120</i>	79
Tabla 8 <i>Especificaciones técnicas LBE-5AC-GEN2</i>	83
Tabla 9 <i>Colores sugeridos para estados operativos de componentes</i>	95
Tabla 10 <i>Colores sugeridos para alarmas y advertencias</i>	96
Tabla 11 <i>Colores sugeridos para pantallas y objetos estáticos</i>	97
Tabla 12 <i>Símbolos de representación de estados operativos</i>	103
Tabla 13 <i>Botones de navegación del panel de control de alarmas</i>	109
Tabla 14 <i>Convenio de colores usados para representar los estados de avisos</i>	118
Tabla 15 <i>Funcionalidad de botones de navegación del panel de control de informes</i>	129
Tabla 16 <i>Especificaciones técnicas IOT2020 vs IOT2040</i>	134
Tabla 17 <i>Descripción de hardware IOT2040</i>	136
Tabla 18 <i>CINR recomendado por modulación de ancho de canal</i>	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Sistema Scada, arquitectura básica</i>	36
Figura 2 <i>WinCC Online trend control</i>	38
Figura 3 <i>Programación interna (script), con InTouch</i>	40
Figura 4 <i>Ciclo de vida de la HMI</i>	41
Figura 5 <i>Ciclo de vida de la gestión de alarmas</i>	45
Figura 6 <i>HMI tradicional vs HMI de alto rendimiento</i>	47
Figura 7 <i>Esquema de comunicaciones industriales</i>	49
Figura 8 <i>Pirámide de automatización industrial</i>	50
Figura 9 <i>Sistema de control centralizado</i>	52
Figura 10 <i>Sistema de control distribuido</i>	53
Figura 11 <i>Generación de una trama con TCP/IP</i>	54
Figura 12 <i>Estructura de red punto a punto</i>	56
Figura 13 <i>Estructura de red tipo Bus</i>	57
Figura 14 <i>Estructura de red tipo árbol</i>	58
Figura 15 <i>Estructura de red tipo anillo</i>	58
Figura 16 <i>Estructura de red tipo estrella</i>	59
Figura 17 <i>Ejemplo de instalación con repetidor</i>	61
Figura 18 <i>Ejemplo de instalación con puente</i>	62
Figura 19 <i>Ejemplo de instalación con router</i>	63
Figura 20 <i>Ejemplo de instalación con pasarela</i>	63
Figura 21 <i>Tecnologías inalámbricas con sus estándares</i>	64
Figura 22 <i>Tipos de adaptadores de red inalámbrica</i>	65
Figura 23 <i>Punto de acceso</i>	66

Figura 24 Router inalámbrico 4G LTE	66
Figura 25 Antena Wifi Punto A Punto Cpe605 Tp-link 5ghz.....	67
Figura 26 Topología estrella para redes inalámbricas	68
Figura 27 Modo infraestructura	68
Figura 28 Modo AdHoc	69
Figura 29 Evolución de la industria a lo largo del tiempo.....	71
Figura 30 Arquitectura IIOT.....	73
Figura 31 Arquitectura de red línea de embotellado N° 2	78
Figura 32 Acces Point Ubiquiti LiteAP LAP-120.....	79
Figura 33 Configuración inalámbrica de Acces Point LiteAP LAP-120	80
Figura 34 Escaneo de frecuencias mediante la herramienta SITE SURVEY	81
Figura 35 Análisis de ruido y potencia de señal mediante herramienta AIRVIEW	82
Figura 36 Antena CPE LBE-5AC-GEN2	82
Figura 37 Configuración de cliente LBE-5AC-GEN2.....	84
Figura 38 Dispositivos creados en árbol de proyecto en Tia Portal	84
Figura 39 Dispositivos y redes de comunicación establecidas en Tia Portal	85
Figura 40 Requerimientos de usuario en torno a claridad.....	87
Figura 41 Requerimientos de usuario en torno a retroalimentación	87
Figura 42 Requerimientos de usuario en torno a coherencia	88
Figura 43 Nivel jerárquico de pantallas.....	89
Figura 44 Ejemplo de pantalla Nivel 1.....	89
Figura 45 Ejemplo de navegación y pantalla nivel 2	90
Figura 46 Ejemplo de pantalla nivel 3	91
Figura 47 Ejemplo de pantalla nivel 4	91

Figura 48 Estructura de navegación.....	93
Figura 49 Ejemplo de uso apropiado del color en una pantalla	95
Figura 50 Representación de datos en forma numérica y gráfica	98
Figura 51 Estructura de un gráfico de barras	99
Figura 52 Estructura de un gráfico de tendencia.....	100
Figura 53 Pantalla principal de proceso	102
Figura 54 Menú de navegación y pantallas de sistema Descajonadora.	104
Figura 55 Menú de navegación y pantallas de sistema Lavadora	105
Figura 56 Menú de navegación y pantallas de sistema Mojonier	105
Figura 57 Menú de navegación y pantallas de sistema Llenadora	106
Figura 58 Menú de navegación y pantallas de sistema Encajonadora	106
Figura 59 Menú de navegación y pantallas de sistema Transportadores	107
Figura 60 Popup para control de motores en Transportadores.....	107
Figura 61 Popup para control bombas en Lavadora	108
Figura 62 Popup para control de entradas digitales	108
Figura 63 Barra de navegación de sistema de alarmas y eventos	109
Figura 64 Panel de control de avisos con listado de alarmas actuales.	110
Figura 65 Panel de control de avisos con histórico de alarmas	111
Figura 66 Pantalla de resumen de producción en la sección reportes	112
Figura 67 Consigna de colores usados para el diagnóstico de indicadores de producción	113
Figura 68 Datos de producción actual.....	113
Figura 69 Ventana emergente para el registro de tiempos de parada programados.	114
Figura 70 Pantalla de reportes de producción y panel de control de informes.....	114
Figura 71 Menú y pantalla de registro de tiempos de parada de un reporte específico.....	115

Figura 72 Pantallas de resumen de tiempos de parada ocurridos en todos los reportes de producción.....	116
Figura 73 Estructura del sistema de avisos en WINCC.....	117
Figura 74 Configuración de las categorías de avisos en WinnCC Unified	120
Figura 75 Configuración de ficheros de registro en WinnCC Unified	122
Figura 76 Esquema funcional de WinCC Unified Reporting	123
Figura 77 Acceso de lectura a carpeta Excelmanifest	124
Figura 78 Configuración de catálogo de complementos de confianza en excel.....	124
Figura 79 Barra de herramientas de excel menú "Insert">"My Add-ins"	125
Figura 80 Complemento de office de WinCC unified	125
Figura 81 Conexión de complemento de excel con servidor	126
Figura 82 Creación y configuración de plantilla de informe en WinCC Unified Reporting	127
Figura 83 Estructura del menú de navegación y edición de segmentos en WinCC Unified Reporting	128
Figura 84 Estructura del panel de configuración y control de informes	128
Figura 85 Interfaz de la ficha "Parámetros de la orden" en el panel de control de informes	130
Figura 86 Interfaz de la pestaña "Informes" en el panel de control de informes.....	131
Figura 87 Configuración de usuarios en WinCC Unified.....	133
Figura 88 Hardware IOT2040	135
Figura 89 Siemens Industry Online Support Downloads for SIMATIC IOT20X0.....	137
Figura 90 Escritura de imagen en microSD mediante Win32 Disk Imager.....	138
Figura 91 Archivos generados en microSD después de escritura.....	138
Figura 92 Desbloqueo de ranura de seguridad de tarjeta SD	139
Figura 93 Apertura de ranura de seguridad IOT2040.....	139
Figura 94 Tarjeta microSD colocada en la ranura de IOT2040	140

Figura 95 Bloqueo de ranura de seguridad en IOT2040	140
Figura 96 Configuración inicial de PuTTY para iniciar sesión	141
Figura 97 Mensaje de advertencia al iniciar sesión por primera vez en IOT2040	142
Figura 98 Menú de configuración IOT2040	143
Figura 99 Pantalla de selección de interfaz de comunicación ethernet	143
Figura 100 Especificación de dirección IP en interfaz eth0	144
Figura 101 Pantalla de confirmación de ajustes de interfaz.....	144
Figura 102 Inicialización de Node-Red en sistema operativo de IOT2040	145
Figura 103 Ejecución de Node Red en el navegador Google Chrome	146
Figura 104 Nodos de comunicación S7 instalados en Node Red.....	147
Figura 105 Ubicación de manage palette en el menú de configuración de Node Red	148
Figura 106 Instalación de nodo de comunicación S7 mediante Manage Palette.....	148
Figura 107 Flujo de nodos implementado en Node Red	149
Figura 108 Ventana de configuración del Nodo "In S7"	150
Figura 109 Configuración de parámetros comunicación de nodo "In S7"	150
Figura 110 Configuración de dispositivos y redes en Tia Portal.....	151
Figura 111 Habilitación de comunicación PUT/GET del interlocutor en PLC de datos de producción	152
Figura 112 Bloque de datos que contiene las variables y datos de producción.	153
Figura 113 Direccionamiento de variables de producción en Node Red.....	153
Figura 114 Configuración del nodo function	154
Figura 115 Configuración de nodo join	155
Figura 116 Configuración de nodo http request con URL y Token definidos en Thinger.io	156
Figura 117 Características principales de Thinger.io	157
Figura 118 Creación de dispositivo HTTP en Thinger.io	158

Figura 119 <i>Lista de dispositivos en Thinger.io</i>	159
Figura 120 <i>Panel de control del dispositivo creado HTTP_IOT2040</i>	159
Figura 121 <i>Propiedades creadas en el dispositivo HTTP_IOT2040</i>	160
Figura 122 <i>Variables almacenadas en la propiedad producción</i>	161
Figura 123 <i>Creación y configuración de DataBucket</i>	162
Figura 124 <i>Configuración de solicitud HTTP Callback</i>	163
Figura 125 <i>Ventana overview en la configuración de Callback</i>	163
Figura 126 <i>Creación de dashboard en Thinger.io</i>	165
Figura 127 <i>Modo edición de un dashboard</i>	165
Figura 128 <i>Pantalla de inicio de la interfaz que se visualizará en la web</i>	166
Figura 129 <i>Pantalla de indicadores de producción que se visualizará en la web.</i>	167
Figura 130 <i>Pantalla de tiempos de parada y datos principales de producción que se visualizará en la web</i>	167
Figura 131 <i>Pantalla principal de reportes de producción que se visualizará en la web</i>	168
Figura 132 <i>Pantalla secundaria de reportes de producción que se visualizara en la web</i>	168
Figura 133 <i>Dashboard principal de airOS 8</i>	170
Figura 134 <i>Diagrama de constelación en airOS 8</i>	170
Figura 135 <i>Análisis de señal promedio e interferencia más ruido en airOS 8</i>	171
Figura 136 <i>Herramienta de alineación en airOS 8</i>	172
Figura 137 <i>Test de velocidad en airOS 8</i>	173
Figura 138 <i>Escaneo de red LAN mediante Advanced IP Scanner</i>	173
Figura 139 <i>Diagnóstico de red mediante comando ping</i>	174
Figura 140 <i>Ejecución del proyecto en SIMATIC Runtime Manager</i>	175
Figura 141 <i>Ejecución de winCC Unified RT en el navegador Google Chrome</i>	175

Figura 142 <i>Autenticación de usuario al iniciar WinCC Unified RT</i>	176
Figura 143 <i>Ventana inicial de la interfaz gráfica desarrollada en el sistema SCADA</i>	176
Figura 144 <i>Pruebas de monitoreo y control de sistema SCADA</i>	177
Figura 145 <i>Visualización y exportación de datos históricos en sistema SCADA</i>	178
Figura 146 <i>Datos históricos exportados desde el sistema SCADA en formato CSV</i>	179
Figura 147 <i>Reporte diario de producción de bebidas en línea de embotellado N°2</i>	180
Figura 148 <i>Reporte de paradas de línea de embotellado N° 2</i>	181
Figura 149 <i>Reporte de producción de bebidas generado desde sistema SCADA</i>	181
Figura 150 <i>Reporte de tiempos de paradas mecánicas</i>	182
Figura 151 <i>Presentación de datos e indicadores de producción en la nube mediante plataforma Thinger.io</i>	183
Figura 152 <i>Almacenamiento de datos en la nube mediante plataforma Thinger.io</i>	183
Figura 153 <i>Exportación de datos desde la nube en plataforma Thinger.io</i>	184
Figura 154 <i>Archivo de datos en formato CSV exportado desde la nube</i>	184
Figura 155 <i>Tiempos de parada 12-04-2022 en línea de embotellado N°2</i>	185
Figura 156 <i>Producción de máquina llenadora 11:00-13:20 representada en botellas por minuto BPM</i>	186
Figura 157 <i>Producción de máquina llenadora 13:20-14:30 representada en botellas por minuto BPM</i>	187
Figura 158 <i>Interfaz de usuario para monitoreo de producción en línea desde sistema SCADA</i>	187

Resumen

En el presente proyecto se realizará el diseño e implementación de un sistema SCADA de alto desempeño, orientado a la industria 4.0 mediante la incorporación del Internet Industrial de las cosas, para la segunda línea de embotellado de la empresa ARCA CONTINENTAL ECUADOR, planta Santo Domingo. La línea de embotellado está compuesta por seis subprocesos, distribuidos a lo largo de la misma; el funcionamiento de cada subproceso es autónomo mediante controladores lógicos programables (PLC) y paneles de operador con interfaces hombre maquina (HMI) para cada uno. Los procesos distribuidos se conectarán al SCADA principal vía WI-FI mediante una red de área local inalámbrica de 5GHz basada en tecnología airMAX. El SCADA será diseñado e implementado en base a las normas ANSI-ISA 101.01 y ANSI-ISA 18.2 cumpliendo de esta forma con los estándares y requisitos necesarios para obtener un sistema de alto desempeño. El software utilizado para la implementación del SCADA es Wincc Professional el cual está incorporado en la plataforma TIA PORTAL de SIEMENS. El sistema estará conectado a la pasarela inteligente Simatic IOT2040, encargada de transferir los datos e indicadores de producción más importantes a la nube donde se almacenarán y podrán ser visualizados de forma remota en puntos con acceso a internet. De esta forma la implementación del SCADA y aplicabilidad del internet industrial de las cosas, permitirán controlar y monitorear el funcionamiento de toda la línea de producción; además se facilitará el almacenamiento y procesamiento de datos para su respectivo análisis obteniendo índices de producción más fehacientes como son la utilización y eficiencia mecánica de la línea; indicadores fundamentales que ayudan en la toma de decisiones y planificación de recursos empresariales en las áreas de producción, calidad y mantenimiento.

Palabras clave: SCADA, Industria 4.0, Internet Industrial de las Cosas (IIoT), Comunicación inalámbrica, IOT 2040.

Abstract

In this project, the design and implementation of a high-performance SCADA system will be carried out, oriented to Industry 4.0 by incorporating the Industrial Internet of Things, for the second bottling line of the company ARCA CONTINENTAL ECUADOR, Santo Domingo plant. The bottling line is made up of six sub-processes, distributed along it; the operation of each sub-process is autonomous by means of programmable logic controllers (PLC) and operator panels with human machine interfaces (HMI) for each one. The distributed processes will be connected to the main SCADA via WI-FI through a 5GHz wireless local area network based on airMAX technology. The SCADA will be designed and implemented based on the ANSI-ISA 101.01 and ANSI-ISA 18.2 standards, thus complying with the standards and requirements necessary to obtain a high performance system. The software used for the implementation of SCADA is Wincc Professional, which is incorporated into the SIEMENS TIA PORTAL platform. The system will be connected to the intelligent Simatic IOT2040 gateway, responsible for transferring the most important data and production indicators to the cloud where they will be stored and can be viewed remotely at points with internet access. In this way, the implementation of SCADA and applicability of the industrial internet of things will allow to control and monitor the operation of the entire production line; In addition, the storage and processing of data will be facilitated for its respective analysis, obtaining more reliable production indices such as the use and mechanical efficiency of the line; fundamental indicators that help in decision-making and planning of business resources in the areas of production, quality and maintenance.

Keywords: SCADA, Industry 4.0, Industrial Internet of Things (IIoT), Wireless Communication, IOT 2040.

Capítulo I

Problemática

Planteamiento del problema

Algunos indicadores que la empresa ARCA CONTINENTAL ECUADOR planta Santo Domingo usa para medir la productividad y eficiencia de sus líneas de embotellado, son la “Utilización de línea” y “Eficiencia mecánica”. Estos indicadores se ven perjudicialmente afectados por paradas no programadas que pueden ser causa de fallas mecánicas o eléctricas, producidas en cualquiera de los equipos que conforman la línea de producción; pero también pueden ser por causa de errores operacionales debido a la falta de experiencia de los operadores. Otro factor que influye en los indicadores antes mencionados es la calidad del producto terminado, la cual está estrechamente vinculado al correcto funcionamiento, calibración y ajuste de los equipos, responsabilidades compartidas entre operadores y personal de mantenimiento.

Actualmente la adquisición de datos para calcular los indicadores descritos se lo realiza mediante un procedimiento manual que tiende a generar errores y discrepancias, especialmente con los tiempos de parada establecidos por los operadores cuando las máquinas o equipos sufren algún desperfecto; ya que en muchas ocasiones estos tiempos son a criterio del operador y no del técnico eléctrico o mecánico que solventó la falla. Otra de las falencias que se tiene en el departamento de mantenimiento es la ausencia de un sistema de monitoreo y control que permita registrar y procesar datos de sensores, registrar histórico de alarmas y eventos, y mostrar información en tiempo real que ayude al personal técnico en la rápida identificación y óptima resolución de falencias existentes en las máquinas o equipos; si bien es cierto cada máquina consta con un panel operador HMI, este no brinda la

información necesaria, ya que está enfocado principalmente a la parte operacional y además está limitado por su tamaño físico.

La problemática descrita anteriormente influye negativamente en los indicadores de utilización de línea y eficiencia mecánica, razón por la cual surge la necesidad de implementar un sistema SCADA con proyección a la industria 4.0, mediante el Internet Industrial de las Cosas que permita: registrar de forma automática los tiempos de parada de las máquinas, controlar y monitorear la línea de embotellado, mostrar datos de producción (utilización de línea, eficiencia mecánica) y mostrar históricos de alarmas y eventos que ayuden a planificar un mantenimiento preventivo; con el único objetivo de mejorar la eficiencia operativa y gestión de activos y procesos de la línea de embotellado número 5.

Antecedentes

Debido al gran campo de estudio en el que se encuentra inmiscuido el presente proyecto de investigación, se puede encontrar gran diversidad de proyectos relacionados, demostrando así el interés de la academia por desarrollar estudios o investigaciones que se involucren con la evolución y migración de la industria 3.0 a la industria 4.0.

En el artículo científico “**Design and Development of Industrial Automated System using PLC-SCADA**” (Nadgauda, N., & Muthukumaraswamy, S. A. 2019) se describe la implementación de un sistema de monitoreo y automatización remoto para la industria de llenado de botellas utilizando sistemas de control supervisorio y adquisición de datos (SCADA). La implementación se lleva a cabo utilizando un controlador lógico programable (PLC) y un sistema SCADA que proporciona durabilidad, flexibilidad y facilidad de programación. Además se realiza un estudio comparativo entre dos técnicas de gestión de bodegas que utilizan la tecnología de código de barras y los sistemas de automatización de grúas, con el objetivo de optimizar las actividades de almacenamiento y la eficiencia de la industria.

En el artículo referente a **“Industrial internet of things: Recent advances, enabling technologies and open challenges”** (Khan, W. Z., Rehman, M. H., Zangoti, H. M., Afzal, M. K., Armi, N., & Salah, K. 2020) se destaca la importancia y principales ventajas competitivas que se obtienen en el sector industrial con la implementación del IIoT, al automatizar objetos inteligentes para detectar, recopilar, procesar y comunicar los eventos en tiempo real en los sistemas industriales. Además se presenta una definición nueva y clara de IIoT, que puede ayudar a los lectores a comprender el concepto de IIoT; y finalmente se destaca las tecnologías habilitadoras para IIoT y los desafíos recientes que enfrenta.

En el artículo de investigación **“Development of an industrial Internet of things suite for Smart factory towards re-industrialization”** (Lee, C. K. M., & Zhang, S. Z. 2016) se propone una suite de Internet Industrial de las cosas (IIoT) que consiste en una plataforma en la nube basada en microservicios y un centro inteligente basado en IIoT, que ayuda a materializar la reindustrialización y llevar a cabo la actualización industrial para lograr una producción inteligente y procesos de fabricación de alto valor agregado.

En el artículo concerniente a **“A Real-Time Condition Monitoring and Maintenance Management System for Low Voltage Industrial Motors Using Internet-of-Things”** (Mykoniatis, K. 2020) se presenta el diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo de condición en tiempo real para la gestión de motores industriales de bajo voltaje utilizando Internet de las cosas. El sistema registra y monitorea condiciones de temperatura y vibración de un motor industrial, los cuales son transmitidos a través de una red inalámbrica a un centro de registro de datos, permitiendo de esta manera identificar condiciones anormales del motor al exceder los puntos de ajuste predefinidos. Además, el usuario puede visualizar la condición actual del motor de forma remota. Finalmente, se discute los pasos futuros para perfeccionar el sistema actual con el objetivo de llevar a cabo un mantenimiento predictivo capaz de detectar y predecir fallas específicas del motor.

En el artículo de investigación denominado **“Industrial Internet of Things in the production environment of a Shipyard 4.0”** (Munín-Doce, A., Díaz-Casás, V., Trueba, P., Ferreno-González, S., & Vilar-Montesinos, M. 2020) se presenta una prueba de concepto, aplicando IloT (Internet industrial de las cosas) como herramienta clave para lograr una fabricación conectada y avanzada en un astillero, con el objetivo de mejorar la eficiencia en el taller. El enfoque para la transformación del astillero convencional en una fábrica inteligente consta de la comunicación entre los sistemas de información y la conexión con dispositivos físicos. El objetivo planteado en este proyecto es resolver los desafíos que surgen con la implementación de IloT y proporcionar una herramienta de decisión útil para los operadores y gerentes del taller.

En el artículo de investigación **“Possibilities of transfer process data from PLC to Cloud platforms based on IoT”** (Gavlas, A., Zwierzyna, J., & Koziorek, J. 2018) se describe un control remoto eficiente y fácil de usar a través de Internet mediante PLC con el uso de plataformas en la nube. Para el control se utiliza Industrial IoT Gateway, que almacena y procesa datos a través de varias plataformas en la nube. El objetivo principal es introducir una solución para la transmisión de datos de proceso entre PLC y plataformas en la nube en el laboratorio de automatización industrial y sistemas de control distribuido en la Universidad Técnica de Ostrava. El ejemplo de demostración del uso de esta solución compara dos Cloud Platform; la primera plataforma comercial es de la compañía IBM y la segunda gratuita es de la compañía Ubidots.

Justificación, importancia y alcance del proyecto

La evolución y productividad de la industria va de la mano con el avance tecnológico desarrollado en un país, razón por la cual en la actualidad gran parte de la industria ecuatoriana se encuentra rezagada en la tercera revolución industrial o industria 3.0, la cual se caracteriza por la automatización de los procesos, basándose en el uso de la electrónica y la informática. Evolucionar a la

industria 4.0 implica muchos retos, a nivel tecnológico y organizacional, retos para los cuales gran parte de la industria ecuatoriana no se encuentra preparada, o no tiene los recursos suficientes para superarlos, motivos por los cuales la migración a la industria 4.0 debe ser progresiva, solventando en primera instancia los problemas que se tengan actualmente con la industria 3.0.

Una optimización tecnológica de la industria 3.0 y posteriormente una evolución a la 4.0, es de suma importancia para el mantenimiento y buen funcionamiento de los equipos, ya que todas las ventajas que trae consigo esta migración contribuyen al establecimiento de un programa de mantenimiento sistemático. La ausencia de esta tecnología en la industria, dificulta las tareas de mantenimiento limitándose a un mantenimiento de rutina que puede acortar la vida útil real de algunos equipos, o peor aún realizar trabajos bajo condición de falla, lo cual es contraproducente con la eficiencia de las líneas de producción por los tiempos de parada no programados.

Partiendo del análisis previo es fundamental que la industria ecuatoriana vaya a la par de la tecnología, para mejorar la productividad, velocidad y eficiencia; optimizando así flujos de trabajo de producción, gestión de activos y toma de decisiones en el área de producción y mantenimiento. Mediante el presente proyecto de investigación se diseñará e implementará un sistema SCADA basándose en las normativas ANSI-ISA 101.01 y ANSI-ISA 18.2; el sistema permitirá monitorear y controlar la segunda línea de embotellado de la empresa ARCA CONTINENTAL ECUADOR planta Santo Domingo, también contará con la capacidad de almacenamiento de datos, visualización de alarmas e histórico y gestión de privilegios mediante administración de usuarios.

El Sistema SCADA estará conectado a la pasarela inteligente de Siemens IOT2040 la cual será configurada y programada para almacenar y gestionar los datos más importantes en la nube, para el área de producción y mantenimiento; con el objetivo de visualizar dicha información en forma remota desde cualquier lugar con acceso a internet.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema SCADA de alto desempeño y escalabilidad con proyección a industria 4.0 a través del Internet Industrial de las Cosas (IIoT), para la línea de embotellado número dos en la empresa ARCA CONTINENTAL ECUADOR planta Santo Domingo.

Objetivos Específicos

- Conocer y poner en práctica las normas ANSI-ISA 101.01 y ANSI-ISA 18.2 para el diseño e implementación del sistema SCADA.
- Establecer una red de comunicación inalámbrica entre los autómatas programables de las máquinas que conforman la línea de embotellado y el sistema PC.
- Configurar y programar la pasarela IOT2040 de Siemens.
- Diseñar una interfaz gráfica para el sistema SCADA que permita el control y monitoreo local de la línea de producción.
- Diseñar una interfaz gráfica en una plataforma gratuita en la nube para la visualización remota de indicadores y datos de producción.

Capítulo II

Marco teórico

Sistemas SCADA

El significado en español de las siglas SCADA es Control con Supervisión y Adquisición de Datos; se puede definir un sistema SCADA como un software que permite el acceso a datos remotos de un proceso, y utilizando las herramientas de comunicación necesarias permite el control del mismo. (Aquilino Rodríguez, 2012)

También se puede definir a un sistema SCADA como una aplicación de software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, que proporciona comunicación entre los dispositivos de campo, llamados también RTU (*Remote Terminal Units* o Unidades Remotas), donde se pueden encontrar elementos tales como controladores autónomos o autómatas programables, y un centro de control o Unidad Central, donde se controla el proceso de forma automática desde la pantalla de uno o varios ordenadores. (Aquilino Rodríguez, 2012)

Prestaciones

De acuerdo con (Aquilino Rodríguez, 2008), un sistema SCADA abarca todo un conjunto de funciones y utilidades, las cuales permiten constituir una comunicación clara entre el proceso y el operador. Entre las prestaciones más relevantes que poseen estos sistemas tenemos las siguientes:

La monitorización. Representación de los datos en tiempo real a los operadores de planta. Datos como por ejemplo la temperatura, presión, velocidad, entre otros; corresponden a la información obtenida por los autómatas programables. Toda esta información está al alcance del operador.

La supervisión. Adquisición de datos de un proceso y herramientas de gestión para la toma de decisiones, dando la posibilidad de modificar el control preestablecido y dependiendo de las condiciones de trabajo modificar las tareas asociadas a los autómatas, con esto la supervisión humana es menos recurrente.

La adquisición de datos de los procesos en observación. Adquisición y almacenamiento de datos para recoger, procesar y guardar la información recibida en forma continua y confiable.

La visualización de los estados de las señales del sistema (alarmas y eventos). Identificación de eventos inusuales acontecidos en la planta para inmediatamente ser comunicados a los operarios de tal manera que se ejecuten las acciones pertinentes en la brevedad del caso según corresponda. Además, los paneles de alarma pueden exigir alguna acción de reconocimiento por parte del operario, de forma que queden registradas las incidencias. (Aquilino Rodríguez, 2012)

El mando. Se da la facultad de que los operadores puedan modificar las consignas u otros datos relevantes para el proceso desde el ordenador. Se escriben datos sobre los elementos de control

Grabación de acciones o recetas. Permite crear combinaciones de variables generando así un sistema de recetas, posibilitando configurar toda una planta de producción solamente con la ejecución de un solo comando.

Garantizar la seguridad de los datos. La protección en la transferencia de datos debe estar suficientemente protegida ante las influencias no deseadas (fallos en la programación, intrusos, situaciones inesperadas, etc.).

Garantizar la seguridad en los accesos. Bloqueando el acceso a zonas del programa comprometidas a usuarios no autorizados, llevando a cabo un registro de cada acceso.

Posibilidad de programación numérica. Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador y no sobre la del autómata, utilizando lenguaje de alto nivel como C y Visual Basic o JavaScript. (Aquilino Rodríguez, 2012)

Criterios de selección y diseño

El gran impacto generado a lo largo del tiempo respecto a la integración de los sistemas de control con la invención de los primeros automatismos, ha causado que estos formen parte fundamental en el campo industrial, tal es así que solo nos damos cuenta de su importancia cuando uno de estos deja de funcionar como es debido y esto se debe principalmente a un mal diseño o situaciones inesperadas.

La respuesta de un sistema ante este tipo de situaciones establecerá su grado de fiabilidad, el cual puede mejorarse mediante el uso de técnicas de diseño adecuadas. De acuerdo con (Aquilino Rodríguez, 2012), existen parámetros que pueden influir en el tiempo de operación de estos sistemas los cuales se explican a continuación:

Disponibilidad. Se entiende por disponibilidad a la medida en la que los parámetros del sistema se encuentran dentro de las especificaciones del diseño. Esto radica fundamentalmente en la capacidad del elemento de asumir las funciones de otro de tal manera que el sistema mantenga un trabajo continuo sin detenciones. Lo mencionado anteriormente se conoce como principio de redundancia y este se aplica a todos los niveles.

Robustez. Cuando se presencie un fallo de diseño o un accidente, el sistema debe tener la capacidad de mantener el nivel de operatividad con el propósito de mantener unos mínimos en el servicio. Esto se denomina plan de contingencia; si una parte del sistema queda aislada, esta debe ser lo

suficientemente capaz de autogestionarse con el objetivo de mantener control sobre su área de influencia. (Aquilino Rodríguez, 2012)

Seguridad. Existen varias causas por las cuales se podrían alterar los parámetros de funcionamiento de un sistema y generar un funcionamiento incorrecto del mismo. Ante estas situaciones el sistema debe disponer de estrategias para la prevención, detección y defensa de acciones no deseadas:

- Estableciendo jerarquías de usuario, con el objetivo de limitar el acceso a datos sensibles con el uso de contraseñas, además, el acceso mediante usuarios para generar un registro de accesos y tener conocimiento en todo momento de quién ha modificado algún parámetro del sistema.
- Filtrado de información recibida, verificando si su origen es conocido o no.
- Estableciendo caminos de acceso para la información, de tal manera que se asegure la fiabilidad de la información que los atraviesa (puertos de acceso del sistema).
- El sistema debe ser capaz de reaccionar ante incoherencias en los datos una vez estos se encuentren dentro del sistema por ejemplo filtrado de variables.
- Programas de vigilancia que ejecuten acciones si es que se detectara un problema, existen algunos autómatas los cuales poseen salidas que pueden configurarse para indicar anomalías.

Mantenibilidad. Con la implementación de herramientas de diagnóstico, los tiempos de mantenimiento pueden reducirse a mínimos, y además se pueden llevar a cabo tareas de mantenimiento y pruebas de manera simultánea al funcionamiento normal del sistema.

Escalabilidad. Se refiere a la posibilidad de ampliación del sistema, nuevas herramientas o prestaciones y los correspondientes requerimientos para implementarlos, esto se puede realizar

determinando el espacio disponible, capacidad del equipo informático (memoria, procesadores, alimentaciones) y la capacidad del sistema de comunicaciones. (Aquilino Rodríguez, 2012)

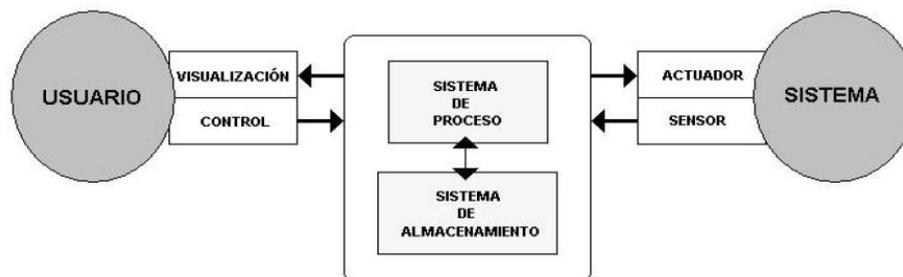
Arquitectura general de un sistema SCADA

Un sistema SCADA se encuentra dividido en tres bloques principales (Figura 1):

- Software de adquisición de datos y control (Scada).
- Sistemas de adquisición y mando (sensores y actuadores).
- Sistemas de interconexión (comunicaciones).

Figura 1

Sistema Scada, arquitectura básica



Nota. Obtenido de (Aquilino Rodríguez, 2012)

Estos sistemas permiten a los usuarios tener acceso al control del proceso a través de herramientas de visualización y control, por lo general se dispone de un ordenador en el cual se establece la aplicación de control y supervisión, la comunicación entre estos dos sistemas suele ser a través de redes de comunicaciones corporativas (Ethernet). (Aquilino Rodríguez, 2008)

El sistema de control del proceso recibe, analiza y almacena los datos para determinar el estado del sistema, todo esto se lo realiza a través de elementos sensores; y a través de las herramientas HMI

se comunica al usuario, luego de esto se da paso para tomar las acciones correspondientes para así mantener el control del sistema por medio de los elementos actuadores.

Mediante los buses de campo se efectúa la transmisión de datos entre el sistema de proceso y los elementos de campo. Preferentemente los sistemas de comunicación se engloban en una base común como lo es Ethernet Industrial, esto permite que toda la información obtenida durante los ciclos de trabajo del proceso (supervisión y control) se almacenen y de esa manera disponer de ellos en un futuro o cuando se lo requiera.

Componentes de un sistema SCADA

A continuación, se describen los componentes más habituales en un paquete SCADA, visto como sistema de desarrollo gráfico.

Configuración. Permite definir el entorno de trabajo para adaptarlo a las necesidades del cliente. Mediante la configuración del sistema se intenta estructurar las pantallas de la forma más conveniente, estableciendo un desarrollo lineal o en árbol, también se clasifican los usuarios según su importancia, creando grupos con privilegios que permiten o limitan su influencia en el sistema y además se organiza las pantallas de alarmas, de manera distribuida o centralizada.

Interfaz gráfica. Se refiere a la elaboración de pantallas de usuario combinando imágenes y/o textos, para crear así las funciones de control y supervisión de planta, todo esto es posible gracias a las librerías de objetos, las cuales permiten relacionar variables del sistema a objetos ya creados de forma muy sencilla.

Tendencias. Permiten representar de forma sencilla pero clara, la evolución de las variables del sistema. En la Figura 2 se puede apreciar un ejemplo de una tendencia desarrollada en WiCC. Como lo menciona (Aquilino Rodríguez, 2012) las utilidades más generales son:

Figura 2

WinCC Online trend control



Nota. Obtenido de (Siemens, Visualización de procesos con Plant Intelligence, 2009)

- Los parámetros de representación pueden estar ya predefinidos o modificarse durante la ejecución de la aplicación online.
- En una misma gráfica es posible representar varios valores de forma simultánea.
- Representación en tiempo “casi real” de variables (Real-time trending) o recuperación de variables almacenadas (Historical Trending).
- Visualización de valores.
- Desplazamiento a lo largo de todo el registro histórico (scroll).
- Ampliación y reducción de zonas concretas de una gráfica
- Cursores para ver el valor exacto de la variable en un momento determinado
- Exportar los datos de pantalla a una hoja de cálculo
- Interactuar con las escalas mediante el ratón.

Alarmas y eventos. Las alarmas son los sucesos no deseables, ya que su aparición puede dar lugar a problemas de funcionamiento, se basan o son consecuencia de la vigilancia de parámetros de las variables del sistema. Requiere de la atención de un operario para su solución antes de que se llegue a

una situación crítica que detenga el proceso o para poder seguir trabajando. Los eventos registran de forma automática las acciones más importantes que ocurre en el sistema como por ejemplo marcha, paro, cambios de consignas, etc y no necesitan la atención del operador del sistema. Para mejorar el rendimiento del sistema SCADA las alarmas deberían estar centralizadas y clasificadas en grupos de alarmas para mejorar su gestión, también se les puede asignar una prioridad, de tal forma que si aparecen varias al mismo tiempo, las más importantes aparezcan primero.

Registro y archivado. Por registro (logging) se entiende como el archivo de valores, basándose en un patrón de almacenamiento por ejemplo cíclico-rotativo. Se puede crear un registro de una variable, de alarmas o eventos que ocurren en el sistema, el registro suele ir acompañado de identificadores, como fecha y hora (Time Stamp) y el usuario activo en ese momento. En la mayoría de plataformas se da la funcionalidad de guardar una copia del registro o archivo de datos, una vez que este se ha llenado.

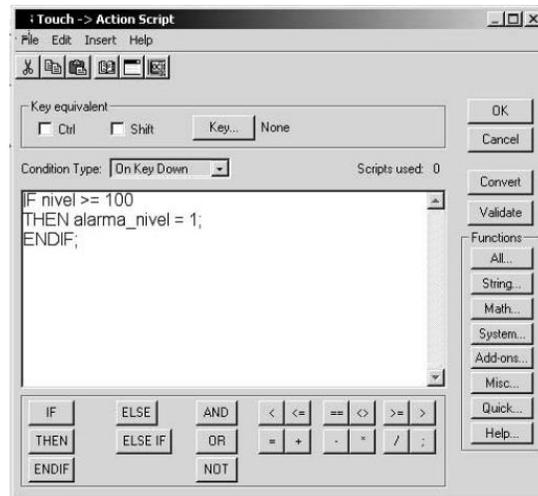
Generación de informes. La interacción entre las áreas de gestión y producción necesitan de herramientas que permitan la generación automática de informes adaptados al entorno de gestión de la empresa. Existen paquetes que ya disponen de este tipo de herramientas incorporadas pero también se puede encontrar aplicaciones con funciones de consulta para extraer información y presentarla en formatos compatibles con otras aplicaciones específicas, como Microsoft. (Aquilino Rodríguez, 2012)

Control de proceso. Lenguajes de alto nivel, como Visual Basic, C o Java, incorporados en los paquetes SCADA, permiten programar tareas que respondan a eventos del sistema, como por ejemplo enviar un correo electrónico al presentarse una alarma concreta, un mensaje a un teléfono móvil, o también poner en marcha o detener partes del sistema en función de los valores de las variables adquiridas. (Aquilino Rodríguez, 2012)

En la Figura 3, presenta una utilidad de programación perteneciente al paquete InTouch.

Figura 3

Programación interna (script), con InTouch



Nota. Obtenido de (Aquilino Rodríguez, 2012)

Recetas. Se trata de archivos que guardan los datos de configuración de los diferentes elementos del sistema, de esta forma, el procedimiento para cambiar la configuración de trabajo del proceso quedará reducido a pulsar un botón después de la respectiva confirmación de datos de acceso (usuario, contraseña y número o nombre de receta).

Comunicaciones. Permite el intercambio de información entre los elementos de planta, la arquitectura de hardware implementada y los elementos de gestión, estableciendo así la comunicación entre los elementos de campo (autómatas reguladores) y los ordenadores que realizarán la recopilación de datos de información.

Normativa

ANSI-ISA 101.01

El estándar ANSI/ISA 101.01 contiene acuerdos establecidos para el desarrollo e implementación de interfaces Humano-Máquina en la automatización industrial, estas buscan

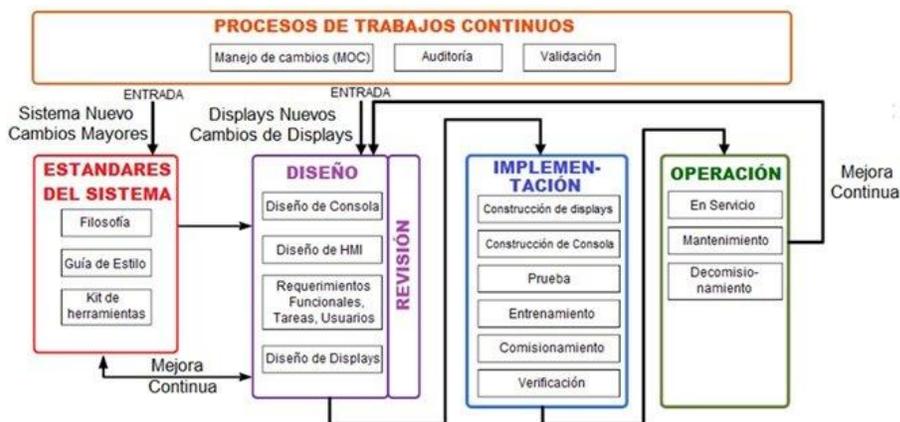
principalmente que los diseños sean óptimos, es decir, que contengan la información necesaria para el operador evitando así una sobrecarga de datos. Además, esta norma proporciona al usuario las herramientas necesarias para detectar, diagnosticar y responder antes situaciones anormales.

Gestión del sistema HMI. Un sistema HMI debe ser desarrollado y gestionado a través de un modelo de ciclo de vida (Figura 4). El ciclo de vida de la HMI está conformado por las siguientes etapas: diseño, revisión, implementación y operación. Se contemplan dos puntos de entrada:

- Para un nuevo sistema con cambios mayores en un sistema existente que puede incluir la migración desde una plataforma HMI heredada.
- Entre la operación y el diseño, reconociendo las mejoras al sistema específico en operación. (Morales, 2019)

Figura 4

Ciclo de vida de la HMI



Nota. Obtenido de (Morales Sánchez, 2021)

Estándares del sistema. Esta etapa abarca el desarrollo de la filosofía HMI, guía de estilo HMI y los kits de herramientas HMI. El desarrollo de la filosofía de la HMI, como lo menciona (Morales, 2019), proporciona principios, guías y fundamentos conceptuales para el diseño de la HMI. Este apartado debe estar alineado además con factores humanos, requerimientos del proceso, normas y modelos de

seguridad. El desarrollo de la guía de estilo de la HMI, parte de las bases planteadas en el desarrollo de la filosofía de la HMI, comprende principalmente aspectos visuales del diseño de un sistema HMI como el tamaño, color, etc., de una presentación. El desarrollo del kit de herramientas principalmente se enfoca en brindar elementos para el diseño a usar dentro del HMI como pueden ser símbolos gráficos entre otros. (Morales, 2019)

Etapa de diseño. Esta etapa abarca el diseño de la consola, el diseño del sistema HMI, los requerimientos funcionales de usuarios, tareas y pantallas. El diseño de la consola incluye el número de monitores, condiciones ambientales, equipos de la consola (botones de apagado, radios, paneles anunciadores, etc.). Todo esto en base al análisis de carga de trabajo, cantidad de operadores y jerarquías de visualización. Los requerimientos funcionales, de usuarios y tareas documentan los requisitos de la HMI. En el apartado de usuarios se establecen los niveles de responsabilidad de los mismos, es decir, los usuarios primarios que son los responsables directos de la operación y los usuarios secundarios que cumplen con la función de apoyo en la operación. (Morales, 2019)

Etapa de implementación. En esta etapa se integra el sistema HMI junto con el hardware de la plataforma. En sistemas nuevos generalmente se debe construir la consola en la que se montara el sistema, todo esto se debe realizar antes de iniciar las pruebas e incluye la instalación de software del sistema de control y sistema operativo. Luego deberán ejecutarse las actividades relacionadas a las pruebas del sistema, primero fuera de línea y posteriormente se integrará con el sistema en línea. La prueba se debe documentar y puede incluir: planes de prueba, metodología, requisitos del plan de verificación, seguimiento de deficiencias, criterios de ingeniería de factores humanos y manejo de cambios (Morales, 2019).

De acuerdo a la complejidad del sistema HMI y del conocimiento del operador, se deberá realizar la correspondiente capacitación ya sea en el trabajo o de una manera más formal. Esta

capacitación debe llegar tanto a personal encargado del mantenimiento y la ingeniería. Por último, se tiene la etapa de puesta en marcha en la cual el sistema HMI se conecta al proceso, en algunas industrias altamente reguladas se requerirá de un plan de validación específico. (Morales, 2019)

Etapa de operación. Las actividades específicas de esta etapa incluyen la puesta en servicio y el mantenimiento. En esta etapa el sistema HMI estará en servicio, una vez que el comisionamiento termine. A partir de este punto cualquier cambio en la interfaz Humano-Máquina, será parte del mantenimiento, para lo cual se deberán realizar copias de seguridad en intervalos programados regularmente y se considerarán los archivos necesarios del sistema de control para minimizar el tiempo de recuperación en caso de pérdida. (Morales, 2019)

Ingeniería de Factores Humanos (HFE) y Ergonomía. La aplicación correcta de los principios de Ingeniería de Factores Humanos (HFE) relacionados con las capacidades y limitaciones cognitivas y sensoriales de los usuarios de la HMI apoya un diseño efectivo de la HMI (Morales, 2019). Algunos puntos importantes de la HFE son:

- El diseño de la HMI debe estar acorde con las tareas principales de los usuarios de monitoreo y control de procesos y debe minimizar el impacto de las tareas secundarias.
- La HMI debe tener una “apariencia” coherente con conceptos de diseño coherentes para la visualización de la información y la interacción del usuario.
- La HMI debe basarse en los requisitos de la tarea y las necesidades del operador.
- La forma de las funciones HMI deben ser intuitivas para el usuario.
- La HMI debe estar diseñada para soportar tareas relacionadas con todos los modos de operación comúnmente esperados, incluidas las condiciones anormales (por ejemplo, el manejo de alarmas).
- La HMI debe proporcionar información o controles apropiados para la tarea.

- La información se debe presentar en formas o formatos que sean apropiados para los objetivos del usuario.
- La información de respaldo debe estar fácilmente disponible para el usuario (por ejemplo, los procedimientos utilizados para poner en marcha un equipo o proceso por lotes, los procedimientos de respuesta de alarma o los manuales de usuario de la HMI, etc.).
- La terminología utilizada en las pantallas de la HMI debe ser coherente con las descripciones comunes del usuario. El operador debe tener conciencia de las situaciones, lo que significa ser conscientes de lo que está sucediendo en el proceso, su estado y lo que puede suceder. (Morales, 2019)

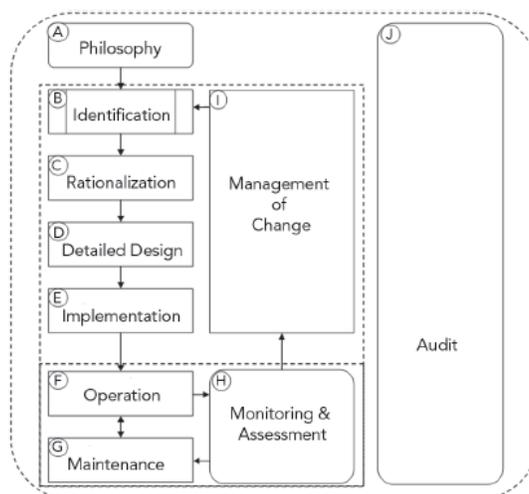
ANSI-ISA 18.2

La norma ANSI-ISA 18.2 proporciona una metodología de Manejo y Gestión de Alarmas como se observa en la Figura 5, cuyo fin es mejorar la seguridad de procesos industriales, estas normas se implementarán en conjunto con la operación y los procesos de gestión de cambio, y de esa manera asegurar la eficacia y alto desempeño a largo plazo. Esta norma está enfocada en los sistemas de alarma que son parte de sistemas de control industriales modernos como DCS (Sistemas de Control Distribuido) y sistemas SCADA.

Además, indica los límites del sistema de alarmas con relación a los términos utilizados en otros estándares como el Sistema de Control de Procesos Básicos (BPCS), el Sistema de Instrumentado de Seguridad (SIS), entre otros. (Hollifield, Understanding and Applying the ANSI/ISA 18.2 Alarm Management Standard, 2010). La norma ISA 18.2 fue desarrollada en base a un modelo de ciclo de vida, el cual está compuesto de diez etapas como se puede observar en la Figura 5.

Figura 5

Ciclo de vida de la gestión de alarmas



Nota. Obtenido de (Hollifield, Understanding and Applying the ANSI/ISA 18.2 Alarm Management Standard, 2010)

- **Filosofía:** Es el punto de partida del ciclo, la filosofía proporciona una guía para todas las otras etapas y garantiza que todos los procesos de cada etapa estén planificados y documentados.
- **Identificación:** Determina la importancia de las alarmas, es decir, que alarmas son necesarias en el sistema.
- **Racionalización:** Cada alarma potencial se prueba en base a los criterios documentados en la filosofía de alarma, para justificar que cumple los requisitos. Las alarmas se analizan para definir sus atributos (límite, prioridad, clasificación y tipos). Los resultados de la racionalización se documentan en una Base de datos maestra de alarmas.
- **Diseño detallado:** En esta etapa se desarrolla el diseño de los aspectos de la alarma cumpliendo con los requisitos determinados en la racionalización y filosofía, esto incluye algunas decisiones de representación de la HMI.

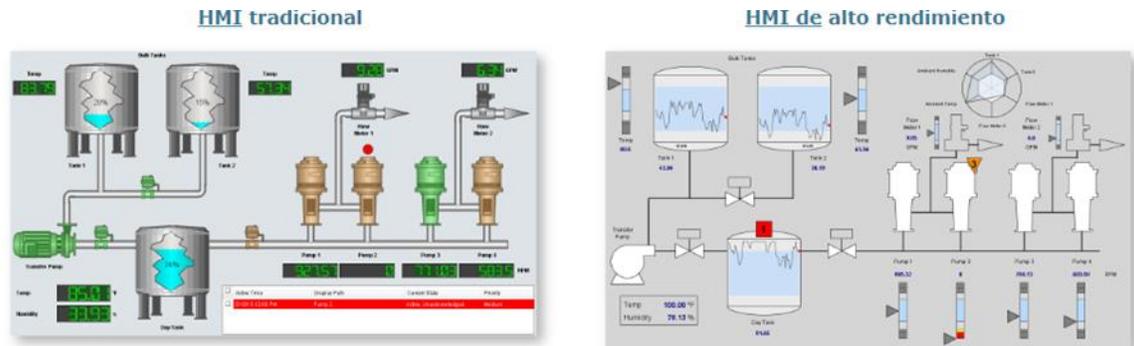
- **Implementación:** En esta etapa las alarmas se ponen en funcionamiento, esta etapa puede involucrar puesta en marcha, pruebas y capacitación de los operarios.
- **Operación:** La alarma es funcional. Esta etapa incluye capacitación de actualización, si es necesario.
- **Mantenimiento:** Las alarmas dejan de estar operativas debido a actividades de prueba o reparación.
- **Monitoreo y evaluación:** El monitoreo y evaluación del sistema de alarma es una etapa independiente porque abarca los datos recogidos en las fases de operaciones y mantenimiento. Se monitorea el sistema de alarma continuamente en base a los objetivos de desempeño establecidos en la filosofía. (Moya, 2018)
- **Gestión de cambio:** Los cambios en el sistema de alarmas siguen un proceso definido.
- **Auditoría:** Se ejecutan revisiones periódicas para mantener la integridad del sistema de alarmas y los procesos de trabajo de gestión de alarmas.

HMI de alto desempeño

La mayor parte del tiempo los diagramas P&ID han sido utilizados como base para el diseño de las HMIs, sin embargo, en la actualidad estos diagramas contienen demasiada información que puede llegar a ser prescindible a la hora de diseñar una HMI, además de que también puede generar un bajo desempeño de la misma. (Hollifield, Oliver, & Nimmo, The High Performance HMI Handbook, 2008)

Figura 6

HMI tradicional vs HMI de alto rendimiento



Nota. Obtenido de (Inductiveautomation, 2021)

En la Figura 6 se puede apreciar las diferencias entre una HMI tradicional y una de alto rendimiento. A continuación, se describen algunas características que poseen las HMI de alto desempeño:

- HMI simple, tomando en cuenta quién será el operador, la interfaz se debe explicar por sí misma y entenderse fácilmente, las ventanas deben ser similares, con lo cual, se sigue el mismo diseño de ventana en todo momento, las HMI de alto desempeño evitan pantallas demasiado técnicas, mientras más simple sea, mejor.
- Solo datos esenciales, simplifican el control y la supervisión del proceso, mostrando y almacenando únicamente la información más importante.
- No tiene saturación de información en una sola pantalla. Las pantallas son dimensionadas de acuerdo a la cantidad de información que sea más importante para el operador.
- Posee tendencias que tienen asociado información importante e indicadores de rendimiento claves.

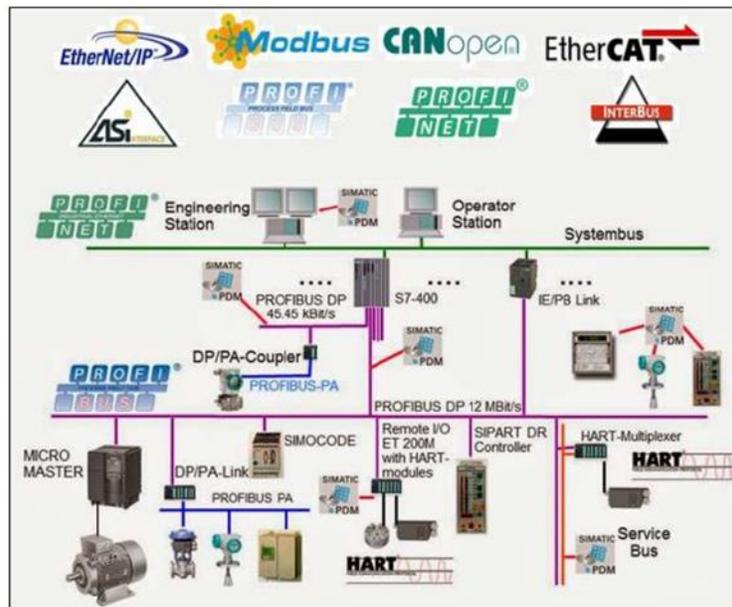
- El fondo de pantalla gris es muy usado para minimizar la fatiga visual, generalmente con esto se puede bajar el contraste entre los elementos, letras, tipografías, etc.
- Es bien limitado el uso de colores para elementos principales del proceso. Los colores para las alarmas son utilizados solo en el panel de alarmas, nunca debe ser utilizada para textos, líneas, bordes u otros elementos relativos diferentes a estas.
- Los equipos son mostrados en 2D de esta manera hacen un buen contraste con el fondo de la pantalla.
- El método de navegación utilizado debe ser lógico y consistente, utilizando jerarquías para la exposición de los detalles del proceso.
- Para la navegación entre las diferentes ventanas, el operador requiere de un mínimo de acciones sobre el teclado.
- Los elementos mostrados en las ventanas de gráficos se pueden identificar claramente y se encuentran acorde al código de colores.
- Las líneas de proceso son utilizadas en escala gris y poseen líneas ligeramente más gruesas para identificar las líneas principales del proceso.

Redes de comunicación industrial

Las redes de comunicación industrial (Figura 7) forman parte esencial de los procesos de producción de las empresas, ya que transfieren información entre varios equipos de un sistema determinado, debido a esto las comunicaciones industriales deben tener en cuenta muchos aspectos particulares para satisfacer las necesidades que requieren las empresas en el ámbito de la intercomunicación de equipos y procesos en tiempo real, además de que deben soportar ambientes de trabajo extremos, como las condiciones ambientales severas y el ruido electromagnético que se genera en áreas industriales.

Figura 7

Esquema de comunicaciones industriales

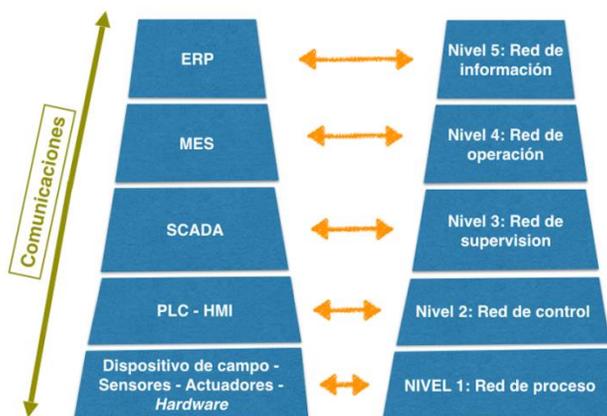


Nota. Obtenido de (Hurtado Torres, 2011)

Pirámide de automatización industrial

Con el fin de desarrollar procesos productivos más eficientes, estos han sido estructurados basándose en la pirámide CIM, la cual es un modelo jerárquico para la implantación de sistemas automatizados. Este modelo busca incrementar la eficiencia de todos los elementos de la empresa, relacionados con la producción, estableciendo las siguientes metas: aumentar la flexibilidad, mejorar la calidad del producto, responder con mayor velocidad a cambios en los requerimientos de producción o composición, reducir costos, mejorar el sistema de inventario, logística y distribución, reducir tiempo y número de pasos utilizados para la fabricación, Incrementar la confiabilidad del sistema. (Valdivia, 2019)

Este modelo estructura las aplicaciones de manera jerárquica, dividiendo las tareas del control en cinco niveles funcionales (Figura 8), estos niveles se encuentran divididos en base al tráfico y tipo de información que se intercambia. (Valdivia, 2019)

Figura 8*Pirámide de automatización industrial*

Nota. Obtenido de (Witorg, 2021)

Nivel de campo y proceso. Constituye el nivel más bajo de la automatización, en el residen los procesos de producción donde se encuentran todos los equipos físicos necesarios para la industria como sensores, actuadores y otros dispositivos para el trabajo físico y de monitoreo.

Nivel de control. En este nivel se incluyen dispositivos de control como los autómatas programables o controladores lógicos programables (PLC) los cuales reciben información del nivel 1 y 3 para ejecutar acciones programadas y controlar de esa forma el proceso productivo o industrial.

Nivel de supervisión. Este nivel está constituido por los sistemas SCADA mediante los cuales se puede monitorear, supervisar, adquirir y almacenar datos de todo un sistema de producción.

Nivel de operación o planeación. Un sistema MES (Manufacturing Execution System) se encarga de controlar y supervisar la producción total de toda una planta. En este nivel se obtiene información estratégica directamente del proceso productivo, agilitando la planificación correcta de la organización y facilitando de esta forma la toma de decisiones, además permite detectar errores, agilizar los procesos, reduce tiempos y por ende, disminuir los costos de producción.

Nivel de gestión. En este nivel se utilizan las tecnologías o sistemas de gestión de empresas llamado ERP (Enterprise Resource Planning), el cual permite a compañías y negocios, monitorear los procesos de manufactura, ventas, compras y otros aspectos relacionados a producción. Los ERP permiten mantener procesos abiertos y eficientes para que los diversos equipos de una empresa estén sincronizados.

Ventajas de las comunicaciones industriales

Según (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009) la implementación de un sistema de comunicaciones da las siguientes ventajas:

- Tras una orden de fabricación, todos los elementos de un sistema, proceso o planta reciben de forma simultánea la información.
- Permitir centralizar las señales de alarma de cada componente del proceso.
- Permitir el control de la producción, ya que todos los equipos de planta pueden enviar información a otro sistema que almacenará y procesará dicha información.
- Reducción de costes de producción.
- Mejora de la calidad.
- Mejora de la productividad.
- Mejora de la efectividad de sus sistemas.
- Reducción de costes de mantenimiento.

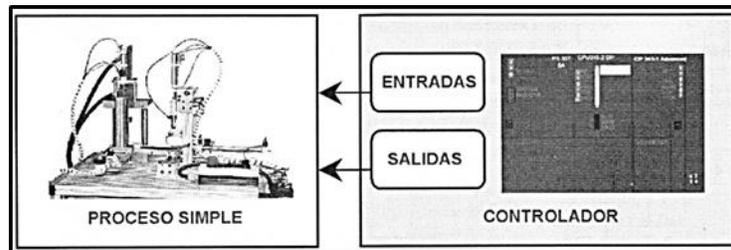
Sistemas centralizados y distribuidos

Basándose en la complejidad del sistema o de los componentes que intervienen en la red de comunicación, el tipo de control se puede clasificar como sistema centralizado o distribuido.

Sistemas centralizados. Son aquellos en los que el control se realiza por un solo sistema (Figura 9).

Figura 9

Sistema de control centralizado



Nota. Obtenido de (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

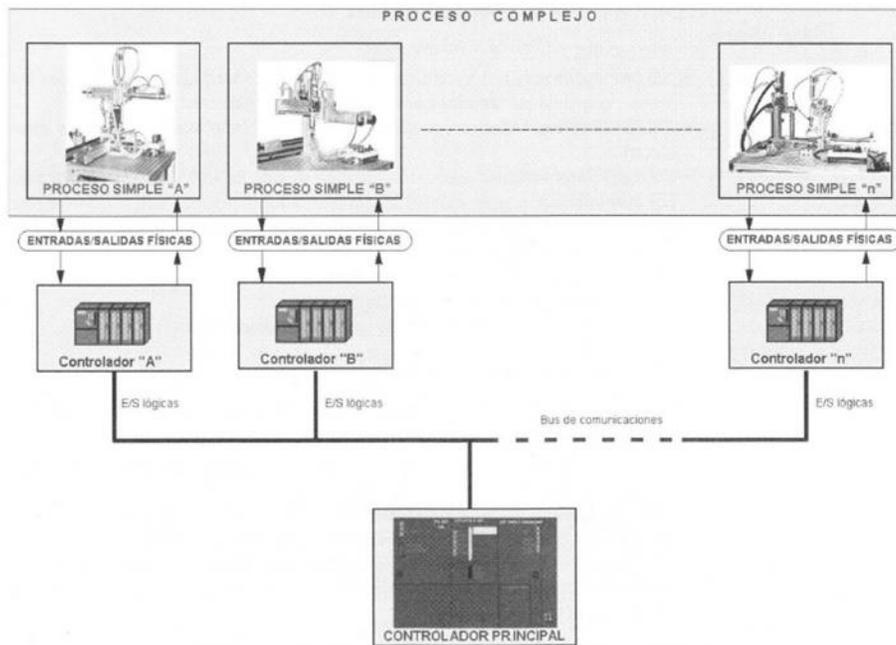
Algunas características de este sistema son:

- Es efectivo mientras el sistema no sea excesivamente grande ni complejo.
- Es fácil de mantener, ya que sólo hay un único controlador.
- Al existir un único controlador, no existen problemas de compatibilidad.
- Son muy delicados a los fallos; si el controlador falla, todo se detiene.

Sistemas distribuidos. El control se realiza a través de diferentes sistemas conectados en red.
(Figura 10)

Figura 10

Sistema de control distribuido



Nota. Obtenido de (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

Algunas características este sistema son:

- La responsabilidad es repartida entre diferentes controladores.
- Todos los controladores deben de comunicarse a través de una red.
- Se caracteriza por ser un sistema más flexible que el centralizado.
- Se pueden hacer ampliaciones con otros controladores.
- Se puede partir de un sistema básico e ir ampliando a medida que el sistema lo exija, añadiendo módulos u otros controladores.
- Permite la integración de dispositivos de diferentes fabricantes comunicables entre sí.

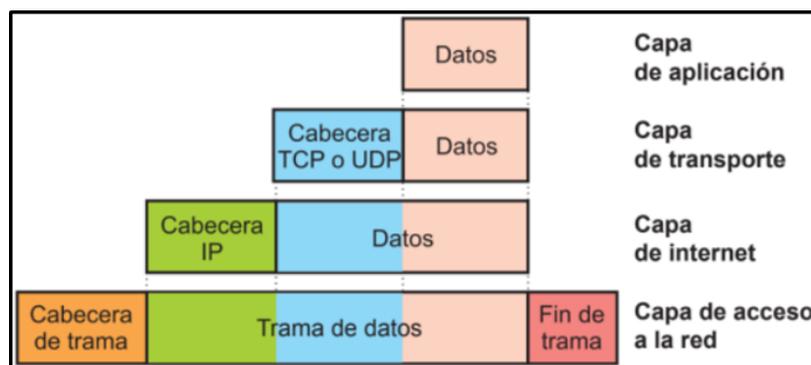
Modelo TCP/IP

Es el modelo más empleado en interconexión de sistemas, posee un conjunto de reglas que permiten la comunicación de equipos entre si dentro de una red, gracias a lo cual se ha convertido en un estándar de internet. Este modelo especifica cómo deben ser tratados los datos, direccionados, transmitidos, encaminados y recibidos. Organiza las tareas en capas, de manera tal que las entidades de una capa ofrecen servicios a la entidad de una capa superior (Valdivia, 2019).

El modelo TCP/IP tiene cuatro capas o niveles de abstracción (Figura 11) los cuales se describen a continuación:

Figura 11

Generación de una trama con TCP/IP



Capa de acceso a la red. Establece las características del medio de transmisión y las características físicas de la transmisión como el tipo de señal, velocidad de transmisión, etc. Realiza también la traducción de las direcciones de nivel de red (IP) a direcciones físicas, generando de esta manera las tramas de datos que se enviarán. (Valdivia, 2019)

Capa de internet. Define la ruta a seguir por parte de los datos desde su origen hasta su destino. Esto ocurre cuando se tienen equipos conectados en diferentes redes y necesitan intercambiar datos entre sí. (Valdivia, 2019)

Capa de transporte. Denominado como extremo a extremo (host to host), brinda un servicio de transferencia de datos entre sistemas finales, ocultando detalles de red. Existen dos tipos de protocolos para esta capa, el orientado a la conexión (TCP) o no orientado a la conexión (UDP).

- Protocolo TCP: brinda un envío fiable de los datos, a costa de añadir más información a los mismos.
- Protocolo UDP: permite el envío de datos sin haber establecido previamente una conexión proporcionando un nivel de transporte no fiable.

Capa de aplicación. Brinda establecer comunicación entre aplicaciones de equipos remotos. Manipula aspectos de representación, codificación y control de diálogo. (Valdivia, 2019)

Topologías de redes

Las topologías de las redes es el aspecto físico que forman los equipos y el cableado de los mismos, suelen usarse en pocas estaciones y cuando se necesita abarcar distancias cortas. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

A continuación, se describen los tipos existentes de redes:

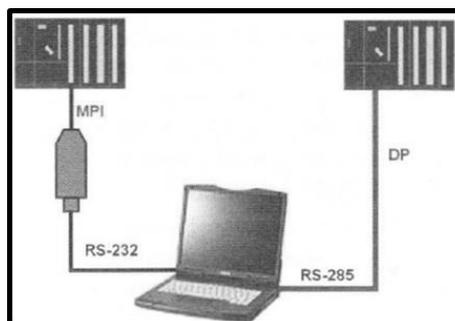
Tipo punto a punto. Se basa en la conexión directa de dos equipos como se ilustra en la Figura 12, sus características son:

- No existe la necesidad que se incluyan direcciones de origen y destino dentro de la trama del mensaje.
- Se conectan mediante sistemas Half-Duplex (RS-485) o Full-Duplex (RS-422), para el segundo caso no hay la necesidad de tener acceso al medio ya que tienen la posibilidad de comunicarse bidireccionalmente de manera simultánea.

- El sistema de cableado utilizado es sencillo y a veces sin necesidad de adaptadores de red. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

Figura 12

Estructura de red punto a punto



Nota. Obtenido de (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

En la Tabla 1 se presentan algunas ventajas y desventajas de la configuración punto a punto:

Tabla 1

Ventajas y desventajas de la red punto a punto

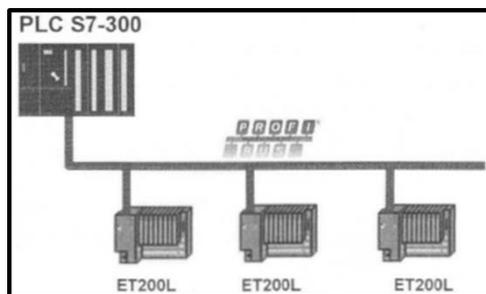
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Topología simple en su instalación	Valido para pocos nodos
Fácil control de acceso a la red	Múltiples tarjetas de comunicaciones
Si un nodo falla, el resto puede funcionar	

Tipo Bus. Consiste en una única línea compartida por todos los nodos de la red (Figura 13).

Cada nodo debe averiguar si el bus se encuentra libre antes de enviar un mensaje, esto significa que solo un único mensaje puede circular por el canal, caso contrario se producirá una colisión. (Aquilino Rodríguez, 2008)

Figura 13

Estructura de red tipo Bus



Nota. Obtenido de (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

A continuación, en la Tabla 2 se muestran algunas ventajas y desventajas de esta configuración:

Tabla 2

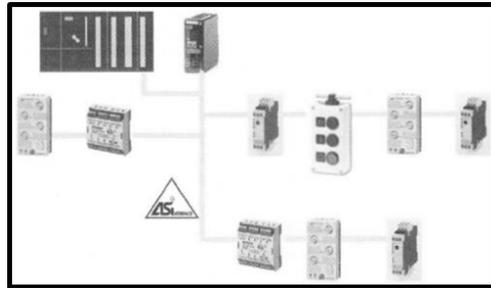
Ventajas y desventajas de la red tipo bus

VANTAJAS	DESVENTAJAS
Bajo coste de instalación	Distancia máxima 10 Km, requiere repetidores debido a la atenuación
Fácil control de flujo	Alta probabilidad de colisiones de red
Si un nodo falla, el resto puede funcionar	Acaparamiento del medio cuando un nodo establece comunicación larga
Los nodos pueden comunicarse entre si	
La ampliación de nuevos nodos y estaciones es sencilla	Dependencia total del canal

Tipo árbol. Está conformado por buses conectados entre sí formando una estructura arbórea (Figura 14). Este tipo de conexión permite obtener mayor alcance, pero la atenuación aumenta. Este tipo de red puede ser aplicado en un sistema de red dividida en zonas independientes dentro de una empresa. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

Figura 14

Estructura de red tipo árbol.



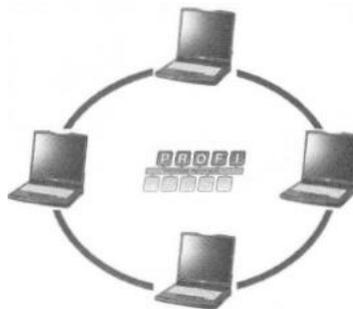
Nota. Obtenido de (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

Tipo anillo. En este tipo de conexión, los dos extremos se unen para formar un bus cerrado dando forma a un anillo (Figura 15). Las características principales son:

- Flujo de información en un único sentido.
- El mensaje circula por el anillo hasta llegar al receptor.
- Permite la circulación de uno o más mensajes.
- Permite agregar fácilmente un nuevo equipo al anillo, solo se debe conectarlo físicamente para que forme parte de la red.
- Puede llegar a tener un rendimiento alto, la velocidad la rige el equipo más lento.

Figura 15

Estructura de red tipo anillo



Nota. Obtenido de (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

En la Tabla 3 se describen algunas ventajas y desventajas de la estructura tipo anillo.

Tabla 3

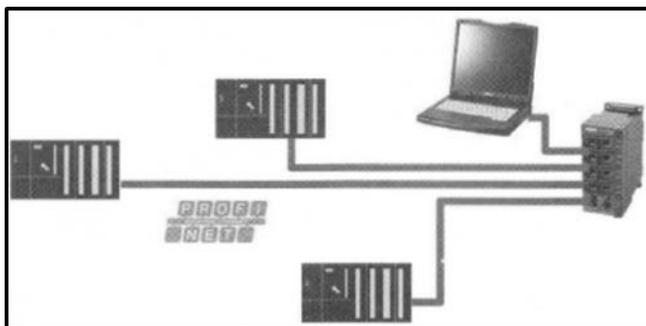
Ventajas y desventajas de la red tipo anillo

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Todos los mensajes circulan por la misma ruta	Si un equipo falla la red deja de funcionar
Facilidad para agregar nuevos nodos	
No se producen colisiones	Trabaja a cortas distancias
Cada nodo actúa como repetidor por lo que se elimina el problema de atenuación	

Tipo estrella. Todos los puestos de trabajo se conectan a un mismo nodo que tiene el nombre de concentrador o HUB (repetidor de la información) (Figura 16). El nodo único controla completamente la transferencia de información, lo cual origina dependencia sobre ese elemento. Al existir un fallo en el único nodo, toda la red fallará y caerá. Suele utilizarse en redes LAN, Ethernet y Fast Ethernet. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

Figura 16

Estructura de red tipo estrella



Nota. Obtenido de (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

En la Tabla 4 se describen algunas ventajas y desventajas de la estructura tipo estrella.

Tabla 4

Ventajas y desventajas de la red tipo estrella

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Debido a que la información no se traslada a través de nodos intermedios, resulta en un rendimiento mayor de la red.	Depende completamente del HUB, al fallar el HUB la red caerá
Facilidad para agregar o quitar nodos	Pueden producirse cuellos de botella en caso de que el HUB no se lo
Fácil conexasión y mantenimiento	suficientemente potente
Permite diferentes velocidades	

Interconexión de redes

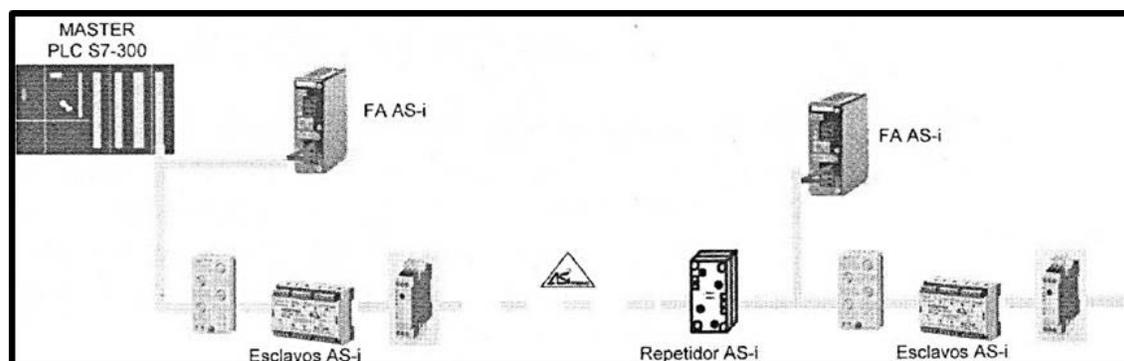
Al diseñar un tipo de red, esta debe ser capaz de poder ampliarse y ofrecer la facilidad de poder conectarse a otras redes ya sean del mismo tipo o diferentes (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009).

Debido a esta necesidad se tiene una serie de dispositivos auxiliares de tal manera que brinden esta facilidad de interconexión a la red, estos elementos son: repetidor, puente o bridge, encaminador o router, pasarela o gateway

Repetidor. El repetidor cumple la función de acondicionar señales eléctricas atenuadas debido al incremento de la longitud de la línea de la red y así evitar que el receptor no sea capaz de leer los datos transmitidos (Figura 17). Opera en el nivel 1 del modelo OSI, ya que no intervienen en el control de acceso ni en la topología de las señales eléctricas (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009). Cabe recalcar que los repetidores funcionan de manera bidireccional.

Figura 17

Ejemplo de instalación con repetidor



Nota. Obtenido de (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

A continuación, en la Tabla 5 se presentan algunas ventajas y desventajas de este tipo de interconexión.

Tabla 5

Ventajas y desventajas de los repetidores

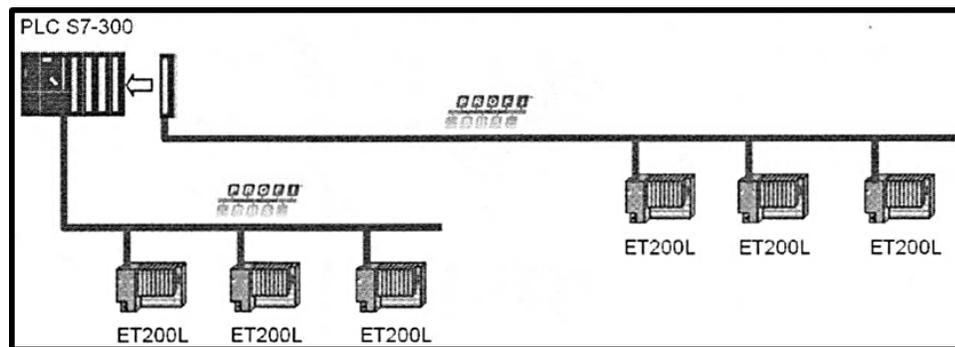
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Facilidad para operar	No atiende a las direcciones de red, únicamente repite las señales.
No requiere configuraciones especiales ya que opera en el nivel físico	No resuelve problemas de tráfico. Al presentarse una colisión transportara esa información errónea

Puente o bridge. Tiene la capacidad de realizar operaciones básicas en la red, son capaces de almacenar y reenviar las tramas recibidas en función del contenido de estas (Figura 18). Su principal labor es la de conectar dos redes del mismo tipo, estructura y protocolo. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009). Operan en el nivel de capa 2 ya que opera sobre la trama de la red. Al realizar esta operación el puente ejecuta las siguientes fases:

- Almacena en la memoria la trama recibida, para su posterior análisis.
- Comprueba el campo de control de errores, en caso de existir alguno elimina las tramas de la red.
- Una vez que comprueba la inexistencia de errores se reenvía la trama al destinatario.

Figura 18

Ejemplo de instalación con puente



Nota. Obtenido de (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

Encaminador o router. Su principal tarea es la de encaminar o convertir paquetes entre los distintos puertos utilizando la dirección lógica correspondiente, es decir, une dos redes con diferente configuración, pero haciendo que trabajen bajo el mismo protocolo (Figura 19). Opera en el nivel 3 de la red (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

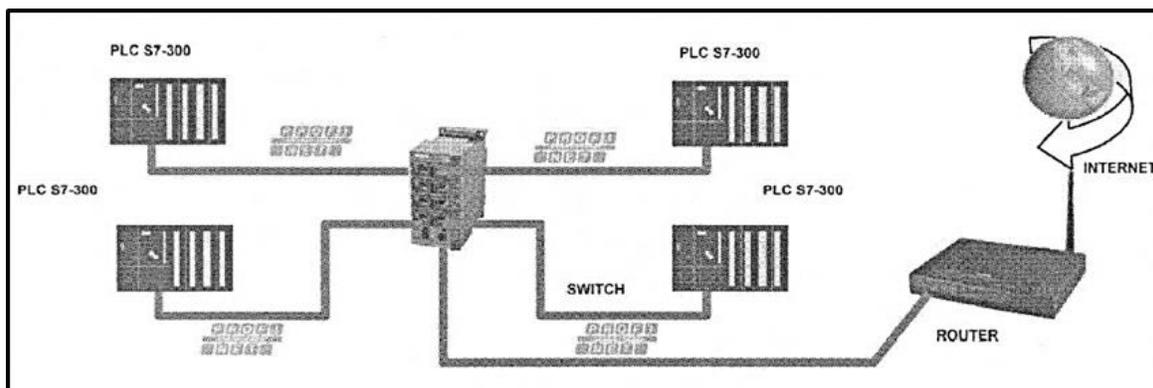
Pasarela o Gateway. Une dos redes con diferente estructura, tipo y protocolo, funciona como una puerta de enlace entre redes (Figura 10). Son máquinas de red inteligentes, su operación se realiza a nivel de software. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009). Las funciones principales de una pasarela son:

- Reconocimiento y almacenamiento de los mensajes correspondientes a las estaciones de la red origen.
- Adaptación de los formatos de datos de la red destino.
- Envío del mensaje a la red y estación destino.

- Conexión física de cada uno de los tipos de la red conectados.

Figura 19

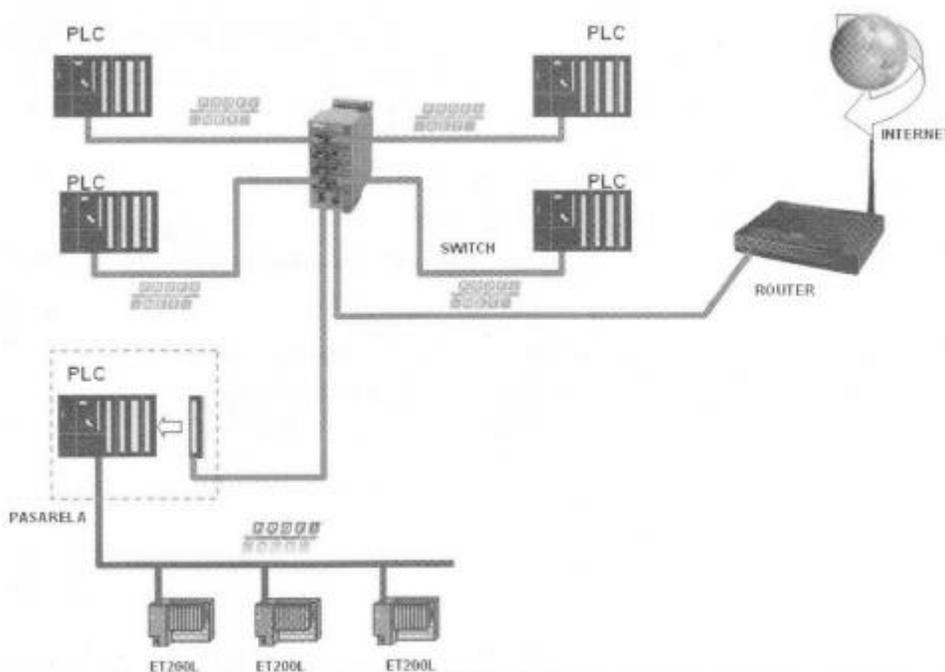
Ejemplo de instalación con router



Nota. Obtenido de (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

Figura 20

Ejemplo de instalación con pasarela



Nota. Obtenido de (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

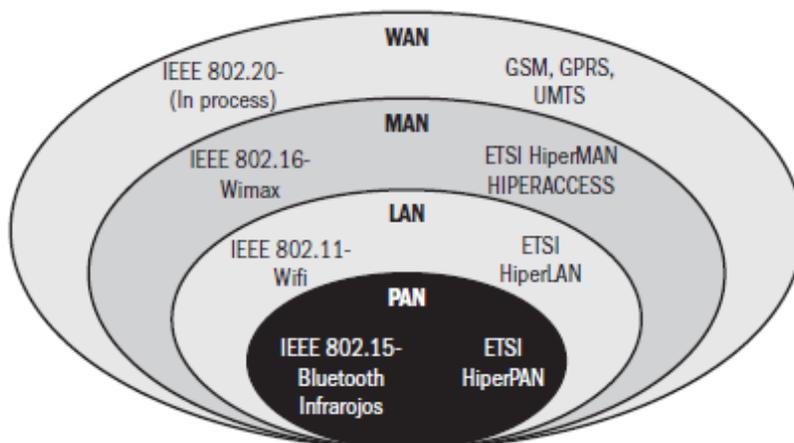
Redes de comunicación inalámbrica

Son sistemas capaces de transferir información a través de la red sin necesidad de estar interconectados entre sí físicamente, como se puede apreciar en la Figura 21 existen diferentes tipos de redes entre las que tenemos WLAN, WPAN, WMAN y WWAN. (Oliva Alonso, 2013)

Tomando en cuenta el alcance, las redes WAN/WMAN cubren desde decenas hasta miles de kilómetros, mientras que las redes WLAN alcanzan hasta los 100 metros. La red WPAN es una nueva categoría que tienen un alcance de hasta 30 metros.

Figura 21

Tecnologías inalámbricas con sus estándares



Nota. Obtenido de (Salvetti, 2011)

Componentes de una red inalámbrica

Placa de red inalámbrica. Estos componentes (Figura 22) reciben y envían información entre los computadores de la red, existen placas de diferentes velocidades, entre 54 Mbps y 108 Mbps, por lo general todas tienen una antena de baja ganancia que puede ser externa o interna.

Figura 22

Tipos de adaptadores de red inalámbrica



Nota. a) Placa PCI, b) Placa PCI 802.11n, c) Placa PCMCIA/PCCARD, d) USB. Obtenido de (Salvetti, 2011)

Existen tres tipos de adaptadores: PCI, usados en los computadores de escritorio; PCMCIA/Pccard, utilizados en las primeras laptops o notebooks, y USB, que son muy comunes hoy en día para notebooks o netbooks.

Punto de acceso. Es el punto principal de emisión y recepción. Centraliza la transmisión de la información de toda la red, también puede vincular los nodos inalámbricos con una red cableada (Figura 23). Estos dispositivos trabajan a velocidades de entre 54 Mbps y 108 Mbps. Poseen una encriptación tipo WEP, WPA y WPA2. Un punto de acceso tiene dos características importantes, la primera se refiere a la potencia de transmisión la cual se mide en dbm (unidad de medida de potencia) o mw (miliwatts); por otra parte, está la sensibilidad la cual se refiere a que tan débiles pueden ser las señales detectadas por el punto de acceso, se la mide en dbm. (Salvetti, 2011)

Figura 23

Punto de acceso



Nota. Obtenido de (Salvetti, 2011)

Router inalámbrico. Es utilizado en conexiones ADSL ya que no da acceso a internet, además permite distribuir internet a través de cableado o inalámbricamente con el punto de acceso integrado (Figura 24). Puede restringir el acceso a usuarios y controlar el ancho de banda y las prioridades de acceso por cliente conectado. (Salvetti, 2011)

Figura 24

Router inalámbrico 4G LTE



Nota. Obtenido de (Salvetti, 2011)

Antenas. Transforman la energía de corriente alterna en un campo electromagnético o viceversa para que de esta manera se pueda realizar la comunicación (Figura 25). Entre algunos tipos de antenas tenemos las omnidireccionales la cuales irradian energía electromagnética en todas las direcciones y las direccionales la cuales solo lo hacen en una dirección determinada. (Salvetti, 2011)

Figura 25

Antena Wifi Punto A Punto Cpe605 Tp-link 5ghz



Nota. Obtenido de (Cyberplus, 2021)

Aparte de los dispositivos antes mencionados que son fundamentales a la hora de establecer una red inalámbrica, existen también dispositivos usados de manera menos frecuente ya que sirven para solucionar problemas puntuales como por ejemplo amplificadores de señal, equipos PoE, protectores de rayo entre otros. (Salvetti, 2011)

Topologías de redes inalámbricas

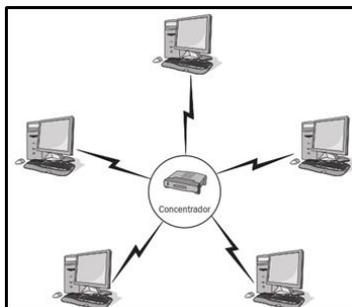
Las redes inalámbricas pueden hacer uso de las topologías para redes cableadas las cuales se explicaron anteriormente. Sin embargo, la topología más usada y recomendada para este tipo de redes es la configuración estrella (Figura 26), teniendo de esta manera un punto concentrador al cual se conectarán los dispositivos que conformarán la red

Modos de operación

Modo infraestructura. Este modo requiere de un punto de acceso conectado a un segmento cableado de red, ya sea de Ethernet, token ring, coaxial, cable óptico (Figura 27). En ocasiones la conexión termina en un módem router para conexión con un operador de cable o ADSL.

Figura 26

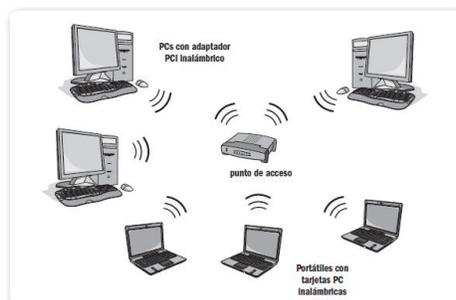
Topología estrella para redes inalámbricas



Nota. Obtenido de (Salvetti, 2011)

Figura 27

Modo infraestructura



Nota. Obtenido de (Salvetti, 2011)

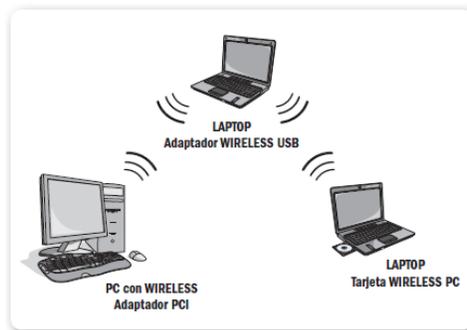
El punto de acceso tiene la función de canalizar las comunicaciones en una red cableada y además controla los accesos de los diferentes dispositivos. La principal limitación radica en la capacidad máxima, ya que se reparte entre el número de clientes que se encuentren conectados a la red. Un punto de acceso otorga un alcance limitado a distancias entre 20 y 100 m, en exteriores este alcance puede aumentar entre los 200 m y 50 km.

Modo Ad hoc. Estas redes no necesitan de un punto de acceso, los dispositivos interactúan entre ellos, habilitando así la comunicación directa, debido al modo de conexión de los dispositivos no existe un elemento central que los canalice (Figura 28). Se pueden agregar nuevos dispositivos siempre

y cuando se encuentren dentro del área de cobertura y con la misma identificación de red. Se pueden generar una gran cantidad de interferencias debido a la inexistencia de un dispositivo central.

Figura 28

Modo AdHoc



Nota. Obtenido de (Salveti, 2011)

Ventajas de redes inalámbricas

- Mayor movilidad
- Facilidad para agregar nuevos dispositivos a la red, sin necesidad de cableado.
- Costes de implantación reducidos.
- Disminución de costos de mantenimiento.
- Facilidad para la actualización de las tecnologías inalámbricas.
- Retorno de inversión tanto en tiempo como en dinero.

Desventajas de redes inalámbricas

- Probabilidad de sufrir interferencias.
- Velocidad de transmisión inferior con respecto a las redes cableadas.
- Menor grado de seguridad con respecto a las redes cableadas.

Industria 4.0

El termino Industria 4.0 hace referencia a un nuevo modelo organizacional de la cadena de control a lo largo del ciclo de vida del producto y de los sistemas de producción desarrollado gracias a las tecnologías de la información. De una manera más simplificada la Industria 4.0 se fundamenta en la digitalización de procesos industriales de manera tal que se optimicen recursos para obtener metodologías comerciales efectivas. El gobierno alemán utilizo por primera vez el termino Industria 4.0, su objetivo fue describir la organización de procesos de producción basándose en la tecnología y dispositivos conectados entre sí de manera autónoma a lo largo de la cadena de valor, esta evolución tecnológica también se denomina la cuarta revolución industrial (Figura 29).

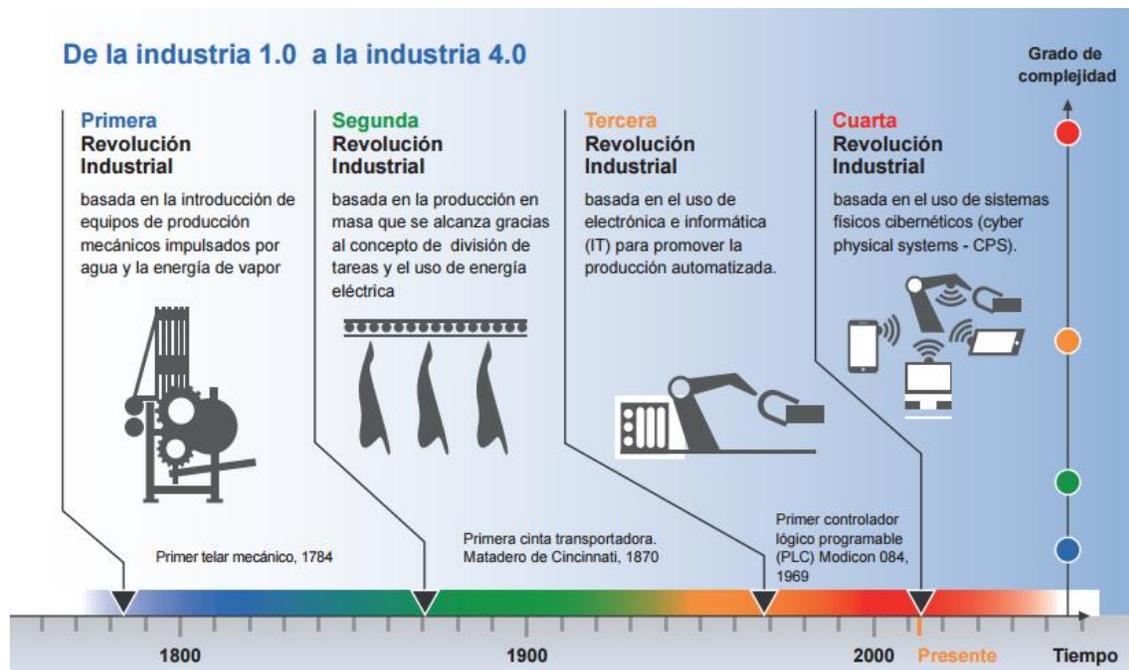
En esta nueva etapa, los sensores, las máquinas, los componentes y los sistemas informáticos estarían conectados a lo largo de la cadena de valor. Esta conexión permite que los dispositivos y los sistemas colaboren entre ellos y con otros sistemas para crear una industria inteligente, con producción descentralizada y que sea capaz de adaptarse a los cambios en tiempo real (Blanco, Fontrodona, & Poveda, 2019)

Internet Industrial de las cosas

El internet industrial de las cosas (IIoT), básicamente es la aplicación de la tecnología del internet de las cosas enfocado al sector industrial, con el fin de mejorar la eficiencia de los procesos industriales, así como también en la gestión de activos y tareas de mantenimiento. El IIoT, utiliza el aprendizaje de maquina (Machine Learning) y la tecnología de grandes volúmenes de datos (Big Data), estableciendo una comunicación máquina a máquina (M2M) y las tecnologías de automatización industrial ya existentes. El internet industrial de las cosas brinda la facilidad de la recopilación de datos, con una alta precisión, otorgando así un monitoreo efectivo. (Yague, Hernández, Trujillo, & Delgado, 2020)

Figura 29

Evolución de la industria a lo largo del tiempo



Nota. Obtenido de (Huthoefer, 2021)

Beneficios IIoT

- Toma de decisiones rápidas y sustentadas: Este beneficio es posible gracias a que la información generada por los diferentes equipos, máquinas y dispositivos es exacta, real y constante; con toda esta información es posible sustentar la toma de decisiones e identificar patrones y/o tendencias que evidencien nuevas oportunidades o den lugar a la innovación.
- Mantenimiento predictivo y preventivo: El análisis de los datos recopilados a través de los sensores permite predecir cuándo puede fallar un activo, de esta forma se pueden realizar cambios de componentes o mantenimientos antes de que la falla impacte a la cadena de producción, sin duda alguna es una de las grandes ventajas del Internet

industrial de las cosas ya que permite anticiparse a eventualidades, como fallas de sistemas o de los equipos de producción.

- **Incremento de la calidad:** Mediante la constante recopilación de datos y su respectivo análisis se puede determinar las condiciones que se tienen que cumplir para que un producto o servicio pueda superar los controles de calidad. Cuando algún factor crítico de calidad se desestabiliza o sale de norma se pueden generar las alarmas correspondientes.

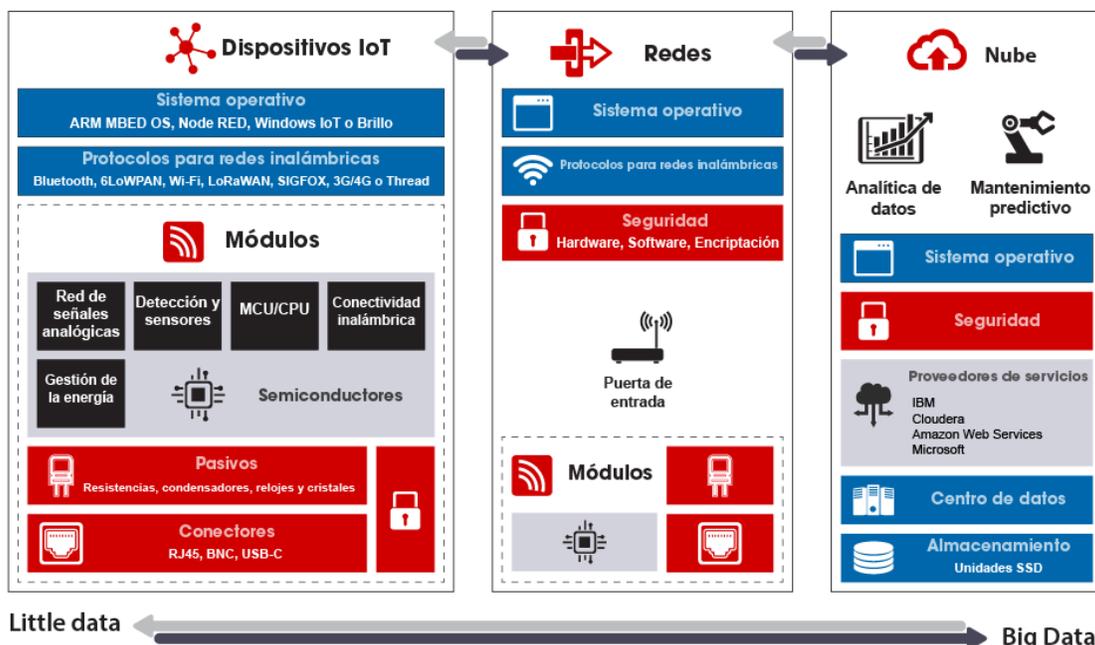
Arquitectura de un sistema IIOT

El funcionamiento de los sistemas de IIoT se basa en una estructura por capas (Figura 30):

- **Dispositivos encargados de registrar los datos, conectarse a la web y enviarlos:** En este nivel se encuentran los sensores, actuadores o controladores en maquinarias y procesos industriales.
- **Dispositivos de puerta de enlace (gateway):** estos dispositivos son los encargados de conectar los elementos del nivel 1 a la red, además tienen capacidad analítica de realizar un primer filtrado de la información.
- **La nube:** básicamente son servidores remotos en donde se almacenan y procesan los datos recabados por las capas anteriores.
- **Plataforma:** es el software que permite conectar todo en un sistema IIoT y que muchas veces constituye el punto de acceso del usuario, es donde los datos brutos se convierten en información procesable.

Figura 30

Arquitectura IIOT



Nota: Obtenido de (RS-ONLINE, 2021)

Protocolos de comunicación IIOT

En la comunicación de dispositivos IoT con internet, los protocolos más habituales son MQTT, CoAP y HTTP. Son altamente flexibles ya que están pensados para transmitir cualquier tipo de información.

Protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol). Es un protocolo cliente/servidor de código abierto que posee numerosas librerías, efectivo para enviar grandes cantidades de información, como por ejemplo lecturas de sensores minuto a minuto o cada hora. Es recomendable asegurar la información transmitida aplicando el protocolo criptográfico SSL/TLS sobre HTTP, lo que genera el protocolo de aplicación HTTPS. No obstante, el método más seguro consiste en incluir en el dispositivo

IoT solo un cliente HTTP, no un servidor HTTP, de manera que el dispositivo IoT pueda iniciar conexiones a un servidor web, pero no sea capaz de recibir solicitudes de conexión.

Protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). Es un protocolo de tipo publicación/suscripción que actúa sobre TCP, se destaca por ser ligero y sencillo de implementar, es apropiado para dispositivos de baja potencia como los que se pueden encontrar en IIoT; además es apropiado para el routing activo de un gran número de clientes conectados de forma simultánea.

CoAP (Constrained Application Protocol). Es un protocolo cliente/servidor, similar a HTTP pero con la diferencia que este usa UDP/multicast en lugar de TCP, además simplifica el encabezado reduciendo el tamaño de cada requerimiento. Desde el punto de vista de la seguridad utiliza DTLS (*Datagram Transport Layer Security*), el cual consiste en aplicar seguridad en la capa de transporte para proteger las comunicaciones.

AMQP (Advanced Message Queuing Protocol). Es un protocolo de tipo publicación/suscripción del nivel 7 del modelo OSI para aplicaciones distribuidas que soporta comunicaciones punto-a-punto, ofreciendo seguridad a través de la autenticación y cifrado mediante SASL o TLS. Este protocolo está diseñado para asegurar la confiabilidad e interoperabilidad, está pensado para aplicaciones corporativas, con mayor rendimiento y redes de baja latencia, no resulta tan adecuado para aplicaciones de IoT con dispositivos de bajos recursos.

DDS (Data Distribution Service). Es un protocolo de tipo publicación/suscripción diseñado para sistemas en tiempo-real, es un estándar abierto y descentralizado. Los nodos de DDS se comunican de forma directa punto a punto a través de UDP/multidifusión (multicast). Este protocolo resulta muy útil para aplicaciones que requieren intercambio de datos en tiempo real como el control del tráfico aéreo, gestión de redes inteligentes, vehículos autónomos, robótica, sistemas de transporte, generación de

electricidad, etc; además ofrece seguridad a través de TLS, DTSL y DDS. En la Tabla 6 se muestra un resumen de las principales características de los protocolos antes mencionados.

Tabla 6

Tabla comparativa sobre alguno de los protocolos

SÍMBOLO	TRANSPORTE	MODELO	SEGURIDAD	ARQUITECTURA
AMQP	TCP/IP	Intercambio de mensaje punto a punto	TLS	Árbol
CoAP	UDP/IP	Petición/Respuesta (REST)	DTLS	Árbol
DDS	UDP/IP (unicast + mcast) TCP/IP	Publicación/Suscripción Petición/Respuesta	TLS, DTLS, DDS	Bus
MQTT	TCP/IP	Publicación/Suscripción	TLS	Árbol
HTTPS	TCP/IP	Petición/Respuesta (REST)	SSL/TLS	Cliente Servidor

Plataformas IIoT

Las plataformas IIoT, son la base sobre la cual se puede lograr la conexión entre varios dispositivos, es decir es el software necesario para lograr conectar todo el hardware que vaya a conformar la red. Algunas de las características más importantes de las plataformas IIoT se describen a continuación:

- Conectividad y normalización, gracias a los diferentes protocolos y formatos de datos en una interfaz de software.

- Gestión de dispositivos verificando que estos se encuentren conectados y funcionando correctamente.
- Poseen un almacenamiento escalable de datos en la nube, teniendo la capacidad de gestionar un gran volumen de datos a altas velocidades.
- Realiza análisis complejos de la agrupación de datos básicos y aprendizaje automático.

Plataforma de conectividad M2M. Este tipo de plataformas están centradas en la conectividad entre dos dispositivos o dos máquinas remotas las cuales intercambian datos, estos son enviados al servidor el cual se encarga de gestionar el envío y recepción de la información. Se utilizan tarjetas SIM, cuyo propósito es establecer la comunicación ente las máquinas reduciendo la complejidad de la instalación, distribución y despliegue de soluciones M2M.

Plataforma en la nube Kaa IOT. Es una tecnología middleware de código abierto aplicable a IoT empresarial o a cualquier escala. Permite implementar aplicaciones con cualquier lenguaje de programación, admite el uso de los protocolos MQTT y CoAP. Utiliza los certificados TLS o DTLS por defecto para las comunicaciones.

Plataforma en la nube Thinger.io. Permite la conexión de dispositivos tanto para recibir datos a través de sensores o para enviar datos a través de internet, de manera que se puedan visualizar ya sea en un portal principal o en alguna otra aplicación compatible con el portal. Hace el uso del protocolo HTTP ya sea directamente o con ayuda de un Gateway, los datos obtenidos por el sensor se envían en formato JSON para su posterior visualización y almacenamiento.

Plataforma ThingSpeak. Permite la recogida de los datos captados por los sensores, su almacenamiento en la nube y su posterior visualización y análisis, el cual puede ser realizado por el software Matlab. Admite la creación de sistemas IoT sin tener que configurar servidores o desarrollar software web. Funciona con dispositivos como Arduino, Raspberry PI, Matlab entre otros.

Capítulo III

Diseño e implementación

Principios fundamentales de diseño

El diseño e implementación del sistema SCADA se lo realiza en base a las normas o estándares ANSI/ISA 101.01, ANSI/ISA 18.2 y una guía de estilo desarrollada por Rockwell Automation para su implementación en programas como FactoryTalk View SE and PlantPAx System. Las características y principios básicos de diseño en los cuales se fundamenta el sistema SCADA son los siguientes:

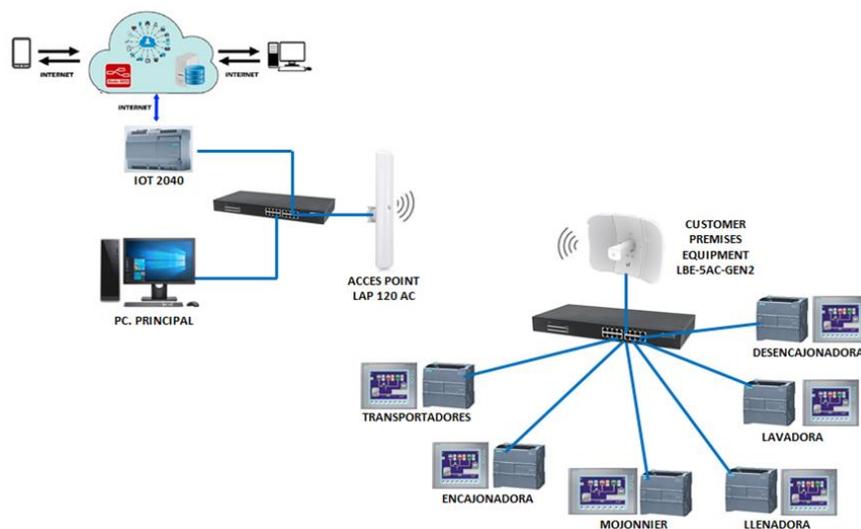
- Completa funcionalidad de manejo y visualización sobre un sistema operativo Windows en cualquier PC estándar que cumpla con los requisitos de instalación de TIA PORTAL V16 de Siemens.
- Arquitectura abierta que permita a los integradores crear soluciones de mando y supervisión y también permita combinaciones con aplicaciones estándar de Microsoft Office.
- Facilidad en la instalación de hardware y software, sin exigencias elevadas, fáciles de utilizar, y con interfaces amigables con el usuario.
- Escalable y configurable capaz de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Independiente del sector y la tecnología con funciones de mando y supervisión integradas.
- Comunicaciones flexibles para poder comunicarse con total facilidad y de forma transparente con el equipo de planta y componentes de la red industrial implementada.

Diseño e implementación de la arquitectura de red

Debido a la complicada accesibilidad que se tiene en la infraestructura de la empresa, se combinó dos tipos de redes, con topologías diferentes; topología estrella tipo LAN y punto a punto tipo WLAN, como se puede observar en la Figura 31. La red LAN con topología estrella implementada en campo, está conformada por todos los autómatas programables de los equipos que conforman la línea de producción, mientras que en la red cableada diseñada en el área administrativa, está conformada por la estación o PC de monitoreo principal donde se desarrollará la interfaz gráfica del SCADA y la puerta de enlace o gateway IOT2040 de Siemens el cual permitirá tener acceso a la nube.

Figura 31

Arquitectura de red línea de embotellado N° 2



En ambos casos los elementos se conectan a un hardware llamado concentrador, lo cual trae consigo ciertas ventajas como por ejemplo, desconectar o sacar fuera de servicio un autómata programable sin que se vea afectada toda la red, pero también como punto crítico se tiene al concentrador, ya que sin este los equipos no pueden comunicarse, razón por la cual se tomó las debidas

precauciones y se instaló un UPS para garantizar por un tiempo determinado el suministro de energía eléctrica al concentrador.

Como se mencionó en el capítulo anterior existen dos modos de operación de las redes inalámbricas; modo AD-HOC y modo infraestructura, en este caso se utilizó el modo infraestructura para enlazar las dos topologías de red estrella; para ello se instala un Acces Point LAP 120 AC (Figura 32) en la topología estrella del área administrativa y un cliente LBE-5AC-GEN2 (Figura 36) en la línea de producción, de esta forma se logra establecer el enlace de comunicación inalámbrica entre las dos áreas, permitiendo la comunicación entre el nivel 2 (nivel de control) y nivel 3 (nivel de supervisión) en la pirámide de automatización. En la Figura 33 se puede observar la configuración del acces point, mientras que en la Tabla 7 se muestra las principales características del mismo.

Figura 32

Acces Point Ubiquiti LiteAP LAP-120



Tabla 7

Especificaciones técnicas LiteAP LAP-120

Especificaciones técnicas LAP 120	
Dimensiones	452,3 x 78.7 x 54.4 mm (17.81 x 3.10 x 2.14")
Peso	420 g (14.82 oz)
Interfaz de red	(1) puerto Ethernet 10/100/1000

Especificaciones técnicas LAP 120	
Ganancia de la antena	16 dBi
Fuente de alimentación	Adaptador Gigabit PoE de 24 Vcc, 0.5 A (incluido)
Método de alimentación	PoE pasivo (pares 4, 5+ para la ida y 7, 8 para el retorno)
Rango de tensión admitido	De 20 a 26 V CC
Proteccion ESD/EMP	± 24 kV contacto/aire
Impactos y vibraciones	ETSI300-019-1.4
Resistencia al viento	200 km/h (125 mph)
Carga de viento	77 N @ 200 km/h (17.3 lbf @ 125 mph)
Temperatura de funcionamiento	De -40 a 70 °C (de -40 °F a 158 °F)
Humedad de funcionamiento	5 a 95 % sin condensación
Certificaciones	CE, FCC, IC

Figura 33

Configuración inalámbrica de Acces Point LiteAP LAP-120

VER 7.0

Configuración Inalámbrica Básica

PUNTO DE ACCESO ON

PTP MODE OFF

ANCHO DEL CANAL 20 MHz

FRAME DURATION Flexible

CONTROL FREQUENCY LIST, MHz OFF

CENTER FREQUENCY, MHz 5810

CONTROL FREQUENCY, MHz 5810

SSID RED_WIRELESS_L2

PAÍS Ecuador CAMBIAR

GANANCIA DE LA ANTENA 16 dBi

POTENCIA DE SALIDA -4 dBm

Seguridad Inalámbrica

WPA2 SECURITY PERSONAL ENTERPRISE [?]

WPA2 PRESHARED KEY ***** MOSTRAR

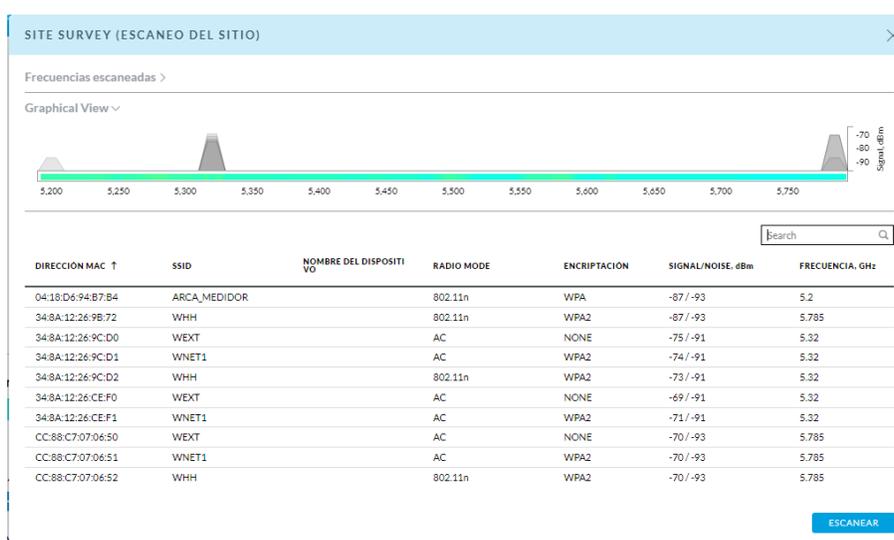
WIRELESS NETWORK PROTECTION [?] ON

ACL DE MAC OFF

Es importante mencionar que una vez que las antenas estén alineadas, se debe seleccionar una frecuencia de control adecuada, para ello el software de configuración airOS8 cuenta con varias herramientas que permiten analizar el tráfico y ruido que se tiene en el medio, para ello se realiza en primer lugar un escaneo de frecuencias del lugar o sitio en el que se encuentran instaladas las antenas, como se puede observar en la Figura 34, donde se muestra un escaneo de redes inalámbricas y frecuencias de control que se encuentran actualmente utilizadas.

Figura 34

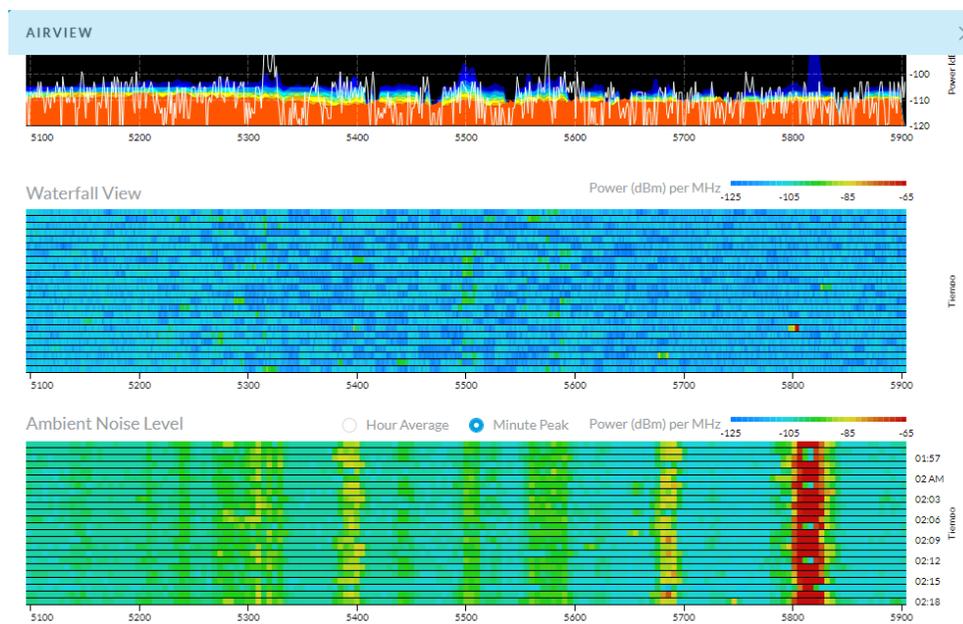
Escaneo de frecuencias mediante la herramienta SITE SURVEY



Como segunda herramienta de análisis se puede usar la herramienta AIRVIEW, la cual muestra tres gráficas de análisis (Figura 35), la primera Waveform View que muestra los picos de ruido y la potencia de la señal en una frecuencia determinada, la segunda Waterfall View que es una gráfica en el tiempo la cual sirve para determinar si el ruido es constante o intermitente y finalmente se tiene la gráfica de Ambient Noise Level mediante la cual se muestra los picos más altos de piso ruido que está muy relacionada con la primera gráfica.

Figura 35

Análisis de ruido y potencia de señal mediante herramienta AIRVIEW



En la Tabla 8 se puede apreciar las especificaciones técnicas de LBE-5AC-GEN2, mientras que en la Figura 37 se muestra la configuración respectiva.

Figura 36

Antena CPE LBE-5AC-GEN2



Tabla 8*Especificaciones técnicas LBE-5AC-GEN2*

Especificaciones técnicas LBE-5AC-Gen2	
Dimensiones	358 x 271.95 x 272.5 mm (14.09 x 10.71 x 10.73")
Peso sin montaje	800 g (1.76 lb)
Peso con montaje	980 g (2.16 lb)
Interfaz de red	(1) 10/100/1000 Ethernet Port
Ganancia de la antena	23 dBi
Potencia máxima de salida	25 dBm
Consumo máximo de energía	7W
Fuente de alimentación	24V, 0.3A Gigabit PoE Adapter (Incluido)
Método de alimentación	PoE pasivo (Pares 4, 5+ para la ida; 7, 8 para el retorno)
Temperatura de funcionamiento	40 to 70° C (-40 to 158° F)
Humedad de funcionamiento	5 to 95% Noncondensing
Protección ESD/EMP	± 24 kV Contact / Air
Resistencia al viento	200 km/h (125 mph)
Carga de viento	275 N @ 200 km/h (61.8 lbf @ 125 mph)
Certificaciones	CE, FCC, IC

Figura 37

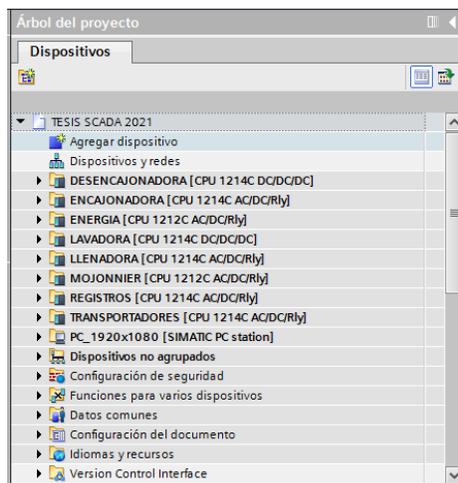
Configuración de cliente LBE-5AC-GEN2

Arquitectura de red en TIA PORTAL V16

Para establecer la comunicación entre el sistema runtime de WinCC y los automatismos programables correspondientes a cada uno de los subprocessos que conforman la línea de producción, es necesario crear y configurar la red de comunicación; para ello el primer paso es agregar cada uno de los automatismos al proyecto de Tia Portal como se puede apreciar en la Figura 38.

Figura 38

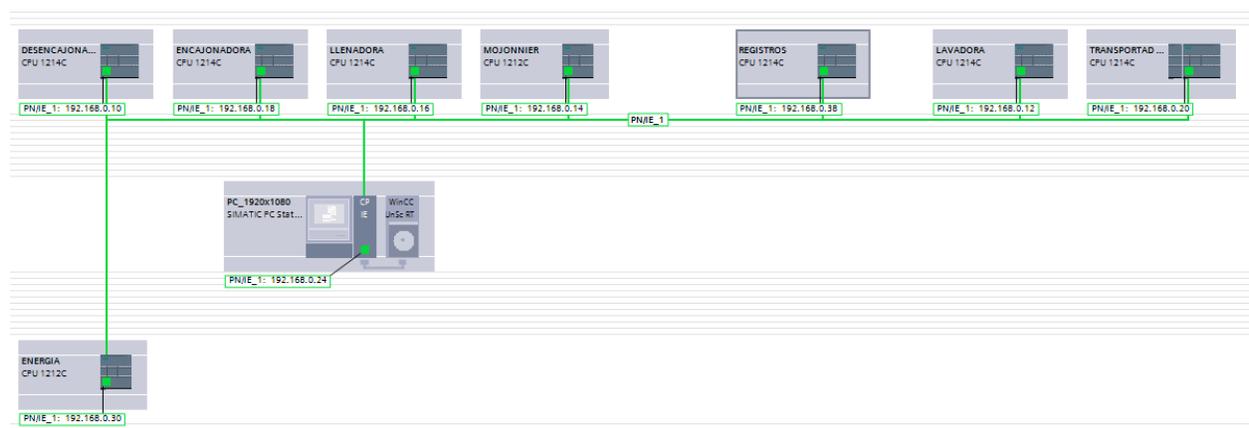
Dispositivos creados en árbol de proyecto en Tia Portal



Dado que la lógica de control de cada subproceso ya se encuentra establecida, excepto con la creada en el PLC “REGISTROS”; software que fue desarrollado en este proyecto para la adquisición y procesamiento de datos de producción; se procede a realizar el upload del software de control de los procesos ya establecidos, posteriormente se crea la estación PC de WinCC Unified, una vez agregados y configurados cada dispositivo con la dirección IP correspondiente se procede a realizar la interconexión de la red como se puede apreciar en la Figura 39.

Figura 39

Dispositivos y redes de comunicación establecidas en Tia Portal



Una vez realizada la conexión ya es posible realizar el direccionamiento de tags o variables en la interfaz gráfica de WinCC Unified.

Diseño e implementación de la interfaz gráfica

El diseño e implementación de la interfaz gráfica del sistema SCADA se lo realiza basándose en el estándar ANSI/ISA 101.01 2015, el cual proporciona las herramientas, recomendaciones y pautas que permiten a los integradores diseñar, construir, operar y mantener la Interfaz Hombre Máquina (HMI), logrando de esta forma un sistema de control de procesos más seguro y eficiente. De acuerdo al

estándar, la HMI debe ser desarrollada y gestionada a través de un modelo de ciclo de vida; como se mencionó en el capítulo de marco teórico del presente proyecto.

Estándares del sistema

La etapa de estándares del sistema del ciclo de vida incluye el desarrollo de: la filosofía HMI, la guía de estilo HMI y los kits de herramientas HMI. Es importante mencionar que la empresa ARCA CONTIENTAL no posee una filosofía y guía de estilo para el diseño e implementación de interfaces hombre maquina (HMI) y considerando que el objetivo del presente proyecto de investigación no radica en elaborar una filosofía y guía de estilo propios para estandarizar las HMI que se generan en la empresa, no se realiza dichas tareas; pero si se las analiza y estudia; es decir debido a la inexistencia de dichos documentos se adopta como filosofía al estándar ANSI-ISA 101.01, y como guía de estilo se toma como base una guía desarrollada por Rockwell Automation para el diseño de HMI en las plataformas de software FactoryTalk View SE and PlantPAx System; vale la pena mencionar que sería muy factible considerar como trabajo futuro de investigación la elaboración de una filosofía y guía de estilo propios para estandarizar y rediseñar todas las interfaces hombre máquina que se encuentran en la empresa. Con respecto a los Kits de herramientas se usarán los sistemas gráficos específicos de la plataforma WinCC Unified V16, software en el cual está desarrollada la aplicación.

Diseño de pantallas

Requerimientos de usuario. Los requerimientos principales en los cuales se fundamenta el diseño de la interfaz gráfica son: claridad (Figura 40), retroalimentación (

Figura 41) , coherencia (Figura 42).

Figura 40

Requerimientos de usuario en torno a claridad

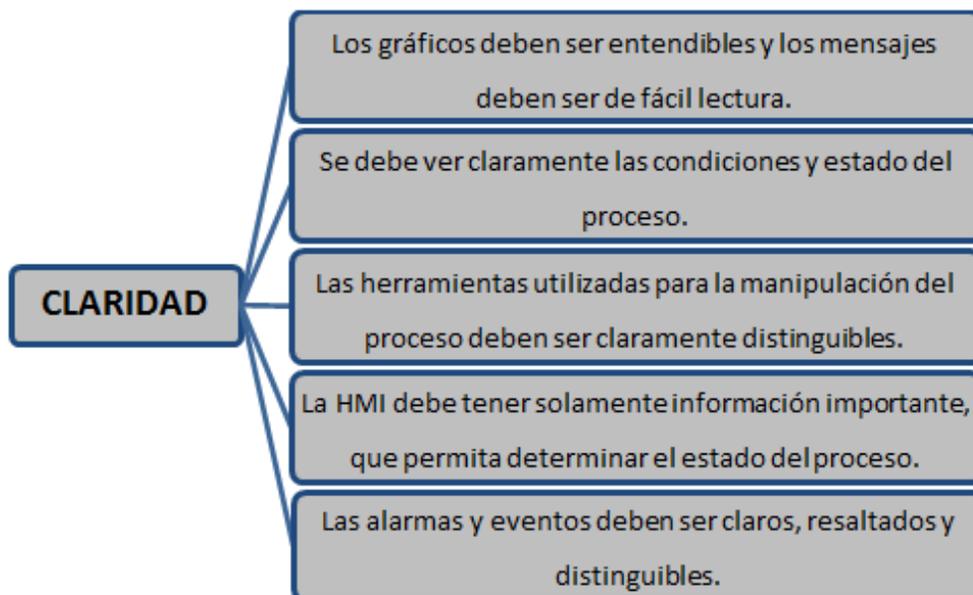


Figura 41

Requerimientos de usuario en torno a retroalimentación

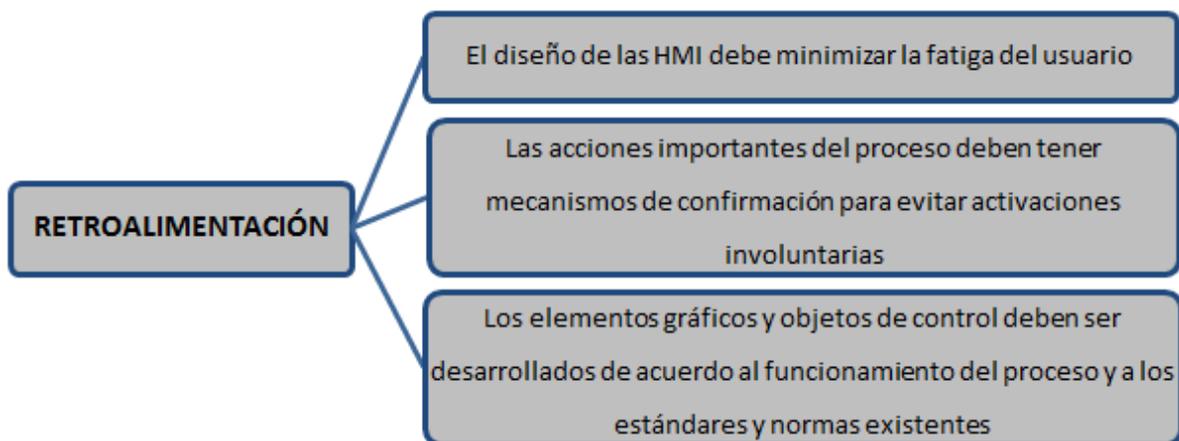
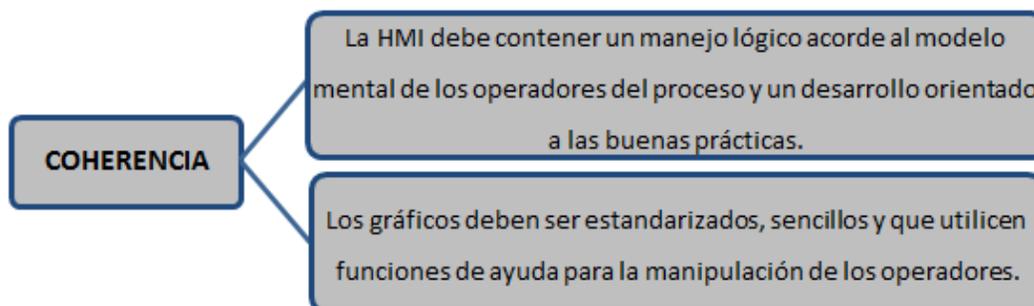


Figura 42

Requerimientos de usuario en torno a coherencia

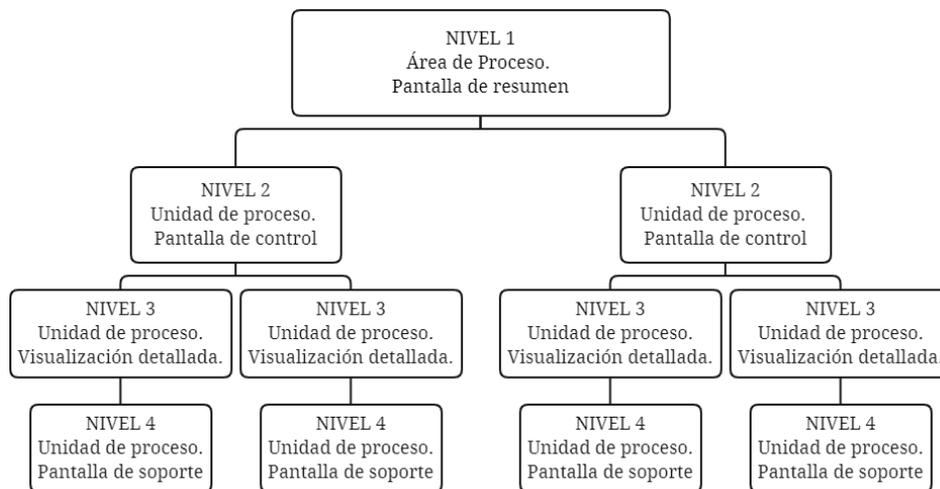


Los requerimientos planteados con respecto a la administración de usuarios se lo ejecutará mediante la creación de tres niveles (Administrador, Operador y Mantenimiento), los usuarios catalogados como administradores tienen acceso a toda la plataforma, obteniendo permisos para modificar parámetros, crear reportes, generar nuevos permisos de usuarios y modificar contraseñas. El grupo de usuarios que poseen el permiso de operador tienen acceso a toda la plataforma para monitorear y ajustar las condiciones del proceso, no tiene acceso a pantallas de mantenimiento y administración de usuarios. Los usuarios de mantenimiento tienen permiso para accionar sistemas de seguridad, forzar señales digitales y analógicas.

Jerarquía de pantallas. La jerarquía y la organización de las pantallas (Figura 43) son esenciales para generar una presentación progresiva de la información. Una pantalla simple con una descripción general del proceso debería conducir a otras pantallas que contengan más información y detalles, a medida que los usuarios navegan más profundamente en la jerarquía. El uso de esta metodología proporciona una navegación rápida y permite que el usuario inicie la acción de navegar más a fondo para obtener más información en lugar de concentrar todo en la pantalla inicial. Se recomiendan cuatro niveles para la jerarquía de visualización, y cada nivel proporciona más detalles que el nivel anterior como se muestra en la siguiente figura.

Figura 43

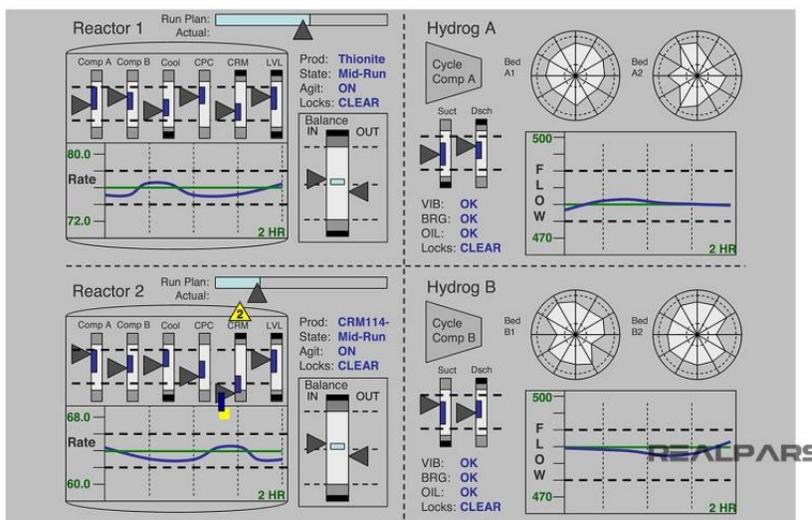
Nivel jerárquico de pantallas



Las pantallas de nivel 1 (Figura 44) contienen información general de alto nivel que se puede asimilar rápidamente, brindan una indicación clara del estado actual del proceso y resaltan cualquier evento o alarma que requiera atención inmediata. El control no debe realizarse desde esta pantalla.

Figura 44

Ejemplo de pantalla Nivel 1

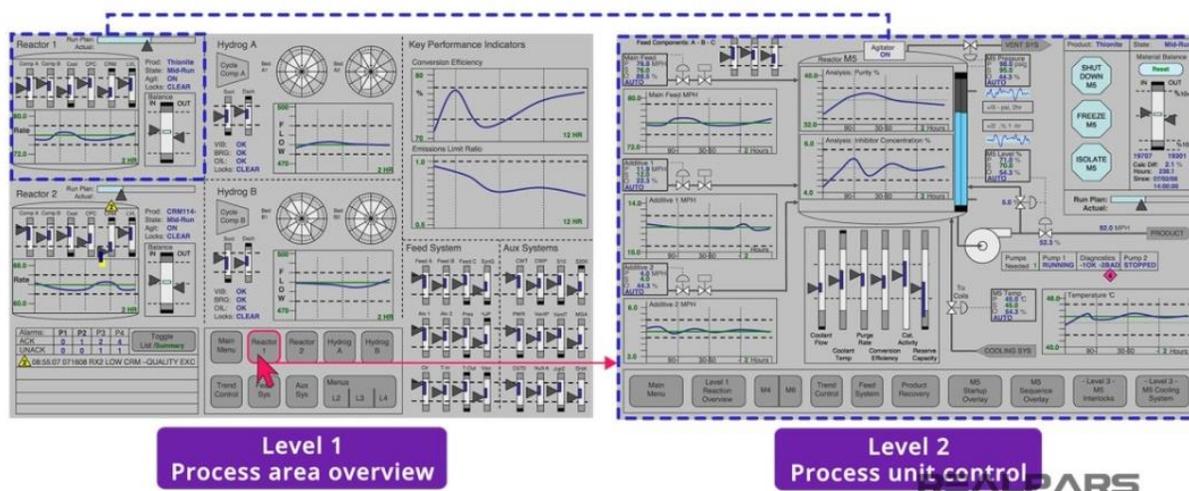


Nota. Obtenido de (RealPars, 2022)

Las pantallas de nivel 2 (Figura 45) son las pantallas principales utilizadas por los operadores, para realizar el control y supervisión de la máquina. Las pantallas de nivel 2 deben coincidir con el modelo mental de la máquina y la operación de los usuarios, proporcionando un acceso fácil a las pantallas de otras jerarquías. Puede haber varias pantallas de nivel 2 para el mismo equipo con el objetivo de cubrir situaciones específicas como el inicio, funcionamiento normal, transiciones de estado o producto y el apagado.

Figura 45

Ejemplo de navegación y pantalla nivel 2

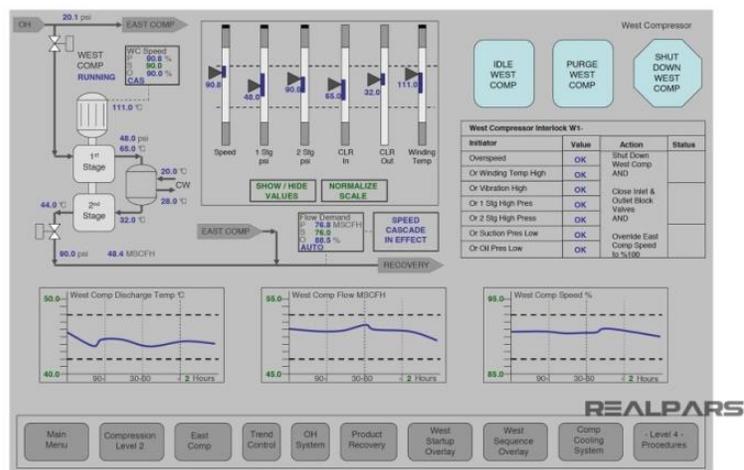


Nota. Obtenido de (RealPars, 2022)

Las pantallas de nivel 3 (Figura 46) contienen información muchos más detallada, elementos de equipos individuales, componentes, controles e indicaciones relacionados. Se utilizan para intervenciones detalladas y están destinados principalmente a la resolución de problemas o la manipulación de elementos a los que no se puede acceder desde las pantallas de nivel 2.

Figura 46

Ejemplo de pantalla nivel 3

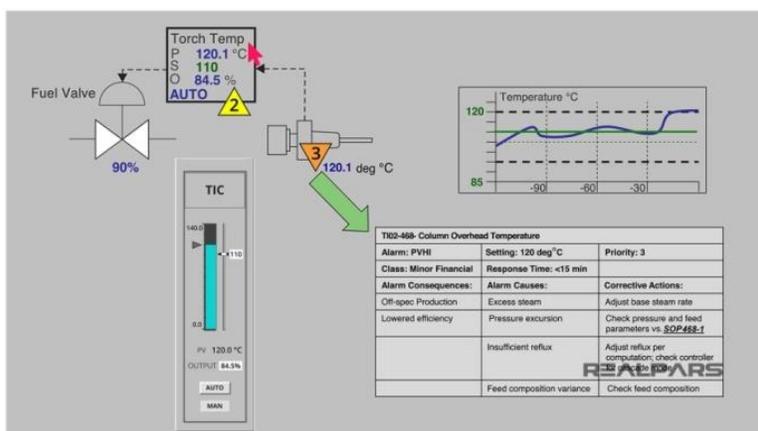


Nota. Obtenido de (RealPars, 2022)

Las pantallas de nivel 4 (Figura 47) brindan la mayor cantidad de detalles de subsistemas, sensores individuales o componentes.

Figura 47

Ejemplo de pantalla nivel 4



Nota. Obtenido de (RealPars, 2022)

Estructura de navegación

Tomando en cuenta la jerarquía de pantallas antes descrita, se realiza el diseño de la estructura de navegación (Figura 48), la cual se implementara en el HMI del sistema SCADA.

Convención de colores

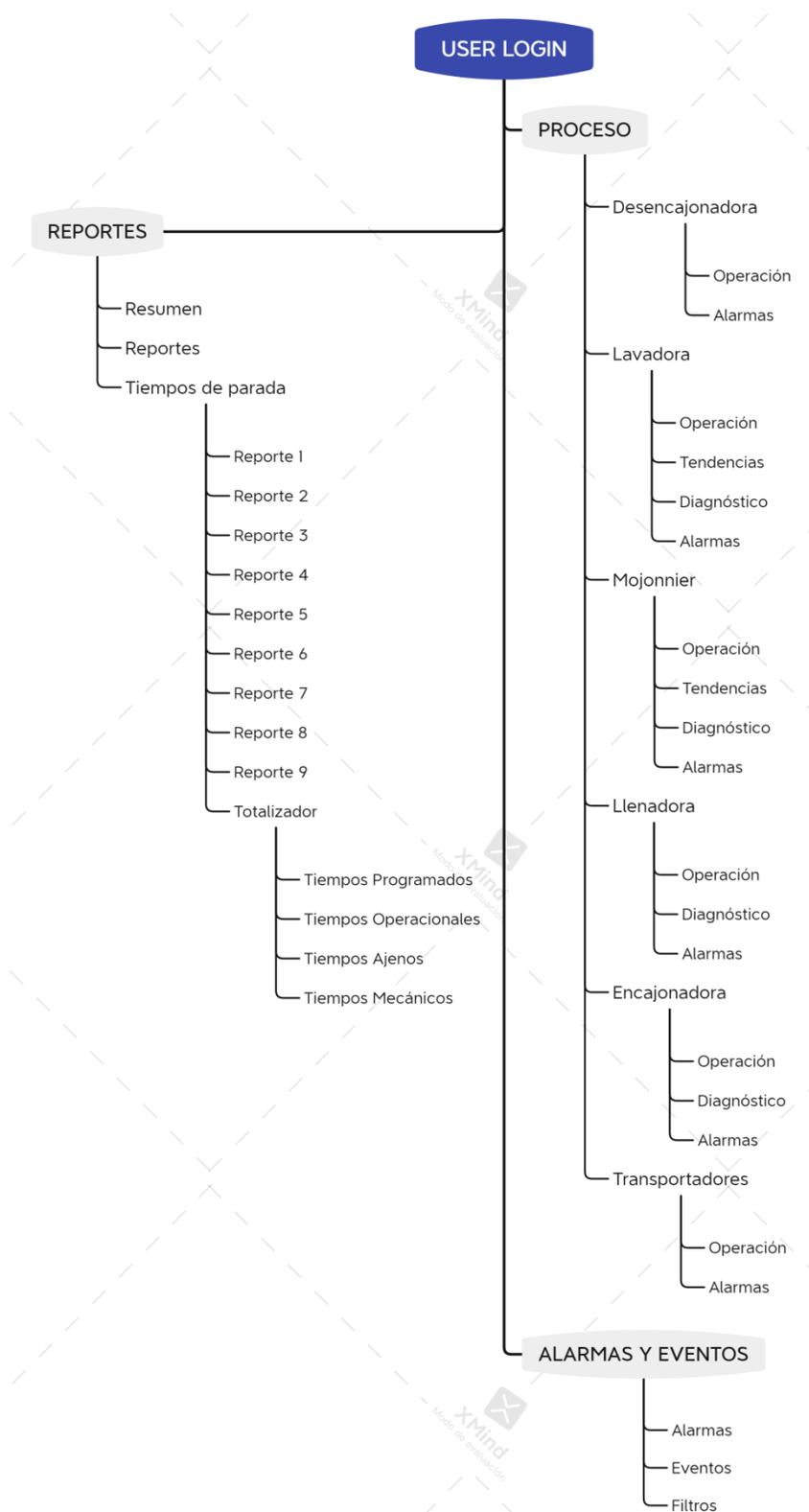
El color es el atributo que las personas procesan rápida e inconscientemente, lo que hace que se destaque más que otras propiedades de los objetos. Sin el conocimiento adecuado de estándares y guías de estilo se tiende a usar el color de manera inapropiada, con el objetivo de hacer que la pantalla sea "más bonita", para evitar que la pantalla sea "aburrida", para hacer que la pantalla sea más "realista" o para asemejarla a una "aplicación" de teléfono.

El uso del color en las interfaces gráficas debe ser manejado con mucha precaución ya que este atrae inconscientemente la atención de las personas. Si una pantalla se diseña adecuadamente utilizando información que se alinea con el modelo mental y el flujo de trabajo de tareas de los usuarios, estos deberían poder encontrar la información y los controles que necesitan rápidamente con una necesidad mínima de color, evitando o reduciendo así el desorden visual. El color tiene valor y debe estar destinado a situaciones anormales, como alarmas, eventos, y para diferenciar entre datos en tiempo real, texto estático y campos de entrada. A continuación se muestran algunas pautas sobre el uso de color que se usaron para diseñar la interfaz gráfica del sistema SCADA:

- **Alarmas:** Se utilizan colores vivos e intensos. No se debe utilizar estos colores para nada más. Por ejemplo, si se usa el rojo para las alarmas de prioridad 1, no se debe usar el rojo para representar algún otro funcionamiento.

Figura 48

Estructura de navegación

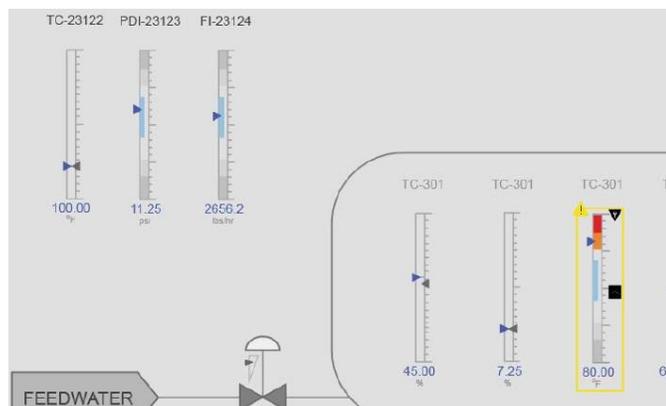


- **Datos en tiempo real:** Se debe usar colores menos intensos y fríos, como el azul oscuro o el verde oscuro. Estos colores distraen menos diferenciándose claramente de los datos de la información estática.
- **Fondo de la pantalla:** Se debe usar un color de fondo no saturado, como gris claro, ya que tendrá una interferencia mínima con otras opciones de color.
- **Los colores de primer plano deben minimizarse:** Los colores usados para alarmas y datos en tiempo real no deben usarse para otros objetos. Se puede modificar el grosor de línea para dar énfasis en lugar de color.
- **Interior del equipo estático:** Se debe utilizar el mismo color que el fondo de la pantalla. Las líneas de proceso deben ser de color gris oscuro o negro.
- **La representación del estado no debería depender solo del color:** Se pueden usar características adicionales como relleno, forma o texto simple para identificar el estado actual.
- El uso del color debe ser estandarizado, consistente, seguido rigurosamente y documentado en la Guía de estilo de HMI.
- Se debe asegurar que el color proporcione suficiente contraste con el fondo, pero no demasiado, ya que podría causar tensión y fatiga visual.
- Otras consideraciones que se deben tener en cuenta en el uso del color es que algunos usuarios pueden tener problemas de color (rojo-verde, verde-amarillo, blanco-cian), se debe tomar en cuenta la iluminación del entorno, ya que esta puede afectar la discernibilidad del color, algunos colores pueden provocar ilusiones visuales y fatiga cuando se colocan cerca unos de otros.
- El color no puede utilizarse como único diferenciador de factores importantes y, por tanto, debe combinarse con otras características distintivas como la forma.

A continuación (Figura 49) se muestra una imagen de ejemplo del uso apropiado del color. El color está reservado para datos en tiempo real y alarmas, estas tienen colores más notables. Todos los demás objetos usan tonos de gris para no distraer la atención de información más importante.

Figura 49

Ejemplo de uso apropiado del color en una pantalla



Nota. Obtenido de (Rockwell Automation, 2019)

En las siguientes tablas se puede apreciar una serie de colores sugeridos que se pueden implementar en pantallas, objetos estáticos, alarmas, advertencias y estados de operación.

Tabla 9

Colores sugeridos para estados operativos de componentes

Element State Color	Color Name	Definition	
Off/De-energized/Idle/Stopped/Closed	Gray	R128 G128 B128	
On/Energized/Running/Closed	Off White	R240 G240 B240	
Disabled/Out of Service	Gray	R128 G128 B128	
Manual Operations (Jogging)	Light Blue	R147 G194 B228	
Transition (Starting, Stopping, Accelerating, Decelerating, Opening, Closing)	Light Blue	R147 G194 B228	

Nota: Obtenido de (Rockwell Automation, 2019)

Tabla 10*Colores sugeridos para alarmas y advertencias*

Notification Color Use	Color Name	Definition	
Low Priority Alarm	Magenta	R145 G106 B173	
Low Priority Alarm Foreground	White	R255 G255 B255	
Medium Priority Alarm	Yellow	R245 G225 B027	
Medium Priority Alarm Foreground	Dark Gray 63	R063 G063 B063	
High Priority Alarm	Orange	R236 G134 B041	
High Priority Alarm Foreground	White	R255 G255 B255	
Urgent Priority Alarm	Red	R226 G032 B040	
Urgent Priority Alarm Foreground	White	R255 G255 B255	
Program Error/Bad Configuration	Black	R000 G000 B000	
Program Error/Bad Configuration Foreground	White	R255 G255 B255	
Fault Condition Background	Black	R000 G000 B000	
Fault Condition Foreground	White	R255 G255 B255	
Warning Condition Background	Dark Gray 63	R063 G063 B063	
Warning Condition Foreground	White	R255 G255 B255	
Prompts and Attention Background	Light Gray 224	R224 G224 B224	
Prompts and Attention Foreground	Black	R000 G000 B000	
Testing or Simulation Background	Light Gray 224	R224 G224 B224	
Testing or Simulation Foreground	Black	R000 G000 B000	
Other Abnormal State Background	Light Gray 224	R224 G224 B224	
Other Abnormal State Foreground	Black	R000 G000 B000	

Nota: Obtenido de (Rockwell Automation, 2019)

Tabla 11

Colores sugeridos para pantallas y objetos estáticos

Display Color Use	Color Name	Definition	
Display Background (no tabs)	Light Gray 224	R224 G224 B224	
Tab Panel Background	Light Gray 224	R224 G224 B224	
Display Background behind tabs (with tabs)	Silver 192	R192 G192 B192	
Static Object Color Use	Color Name	Definition	
Title Foreground	Dark Gray 63	R063 G063 B063	
Group Heading Foreground	Dark Gray 63	R063 G063 B063	
Column Heading Foreground	Dark Gray 63	R063 G063 B063	
Separator Line Color	Light Gray 216	R216 G216 B216	
Process and Connector lines	Gray 160	R160 G160 B164	
Equipment Border	Gray 160	R160 G160 B164	
Grouping Box	Light Gray 232	R232 G232 B232	

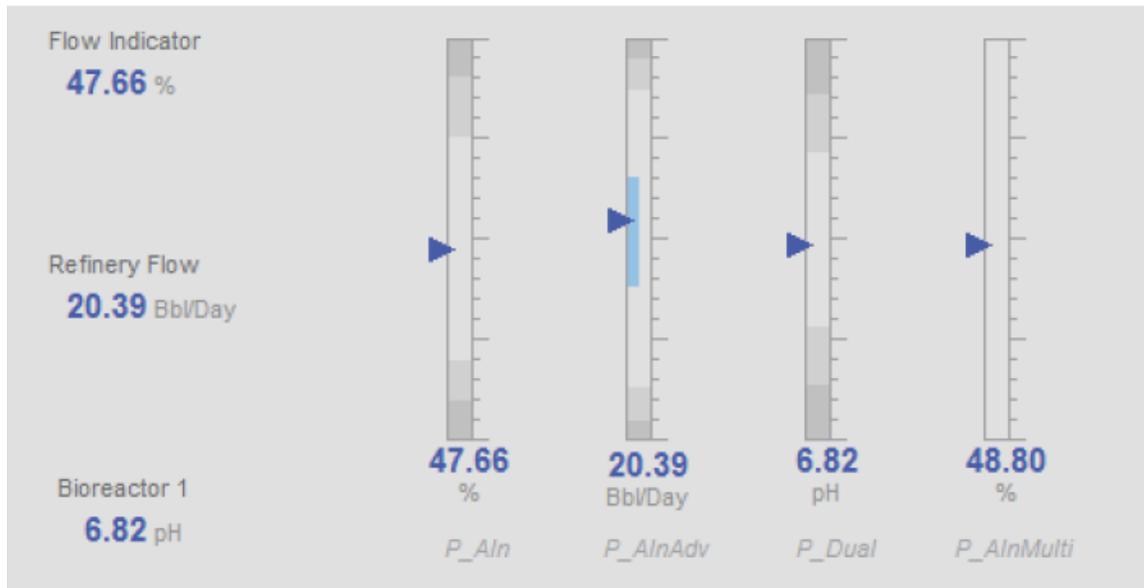
Nota: Obtenido de (Rockwell Automation, 2019)

Datos dinámicos

Los datos por si solos no dan información, la información son datos en contexto que se pueden utilizar para tomar decisiones. El contexto es necesario para proporcionar significado. Por ejemplo, al colocar límites en un gráfico de barras, se permite a los usuarios saber si el valor actual está dentro o fuera de rango o se acerca a una situación peligrosa, en la Figura 50 se puede apreciar esta diferencia. Es importante presentar los datos de forma clara, directa y sin ningún tipo de distracción, es decir se debe mostrar solo lo necesario y eliminar todo lo demás; por ejemplo, al mostrar números, se debe mostrar el número de decimales adecuado para que el operador haga su trabajo de manera efectiva.

Figura 50

Representación de datos en forma numérica y gráfica



Nota: Obtenido de (Rockwell Automation, 2019)

Directrices generales para datos dinámicos:

- Se debe fijar la frecuencia de muestreo de los datos a la velocidad que pueden cambiar los mismos, tomando en cuenta que los usuarios deben reaccionar al cambio (generalmente 1-2 segundos).
- Se debe dimensionar los datos dinámicos según la jerarquía y el tamaño de la pantalla.
- Se debe usar una fuente más pequeña para las etiquetas y las unidades de ingeniería que los datos dinámicos.

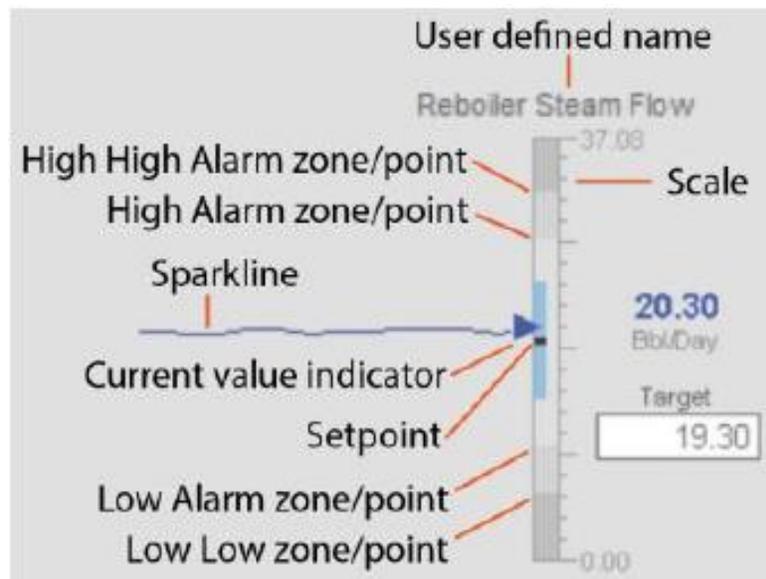
Barras gráficas

Se puede utilizar gráficos de barras para mostrar una sola cantidad en relación con su límite, rango o umbrales de control y alarma (Figura 51); también es factible usar múltiples gráficos de barras

juntos para mostrar una relación rápida y comparación de datos. Se deben usar gráficos de barras para datos analógicos con indicadores móviles, y límites para dar a los usuarios una imagen inmediata de los datos y el estado de las variables.

Figura 51

Estructura de un gráfico de barras



Nota: Obtenido de (Rockwell Automation, 2019)

Una de las ventajas del gráfico de barras es que proporciona información contextual en un espacio pequeño que permite a los usuarios ver el valor actual de los datos, tomando como referencia los límites de la variable. El gráfico de barras también le permite al usuario una comparación fácil con otros elementos de datos, dándole al operador la facilidad de identificar rápidamente las desviaciones del proceso; por ejemplo, se pueden colocar varios gráficos de barras uno al lado del otro y escalarlos de tal modo que las flechas del indicador del valor actual formen una línea horizontal recta cuando todo el proceso se encuentre en óptimas condiciones. Si hay algún problema, la línea ya no será horizontal y recta. Se debe tomar en cuenta algunas consideraciones al usar un gráfico de barras:

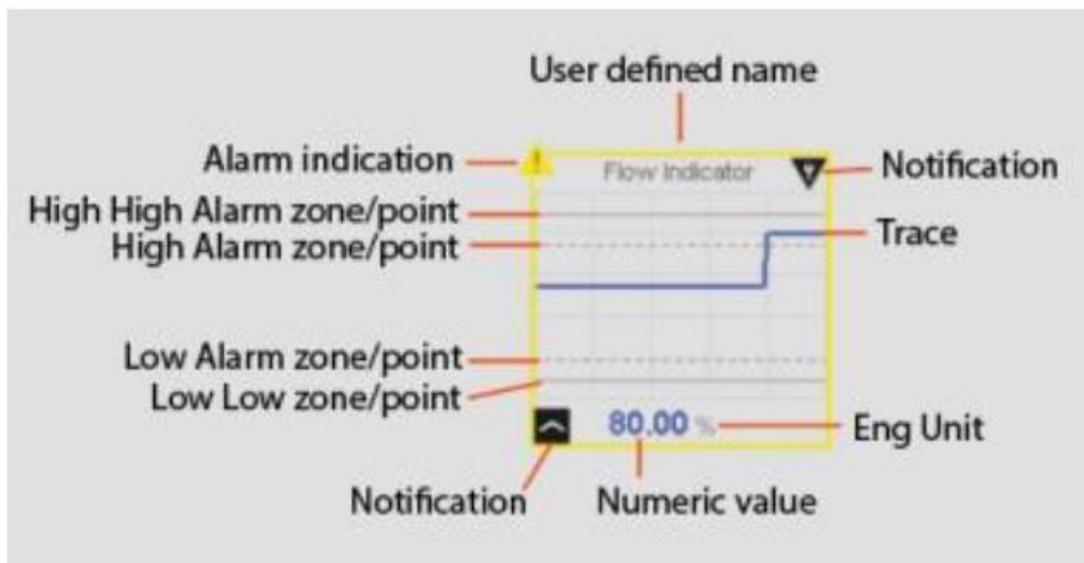
- El valor numérico debe mostrarse cerca del gráfico de barras, de preferencia debajo de este cuando sea posible; si hay restricciones de visualización que impiden esto, el valor numérico debe colocarse al lado del gráfico de barras.
- Los gráficos de barras pueden ser verticales u horizontales.
- Se debe usar una etiqueta de identificación encima o debajo del gráfico de barras.

Tendencias

Las tendencias muestran valores a lo largo del tiempo, permitiendo a los usuarios revisar información histórica y de esta forma predecir estados futuros para tomar decisiones y acciones de control que puedan ayudar con la resolución de problemas.

Figura 52

Estructura de un gráfico de tendencia



Nota: Obtenido de (Rockwell Automation, 2019)

Algunas pautas en la utilización de tendencias son las siguientes:

- Las tendencias pueden tener datos en tiempo real y/o históricos.

- El eje Y es para indicar un límite mínimo / máximo.
- El rango de escala cambiará en función de la selección de la pluma.
- Las leyendas pueden estar representadas por texto, símbolo o ambos.
- La posición de la leyenda puede basarse en el espacio disponible.

Construcción de ventanas en WICC UNIFIED

El diseño de la interfaz gráfica se la realiza por medio de la plataforma WICC Unified, software incluido en la instalación de TIA PORTAL V16. WinCC Unified permite crear imágenes para el monitoreo y control de máquinas e instalaciones, para ello dispone de objetos predefinidos que permiten reproducir la instalación, visualizar los distintos procesos y especificar valores de los mismos. En una imagen se puede insertar los objetos que se necesitan para representar el proceso, estos objetos se pueden configurar acorde a las necesidades del proceso. La imagen puede estar compuesta de elementos estáticos y dinámicos.

Los elementos estáticos, pueden ser por ejemplo textos y gráficos, mientras que los elementos dinámicos van cambiando en función del proceso y pueden ser, barras, curvas e indicadores alfanuméricos, así como campos de entrada del panel de operador, campos E/S, interruptores o deslizadores. El intercambio de valores de proceso y entradas entre el controlador y el panel de operador se realiza mediante variables. En la construcción de ventanas se implementó la jerarquía y estructura de navegación diseñada anteriormente; la navegación está estructurada en tres áreas principales que son: “PROCESO”, “ALARMAS Y EVENTOS” Y “REPORTES”.

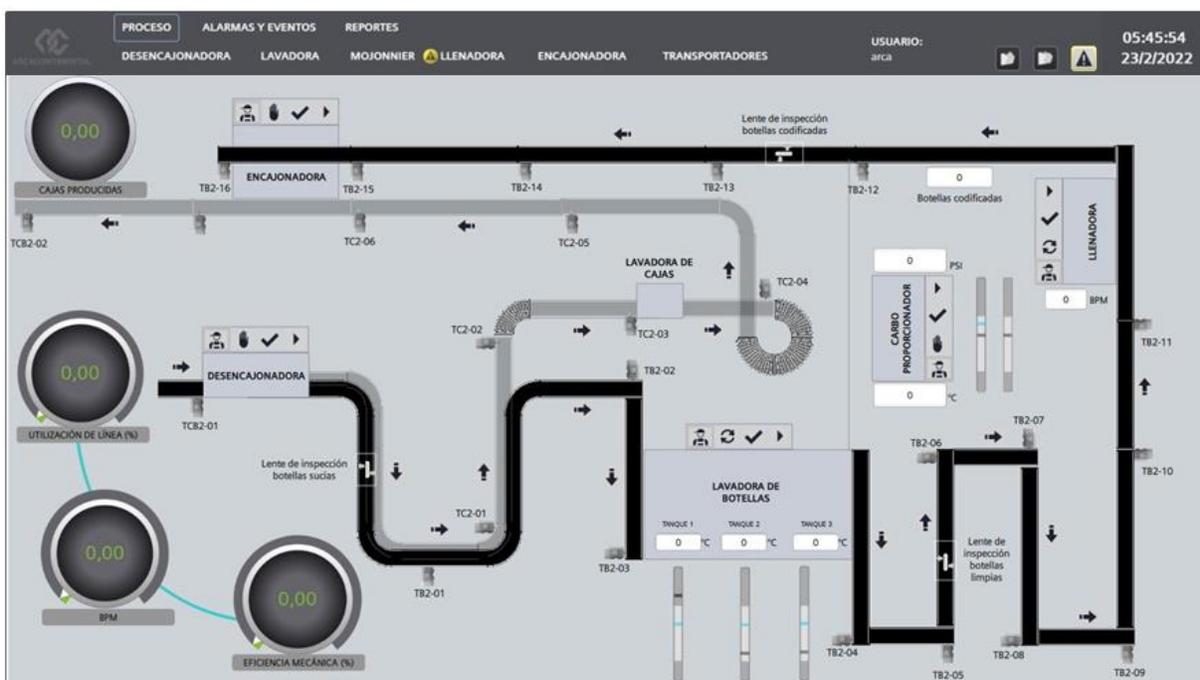
Sección “PROCESO”

El área de “PROCESO” consta de 6 subsistemas detallados, mediante los cuales se puede monitorear y controlar cada uno de los subprocesos que conforman la línea de embotellado; estos

subsistemas son: “DESECAJONADORA”, “LAVADORA”, “MOJONNIER”, “LLENADORA”, “ENCAJONADORA” y “TRANSPORTADORES”. En la Figura 53 se muestra la pantalla correspondiente al nivel de “PROCESO”; en esta pantalla se puede observar de forma resumida el funcionamiento de toda la línea de embotellado, mostrándose el estado operativo de cada subsistema que conforma la línea de producción, también se muestran las variables de los puntos críticos de control y los principales indicadores de producción.

Figura 53

Pantalla principal de proceso



Para representar el estado operativo de cada subsistema y elementos de control que conforman la línea de producción se implementa iconos y colores que representan un estado en particular, como se observa en la Tabla 12. En la parte superior de la ventana (Figura 53) se muestra el encabezado o barra de navegación, en la cual se despliegan los botones correspondientes a cada subsistema, dependiendo del área en la que se encuentre (“PROCESO”, “ALARMAS Y EVENTOS”, “REPORTES”), estos botones le

muestran al usuario un submenú mediante el cual se puede profundizar de forma minuciosa en el funcionamiento de cada subproceso como se puede apreciar en la Figura 54

Tabla 12

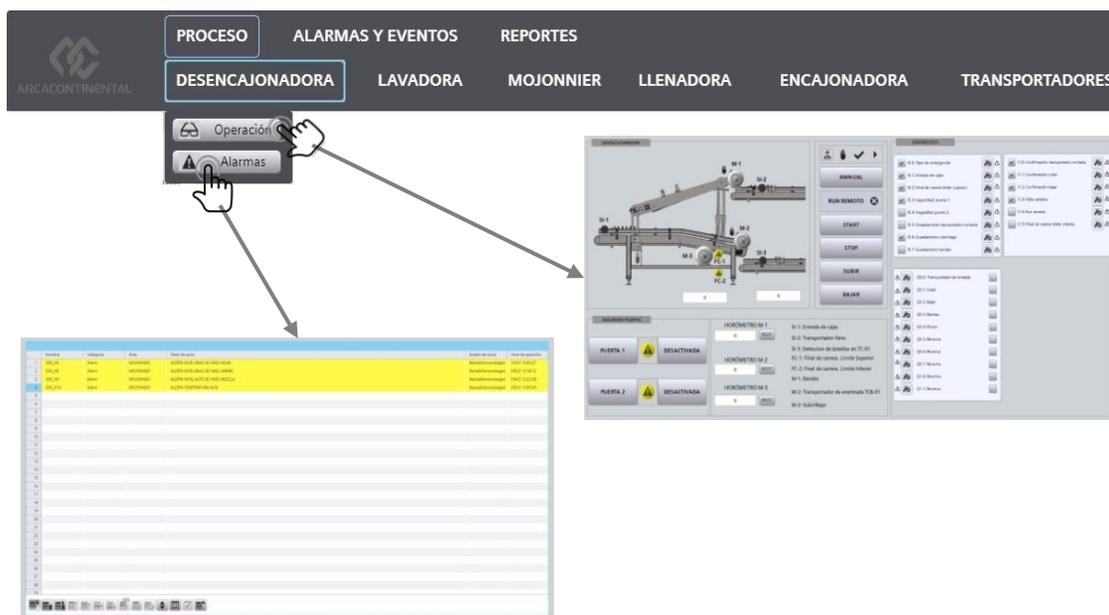
Símbolos de representación de estados operativos.

SÍMBOLO	FUNCIÓN O REPRESENTACIÓN
	Maquina o subsistema en pausa operacional.
	Maquina o subsistema en funcionamiento.
	Maquina o subsistema detenido por emergencia, falla o alarma prioritaria.
	Maquina o subsistema libre de fallas, alarmas y advertencias.
	Maquina o subsistema alarmado.
	Maquina o subsistema con advertencias de seguridad.
	Maquina o subsistema en modo de funcionamiento manual.
	Maquina o subsistema en modo de funcionamiento automático.
	No se requiere la intervención de personal de mantenimiento.
	Solicitud de mantenimiento. Se requiere la intervención de un técnico eléctrico.
	Solicitud de mantenimiento. Se requiere la intervención de un técnico mecánico.

SÍMBOLO	FUNCIÓN O REPRESENTACIÓN
	Motor eléctrico apagado.
	Motor eléctrico encendido.
	Electroválvula desactivada.
	Electroválvula activada.
	Sensor inductivo con flanco ascendente.
	Sensor inductivo con flanco descendente.

Figura 54

Menú de navegación y pantallas de sistema Descajonadora.

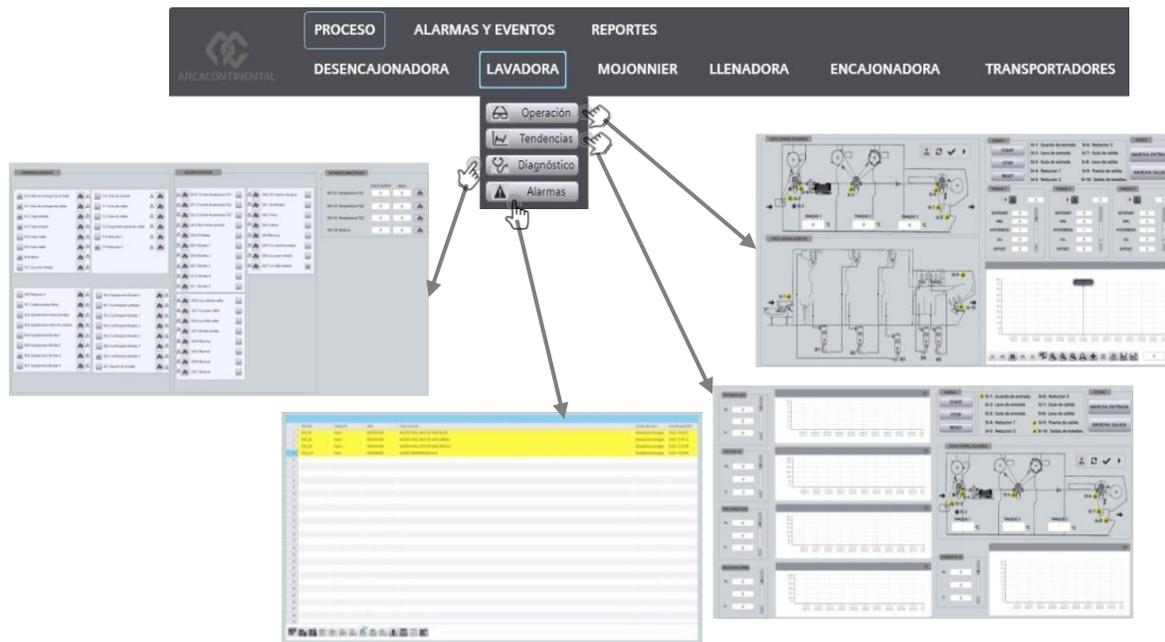


En la Figura 55 se puede apreciar el submenú y pantallas de navegación del sistema

“LAVADORA”

Figura 55

Menú de navegación y pantallas de sistema Lavadora

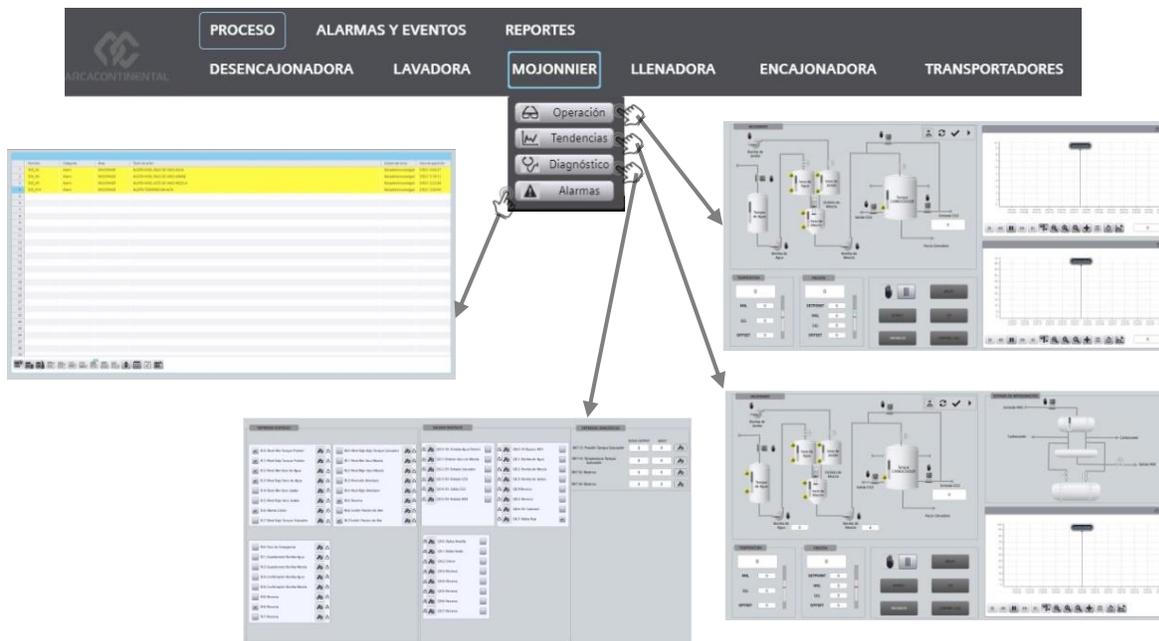


En la Figura 56 se puede apreciar el submenú y pantallas de navegación del sistema

“MOJONNIER”

Figura 56

Menú de navegación y pantallas de sistema Mojonnier



En la Figura 57 se puede apreciar el submenú y pantallas de navegación del sistema “LLENADORA”, mientras que en la Figura 58 se puede apreciar el submenú y pantallas de navegación del sistema “ENCAJONADORA”.

Figura 57

Menú de navegación y pantallas de sistema Llenadora

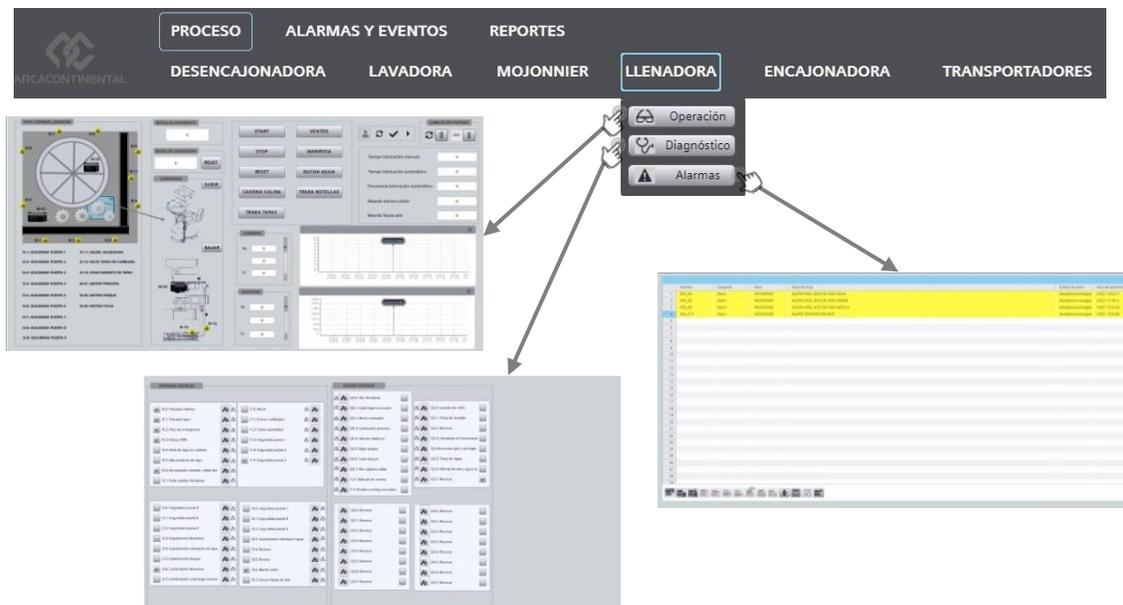
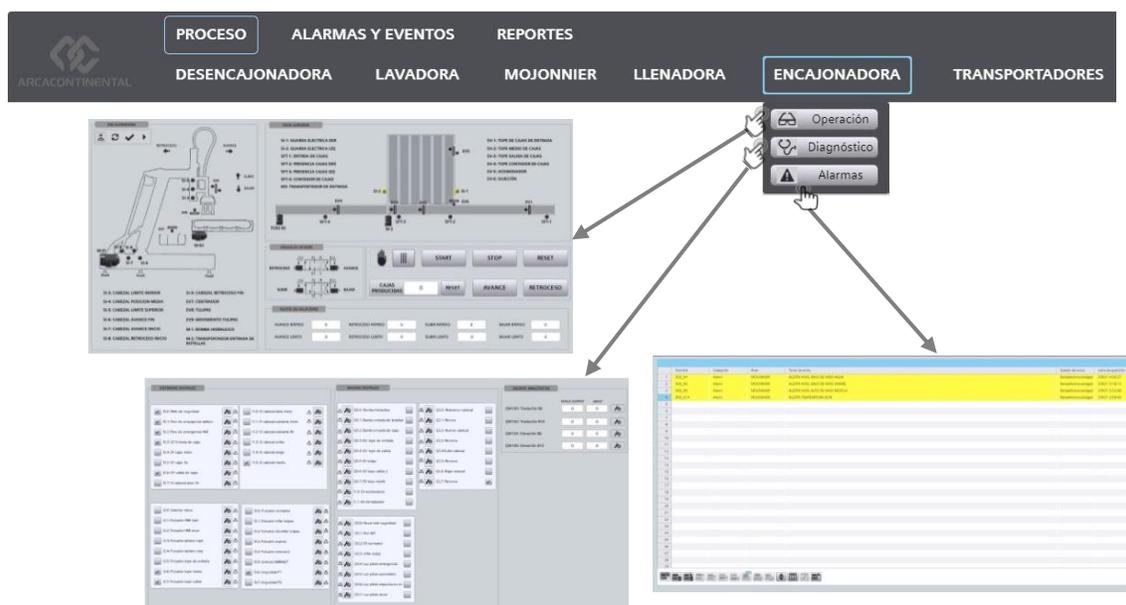


Figura 58

Menú de navegación y pantallas de sistema Encajonadora



En la Figura 59 se puede apreciar el submenú y pantallas de navegación del sistema “TRANSPORTADORES”

Figura 59

Menú de navegación y pantallas de sistema Transportadores



Las ventanas emergentes o popups son herramientas muy útiles que facilitan la navegación y exploración de componentes dentro de las pantallas en una interfaz gráfica, este proyecto no fue la excepción para el uso de los mismos, tal es así que en las siguientes figuras se muestra la implementación de popups para desplegar menús de operación de motores, bombas, entradas y salidas tanto digitales como analógicas.

Figura 60

Popup para control de motores en Transportadores

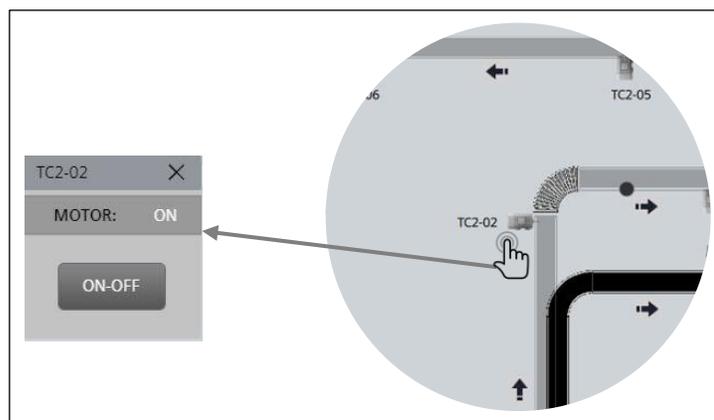


Figura 61

Popup para control bombas en Lavadora

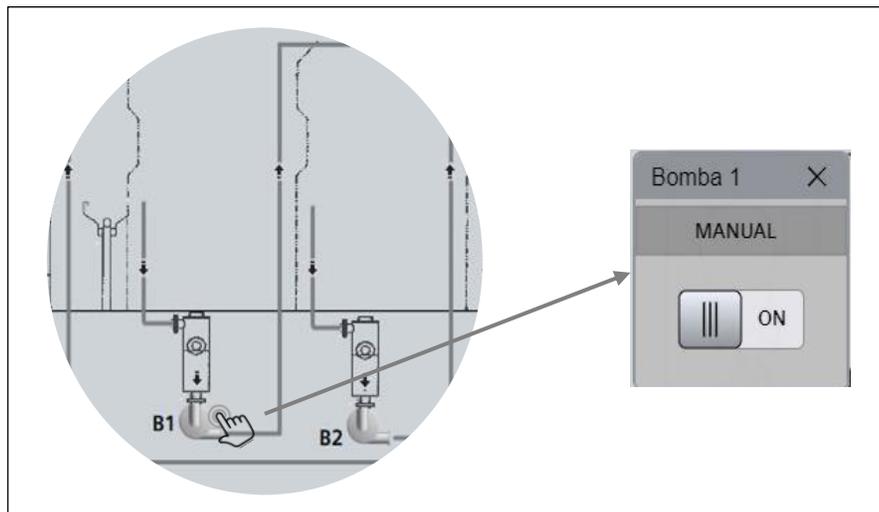
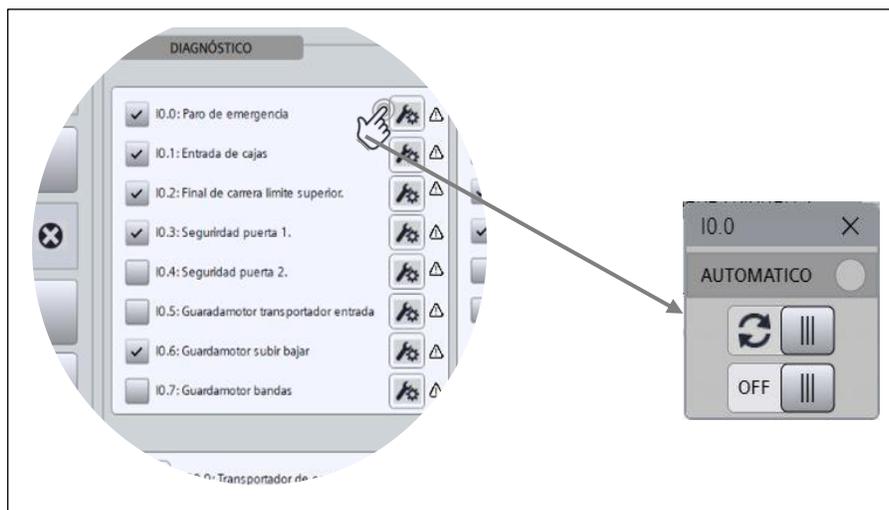


Figura 62

Popup para control de entradas digitales



Sección "ALARMAS Y EVENTOS"

En esta sección se muestran las alarmas y eventos generados en todo el sistema; mediante la implementación de filtros es posible visualizar las alarmas por secciones, correspondientes a cada máquina o subsistema que forma parte de la línea de embotellado, como se puede ver en la Figura 63.

Figura 63

Barra de navegación de sistema de alarmas y eventos.



La ventana de gestión de alarmas cuenta con botones de navegación que le permiten al usuario desplazarse por el listado de alarmas, reconocer o acusar las alarmas activas de forma individual o total, conmutar entre el listado de alarmas actuales y el histórico; en la Tabla 13 se muestra la función de cada botón específico.

Tabla 13

Botones de navegación del panel de control de alarmas.

SÍMBOLO	FUNCIÓN O REPRESENTACIÓN
	Muestra los avisos activos
	Muestra el histórico de avisos.
	Actualiza y muestra el histórico de avisos
	Primer aviso de la lista.
	Aviso anterior
	Aviso siguiente
	Ultimo aviso de la lista.

SÍMBOLO	FUNCIÓN O REPRESENTACIÓN
	Acuse individual de aviso.
	Acuse agrupado de avisos.
	Filtro de avisos.
	Exportar lista de avisos.

En la Figura 64 se muestra el panel de control de alarmas con un listado de avisos actuales, mientras que en la Figura 65 se muestra el panel con el histórico de alarmas.

Figura 64

Panel de control de avisos con listado de alarmas actuales.

PROCESO		ALARMAS Y EVENTOS	REPORTES	USUARIO: arca		05:36:23
ALARMAS		EVENTOS	FILTRO POR AREA: Ninguno	26/2/2022		
Nombre	Categoría	Área	Texto de aviso	Estado del aviso	Hora de aparición	
1	300_218	Alarm	LLENADORA	PARO DE EMERGENCIA ACTIVO	RaisedClasset	3/9/22 5:18:10
2	300_24	Alarm	MOLINER	ALERTA NIVEL BAJO DE VASO AGUA	RaisedAcorowledge	3/9/21 4:00:27
3	300_26	Alarm	MOLINER	ALERTA NIVEL BAJO DE VASO JARABE	RaisedAcorowledge	3/9/21 3:18:12
4	300_29	Alarm	MOLINER	ALERTA NIVEL ALTO DE VASO MEZCLA	RaisedAcorowledge	3/9/21 3:22:08
5	300_314	Alarm	MOLINER	ALERTA TEMPERATURA ALTA	RaisedAcorowledge	3/9/21 3:59:49
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						

Figura 65

Panel de control de avisos con histórico de alarmas

ID	Nombre	Categoría	Área	Título de aviso	Estado del aviso	Fecha de ocurrencia
921	401_X7	Alarm	LLENADORA	ATASCAMIENTO DE TAMBO SALIDA CABALLERA	Removido	26/02/2022 3:22:34
922	401_X7	Alarm	LLENADORA	ATASCAMIENTO DE TAMBO SALIDA CABALLERA	Removido	26/02/2022 3:22:34
923	401_X7	Alarm	LLENADORA	ATASCAMIENTO DE TAMBO SALIDA CABALLERA	Removido	26/02/2022 3:22:39
924	401_X7	Alarm	LLENADORA	ATASCAMIENTO DE TAMBO SALIDA CABALLERA	Removido	26/02/2022 3:22:39
925	201_X9	Alarm	LAVADORA	TALLA GUARDA ENTREGA	Removido	26/02/2022 3:19:04
926	201_X9	Alarm	LAVADORA	TALLA GUARDA ENTREGA	Removido	26/02/2022 3:25:33
927	300_X4	Alarm	MOJONER	ALERTA NIVEL BAJO DE VASO AGUA	Reactivado	19/02/2022 4:00:27
928	300_X6	Alarm	MOJONER	ALERTA NIVEL BAJO DE VASO JARABE	Reactivado	19/02/2022 3:18:12
929	300_X9	Alarm	MOJONER	ALERTA NIVEL ALTO DE VASO MEZCLA	Reactivado	19/02/2022 3:22:08
930	300_X14	Alarm	MOJONER	ALERTA TEMPERATURA ALTA	Reactivado	19/02/2022 3:59:49
931	201_X9	Alarm	LAVADORA	TALLA GUARDA ENTREGA	Removido	26/02/2022 3:25:32
932	401_X7	Alarm	LLENADORA	ATASCAMIENTO DE TAMBO SALIDA CABALLERA	Removido	26/02/2022 3:22:39
933	401_X7	Alarm	LLENADORA	ATASCAMIENTO DE TAMBO SALIDA CABALLERA	Removido	26/02/2022 3:20:06
934	401_X7	Alarm	LLENADORA	ATASCAMIENTO DE TAMBO SALIDA CABALLERA	Removido	26/02/2022 3:20:06
935	100_X10	Alarm	SEÑALIZACION	SEÑAL SEGURIDAD PUERTA 1	Removido	26/02/2022 2:18:05
936	100_X11	Alarm	SEÑALIZACION	SEÑAL SEGURIDAD PUERTA 2	Removido	26/02/2022 3:25:18
937	400_X14	Alarm	LLENADORA	PAÑO DE EMERGENCIA ACTIVO	Removido	26/02/2022 2:04:50
938	400_X14	Alarm	LLENADORA	PAÑO DE EMERGENCIA ACTIVO	Removido	26/02/2022 3:28:27
939	400_X14	Alarm	LLENADORA	PAÑO DE EMERGENCIA ACTIVO	Removido	26/02/2022 3:28:22
940	400_X14	Alarm	LLENADORA	PAÑO DE EMERGENCIA ACTIVO	Removido	26/02/2022 3:28:22
941	400_X14	Alarm	LLENADORA	PAÑO DE EMERGENCIA ACTIVO	Removido	26/02/2022 3:28:27
942	401_X2	Alarm	LLENADORA	PELIGRO PUERTA ABERTA	Removido	26/02/2022 1:51:10
943	401_X2	Alarm	LLENADORA	PELIGRO PUERTA ABERTA	Removido	26/02/2022 1:46:23
944	401_X5	Alarm	LLENADORA	PELIGRO PUERTA ABERTA	Removido	26/02/2022 1:52:03
945	401_X5	Alarm	LLENADORA	PELIGRO PUERTA ABERTA	Removido	26/02/2022 3:41:35
946	100_X10	Alarm	SEÑALIZACION	SEÑAL SEGURIDAD PUERTA 1	Removido	26/02/2022 3:28:18
947	300_X4	Alarm	MOJONER	ALERTA NIVEL BAJO DE VASO AGUA	Reactivado	19/02/2022 4:00:27
948	300_X6	Alarm	MOJONER	ALERTA NIVEL BAJO DE VASO JARABE	Reactivado	19/02/2022 3:18:12
949	300_X9	Alarm	MOJONER	ALERTA NIVEL ALTO DE VASO MEZCLA	Reactivado	19/02/2022 3:22:08

Sección "REPORTES"

Esta sección consta de 4 botones de navegación: "RESUMEN PRODUCCION", "REGISTROS PRODUCCION", "TIEMPOS DE PARADA" y "EXPORTAR REPORTE". En la Figura 66 se puede apreciar la ventana correspondiente al resumen de producción, como su nombre lo indica, en esta ventana se presenta un resumen de los indicadores y parámetros de control de producción más importantes, a continuación se enlistan algunos:

- Fecha y hora de inicio de producción
- Fecha y hora de fin de producción
- Tiempo total trabajado
- Formato
- Cajas físicas programadas
- Cajas físicas producidas
- Pallets producidos

- Botellas codificadas
- Tiempos de parada
- Consumo de CO2
- Utilización de línea
- Cumplimiento de programa
- Eficiencia mecánica
- Indicador de CO2
- Velocidad de línea en BPM
- Indicador energético

Figura 66

Pantalla de resumen de producción en la sección reportes

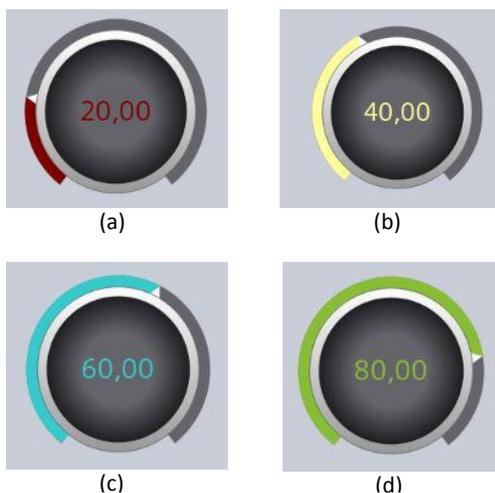


Los indicadores de producción están representados mediante dashboards, lo que permite convertir el simple valor numérico en información útil y valiosa para el usuario, ya que de esta forma se puede diagnosticar el estado de producción de la línea de embotellado. En la Figura 67 se muestra un

ejemplo del uso de color implementado para diagnosticar o clasificar un indicador de producción como muy malo, malo, bueno y excelente.

Figura 67

Consigna de colores usados para el diagnóstico de indicadores de producción



Nota. (a) Indicador muy malo, (b) Indicador malo, (c) Indicador bueno, (d) Indicador excelente

Desde la pantalla de resumen el usuario puede realizar los cambios de formato, y empezar un nuevo registro de producción, como se puede observar en la Figura 68.

Figura 68

Datos de producción actual

DATOS PRODUCCIÓN ACTUAL

ACEPTAR

Inicio producción parcial: 0

Final producción parcial: 0

Tiempo trabajado: 0 0

Cajas físicas programadas: 0

Cajas físicas producidas: 0

Pallets producidos: 0

Botellas codificadas: 0

Horas teoricas: 0

RESET

RESET

- Coca Cola 300ml
- Coca Cola Zero 300ml
- Fiora Fresa 200ml
- Fiora Fresa 300ml
- Fiora Manzana 200ml
- Fiora Manzana 300ml
- Inka Cola 200ml
- Inka Cola 300ml
- Fanta 200ml
- Fanta 300ml

También se puede registrar los tiempos de parada, ya sean estos programados, operacionales, ajenos o mecánicos; para ello se hace uso de ventanas emergentes, como se muestra en la Figura 69.

Cada reporte de producción contiene implícitamente un registro detallado de los tiempos de parada que se produjeron durante la producción en un formato específico. Los tiempos de parada se clasifican en cuatro categorías que son: paros programados, paros operacionales, paros ajenos y paros mecánicos. En los registros se almacena la hora inicial, hora final, la diferencia de tiempo, la categoría, la descripción y el formato de producción al cual pertenecen dichos tiempos de parada. Para acceder a los registros detallados de tiempos correspondientes a cada reporte, se lo puede hacer mediante el botón de navegación “TIEMPOS DE PARADA”, como se observa en la Figura 71.

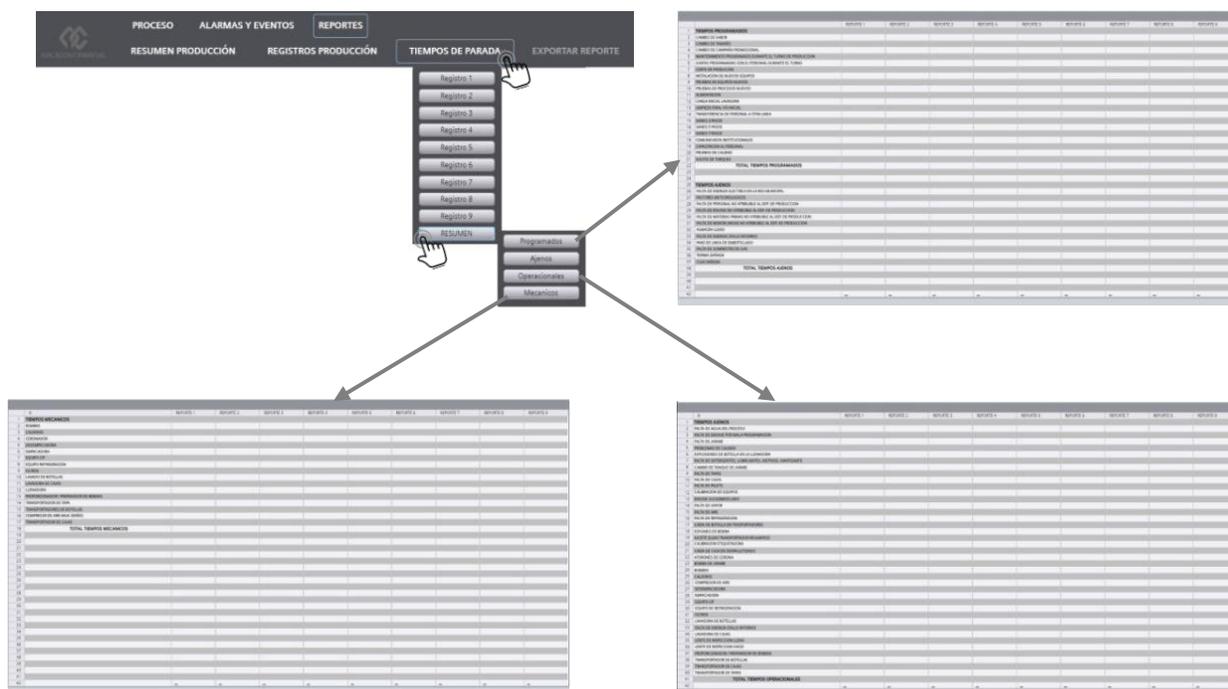
Figura 71

Menú y pantalla de registro de tiempos de parada de un reporte específico.

DESCRIPCION		INICIO	FIN	DIFERENCIA	FORMATO			
TIEMPO PROGRAMADOS					TIEMPO OPERACIONAL			
1	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
2	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
3	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
4	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
5	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
6	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
7	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
8	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
9	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
10	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
11	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
12	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
13	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
14	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
15	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
16	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
17	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
18	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
19	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
20	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
21	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
22	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
23	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
24	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
25	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
26	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
27	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
28	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
29	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
30	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
31	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
32	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
33	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
34	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
35	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
36	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
37	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
38	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
39	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
40	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
41	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
42	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
43	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
44	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
45	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
46	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
47	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
48	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
49	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
50	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
51	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
52	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
53	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
54	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
55	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
56	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
57	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
58	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
59	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
60	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
61	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
62	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
63	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
64	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
65	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
66	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
67	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
68	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
69	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
70	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
71	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
72	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
73	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
74	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
75	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
76	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
77	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
78	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
79	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
80	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
81	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
82	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
83	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
84	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
85	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
86	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
87	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
88	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
89	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
90	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
91	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
92	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
93	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
94	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
95	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
96	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
97	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
98	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
99	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
100	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
101	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
102	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
103	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
104	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
105	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
106	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
107	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
108	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
109	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
110	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
111	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
112	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
113	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
114	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
115	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
116	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
117	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
118	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
119	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
120	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
121	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
122	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
123	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
124	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
125	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
126	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
127	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
128	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
129	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
130	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
131	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
132	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
133	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
134	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
135	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
136	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
137	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
138	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
139	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
140	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
141	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
142	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
143	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
144	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
145	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
146	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
147	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
148	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
149	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
150	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
151	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
152	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
153	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
154	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
155	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
156	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
157	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
158	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
159	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
160	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
161	Paro	0	0	0	Paro	0	0	0
162	Paro	0	0	0	Paro	0</		

Figura 72

Pantallas de resumen de tiempos de parada ocurridos en todos los reportes de producción.



Gestión de alarmas y eventos

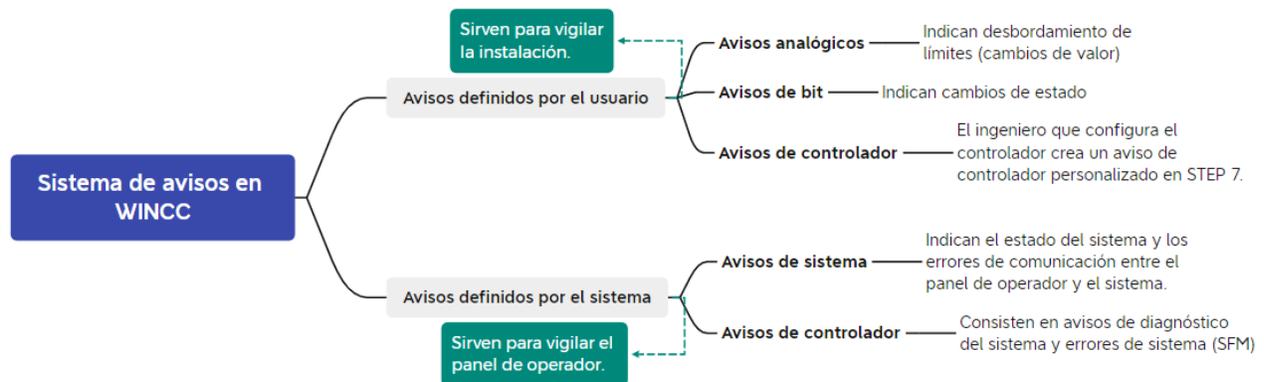
El estándar ANSI/ISA 18.2 especifica los procesos y principios generales para la gestión del ciclo de vida de los sistemas de alarma basados en autómatas programables e Interfaces Hombre Máquina (HMI) desarrolladas en ordenadores en industrias de procesos, el estándar abarca todas las alarmas presentadas al operador a través del sistema de control, incluyendo alarmas de sistemas básicos de control de procesos, paneles anunciadores, sistemas integrados y sistemas instrumentados de seguridad.

WinCC dispone de una serie de herramientas y medios técnicos para la implementación de sistema de avisos o alarmas, con la ayuda de estos medios es posible elaborar un sistema de avisos que cumpla con los requisitos establecidos en el conjunto de normas y directivas nacionales e

internacionales actualmente vigentes. Los avisos pueden ser definidos por el usuario o por el sistema (Figura 73).

Figura 73

Estructura del sistema de avisos en WINCC



Se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones al momento de configurar un sistema de avisos:

- Tomar en cuenta la capacidad limitada de los operadores futuros.
- Tomar en cuenta las características de la percepción humana y considerar sus límites.
- Los avisos importantes deben resaltarse para ser percibidos de forma rápida. La información relevante debe presentarse de forma redundante para facilitar la percepción.
- Los avisos deberían ir acompañados de información complementaria para garantizar una localización y solución rápida de las averías.
- Es conveniente que los avisos más importantes vayan acompañados de señales ópticas y acústicas con el objetivo de estimular varios canales sensoriales y mejor de esa forma la transmisión de la información

Estado de los avisos

En la Tabla 14 se muestra el convenio de colores usados para representar el estado operativo en el que se encuentra cada mensaje de alarma.

Tabla 14

Convenio de colores usados para representar los estados de avisos

COLOR DE FONDO	COLOR DE TEXTO	ESTADO	DESCRIPCIÓN
		Aparecido	La condición para lanzar un aviso se cumple. El aviso se visualiza
		Aparecido/Desaparecido	La condición de un aviso se cumple, pero no se realiza el acuse correspondiente y posteriormente la condición del aviso ya no se cumple. El aviso ya no está presente.
		Aparecido/Acusado	La condición de un aviso se cumple y el operador ha acusado el aviso.
		Aparecido/Desaparecido/ Acusado	La condición de un aviso se cumple. El operador identifica la causa que ha disparado el evento. La condición del aviso ya no se cumple. El operador ha acusado el aviso después de este momento.

Categoría de avisos

Debido a la cantidad de avisos que se pueden llegar generar en todo el sistema SCADA es importante clasificar estos por categorías, logrando así que el operador pueda discernir claramente qué avisos son los más importantes. En la categoría de un aviso se define la prioridad y el concepto de acuse (acuse simple, acuse y confirmación o sin acuse); en WinCC existen categorías de aviso predefinidas de forma estándar, las cuales están protegidas contra escritura, permitiendo únicamente modificar los colores de fondo y de primer plano, así como los colores de texto.

La prioridad (un valor entre "0" y "16") permite conseguir que el aviso más importante (máxima prioridad "16") aparezca en el área de visualización del visor de avisos de una línea; mientras que el

concepto de acuse sirve para asegurarse de que el operador haya leído un aviso, los avisos que muestran estados críticos o peligrosos en el proceso, deben ser de acuse obligatorio, a continuación se presentan los conceptos de acuse existentes en WinCC:

- **Aviso de acuse simple:** este aviso requiere un acuse en cuanto se produce el evento que lo generó. El aviso estará presente hasta que se acuse y desaparezca el evento.
- **Aviso de acuse simple opcional:** este aviso no requiere necesariamente de un acuse en cuanto se produce el evento que lo generó. El aviso desaparece cuando el evento que lo generó no está presente.
- **Aviso con acuse y confirmación:** este aviso requiere un acuse en cuanto se produce el evento que lo genera o cuando se retira el aviso. Además se requiere una confirmación cuando el evento que disparó el aviso ya no está presente. El aviso permanecerá hasta que se acuse y confirme.
- **Aviso sin acuse:** este aviso aparece y desaparece sin que se requiera ningún acuse. El sistema no muestra ninguna reacción.
- **Aviso sin estado "Desaparecido" con acuse:** este aviso se muestra en el visor hasta que se acusa. El aviso desaparece entonces del visor.
- **Aviso sin estado "Desaparecido" sin acuse:** este aviso aparece y desaparece cuando el evento que lo generó ya no está presente. El aviso no se introduce en el visor.

En la Figura 74 se muestra la configuración de las categorías de avisos; en el sistema SCADA se implementaron 3 categorías Alarm, Warning y Event.

Figura 74

Configuración de las categorías de avisos en WinnCC Unified

Categorías											
Nombre	Autómata finito	Prioridad	Fichero	Color d...							
Acknowledgement	Aviso con acuse simple	0		255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...
No Acknowledgement	Aviso sin acuse	0		255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...
Information	Aviso sin estado Desapar...	1		220...	0; 0; 0...	220...	0; 0; 0...	220...	0; 0; 0...	220...	0; 0; 0...
SystemInformation	Aviso sin estado Desapar...	1		220...	0; 0; 0...	220...	0; 0; 0...	220...	0; 0; 0...	220...	0; 0; 0...
OperatorInputInformation	Aviso sin estado Desapar...	1		220...	0; 0; 0...	220...	0; 0; 0...	220...	0; 0; 0...	220...	0; 0; 0...
SystemNotification	Aviso sin acuse	4		173...	0; 0; 0...	173...	0; 0; 0...	173...	0; 0; 0...	173...	0; 0; 0...
Notification	Aviso sin acuse	4		173...	0; 0; 0...	173...	0; 0; 0...	173...	0; 0; 0...	173...	0; 0; 0...
OperatorInputRequest	Aviso con acuse simple	5		0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	0; 0; 0...	255...
WarningWithReset	Aviso con acuse y confir...	8		255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...
SystemWarningWithoutC...	Aviso sin estado Desapar...	8		255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...
SystemWarning	Aviso con acuse simple	8		255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...
Warning	Aviso con acuse simple	8	Historico de warnings	255...	0; 0; 0...	153...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	150...	255...
Event	Aviso con acuse simple	10	Historico de eventos	128...	255...	153...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	150...	255...
AlarmWithReset	Aviso con acuse y confir...	12		255...	255...	255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	255...	255...
SystemAlarm	Aviso con acuse simple	12		255...	255...	255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	255...	255...
Alarm	Aviso con acuse simple	12	Historico de alarmas	255...	255...	255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	255...	255...
SystemAlarmWithoutCle...	Aviso sin estado Desapar...	12		255...	255...	255...	0; 0; 0...	255...	0; 0; 0...	255...	255...
CriticalWithReset	Aviso con acuse y confir...	16		139...	255...	139...	0; 0; 0...	139...	0; 0; 0...	139...	255...
Critical	Aviso con acuse simple	16		139...	255...	139...	0; 0; 0...	139...	0; 0; 0...	139...	255...
<Agregar>											

Alarm [Categoría]

General Textos

General
Acuse
Colores

Colores

Estado

	Fondo	Texto	Parpadeo
Aparecido:	[Color]	[Color]	<input checked="" type="checkbox"/>
Aparecido/Desaparecido:	[Color]	[Color]	<input type="checkbox"/>
Aparecido/Acusado:	[Color]	[Color]	<input type="checkbox"/>
Aparecido/Desaparecido/Acusado:	[Color]	[Color]	<input type="checkbox"/>

Configuración de avisos

Para realizar una adecuada configuración de avisos se implementó los siguientes pasos:

- Ajustar categorías o configurar categorías propias y asignarlas a los avisos.
- Crear variables de disparo ya sean digitales mediante barra de bits o analógicas por medio de un umbral.
- Crear los avisos en el editor y asígneles la variable que deba vigilarse, las categorías y otras propiedades.
- Configurar la visualización de avisos mediante un visor de avisos en el editor
- Crear un fichero de avisos para archivar o salvaguardar un histórico de avisos.

Ficheros de registro

Una de las características esenciales en un sistema SCADA es la adquisición de datos, esta característica se ve reflejada mediante ficheros de variables y avisos. Mediante el fichero de variables se puede archivar datos de proceso de una instalación industrial y a través de un fichero de avisos se puede archivar los avisos que se generen en el proceso supervisado.

La estructura y el funcionamiento de ambos tipos de fichero son básicamente los mismos, en ambos se definen las mismas propiedades y métodos de archivación, estos métodos pueden ser:

- **Fichero cíclico:** se caracteriza por sobrescribir las entradas más antiguas, es decir cuando un fichero cíclico se llena completamente, las entradas más antiguas se sobrescriben.
- **Fichero circular segmentado:** en esta clase de ficheros se crean varios segmentos de fichero de igual tamaño que se llenan uno tras otro, cuando todos los segmentos se llenan, se sobrescribe el segmento más antiguo.
- **Fichero con aviso del sistema dependiente del nivel de llenado:** en estos ficheros se dispara un aviso del sistema cuando se alcanza un nivel de llenado preestablecido.
- **Fichero con lanzamiento de un evento en función del nivel de llenado:** cuando el fichero está lleno se dispara un evento "Desbordamiento" y consecuentemente se dispara una función del sistema.

En cuanto a los modos de disparo para registrar las variables en el fichero, se dispone de tres modos:

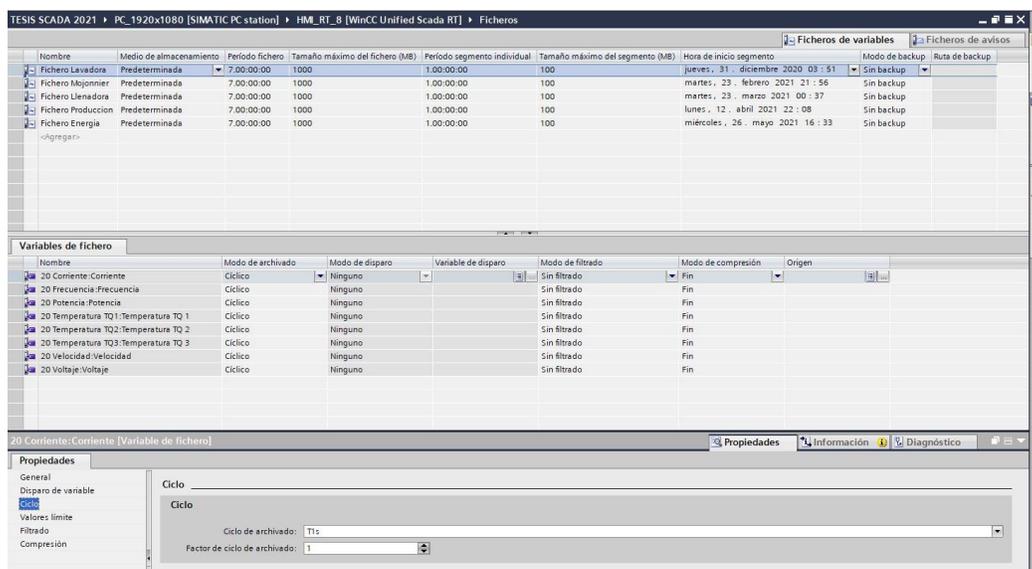
- **Cíclico:** el almacenamiento se lo realiza de acuerdo al ciclo de tiempo ajustado.

- **Bajo demanda:** el almacenamiento se genera por medio del cambio de estado de una variable de disparo previamente configurada.
- **Al cambiar:** el almacenamiento se realiza únicamente al cambiar el valor de la variable que debe archivar.

En la Figura 75 se muestran las propiedades y configuraciones utilizadas en la creación de los ficheros de variables; todos los ficheros creados son de carácter cíclico con un modo de disparo también cíclico, con un tiempo de almacenamiento de un segundo.

Figura 75

Configuración de ficheros de registro en WinnCC Unified



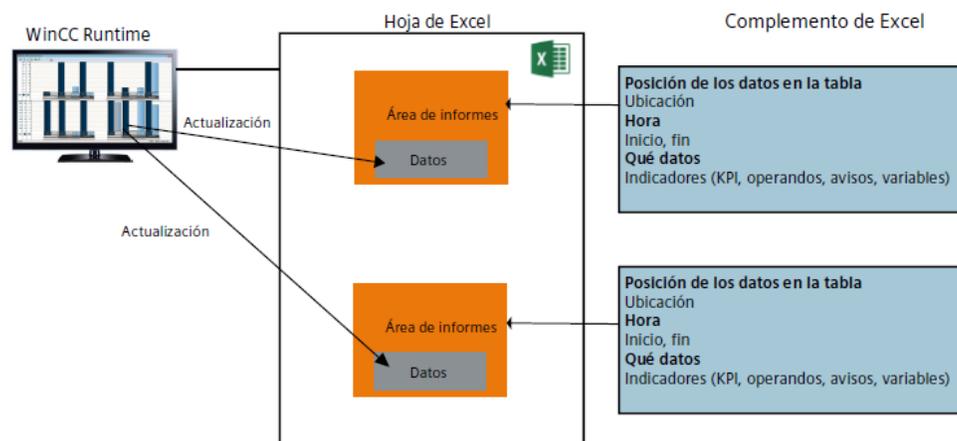
Es importante mencionar que los datos permanecen disponibles sin alteraciones incluso después de un corte de suministro eléctrico, en caso de producirse esta situación el runtime se desconecta de modo repentino e inesperado, pero los datos ya almacenados están protegidos y estarán disponibles íntegramente sin cambio alguno al restablecerse el suministro de energía y reiniciarse el sistema. El archivado puede continuar con la misma base de datos.

Generación de reportes

WinCC Unified Reporting permite generar informes de producción tomando como base, plantillas elaboradas por el usuario en Microsoft Excel (Figura 76), el origen de datos almacenados en los reportes puede ser variables de fichero, variables online o avisos de fichero; los reportes se pueden descargar como archivo de Excel o PDF.

Figura 76

Esquema funcional de WinCC Unified Reporting



Nota. Obtenido de (Siemens, SiePortal, 2022)

Configuración de complemento en Excel. Para la generación de informes y creación de plantillas se debe cumplir con los siguientes requerimientos de software:

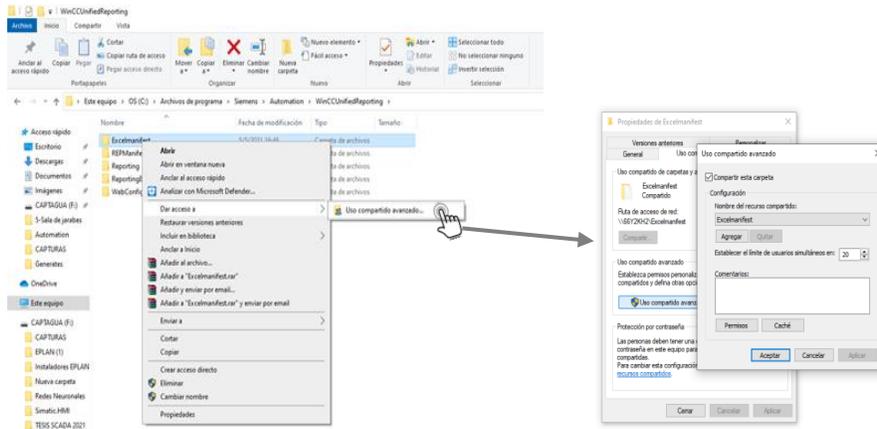
- Instalar Toolkit WinCC Unified Reporting
- Microsoft Excel 2016 - Build 16.0.6769 (32 o 64 bits) o superior
- Versión de Windows 10 >= 1903

Una vez instalado el Toolkit WinCC Unified Reporting es importante habilitar los permisos para la creación de plantillas y agregar el complemento a Excel para ello se debe seguir los siguientes pasos:

- Configurar el acceso de lectura a la ruta de instalación del Excel-Manifest: <Directorio de destino de instalacion>\WinCCUAReporting \Excelmanifest

Figura 77

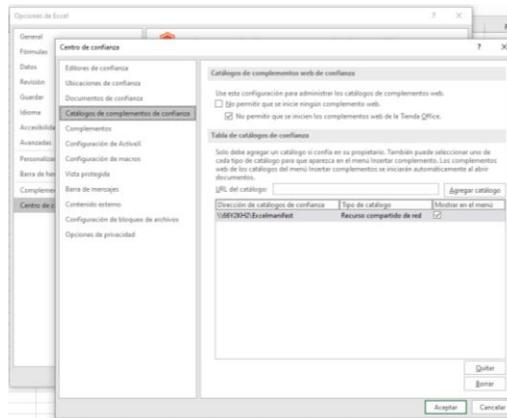
Acceso de lectura a carpeta Excelmanifest



- Abrir Microsoft Excel > "Trust Center" en "Archivo" > "Opciones".
- Clic en "Ajustes para el centro de seguridad".
- Clic en "Catálogos de complementos de confianza".

Figura 78

Configuración de catálogo de complementos de confianza en excel



- Agregar el catálogo a través de la URL "\\<Nombre del equipo>\excelmanifest".

- Verificar que en la columna "Mostrar en menú" esté activada la marca de verificación.
- Cerrar y abrir Excel.
- En el menú "Insertar", clic en "Mis complementos".

Figura 79

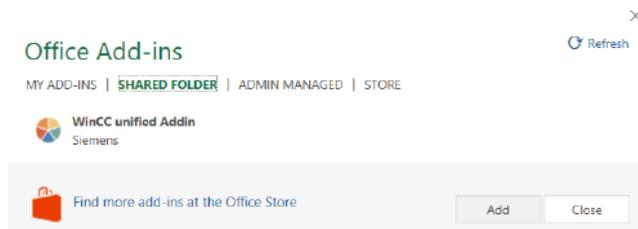
Barra de herramientas de excel menú "Insert">"My Add-ins"



- Seleccionar el complemento y dar clic en "Agregar".

Figura 80

Complemento de office de WinCC unified



Configuración de conexión y origen de datos. El origen de datos es la fuente de la que se seleccionan los elementos de origen de datos al configurar la plantilla de informe, WinCC Unified Reporting dispone de dos modos de conexión hacia los orígenes de datos:

- **Modo de conexión Online:** el origen de datos es el proyecto que se ejecuta en el servidor del runtime al que está conectada la plantilla de informe.
- **Modo de conexión Offline:** el origen de datos es un archivo de configuración. El archivo de configuración se genera conectando una plantilla de informe con un servidor de runtime y exportando a un archivo el proyecto que se ejecuta en él. Con este archivo

pueden crearse otras plantillas de informe sin necesidad de conectarse a un servidor de runtime.

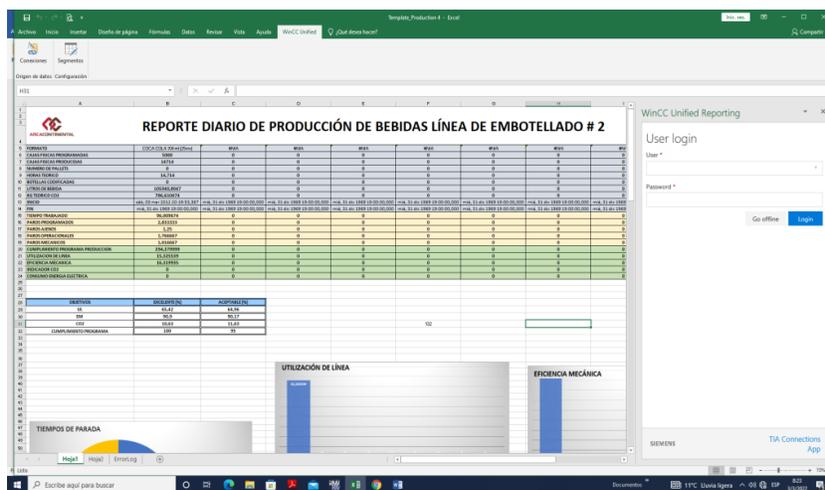
En el proyecto se implementó una conexión Online debido a la versatilidad que ofrece con respecto al método offline; antes de establecer una conexión con el servidor es importante verificar los siguientes puntos:

- Acceso al servidor de runtime.
- WinCC Unified Runtime está instalado en el servidor.
- El proyecto está cargado en Runtime y está en modo RUN REAL.
- El complemento no está conectado a ningún otro servidor.

Una vez verificado los puntos anteriores se procede a establecer una conexión con el servidor para ello dar clic en la ficha "WinCC Unified" de Excel, grupo "Orígenes de datos", opción "Conexiones", seleccionar el modo de conexión online, introducir el nombre del servidor o dirección IP y dar click en consultar. Si la instalación, configuración de componentes y verificación se realizaron correctamente se habrá establecido una conexión exitosa con el servidor, permitiéndole al usuario iniciar sesión, como se muestra en la Figura 81.

Figura 81

Conexión de complemento de excel con servidor



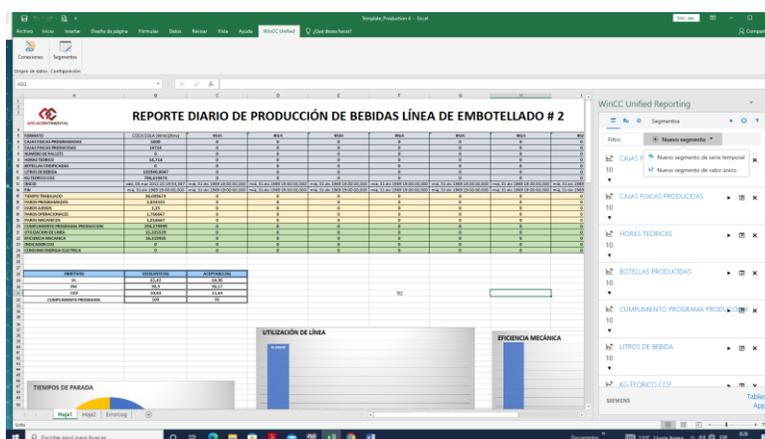
Configuración de la plantilla de informe

Una vez establecida la conexión con el servidor es posible realizar la configuración de una plantilla de informe en Excel (Figura 82), para ello se debe crear segmentos, los cuales funcionan como contenedores en los cuales se puede agregar todos los elementos de origen de datos que se desee. Se puede elegir entre segmentos de serie temporal y segmentos de valor único. En la Figura 83 se muestra la estructura del panel de creación y edición de segmentos.

Los segmentos de serie temporal constan de una tabla de leyendas y de una tabla de datos; en la tabla de leyendas se tiene información general sobre los elementos de origen de datos del segmento, mientras que en la tabla de datos se indican los distintos valores para cada elemento de origen de datos del segmento, los elementos de origen de datos para esta clase de segmentos pueden ser avisos de fichero o variables de fichero

Figura 82

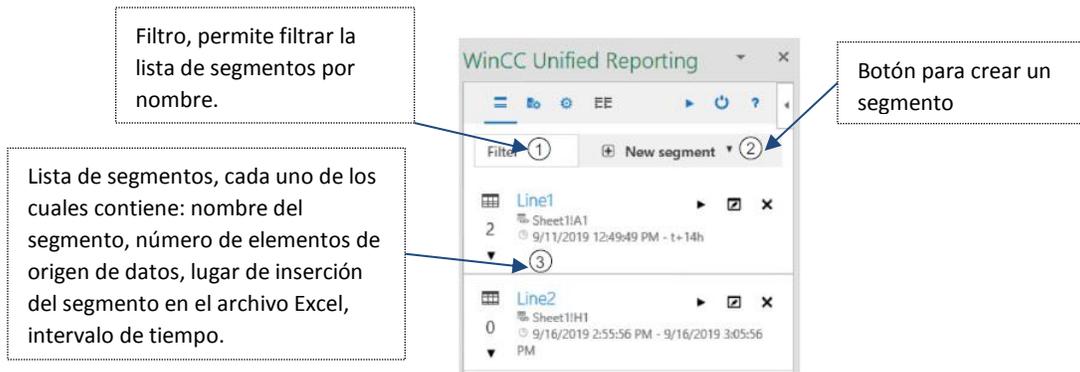
Creación y configuración de plantilla de informe en WinCC Unified Reporting



Los segmentos de valor único constan de una tabla de datos que contiene exactamente un valor para cada elemento de origen de datos del segmento, los elementos de origen de datos para esta clase de segmentos pueden ser variables de fichero o variables online.

Figura 83

Estructura del menú de navegación y edición de segmentos en WinCC Unified Reporting

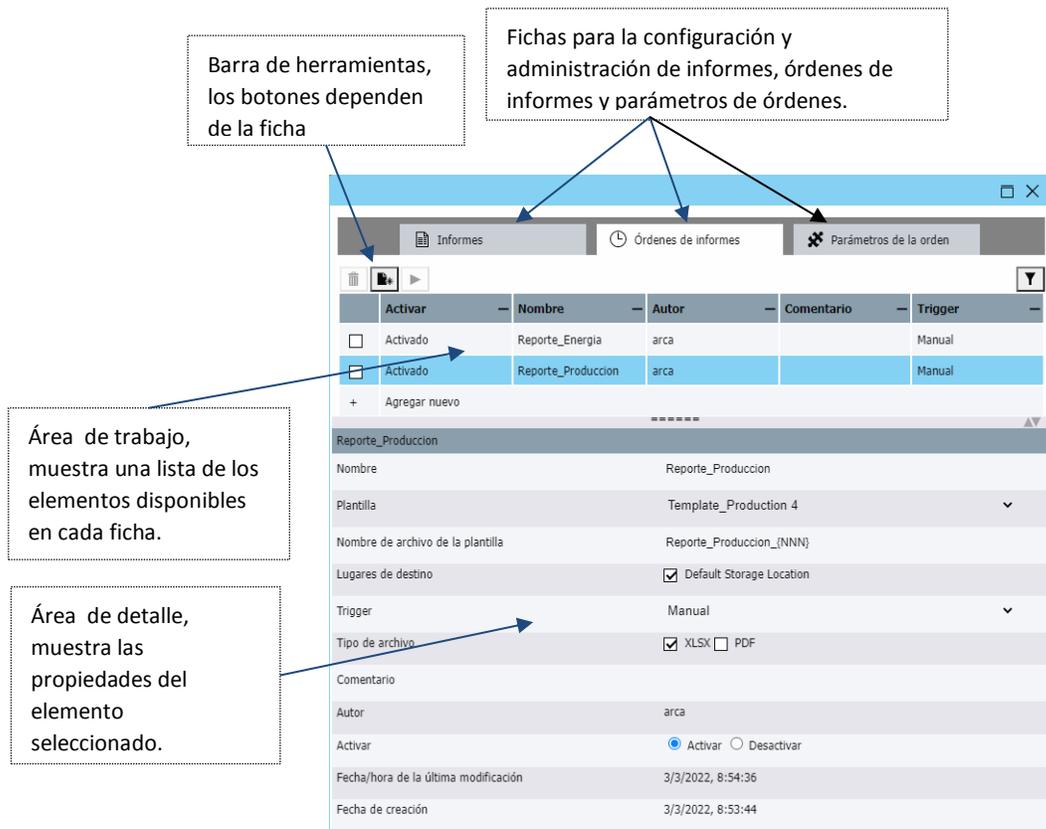


Interfaz del control "Informes"

Mediante el control de "Informes" (Figura 84) se puede descargar los informes generados, cargar plantillas de Excel, crear y administrar órdenes de informes. El control tiene la siguiente estructura:

Figura 84

Estructura del panel de configuración y control de informes



En la Tabla 15 se muestra la función de los botones de navegación del panel de administración y control de informes, la función que desempeña cada botón puede cambiar dependiendo de la sección o ficha en la que se encuentre el usuario.

Tabla 15

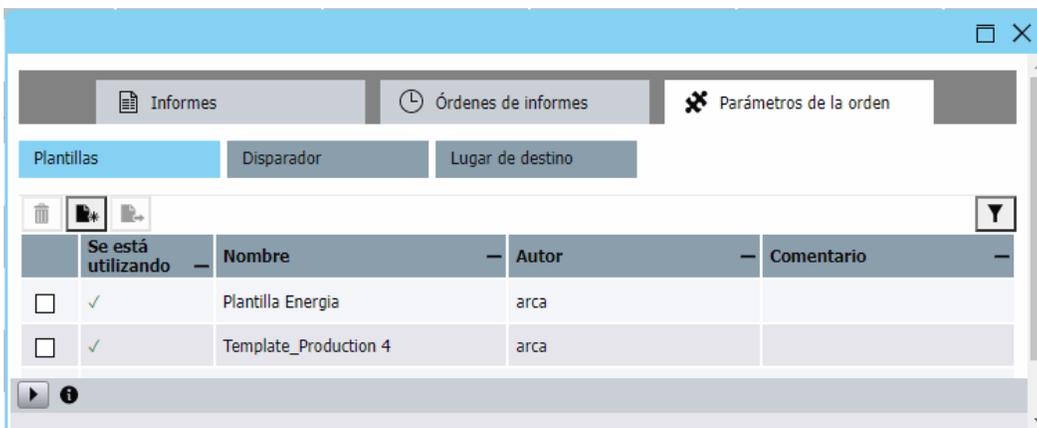
Funcionalidad de botones de navegación del panel de control de informes.

ICONO	BOTÓN	DESCRIPCIÓN
	Borrar	Borra los elementos cuya opción está activada en el área de trabajo
	Agregar nuevo o importar	Crea un elemento nuevo, también sirve para importar una o varias plantillas a runtime.
	Ejecutar	En la ficha "Órdenes de informes". Crea manualmente informes para las órdenes de informes cuya opción está activada en el área de trabajo.
	Exportar	En la ficha "Parámetros de generación de informes" >" Plantillas" permite la exportación de plantillas En la ficha "Informes" permite descargar informes en el cliente

En la ficha "Parámetros de la orden" (Figura 85) se puede importar o exportar plantillas de informe en formato Excel, también se puede configurar el disparador de órdenes de informe, el cual puede ser manual o automático y por último se puede modificar la dirección o ruta de almacenamiento de los reportes.

Figura 85

Interfaz de la ficha "Parámetros de la orden" en el panel de control de informes



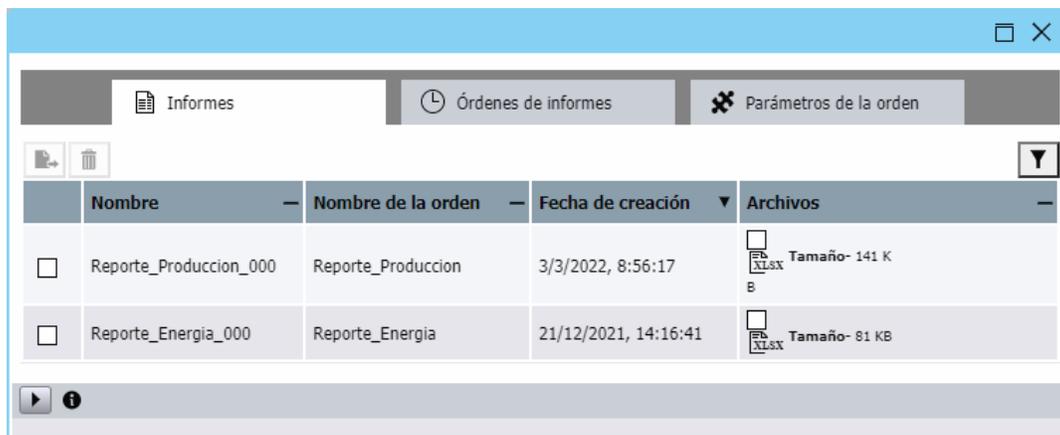
Una orden de informe es una orden para generar informes; la configuración de una orden de informe regula los detalles de la generación; a cada orden de informe le corresponden n informes. Cada vez que se ejecuta una orden de informe se genera un nuevo informe.

La ejecución de órdenes de informes puede ser de forma automática o manual; la generación en automático sucede cuando se cumple la condición de disparo definida para la ejecución de la orden, mientras que la ejecución en forma manual la realiza el usuario al dar click en el mando "Órdenes de informes".

Una vez que se haya ejecutado la orden de informe ya sea de forma manual o automática se crea el informe correspondiente en la pestaña "Informes" (Figura 86), en esta ventana se tiene la posibilidad de descargar los informes como archivo de Excel o PDF dependiendo de cómo se haya hecho la configuración en la orden de informe correspondiente.

Figura 86

Interfaz de la pestaña "Informes" en el panel de control de informes.



Administración de usuarios

Como se mencionó anteriormente en la etapa de diseño el sistema tiene tres niveles de usuario (Administrador, Operador y Mantenimiento), los usuarios catalogados como administradores tienen acceso a toda la plataforma, obteniendo permisos para modificar parámetros, crear reportes, generar nuevos permisos de usuarios y modificar contraseñas, mientras que el grupo de usuarios que poseen el permiso de operador tienen acceso limitado a la plataforma, estando autorizados únicamente para monitorear, ajustar y controlar las condiciones del proceso, no tienen acceso a pantallas de mantenimiento y administración de usuarios. Los usuarios de mantenimiento tienen permiso para accionar sistemas de seguridad, forzar señales digitales y analógicas.

En el software TIA PORTAL se pueden crear usuarios locales del proyecto y usuarios o grupos de usuarios globales, que son agregados por un administrador del proyecto:

- **Usuarios locales del proyecto:** Son los usuarios definidos y administrados en un proyecto de TIA Portal, estas cuentas de usuario solo son válidas para un proyecto en particular. Se recomienda

el uso de cuentas de usuarios del proyecto cuando toda la ingeniería de automatización se realiza en un solo proyecto.

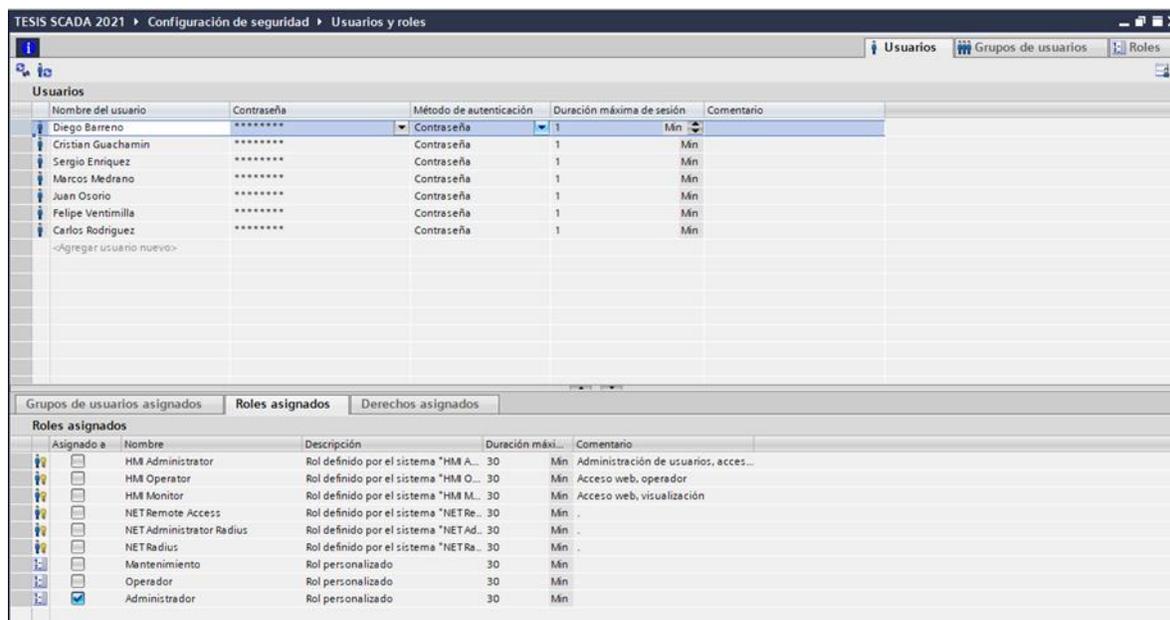
- **Usuarios y grupos de usuarios globales:** Estas cuentas de usuario se definen y administran fuera de TIA Portal; los usuarios y grupos de usuarios globales pueden importarse a diferentes proyectos de TIA Portal.

Los tres usuarios creados en el proyecto son de carácter local; los ajustes que se realizan para cada usuario en particular consisten principalmente en los siguientes campos:

- **Nombre de usuario:** Nombre del usuario local del proyecto que debe utilizarse para iniciar sesión en el proyecto.
- **Contraseña:** La contraseña del usuario local del proyecto asignada por el administrador para iniciar sesión en el proyecto. El usuario del proyecto puede cambiar la contraseña a posteriori.
- **Método de autenticación:** Método de autenticación definido por el administrador. Existen dos métodos de autenticación, el primero es mediante contraseña; la sesión se inicia con una contraseña definida en el TIA Portal o en UMC (User Management Component); el segundo es mediante un servidor RADIUS, la sesión se inicia a través de un servidor RADIUS en el que está guardada la contraseña. Esta opción solo puede utilizarse con dispositivos que pueden iniciar sesión mediante un servidor RADIUS.
- **Duración máxima de la sesión:** Tiempo máximo durante el cual el usuario puede estar conectado a un dispositivo, transcurrido este tiempo se cierra la sesión del usuario en el dispositivo, este ajuste solo está disponible con dispositivos que soporten una duración de sesión.

Figura 87

Configuración de usuarios en WinCC Unified



A los usuarios o grupos de usuarios se les pueden asignar determinados roles que, a su vez, pueden estar vinculados a distintos derechos de funciones. Los derechos se asignan a los usuarios mediante roles. En un proyecto no protegido, se crean roles definidos por el sistema sin derechos de funciones de ingeniería como, por ejemplo: HMI Administrator, HMI Operator, HMI Monitor, NET Remote Access, NET Administrator Radius, NET Radius.

Si se activa la protección de proyecto para un proyecto, se crearán dos roles adicionales definidos por el sistema con derechos de funciones de ingeniería: "Engineering Administrator" y "Engineering Standard". Los roles definidos por el sistema no se pueden renombrar ni eliminar. Tampoco se puede modificar la asignación de los derechos de funciones a los roles definidos por el sistema. Sin embargo, se pueden crear roles definidos por el usuario y asignarles derechos de funciones.

Configuración y programación de pasarela IOT2040

En el mercado Siemens tiene dos versiones diferentes de Gateway IOT, una versión básica diseñada principalmente para proyectos educativos, que es el IOT2020 y otra versión industrial IOT2040, con puertos e interfaces de comunicación que permiten establecer una conexión con dispositivos industriales, que no dispongan conexión directa a través de un puerto RJ45, además posee un Reloj en Tiempo Real que está respaldado con una batería incluida, al igual que la memoria RAM cuya capacidad es el doble de la instalada en el IoT 2020.

Especificaciones técnicas IOT2040

En la Tabla 16 se presentan las especificaciones técnicas de los dos modelos de pasarela IOT simatic, de esta forma se contrasta la diferencia existente entre los dos modelos y a la vez se justifica la elección del IOT2040 en la implementación del proyecto.

Tabla 16

Especificaciones técnicas IOT2020 vs IOT2040

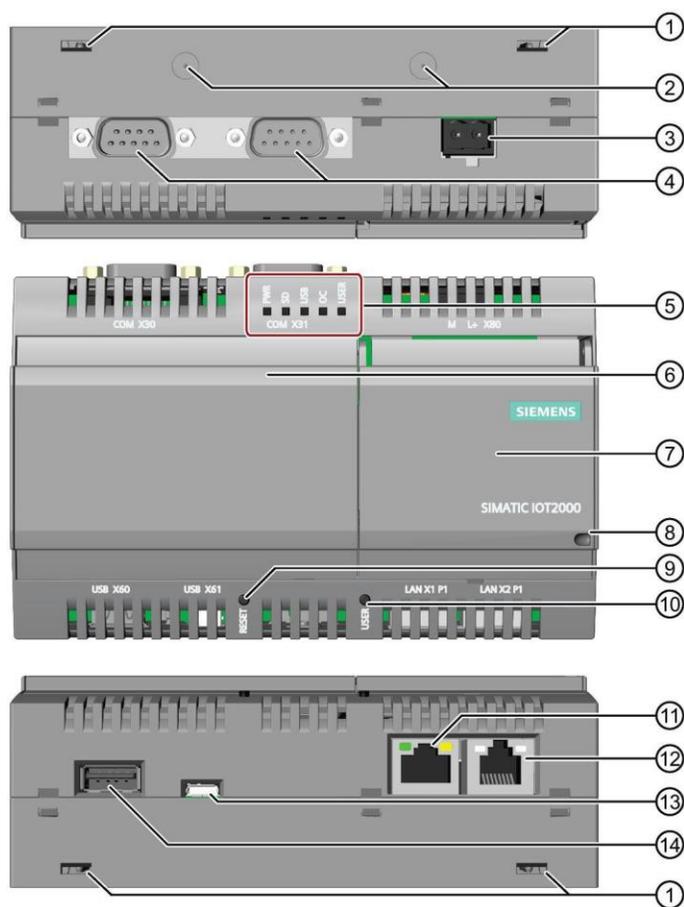
CARACTERÍSTICAS	SIEMENS IOT2040	SIEMENS IOT2020
		
ALIMENTACIÓN	24VDC	24VDC
PROCESADOR	Intel Quark X1000 processor	Intel Quark X1020 processor
MEMORIA RAM	1 GB RAM DDR3	512 MB RAM
SISTEMA OPERATIVO	1 GB RAM DDR3	YOCTO Linux
PUERTOS ETHERNET	2 x Ethernet interfaces	1 x Ethernet interface

CARACTERÍSTICAS	SIEMENS IOT2020	SIEMENS IOT2040
PUERTOS SERIAL	2x RS232/485 switchable	No disponible
PUERTOS USB	2 (1 Tipo A + 1 mini B)	2 (1 Tipo A + 1 mini B)
RELOJ EN TIEMPO REAL	(RTC) Respaldo por batería	No disponible

En la Figura 88 y Tabla 17 se describe las partes principales del hardware IOT2040.

Figura 88

Hardware IOT2040



Nota. Obtenido de (Siemens, SiePortal, 2022)

Tabla 17*Descripción de hardware IOT2040*

N°	DESCRIPCIÓN
1	Apertura para montaje en pared
2	Designación para la integración de antenas
3	Conexión para fuente de alimentación
4	COM-Interfaces (RS232/485)
5	5 LED's, 1 programmable USER LED
6	Tapa izquierda
7	Tapa derecha
8	Apertura para bloquear la tapa derecha
9	Botón RESET para la CPU
10	Botón de Usuario
11	Ethernet Interface 10/100 Mbps
12	Ethernet Interface 10/100 Mbps
13	USB Tipo Mini-B
14	USB Tipo A

Requerimientos de Software

Por defecto la pasarela inteligente IOT2040 no cuenta con un sistema operativo instalado de fábrica por lo cual es necesario instalar una imagen de firmware que contiene el sistema operativo Yocto Linux. Esta imagen se proporciona a través de Siemens Industry Online Support como se muestra en la Figura 89.

Figura 89

Siemens Industry Online Support Downloads for SIMATIC IOT20X0

The screenshot shows a web browser window displaying the Siemens Industry Online Support page for SIMATIC IOT20x0 downloads. The page includes a navigation bar with links for Product Support, Services, Forum, and mySupport. The main content area is titled "Downloads for SIMATIC IOT20x0" and features a star rating of 3.7. Below the title, there is a section for "Example images" and "Firmware" with a link to "Realtime image for PN functionality". A list of download files is provided, including:

- IOT2040_Example_Image_V3.1.1.zip (454.8 MB) (SHA-256)
- IOT2040_SDK_Windows_V3.1.1.zip (1.3 GB) (SHA-256)
- IOT2040_SDK_Linux_V3.1.1.zip (1.0 GB) (SHA-256)
- IOT2040_Eclipse_Plugin_V2.2.0.zip (10.9 KB) (SHA-256)
- IOT2040_Open_Source_Software_V3.1.1.zip (3.5 GB) (SHA-256)
- IOT2040_ReadMe_OSS_Multilanguage_V3.1.1.zip (35.0 KB) (SHA-256)

The page also includes a "mySupport Cockpit" section with links for favorites, requests, and downloads, and a "Product information" section with links for presales, catalog, technical info, support, service offer, training, and contact & partners.

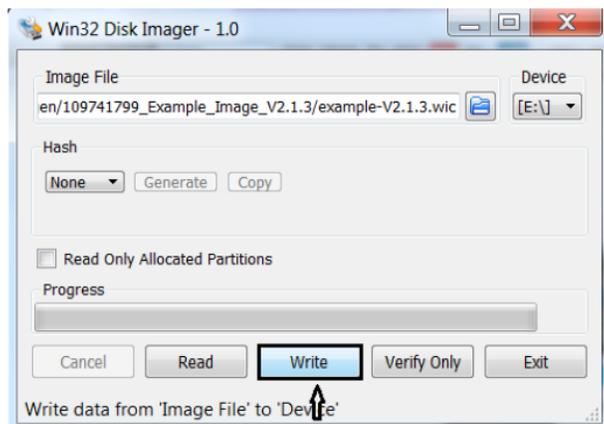
Una vez que se haya descargado la imagen de firmware, es necesario instalar esta imagen en una tarjeta SD, para ello se necesita de un quemador de imagen, el más común es Win32DiskImager. Posteriormente se necesita del software Putty el cual nos permite establecer una comunicación con el IOT2040 y de esa forma acceder a la configuración del sistema operativo.

Instalación de SD-Card

El requisito para usar SIMATIC IOT2040 con el sistema operativo Yocto Linux es una tarjeta Micro-SD con capacidad de almacenamiento de 8GB hasta 32GB. Una vez se ha instalado el Win32DiskImager, se abre el programa, se selecciona el archivo .wic de la imagen (para ello se debe descomprimir el archivo zip descargado), se especifica la unidad en la que se encuentra la tarjeta microSD, y se escribe la imagen como se muestra en la Figura 90. Es importante formatear la tarjeta microSD antes de cargar el sistema operativo.

Figura 90

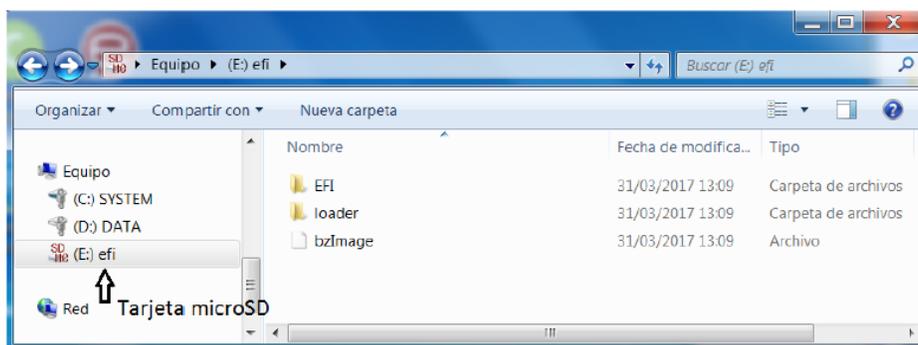
Escritura de imagen en microSD mediante Win32 Disk Imager



La escritura de la imagen toma alrededor de 4 minutos, una vez que la imagen se ha escrito se puede observar que el nombre de la tarjeta ha cambiado y que dentro de ella hay dos carpetas y un archivo como se muestra en la Figura 91.

Figura 91

Archivos generados en microSD después de escritura.



Una vez que se ha realizado la escritura de imagen en la tarjeta micro SD, se procede a introducir la tarjeta en el SIMATIC IOT2040. Para colocar la tarjeta correctamente en el dispositivo, se siguen los siguientes pasos.

- Desbloquear la ranura de la tarjeta

Figura 92

Desbloqueo de ranura de seguridad de tarjeta SD



Nota. Obtenido de (Siemens, Primera instalación y primer programa en node-red, 2018)

- Abrir la ranura

Figura 93

Apertura de ranura de seguridad IOT2040



Nota. Obtenido de (Siemens, Primera instalación y primer programa en node-red, 2018)

- Colocar la tarjeta

Figura 94

Tarjeta microSD colocada en la ranura de IOT2040



Nota. Obtenido de (Siemens, Primera instalación y primer programa en node-red, 2018)

- Bloquear la ranura deslizando hacia arriba

Figura 95

Bloqueo de ranura de seguridad en IOT2040



Nota. Obtenido de (Siemens, Primera instalación y primer programa en node-red, 2018)

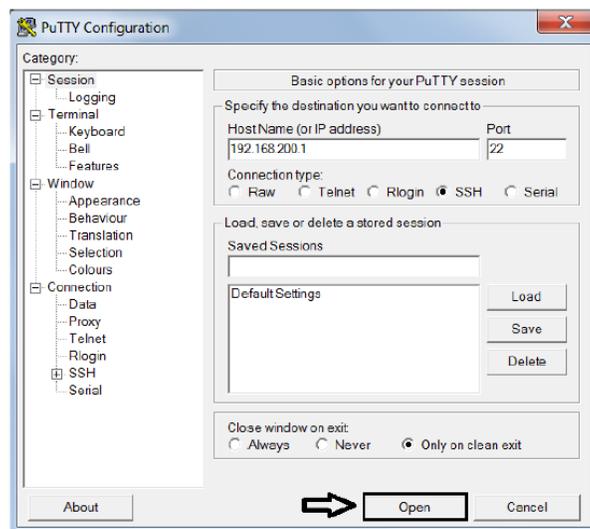
Una vez que la tarjeta se haya colocado, se alimenta el dispositivo a través del puerto X80. Se encenderá el led PWR indicando que el dispositivo está alimentado, y unos segundos después se encenderá el led USB que indica que el IOT ya ha arrancado. Posteriormente se encenderá el led SD, que permanecerá parpadeando o encendido fijo durante unos minutos, mientras se redimensiona la tarjeta microSD; cuando el led SD se haya apagado significa que se ha terminado el redimensionamiento.

Inicio de sesión en Simatic IOT2040

Para acceder a la configuración del dispositivo IOT a través del PC se necesita la herramienta Putty, y conectar un cable Ethernet desde el puerto X1 del SIMATIC IOT2040 al PC. Por defecto el dispositivo tiene asignada la dirección IP 192.168.200.1; por ende es necesario que la PC desde la cual se desea realizar la conexión se encuentre en el mismo rango de direcciones IP. Una vez que se haya verificado la dirección IP y establecido la conexión mediante el cable Ethernet, se ejecuta la herramienta Putty y se configura una conexión por SSH al dispositivo como se muestra en la Figura 96.

Figura 96

Configuración inicial de PuTTY para iniciar sesión.



En la Figura 97 se muestra el mensaje de advertencia que se genera en la primera conexión al dispositivo IOT 2040, este mensaje es una alerta de seguridad ya que se trata de un dispositivo nuevo.

Figura 97

Mensaje de advertencia al iniciar sesión por primera vez en IOT2040



El usuario para iniciar sesión es “root”. Por defecto no se tiene configurada ninguna contraseña de acceso, por lo cual se accede directamente al terminal de Linux del dispositivo. Para configuraciones adicionales tales como usuario/contraseña, interfaces, direcciones IP, etc., a través del comando `iot2000setup` se accede a un menú que permite realizar estos ajustes

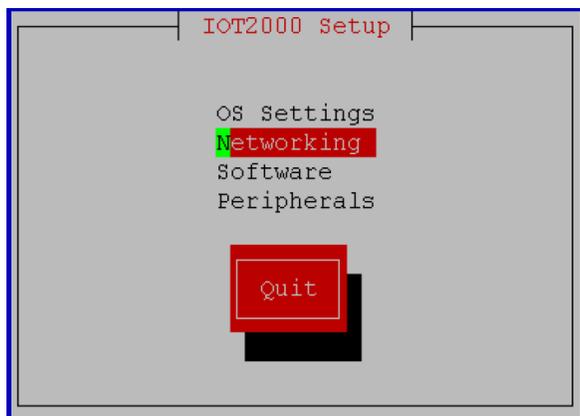
Cambio de dirección IP

Para integrar el IOT2040 en la arquitectura de red diseñada previamente, es necesario que el dispositivo IOT tenga una dirección IP que se encuentre en el mismo rango de direcciones IP de los componentes que conforman la arquitectura de red, por lo tanto se debe cambiar la dirección IP del dispositivo; para ello se siguen los siguientes pasos.

- Iniciar sesión mediante la herramienta Putty como se describió anteriormente.
- Escribir "`iot2000setup`" y presionar enter, se desplegará el menú de herramientas de configuración (Figura 98), seleccionar "Networking" y presionar enter.

Figura 98

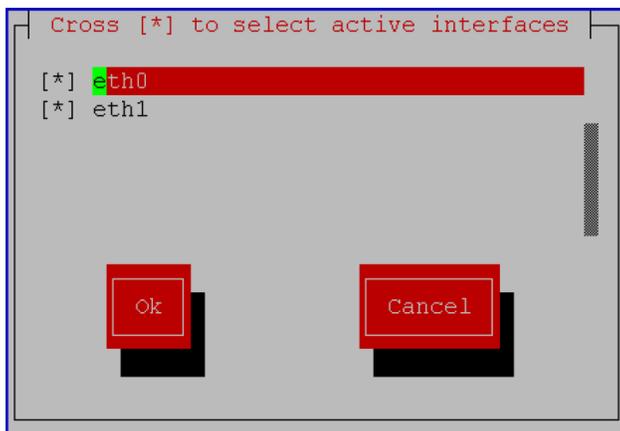
Menú de configuración IOT2040



- Seleccionar la interfaz activa, eth0 correspondiente al puerto X1 (eth0 = X1P1, eth1 = X2P1) y presione "OK"

Figura 99

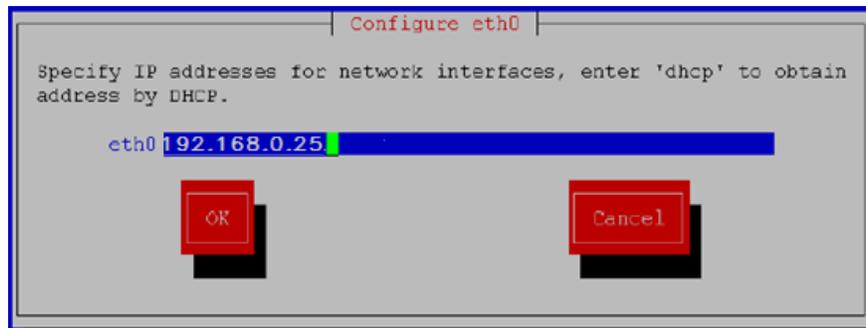
Pantalla de selección de interfaz de comunicación ethernet



- Cambiar la dirección IP estática y presionar enter.

Figura 100

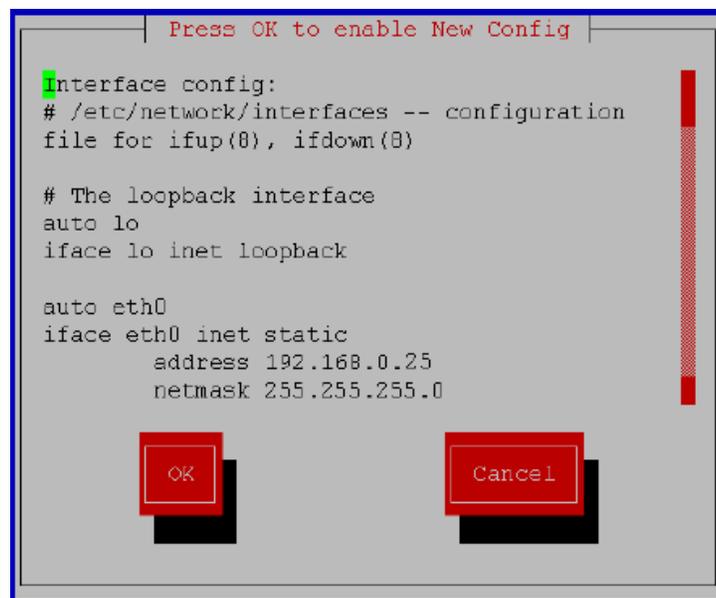
Especificación de dirección IP en interfaz eth0



- Una vez terminado este procedimiento se agregará la máscara de red predeterminada 255.255.255.0 al archivo de configuración /etc/network/interfaces. Si se desea cambiar la máscara de red, se debe editar el archivo "interfaces" en el directorio "/etc/network". Para ello se debe escribir en la línea de comando "nano /etc/network/interfaces" y cambiar la máscara de red para la interfaz deseada.

Figura 101

Pantalla de confirmación de ajustes de interfaz



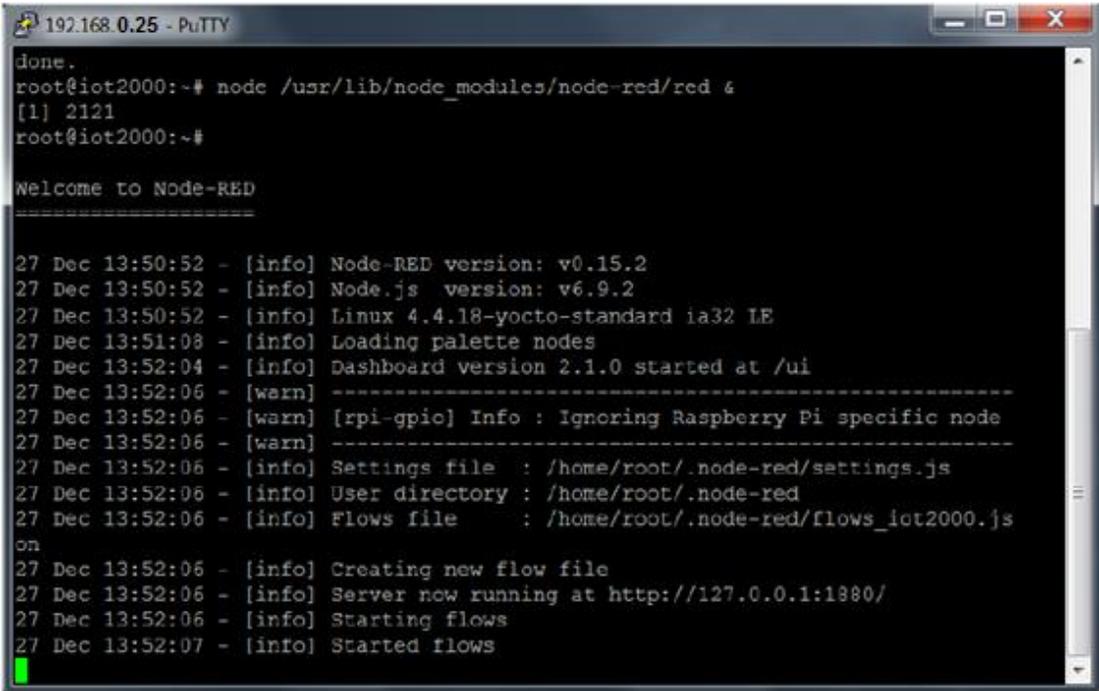
Inicio de Node-red e instalación de paquetes

Una de las formas más sencilla de programar aplicaciones en Simatic IOT2040 es mediante la herramienta de programación visual Node-red. Una de las ventajas de esta herramienta es que no se necesita conocer estrictamente el lenguaje de programación, ya que esta herramienta se basa en nodos pre configurados con una función programada, y la forma de programar es configurar dichos nodos y definir el flujo de programa a través de la conexión de nodos. Para abrir la interfaz de programación de Node-Red es necesario ejecutar o iniciar el complemento que por defecto ya viene instalado en el sistema operativo, previamente cargado en la micro SD.

Para iniciar Node-Red se debe establecer obviamente una conexión mediante la herramienta Putty con la nueva dirección IP estática, luego de haber iniciado sesión se debe digitar la línea de comando **“node /usr/lib/node/node-red/red &”** como se puede apreciar en la Figura 102.

Figura 102

Inicialización de Node-Red en sistema operativo de IOT2040



```

192.168.0.25 - PuTTY
done.
root@iot2000:~# node /usr/lib/node_modules/node-red/red &
[1] 2121
root@iot2000:~#

Welcome to Node-RED
=====

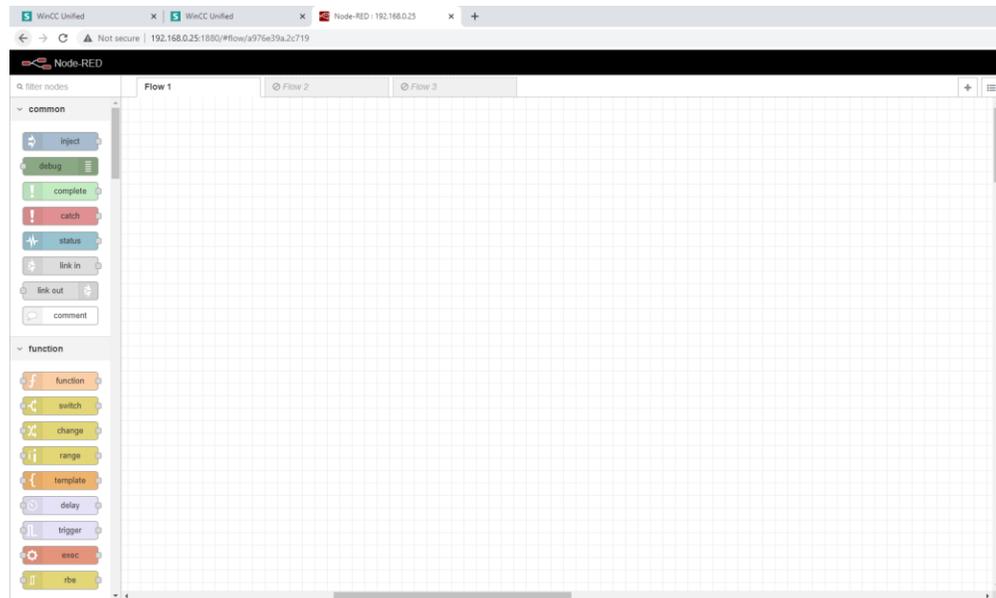
27 Dec 13:50:52 - [info] Node-RED version: v0.15.2
27 Dec 13:50:52 - [info] Node.js version: v6.9.2
27 Dec 13:50:52 - [info] Linux 4.4.18-yocto-standard ia32 LE
27 Dec 13:51:08 - [info] Loading palette nodes
27 Dec 13:52:04 - [info] Dashboard version 2.1.0 started at /ui
27 Dec 13:52:06 - [warn] -----
27 Dec 13:52:06 - [warn] [rpi-gpio] Info : Ignoring Raspberry Pi specific node
27 Dec 13:52:06 - [warn] -----
27 Dec 13:52:06 - [info] Settings file   : /home/root/.node-red/settings.js
27 Dec 13:52:06 - [info] User directory  : /home/root/.node-red
27 Dec 13:52:06 - [info] Flows file     : /home/root/.node-red/flows_iot2000.js
on
27 Dec 13:52:06 - [info] Creating new flow file
27 Dec 13:52:06 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
27 Dec 13:52:06 - [info] Starting flows
27 Dec 13:52:07 - [info] Started flows

```

Una vez node-red se ha iniciado, se debe abrir un explorador de internet y en la barra de navegación digitar la dirección IP que se tenga asignada al puerto Ethernet X1, en este caso particular **192.168.0.25:1880** como se observa en la Figura 103.

Figura 103

Ejecución de Node Red en el navegador Google Chrome



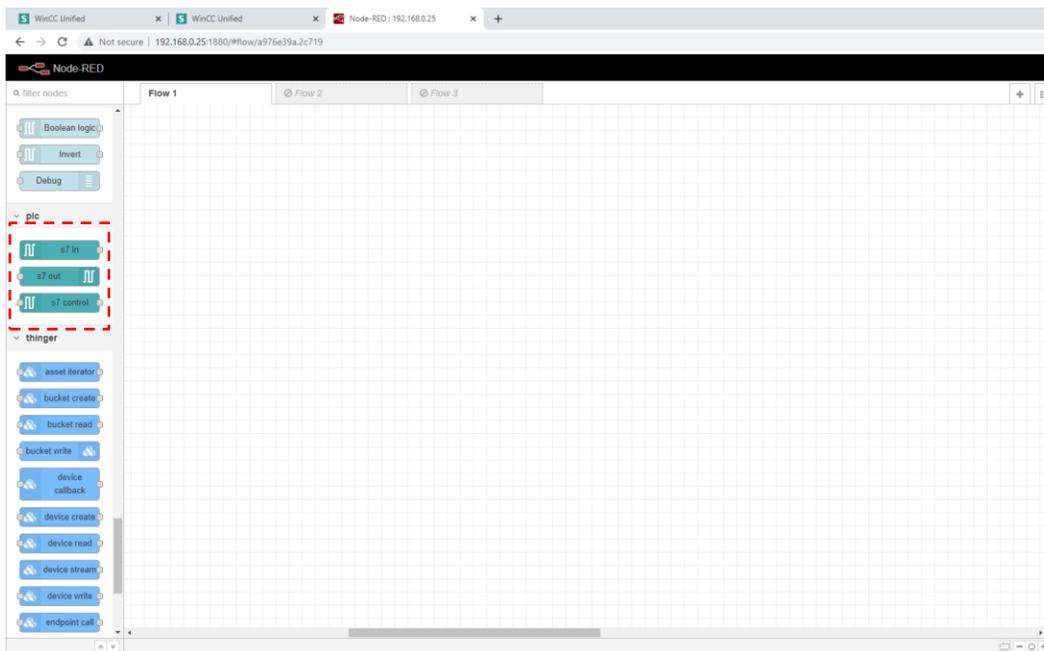
Dado que simatic IOT2040 es la puerta de enlace que permite almacenar o subir datos a la nube, es inminente en primera instancia adquirir dichos datos desde los autómatas programables deseados, en este caso en particular al tratarse de una arquitectura de red en la cual todos los autómatas programables son de la misma marca comercial “Siemens” modelo S7-1200; se hará uso del paquete “**node-red-contrib-s7**” el cual se puede instalar de dos formas, mediante la línea de comando o a través de la interfaz gráfica de node-red. Para la instalación de paquetes es necesario tener una conexión a internet, la cual se puede realizar a través el puerto Ethernet X2 o de forma inalámbrica. Si la instalación se la realiza por medio de la línea de comando se debe digitar los siguientes códigos:

- Comando “`cd /usr/lib/node`” para situarse en el directorio en el que se instalan los paquetes.
- Comando “`npm install node-red-contrib-s7`” para instalar los nodos de input y output de s7.

Una vez se ha instalado el paquete, se reinicia el dispositivo y se ejecuta nuevamente el comando “`node /usr/lib/node/node-red/red &`”, posteriormente se abre la interfaz de Node-Red en un navegador y se podrá observar que los nodos pertenecientes al paquete **contrib-s7** ya están disponibles (Figura 104).

Figura 104

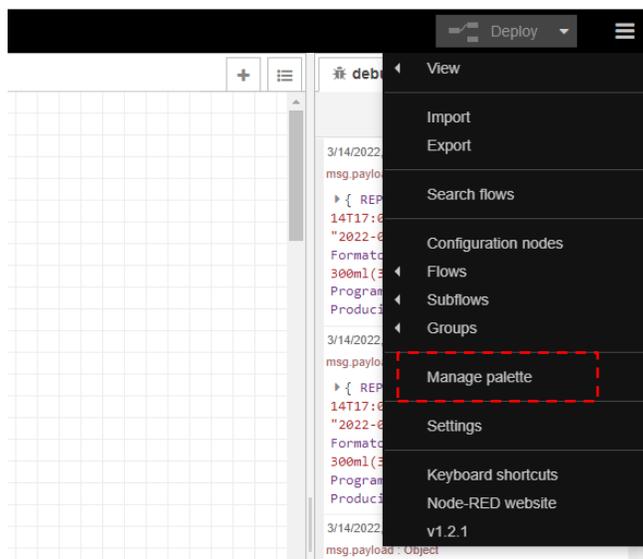
Nodos de comunicación S7 instalados en Node Red



La otra forma de instalación es mediante la interfaz gráfica de node-red a través de “**Manage Palette**”, como se puede apreciar en la Figura 105.

Figura 105

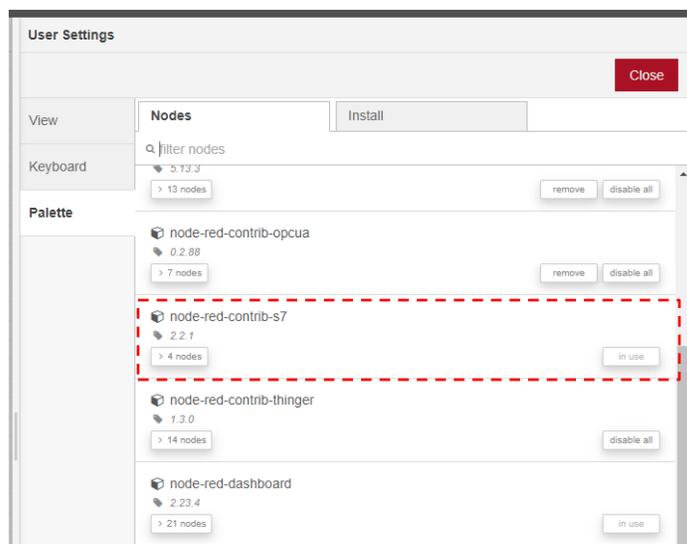
Ubicación de manage palette en el menú de configuración de Node Red



En la pestaña “Install” se busca el paquete que se desea instalar, en este caso “node-red-contrib-s7”, y se procede a la instalación correspondiente (Figura 106).

Figura 106

Instalación de nodo de comunicación S7 mediante Manage Palette

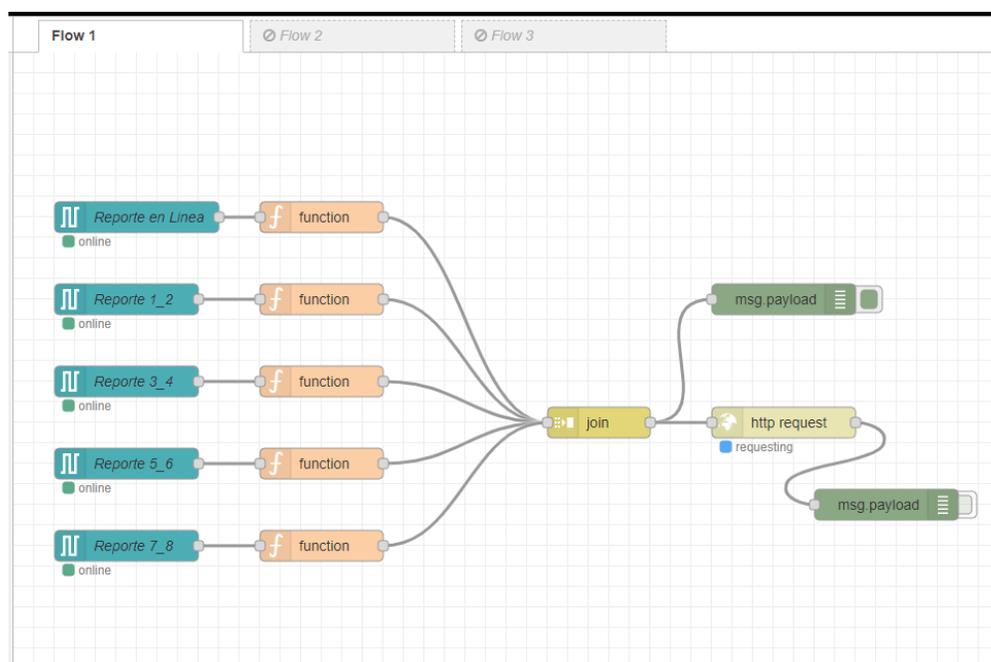


Programación en Node-red

El flujo del programa se basa principalmente en adquirir variables de los autómatas programables, procesar las variables o datos y enviar estos a la nube mediante solicitudes de protocolo http; en la Figura 107 se muestra el flujo de nodos implementado para cumplir las tareas antes descritas.

Figura 107

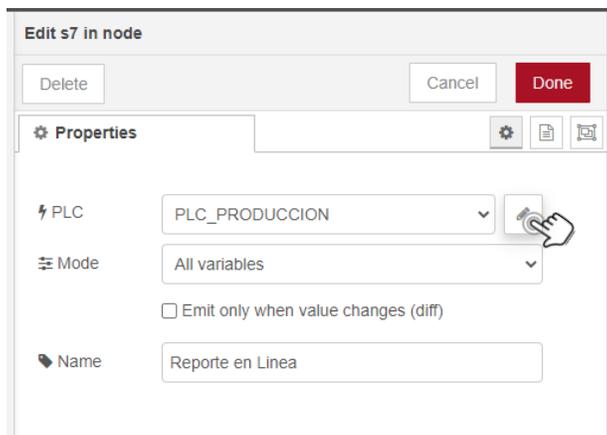
Flujo de nodos implementado en Node Red



Configuración de nodo S7. El primer nodo que se debe configurar es el nodo de entrada S7, para desplegar las ventanas de configuración se debe dar doble click sobre el nodo, una vez abierta la ventana el primer paso es añadir la conexión al PLC, para ello se debe pulsar sobre el icono de edición a la derecha de “Add new s7 endpoint” como se muestra en la Figura 108.

Figura 108

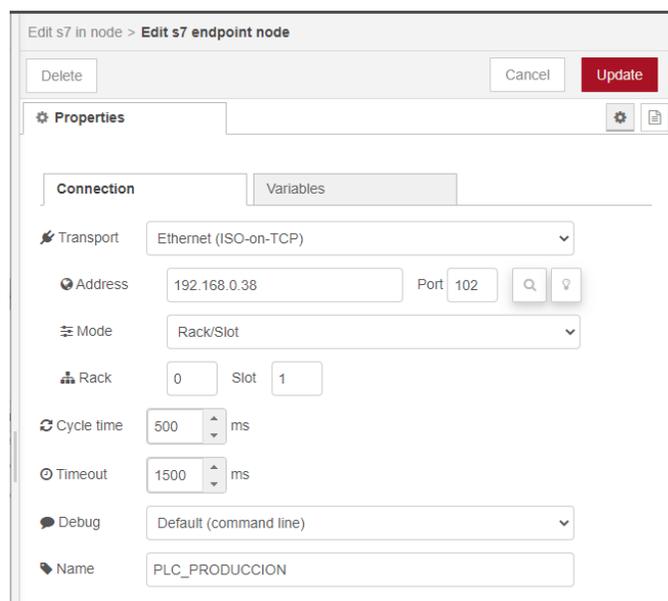
Ventana de configuración del Nodo "In S7"



Posteriormente se desplegarán dos ventanas, la primera para definir la conexión y la segunda para definir las variables a leer. En la pestaña de conexión se configura los parámetros de conexión, dentro de los cuales se incluye la dirección IP del autómata, el número de rack y slot de la CPU como se muestra en la Figura 109.

Figura 109

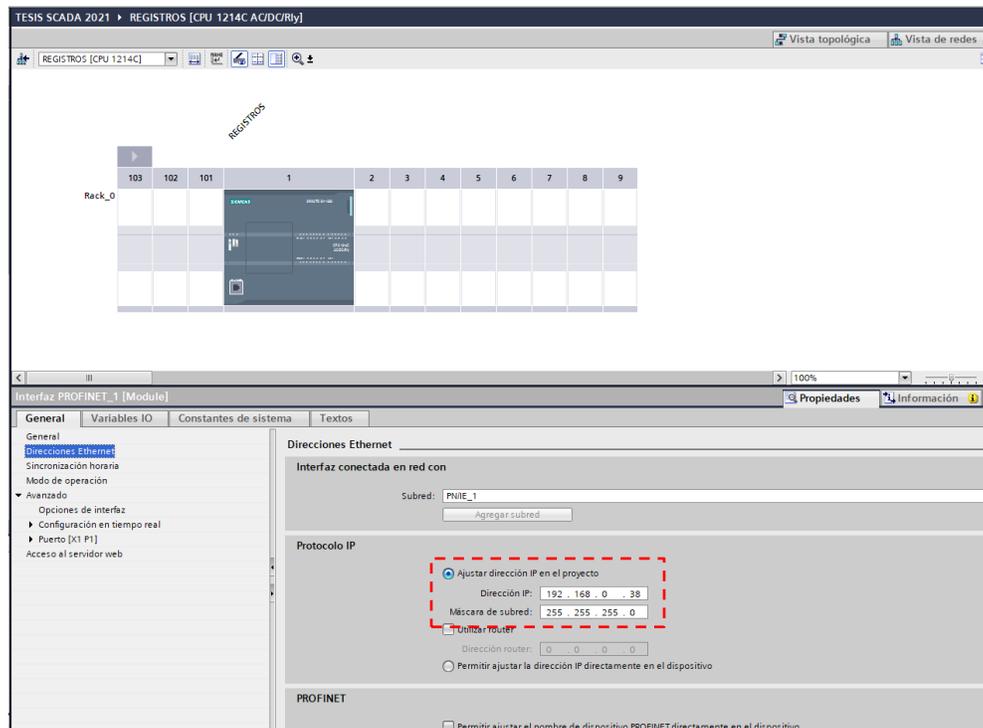
Configuración de parámetros comunicación de nodo "In S7"



En este caso en particular la dirección IP es 192.168.0.38, el rack es 0 y el slot es 1; si se desconoce estos datos es factible consultarlos en el programa TIA PORTAL en la pestaña “Configuración de dispositivos y redes” como se muestra en la Figura 110.

Figura 110

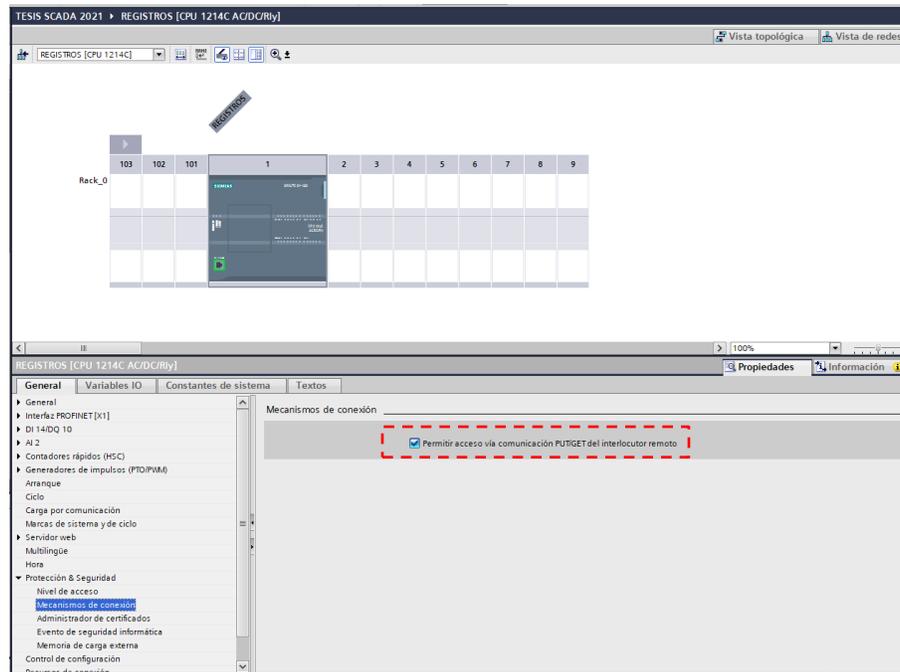
Configuración de dispositivos y redes en Tia Portal



En esta sección es muy importante mencionar que para lograr establecer una conexión exitosa entre el PLC y el IOT2040 es necesario habilitar el acceso vía comunicación PUT/GET en el autómatas programable. Esto se lo puede hacer en el menú de Protección & Seguridad -> Mecanismos de conexión -> Permitir acceso vía comunicación PUT/GET del interlocutor remoto como se muestra en la Figura 111.

Figura 111

Habilitación de comunicación PUT/GET del interlocutor en PLC de datos de producción



Una vez terminada la configuración de la conexión se procede a la configuración de variables que se desea adquirir desde el PLC, para ellos es fundamental conocer los siguientes aspectos:

- Número de bloque de datos en el que se encuentra la variable.
- Tipo de dato de la variable.
- Número de offset de la variable.

En la Figura 113 se muestra el direccionamiento de variables en la interfaz de Node-Red. Para ilustrar un ejemplo de direccionamiento se puede tomar la variable “**Numero de cajas producidas**”, esta se encuentra en el DB 6, es de tipo DINT, y la región de memoria es el offset 36 (Figura 112); por lo tanto en la pestaña de variables del nodo s7 se define DB6,DINT36 para la variable “**Numero de cajas producidas**”.

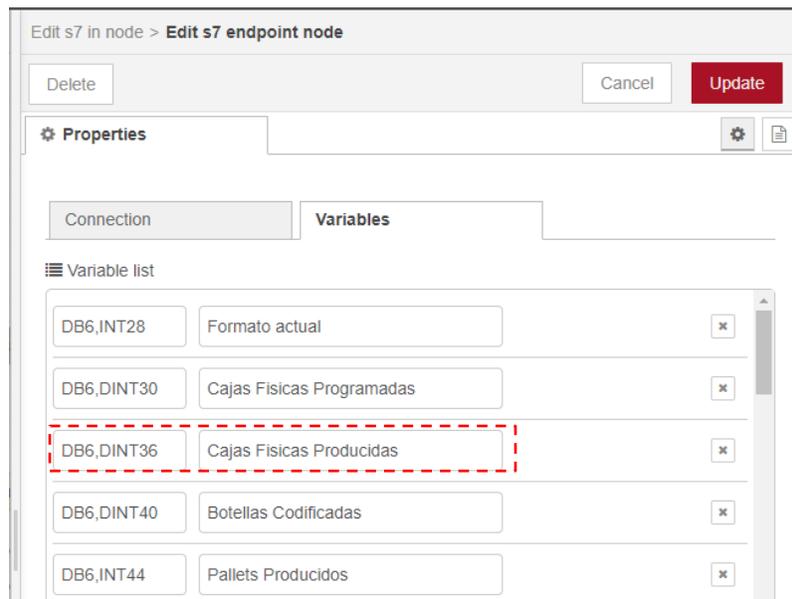
Figura 112

Bloque de datos que contiene las variables y datos de producción.

TESIS SCADA 2021 ▶ REGISTROS [CPU 1214C AC/DC/Rly] ▶ Bloques de programa ▶ REPORTE EN LINEA [DB6]									
REPORTE EN LINEA									
Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de a...	Comentario
1	Static								
2	PRODUCCION_ACTUAL	"PRODUCCION"	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	PRODUCCION_ACTUAL	"A"	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	Hora_de_inicio	DTL	0.0	DTL# 1970-01-01-1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	Hora_de_fin	DTL	12.0	DTL# 1970-01-01-1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	Tiempo_trabajado	Time	24.0	T#Dms	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	Formato_actual	Int	28.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
8	Cajas_fisicas_programadas	UDInt	30.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	Velocidad_nominal	Int	34.0	400	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
10	Cajas_fisicas_producidas	UDInt	36.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
11	Botellas_codificadas	UDInt	40.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
12	Pallets_producidos	Int	44.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
13	Horas_teoricas	Real	46.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
14	Tiempo_trabajado_FLOAT	Real	50.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
15	TIEMPOS_DE_PARADA	"B"	54.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
16	CONSUMO_CO2	"C"	2638.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
17	PAROS_ELECTROMECANICOS	"D"	2662.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
18	INDICADORES	"E"	2686.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Figura 113

Direccionamiento de variables de producción en Node Red

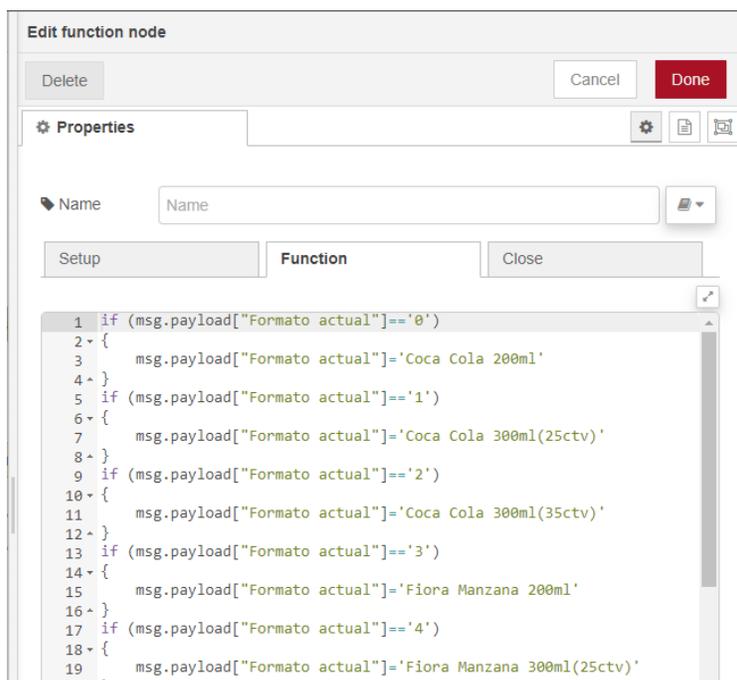


Configuración de nodo Function. El nodo "Function" permite insertar código en lenguaje de programación JavaScript y ejecutarlo en los mensajes que pasan a través del nodo. El mensaje se opera como un objeto denominado `msg.payload` el cual contiene el cuerpo del mensaje. En este caso se realiza las operaciones sobre el contenido del mensaje "Formato actual", el cual lleva la información que da a

conocer el tipo de formato de bebida que se está produciendo en la línea, dado que esta información se presenta como valor numérico es indispensable presentarle al usuario esta información en forma de caracteres; la lógica implementada en la función permite realizar esta conversión de valor numérico entero a string, como se puede apreciar en la Figura 114

Figura 114

Configuración del nodo function



```

1 if (msg.payload["Formato actual"]=="0")
2 {
3   msg.payload["Formato actual"]="Coca Cola 200ml"
4 }
5 if (msg.payload["Formato actual"]=="1")
6 {
7   msg.payload["Formato actual"]="Coca Cola 300ml(25ctv)"
8 }
9 if (msg.payload["Formato actual"]=="2")
10 {
11   msg.payload["Formato actual"]="Coca Cola 300ml(35ctv)"
12 }
13 if (msg.payload["Formato actual"]=="3")
14 {
15   msg.payload["Formato actual"]="Fiora Manzana 200ml"
16 }
17 if (msg.payload["Formato actual"]=="4")
18 {
19   msg.payload["Formato actual"]="Fiora Manzana 300ml(25ctv)"
20 }

```

Configuración de nodo join. El nodo Join permite combinar todos los mensajes que llegan de fuentes diferentes en uno solo. Dado que se tiene varias fuentes de mensaje configuradas en los nodos de entrada S7, es necesario consolidar un solo cuerpo de los mismos antes del nodo http request, para ello se configura el nodo join en modo manual para crear un objeto fusionado como se puede apreciar en la Figura 115.

Figura 115

Configuración de nodo join

The screenshot shows the 'Edit join node' configuration interface. At the top, there are buttons for 'Delete', 'Cancel', and 'Done'. Below this is a 'Properties' section with a gear icon, a document icon, and a refresh icon. The configuration options are as follows:

- Mode:** manual
- Combine each:** msg.payload
- to create:** a merged Object
- Send the message:**
 - After a number of message parts: 6
 - and every subsequent message.
 - After a timeout following the first message: seconds
 - After a message with the `msg.complete` property set
- Name:** Name

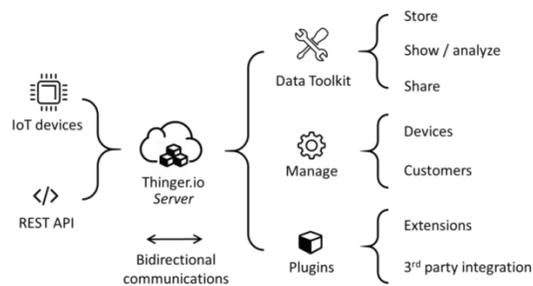
Configuración de nodo http. Para el envío de datos a la nube se utiliza el protocolo de transferencia de hipertexto (Hypertext Transfer Protocol (HTTP)) para ello se hace uso del nodo tipo http request. El nodo http request de Node-Red se configura con los siguientes datos de conexión hacia la plataforma IOT que en este caso es Thinger.io:

- Método POST
- Dirección de localizador uniforme de recursos (Uniform Resource Locator (URL)) correspondiente al dispositivo creado en Thinger.io
- Autenticación tipo portador (bearer) y asignación de token de acceso definido en Thinger.io.
- Habilitación de conexión keep-alive
- Asignación de cadena UTF-8 como return del método asignado.

visualizar datos en la nube. La Figura 117 muestra las principales características que proporciona esta plataforma para crear proyectos IOT.

Figura 117

Características principales de Thinger.io



Nota. Obtenido de (Thinger.io, 2022)

- **Conectar dispositivos:** totalmente compatible con todo tipo de dispositivos, sin importar el procesador, la red o el fabricante. Thinger.io permite crear comunicaciones bidireccionales con dispositivos Linux, Arduino, Raspberry Pi o MQTT e incluso con tecnologías de borde como SIGFOX o LORAWAN u otros recursos de datos de API de Internet.
- **Almacenamiento de datos de dispositivos:** permite la creación de Data Bucket para el almacenamiento de datos de una manera escalable, eficiente y asequible.
- **Visualización de datos en tiempo real:** muestra datos en tiempo real mediante la implementación de widgets, que pueden estar conformadas por series de tiempo, gráficos de donas o medidores.
- **Eventos de activación:** permite la ejecución de tareas o eventos mediante la utilización de complementos como Node-Red.
- **Interfaz gráfica personalizable:** gracias a las herramientas de edición, le permiten a los desarrolladores implementar interfaces personalizables y amigables con el usuario.

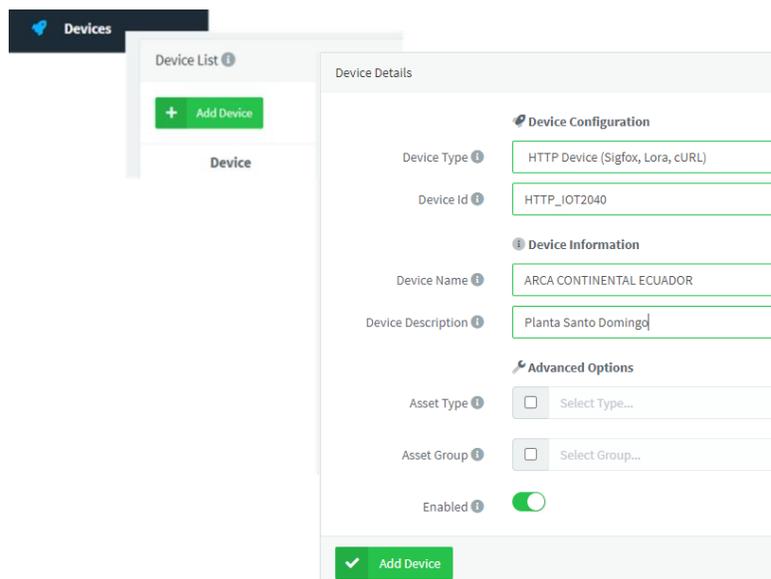
Para comenzar a trabajar con Thinger.io, es necesario crear una cuenta gratuita en la plataforma de Thinger.io.

Creación de un dispositivo HTTP

Una vez que se haya iniciado sesión en la plataforma de Thinger.io, el siguiente paso es crear un dispositivo, en este caso se crea un dispositivo HTTP, ya que al estar ejecutando Node-Red desde el dispositivo IOT2040 y no directamente como complemento desde la plataforma Thinger.io, no es factible utilizar la librería "node-red-contrib-thinger". Esta integración proporciona una comunicación bidireccional entre Thinger.io y la fuente de datos (dispositivo IOT2040), mediante el uso de datos de solicitud y respuesta HTTP, que consisten en mensajes HTTP POST básicos con datos codificados en JSON. Para crear el perfil del dispositivo se debe dirigir a la pestaña del menú principal "Devices" y dar clic en el botón "Add Device", luego, seleccionar el tipo "HTTP Device (Sigfox, Lora, cURL)" y llenar los campos de ID y descripción del dispositivo según sea necesario, en la Figura 118 se muestra el procedimiento descrito.

Figura 118

Creación de dispositivo HTTP en Thinger.io

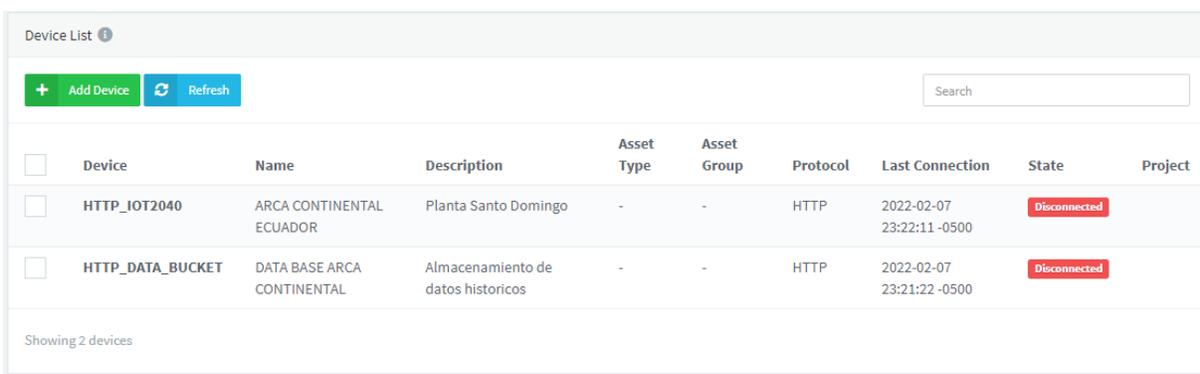


The image shows a screenshot of the Thinger.io web interface. On the left, a 'Devices' menu is open, showing a 'Device List' with an 'Add Device' button. The main area displays the 'Device Details' form. The form is divided into sections: 'Device Configuration' with 'Device Type' set to 'HTTP Device (Sigfox, Lora, cURL)'; 'Device Information' with 'Device Id' as 'HTTP_IOT2040', 'Device Name' as 'ARCA CONTINENTAL ECUADOR', and 'Device Description' as 'Planta Santo Domingo'; and 'Advanced Options' with 'Asset Type' and 'Asset Group' set to 'Select Type...' and 'Select Group...' respectively, and an 'Enabled' toggle switch turned on. A green 'Add Device' button with a checkmark is at the bottom.

Una vez que se ha creado el perfil del dispositivo, se lo puede encontrar en la lista de dispositivos, como se puede observar en la Figura 119, luego, al hacer clic en el identificador del dispositivo, se muestra el "panel de control del dispositivo" (Figura 120), que es una interfaz en la cual se muestra el estado del dispositivo y la información de conexión, además desde esta interfaz se puede acceder a la configuración de solicitud HTTP y propiedades.

Figura 119

Lista de dispositivos en Thinger.io

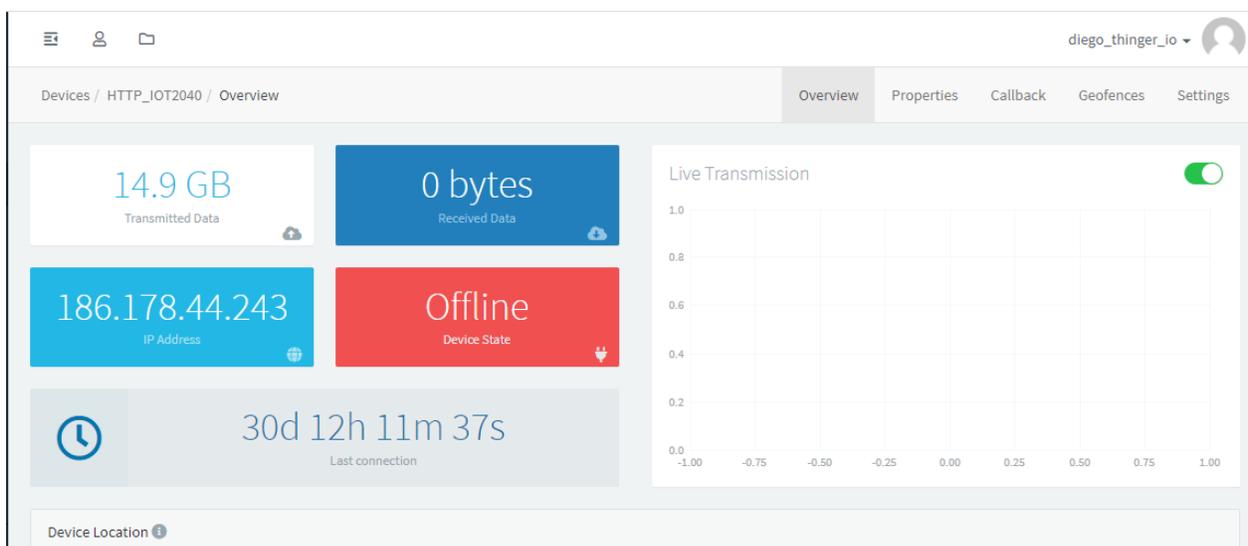


<input type="checkbox"/>	Device	Name	Description	Asset Type	Asset Group	Protocol	Last Connection	State	Project
<input type="checkbox"/>	HTTP_IOT2040	ARCA CONTINENTAL ECUADOR	Planta Santo Domingo	-	-	HTTP	2022-02-07 23:22:11 -0500	Disconnected	
<input type="checkbox"/>	HTTP_DATA_BUCKET	DATA BASE ARCA CONTINENTAL	Almacenamiento de datos historicos	-	-	HTTP	2022-02-07 23:21:22 -0500	Disconnected	

Showing 2 devices

Figura 120

Panel de control del dispositivo creado HTTP_IOT2040

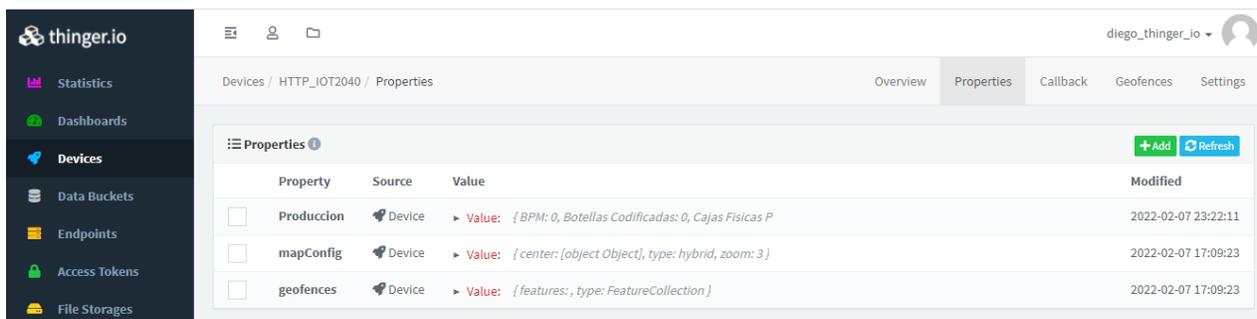


Creación de propiedades de dispositivo

Las propiedades de un dispositivo en Thinger.io proporcionan una forma sencilla de leer o escribir información o variables en un dispositivo específico en tiempo real, como la ubicación, la identificación o incluso los parámetros de configuración mediante archivos JSON comunes. De esta forma, la propiedad se puede utilizar como una memoria persistente de un dispositivo. Para crear una propiedad del dispositivo, se debe abrir el panel del dispositivo y dar click en la subsección " Properties" (Figura 121). En este caso en particular se crea la propiedad "Producción" en la cual se escribirán los datos e indicadores de producción provenientes del dispositivo IOT2040 (Figura 122).

Figura 121

Propiedades creadas en el dispositivo HTTP_IOT2040



Property	Source	Value	Modified
<input type="checkbox"/> Produccion	Device	Value: { BPM: 0, Botellas Codificadas: 0, Cajas Fisicas P	2022-02-07 23:22:11
<input type="checkbox"/> mapConfig	Device	Value: { center: [object Object], type: hybrid, zoom: 3 }	2022-02-07 17:09:23
<input type="checkbox"/> geofences	Device	Value: { features:, type: FeatureCollection }	2022-02-07 17:09:23

Creación de DataBucket

Un DataBucket es una especie de almacenamiento virtual en el que se puede guardar información de series temporales de variables o eventos a lo largo del tiempo, además Thinger.io proporciona las herramientas necesarias para exportar esta información en diferentes formatos para el procesamiento fuera de línea. Para crear un DataBucket se debe dirigir a la ficha del mismo nombre en el menú principal y posteriormente dar click en "Add Bucket".

Figura 122

Variables almacenadas en la propiedad producción

Property	Source	Value	Modified
<input type="checkbox"/> Produccion	Device	Value: BPM: 0 Botellas Codificadas: 0 Cajas Fisicas Producidas: 0 Cajas Fisicas Programadas: 0 Consumo Real CO2: 0 Consumo Teorico CO2: 0 Cumplimiento de Programa: 0 Eficiencia Energetica: 0 Eficiencia Mecanica: 0 Formato actual: Coca Cola 200ml Horas Teoricas: 0 INICIO: 1970-01-01T00:00:00.000Z Indicador CO2: 0 Lectura Final CO2: 0 Lectura Inicial CO2: 0 Pallets Producidos: 0 REPORTE 1 CO2: 0 REPORTE 1 Cajas Producidas: 0 REPORTE 1 Cajas Programadas: 0 REPORTE 1 Consumo Energia: 0 REPORTE 1 Cumplimiento Programa: 0	2022-02-07 23:22:11

Una de las configuraciones principales que se debe realizar en la creación de un DataBucket es la fuente de datos y método de muestreo; en Thingier.io se tiene la posibilidad de escoger cuatro fuentes de datos: “From Device Resource”, “From device Write Call”, “From API Request (for 3rd parties)” y “From MQTT Topic”; para este proyecto en particular se escogió “From API Request” ya que esta configuración permite almacenar datos de cualquier otro dispositivo o fuente de datos que no pueda equiparse con librerías Thingier.io en su codificación. Usando esta opción el DataBucket se configura en modo pasivo esperando recibir datos de cualquier devolución de llamada de dispositivo HTTP que se haya configurado correctamente para enviar datos a este depósito de datos, en la Figura 123 se muestra la configuración de DataBucket creado en el proyecto.

Figura 123*Creación y configuración de DataBucket*

Bucket Details

Bucket Settings

Bucket Id

Bucket Information

Bucket Name

Bucket Description

Bucket Configuration

Enabled

Data Source

Advanced Options

Asset Type Select Type...

Asset Group Select Group...

Update Bucket

Configuración de la solicitud HTTP

Después de haber creado el dispositivo con las propiedades deseadas y los DataBuckets deseados, se debe configurar la solicitud HTTP y la autorización correspondiente para comenzar a enviar datos desde un sistema externo, y de esa forma obtener una conexión exitosa con el dispositivo o fuente de datos IOT2040, para ello se debe dar clic sobre el dispositivo deseado y luego seleccionar la pestaña "Callback"; de esta forma se mostrará la ventana de configuración que se muestra en la Figura 124.

En la ventana de configuración se muestra las diferentes funcionalidades que se pueden solicitar al servidor mediante un Callback, simplemente haciendo clic en la casilla de verificación y seleccionando el recurso que recibirá los datos, estos recursos pueden ser: almacenamiento de datos en un DataBlock escalable, llamar a un perfil de punto final o registrar la información contenida en un JSON a través de la propiedad de un dispositivo.

Figura 124

Configuración de solicitud HTTP Callback

Una vez configuradas las funcionalidades es necesario crear la autorización que le permita a un sistema externo interactuar con Thinger.io, para ello se debe marcar la casilla "Authorization", de esta forma se generara automáticamente el token de acceso. En la pestaña "Overview" se muestra la dirección del localizador y el token de seguridad que proporciona acceso al dispositivo (Figura 125), listos para ser copiados en el programa o entrada de solicitud HTTP, que en este caso en particular es el nodo "http request" en Node-Red.

Figura 125

Ventana overview en la configuración de Callback

```

Method
https://backend.thinger.io/v3/users/diego_thinger_io/devices/HTTP_IOT2040/callback/data

Authorization Header
Bearer eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9.eyJqdGkiOiJlZDZpY2V0YVksYmFja191VFRQX0lPVDhwNDALCjZndiI0Ij1cy1lYXN0LmF3cy50aGluZ2VhLmliiwiidXNyJoiZGllZiZlZ29fdGhpbnM1c19pbyJ9.gmktyfyEF4GLx23pxvVW7b-nyrbCTSfHYzZH0bcECsA

Sample Body
{
  "lat": 40.416775,
  "lng": -3.70379,
  "temperature": 23.33,
  "humidity": 32.44
}

```

De esta forma el sistema está listo para comenzar a enviar datos a Thinger.io a través de una solicitud HTTP, sin embargo, es importante tener en cuenta que el sistema está diseñado para recibir mensajes codificados de datos de aplicación/JSON, un ejemplo de esto se lo puede apreciar en la pestaña “Overview” en el campo “Sample Body”, como se puede apreciar en la Figura 125. Si los mensajes del sistema no contienen datos JSON, el servidor responderá con un mensaje 200 OK a la comunicación y no se almacenarán datos.

Diseño de interfaz gráfica en la nube

Mediante los dashboard de Thinger.io se puede crear interfaces de representación de datos de una manera muy simple y rápida, ya que no se requiere de codificación, simplemente se debe seleccionar los widgets deseados y usar la tecnología de arrastrar y soltar para configurar el diseño del tablero o dashboard, luego, mediante los formularios de configuración, se puede establecer las fuentes de datos, el intervalo de muestreo y otras características de cada widget. Los principales tipos widgets son:

- **Real-time data:** representación de datos en tiempo real
- **Historical data:** representación de datos históricos
- **Control device functions:** dispositivos de control como botones o sliders.

Para crear un Dashboard se debe dirigir a la ficha “Dashboard” en el menú principal de Thinger.io y posteriormente dar click en “Add Dashboard”, como se muestra en la Figura 126.

Por defecto, el tablero aparece vacío y en modo vista, por lo que no es posible realizar modificaciones, para comenzar a trabajar, el primer paso es conmutar el botón en la esquina superior derecha del tablero para cambiar al modo edición (Figura 127).

Figura 126

Creación de dashboard en Thinger.io

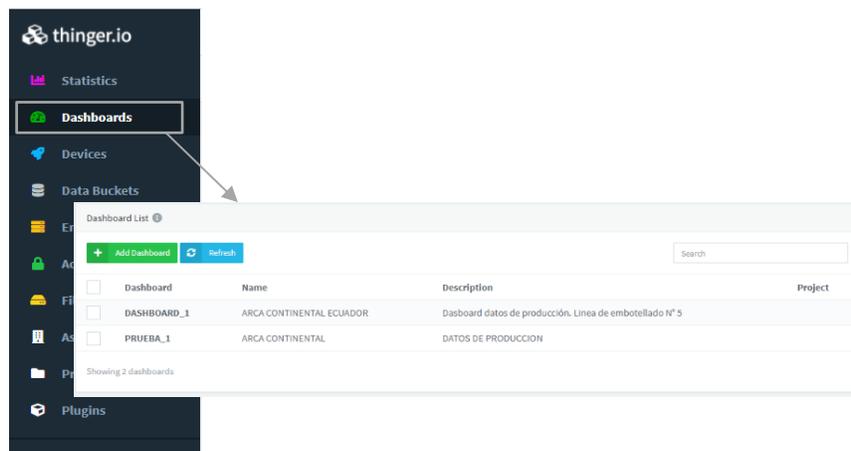
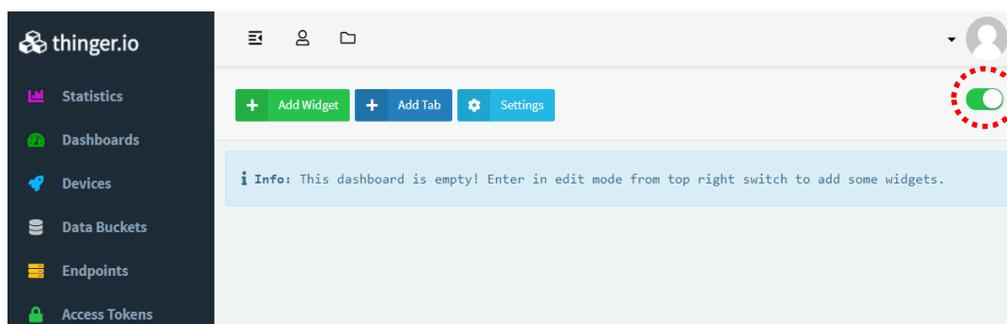


Figura 127

Modo edición de un dashboard



El modo edición permite mover o cambiar el tamaño de los widgets y también habilita tres botones de configuración en la parte superior que permiten agregar widgets, agregar pestañas de navegación y acceder a configuraciones y propiedades del dashboard. La interfaz desarrollada para el proyecto se estructuró en cinco pestañas de navegación: Inicio, Indicadores, Tiempos, Reportes A, Reportes B. La pestaña de "INICIO" es la ventana de presentación y no presenta ninguna información al usuario, únicamente se muestra los logos de la empresa, institución y plataforma vinculados en el desarrollo del presente proyecto, como se puede apreciar en la Figura 128.

Figura 128

Pantalla de inicio de la interfaz que se visualizará en la web



En la pestaña de “INDICADORES” (Figura 129) se muestra los principales indicadores de proceso como son Botellas por minuto, utilización de línea, eficiencia mecánica, cumplimiento de programa, indicador de CO2 e indicador de energía, también se muestra gráficos históricos de los indicadores más importantes; adicional se visualiza el formato de trabajo actual, el número de cajas producidas y el tiempo de trabajo de la línea.

En la pestaña “TIEMPOS” (Figura 130) se muestran los diversos tiempos de paros programados, ajenos, operacionales y mecánicos, que se tienen durante la producción del formato actual, adicional se puede apreciar datos de producción complementarios como por ejemplo el número de botellas codificadas, pallets producidos, totalizador de CO2, entre otros.

Figura 129

Pantalla de indicadores de producción que se visualizará en la web.



Figura 130

Pantalla de tiempos de parada y datos principales de producción que se visualizará en la web



En las pestañas “REPORTES A” (Figura 131) y “REPORTES B” (Figura 132) se muestra un resumen de los indicadores y datos de producción obtenidos en la elaboración de los diversos formatos de bebida realizados durante toda una jornada o día de producción.

Figura 131

Pantalla principal de reportes de producción que se visualizará en la web



The screenshot shows a web dashboard for 'ARCA CONTINENTAL ECUADOR'. The main heading is 'LINEA DE EMBOTELLADO N°5'. Below this is a table with 5 columns: 'REPORTE', 'REPORTE 1', 'REPORTE 2', 'REPORTE 3', and 'REPORTE 4'. The rows include various production metrics such as 'FORMATO', 'INICIO', 'FIN', 'CAJAS PROGRAMADAS', 'CAJAS PRODUCIDAS', 'TIEMPO TRABAJADO', 'HORAS TEORICAS', 'CUMPLIMIENTO PROGRAMA', 'UTILIZACION DE LINEA', 'EFICIENCIA DE CAMICA', 'INDICADOR CO2', 'PAROS OPERACIONALES', 'PAROS PROGRAMADOS', 'PAROS AJENOS', and 'PAROS MECANICOS'. The data for Reportes 1-4 is consistent across all rows.

REPORTE	REPORTE 1	REPORTE 2	REPORTE 3	REPORTE 4
FORMATO	Coca Cola 200ml	Coca Cola 200ml	Coca Cola 200ml	Coca Cola 200ml
INICIO	1970-01-01T00:00:00.000Z	1970-01-01T00:00:00.000Z	1970-01-01T00:00:00.000Z	1970-01-01T00:00:00.000Z
FIN	1970-01-01T00:00:00.000Z	1970-01-01T00:00:00.000Z	1970-01-01T00:00:00.000Z	1970-01-01T00:00:00.000Z
CAJAS PROGRAMADAS	0.00	0.00	0.00	0.00
CAJAS PRODUCIDAS	0.00	0.00	0.00	0.00
TIEMPO TRABAJADO	0.00	0.00	0.00	0.00
HORAS TEORICAS	0.00	0.00	0.00	0.00
CUMPLIMIENTO PROGRAMA	0.00	0.00	0.00	0.00
UTILIZACION DE LINEA	0.00	0.00	0.00	0.00
EFICIENCIA DE CAMICA	0.00	0.00	0.00	0.00
INDICADOR CO2	0.00	0.00	0.00	0.00
PAROS OPERACIONALES	0.00	0.00	0.00	0.00
PAROS PROGRAMADOS	0.00	0.00	0.00	0.00
PAROS AJENOS	0.00	0.00	0.00	0.00
PAROS MECANICOS	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 132

Pantalla secundaria de reportes de producción que se visualizara en la web



The screenshot shows a web dashboard for 'ARCA CONTINENTAL ECUADOR'. The main heading is 'LINEA DE EMBOTELLADO N°5'. Below this is a table with 5 columns: 'REPORTE', 'REPORTE 5', 'REPORTE 6', 'REPORTE 7', and 'REPORTE 8'. The rows include various production metrics such as 'FORMATO', 'INICIO', 'FIN', 'CAJAS PROGRAMADAS', 'CAJAS PRODUCIDAS', 'TIEMPO TRABAJADO', 'HORAS TEORICAS', 'CUMPLIMIENTO PROGRAMA', 'UTILIZACION DE LINEA', 'EFICIENCIA MECANICA', 'INDICADOR CO2', 'PAROS OPERACIONALES', 'PAROS PROGRAMADOS', 'PAROS AJENOS', and 'PAROS MECANICOS'. The data for Reportes 5-8 is consistent across all rows.

REPORTE	REPORTE 5	REPORTE 6	REPORTE 7	REPORTE 8
FORMATO	Coca Cola 200ml	Coca Cola 200ml	Coca Cola 200ml	Coca Cola 200ml
INICIO	1970-01-01T00:00:00.000Z	1970-01-01T00:00:00.000Z	1970-01-01T00:00:00.000Z	1970-01-01T00:00:00.000Z
FIN	1970-01-01T00:00:00.000Z	1970-01-01T00:00:00.000Z	1970-01-01T00:00:00.000Z	1970-01-01T00:00:00.000Z
CAJAS PROGRAMADAS	0.00	0.00	0.00	0.00
CAJAS PRODUCIDAS	0.00	0.00	0.00	0.00
TIEMPO TRABAJADO	0.00	0.00	0.00	0.00
HORAS TEORICAS	0.00	0.00	0.00	0.00
CUMPLIMIENTO PROGRAMA	0.00	0.00	0.00	0.00
UTILIZACION DE LINEA	0.00	0.00	0.00	0.00
EFICIENCIA MECANICA	0.00	0.00	0.00	0.00
INDICADOR CO2	0.00	0.00	0.00	0.00
PAROS OPERACIONALES	0.00	0.00	0.00	0.00
PAROS PROGRAMADOS	0.00	0.00	0.00	0.00
PAROS AJENOS	0.00	0.00	0.00	0.00
PAROS MECANICOS	0.00	0.00	0.00	0.00

Capítulo IV

Pruebas y análisis de resultados

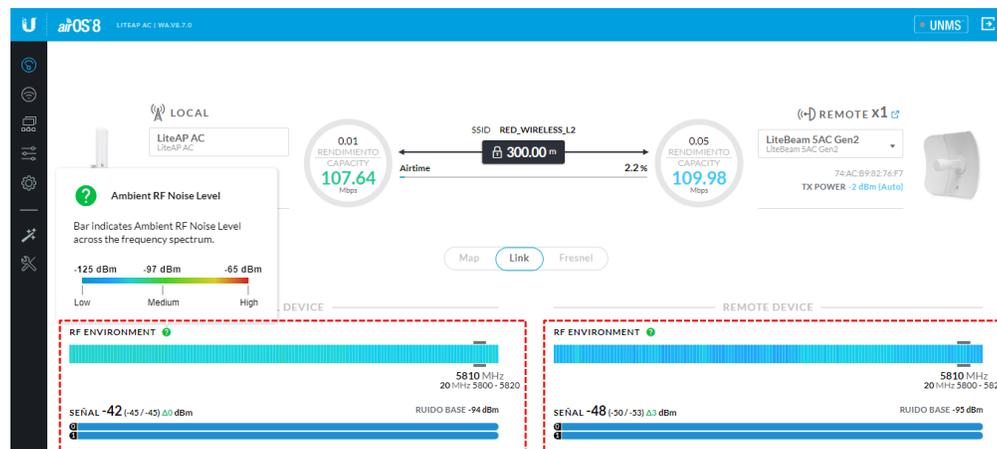
Pruebas de comunicación

Estas pruebas se realizaron una vez culminada la etapa de implementación de la red industrial, el objetivo principal de las pruebas es verificar que se tenga una comunicación estable entre la estación principal de control y cada uno de los elementos que conforman la red, para ello en primer lugar se realiza una validación de la calidad de las señales y enlace establecido entre el Access point LAP 120 AC y el cliente Lite Beam 5AC. El sistema operativo airOS 8 instalado de fábrica en los equipos inalámbricos cuenta con varias herramientas mediante las cuales se puede examinar, validar y testear la calidad de las señales y enlace establecido.

En el dashboard (Figura 133) principal del sistema de configuración, se puede apreciar el análisis de entorno de cada radio; de esta forma se puede apreciar en primera instancia a “RF ENVIROMENT” que es el análisis espectral, el cual indica el nivel de saturación u ocupación que tiene el canal, es decir mientras más intenso sea el color significa que el canal tiene un porcentaje de uso más alto, de esta forma se puede analizar el canal que este más libre para poder ocuparlo. Posteriormente en el mismo dashboard se puede apreciar el nivel de señal, acompañado de un diferencial que representa la diferencia de señales entre las dos polaridades de los radios $(-42(-45/-45)\Delta 0\text{dBm})$, el diferencial no debe exceder de 4dBm ya que de lo contrario se tendría un enlace de muy baja calidad y velocidad.

Figura 133

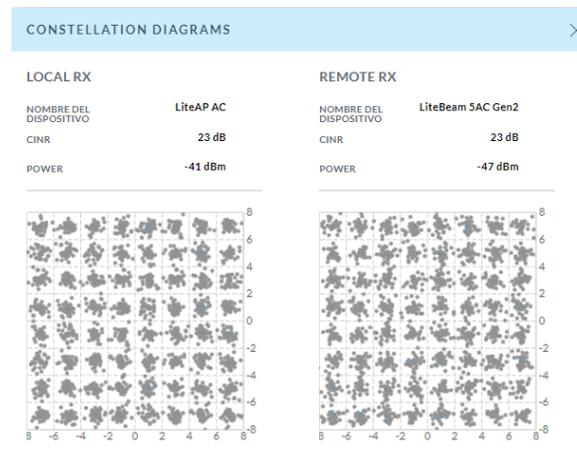
Dashboard principal de airOS 8



Otra herramienta útil es el diagrama de constelación (Figura 134) el cual muestra los niveles de energía y recepción de cada uno de los radios, permitiendo validar si las ondas mantienen su estructura y no se han distorsionado en la etapa de transporte inalámbrico, esto se representa gráficamente por medio de puntos y cuadrantes, es decir mientras los puntos se encuentren lo más concentrados y unidos posibles uno de otro en el centro de cada cuadrante, significa que la señales se están recibiendo de forma correcta con muy poca interferencia y ruido.

Figura 134

Diagrama de constelación en airOS 8



Además de esto el diagrama de constelación también muestra un dato muy importante que es el CINR, cuyo valor es igual a la diferencia entre la señal y la interferencia más ruido, como se puede apreciar en la Figura 135 se tiene una señal promedio de -42dBm y una interferencia más ruido de -65dBm la diferencia entre estos dos valores da como resultado un CINR igual a 23dBm lo cual es aceptable pero no excelente ya que el mínimo CINR para una modulación de 64QAM, tomando como referencia la recomendación del fabricante (Tabla 18) es 25dBm.

Figura 135

Análisis de señal promedio e interferencia más ruido en airOS 8



Tabla 18

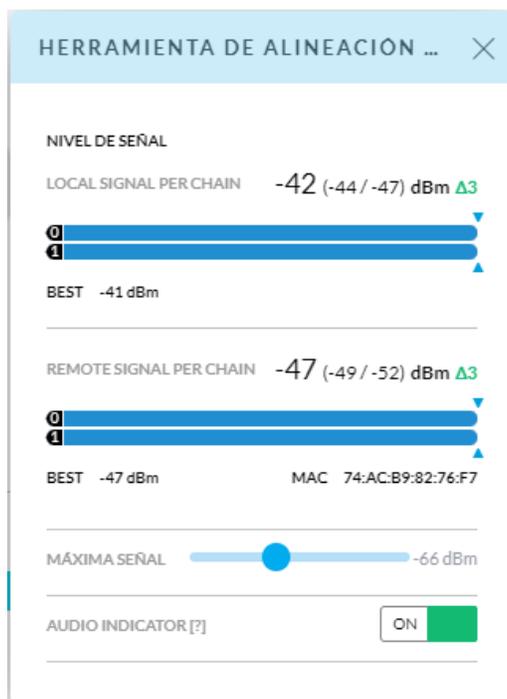
CINR recomendado por modulación de ancho de canal

MODULACIÓN	CINR >=
4096QAM	36dB
1024QAM	33dB
256QAM	30dB
64QAM	25dB
16QAM	18dB
QPSK	12dB

Otra herramienta que se puede usar para verificar la calidad del enlace y señales transmitidas es la herramienta de alineación (Figura 136), la cual permite llevar a cabo la alineación de los equipos usando sonido, sin necesidad de mirar la interfaz de usuario de airOS. El tono del indicador de audio corresponde al nivel de la señal recibida, cuanto más alto es el tono y más frecuente el pitido, más fuerte será la señal; por el contrario, cuanto más bajo sea el tono y menos frecuente el pitido, más débil será la señal.

Figura 136

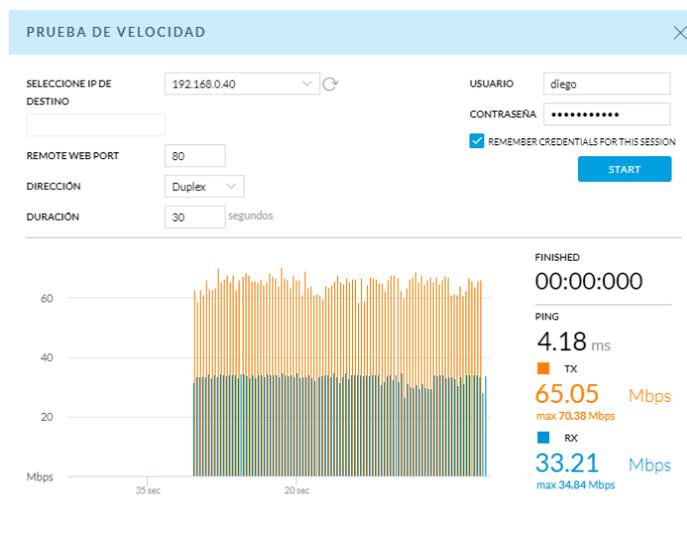
Herramienta de alineación en airOS 8



Finalmente se realiza un test de velocidad para verificar la estabilidad de la señal; como se puede apreciar en la Figura 137.

Figura 137

Test de velocidad en airOS 8



Una vez que se haya verificado la calidad del enlace y comunicación establecida entre el punto de acceso y el cliente remoto se procede realizar un escaneo de toda la red mediante el programa Advanced IP Scanner, en el rango de direcciones IP correspondientes a la red implementada como se puede observar en la Figura 138.

Figura 138

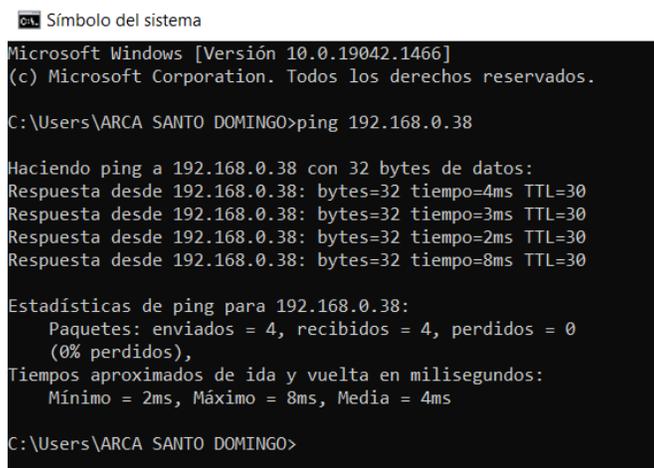
Escaneo de red LAN mediante Advanced IP Scanner

Estado	Nombre	IP	Fabricante	Dirección MAC	Comentarios
+	192.168.0.10	192.168.0.10	Siemens Industrial Automation Products Ltd Chengdu	E0DCA0864FB9	
+	honey	192.168.0.11	Siemens Industrial Automation Products Ltd Chengdu	E0DCA09995FC	
+	192.168.0.12	192.168.0.12	Siemens Industrial Automation Products Ltd Chengdu	E0DCA042F917	
+	honey	192.168.0.13	Siemens Industrial Automation Products Ltd Chengdu	E0DCA057FB8F	
+	192.168.0.16	192.168.0.16	Siemens Industrial Automation Products Ltd Chengdu	E0DCA0811821	
+	honey	192.168.0.17	Siemens Industrial Automation Products Ltd Chengdu	E0DCA0688184	
+	192.168.0.18	192.168.0.18	Siemens Industrial Automation Products Ltd Chengdu	E0DCA09945B8	
+	192.168.0.19	192.168.0.19	Siemens Industrial Automation Products Ltd Chengdu	E0DCA03E53AA	
+	192.168.0.20	192.168.0.20	Siemens AG	286336D87A5F	
+	honey	192.168.0.21	Siemens Industrial Automation Products Ltd Chengdu	E0DCA0858593	
>	192.168.0.24	192.168.0.24	Dell Inc.	484D7E9A27E	
+	192.168.0.25	192.168.0.25	Siemens Industrial Automation Products Ltd Chengdu	E0DCA095085D	
>	192.168.0.26	192.168.0.26	Siemens AG	10DFFC06858D	
+	192.168.0.27	192.168.0.27	Siemens AG	10DFFC06857F	
>	192.168.0.28	192.168.0.28	Siemens AG	10DFFC06856D	
>	192.168.0.29	192.168.0.29	Siemens AG	10DFFC06858C	
+	192.168.0.30	192.168.0.30	Siemens AG	AC64170D1A47	
+	honey	192.168.0.31	Siemens Industrial Automation Products Ltd Chengdu	E0DCA0592DC6	
+	192.168.0.32	192.168.0.32	Siemens Industrial Automation Products Ltd Chengdu	E0DCA058998	
+	honey	192.168.0.33	Siemens Industrial Automation Products Ltd Chengdu	E0DCA068618A	
+	192.168.0.36	192.168.0.36	Siemens AG	286336AE53B1	
+	192.168.0.37	192.168.0.37	Siemens Industrial Automation Products Ltd Chengdu	E0DCA019A5A9	
+	192.168.0.38	192.168.0.38	Siemens Industrial Automation Products Ltd Chengdu	E0DCA0B0F0EC	

Finalmente por seguridad se realizan pruebas de comunicación punto a punto entre la estación central y cada uno de los componentes que forman parte de la red, mediante el uso del comando “ping” (Figura 139) el cual permite saber si el host remoto dispone de comunicación IP.

Figura 139

Diagnóstico de red mediante comando ping



```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.19042.1466]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\ARCA SANTO DOMINGO>ping 192.168.0.38

Haciendo ping a 192.168.0.38 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.38: bytes=32 tiempo=4ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.38: bytes=32 tiempo=3ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.38: bytes=32 tiempo=2ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.38: bytes=32 tiempo=8ms TTL=30

Estadísticas de ping para 192.168.0.38:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 2ms, Máximo = 8ms, Media = 4ms

C:\Users\ARCA SANTO DOMINGO>
```

Pruebas de funcionamiento del sistema SCADA

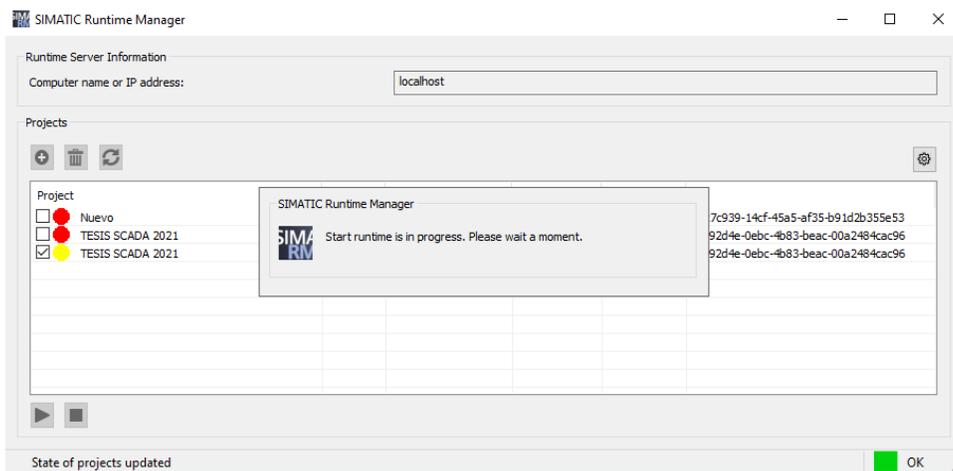
Las pruebas de funcionamiento del sistema SCADA se realizaron de forma progresiva conforme se avanzaba en el desarrollo del proyecto, es decir cada vez que se terminaba una etapa de la interfaz gráfica con el direccionamiento correspondiente de variables, se procedía a la validación y pruebas de la etapa desarrollada.

Pruebas de monitoreo y control

Una vez finalizada la implementación del sistema SCADA se realizan las pruebas de monitoreo y control de todas las máquinas o subsistemas que forman parte de la línea de embotellado, para ello se ejecuta el administrador de proyectos “SIMATIC Runtime Manager”, y se conmuta a modo RUN el proyecto correspondiente, como se puede apreciar en la Figura 140.

Figura 140

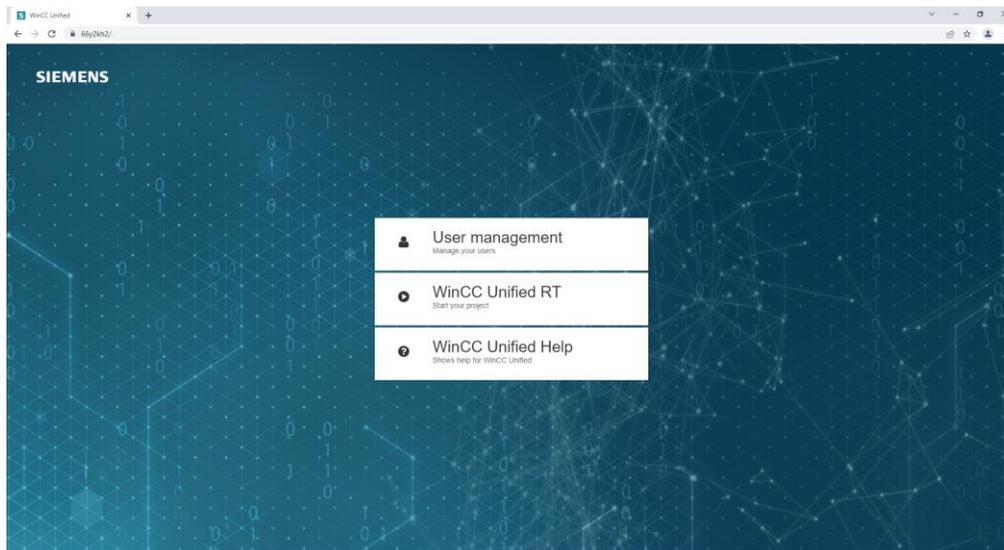
Ejecución del proyecto en SIMATIC Runtime Manager



Una vez que se haya ejecutado el proyecto se abre un navegador de internet y se digita en la barra de direcciones el nombre del servidor o PC en el cual fue desarrollado el proyecto, en este caso “66y2kh2”, de esta forma se mostrará la página de inicio de WinCC Unified, mediante la cual se puede iniciar el sistema Runtime del proyecto, como se puede apreciar en la Figura 141.

Figura 141

Ejecución de winCC Unified RT en el navegador Google Chrome



Al iniciar el sistema Runtime se genera una ventana de autenticación de usuario como se muestra en la Figura 142, se ingresa las credenciales correspondientes a cualquiera de los tres niveles de acceso administrador, operador o mantenimiento y de esta forma ya se puede tener acceso a la interfaz gráfica del proyecto como se muestra en la Figura 143.

Figura 142

Autenticación de usuario al iniciar WinCC Unified RT

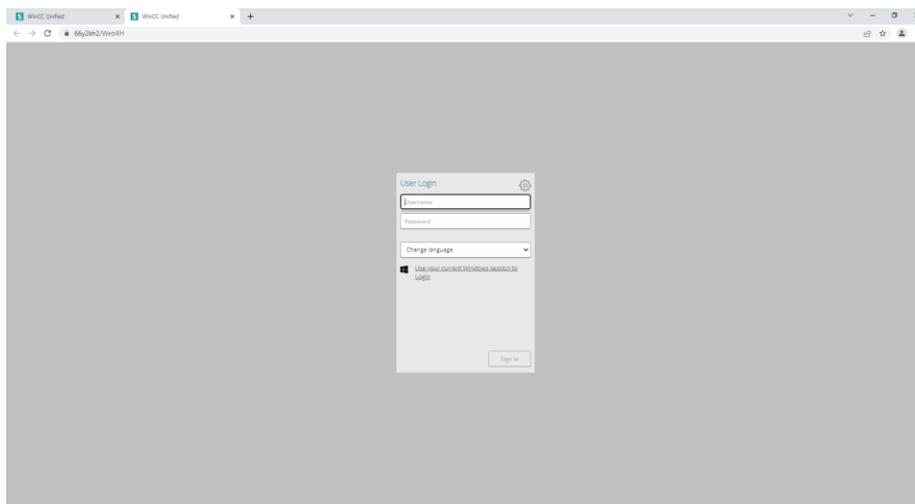
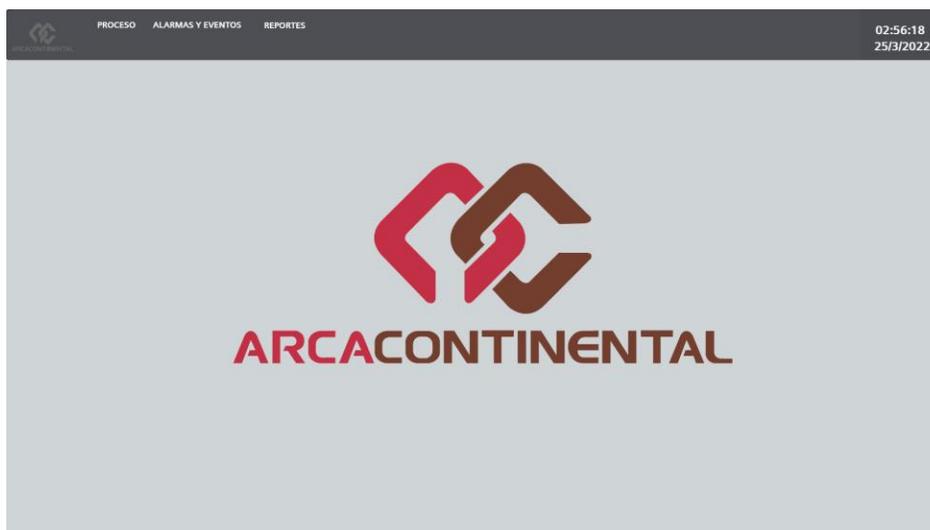


Figura 143

Ventana inicial de la interfaz gráfica desarrollada en el sistema SCADA



Las pruebas que se desarrollaron en esta etapa se las realizó online, es decir con la línea de embotellado en producción, con la respectiva supervisión de los operadores y validación de personal de mantenimiento. Las pruebas consistieron principalmente en la verificación de señales de entrada y salida tanto analógicas como digitales, validación de la correcta ejecución de mandos de control y animaciones gráficas y finalmente la verificación de la correcta activación de alarmas y eventos.

Figura 144

Pruebas de monitoreo y control de sistema SCADA



Pruebas de adquisición de datos y generación de informes

Una de las principales características de un sistema SCADA es la adquisición de datos y generación de informes, por esta razón es fundamental verificar el correcto funcionamiento de estas funciones. Como se explicó anteriormente el almacenamiento de datos se lo hace mediante ficheros de variables, los cuales se almacenan en la dirección predeterminada del proyecto, los registros se pueden exportar o descargar desde las gráficas históricas, con la ayuda de botones de navegación, mediante los cuales se puede configurar el intervalo de tiempo en el cual se desea obtener los registros de la variable

correspondiente, el formato del archivo de exportación, entre otras funciones; en la Figura 145 se puede apreciar estas funcionalidades.

Figura 145

Visualización y exportación de datos históricos en sistema SCADA



En la Figura 146 se puede apreciar un ejemplo del registro de variables exportado desde la interfaz gráfica del proyecto.

Figura 146

Datos históricos exportados desde el sistema SCADA en formato CSV

#	A	B	C	D	E	F	G	H
	Corriente Tiempo	Corriente Valor Y	Temperatura TQ 1 Tiempo	Temperatura TQ 1 Valor Y	Temperatura TQ 2 Tiempo	Temperatura TQ 2 Valor Y	Temperatura TQ 3 Tiempo	Temperatura TQ 3 Valor Y
1	2/4/2022 2:39	0	2/4/2022 2:42	41.7	2/4/2022 2:42	64.7	2/4/2022 2:42	40.3
2	2/4/2022 2:42	10.93	2/4/2022 2:42	41.7	2/4/2022 2:42	64.7	2/4/2022 2:42	40.4
3	2/4/2022 2:42	10.58	2/4/2022 2:42	41.6	2/4/2022 2:42	64.8	2/4/2022 2:42	40.5
4	2/4/2022 2:42	10.79	2/4/2022 2:42	41.5	2/4/2022 2:42	64.9	2/4/2022 2:42	40.4
5	2/4/2022 2:42	10.86	2/4/2022 2:42	41.6	2/4/2022 2:42	64.8	2/4/2022 2:42	40.5
6	2/4/2022 2:42	10.76	2/4/2022 2:42	41.7	2/4/2022 2:42	65	2/4/2022 2:42	40.4
7	2/4/2022 2:42	10.68	2/4/2022 2:42	41.6	2/4/2022 2:42	64.9	2/4/2022 2:42	40.3
8	2/4/2022 2:42	10.52	2/4/2022 2:42	41.7	2/4/2022 2:42	65	2/4/2022 2:42	40.4
9	2/4/2022 2:42	10.61	2/4/2022 2:42	41.8	2/4/2022 2:42	64.9	2/4/2022 2:42	40.5
10	2/4/2022 2:42	10.01	2/4/2022 2:42	41.7	2/4/2022 2:42	65	2/4/2022 2:42	40.4
11	2/4/2022 2:42	9	2/4/2022 2:42	41.8	2/4/2022 2:42	65.1	2/4/2022 2:42	40.3
12	2/4/2022 2:42	10.53	2/4/2022 2:42	41.7	2/4/2022 2:42	65	2/4/2022 2:42	40.4
13	2/4/2022 2:42	11.28	2/4/2022 2:42	41.6	2/4/2022 2:42	64.9	2/4/2022 2:42	40.3
14	2/4/2022 2:42	11.1	2/4/2022 2:42	41.7	2/4/2022 2:42	65	2/4/2022 2:42	40.4
15	2/4/2022 2:42	10.78	2/4/2022 2:42	41.6	2/4/2022 2:42	65.1	2/4/2022 2:42	40.5
16	2/4/2022 2:42	10.8	2/4/2022 2:42	41.7	2/4/2022 2:43	65	2/4/2022 2:42	40.4
17	2/4/2022 2:42	10.66	2/4/2022 2:42	41.8	2/4/2022 2:43	65.1	2/4/2022 2:42	40.3
18	2/4/2022 2:42	10.65	2/4/2022 2:42	41.7	2/4/2022 2:43	65	2/4/2022 2:42	40.5
19	2/4/2022 2:43	11.01	2/4/2022 2:42	41.6	2/4/2022 2:43	65.1	2/4/2022 2:42	40.4
20	2/4/2022 2:43	10.29	2/4/2022 2:42	41.7	2/4/2022 2:43	64.9	2/4/2022 2:42	40.3
21	2/4/2022 2:43	10.81	2/4/2022 2:42	41.8	2/4/2022 2:43	65	2/4/2022 2:42	40.2
22	2/4/2022 2:43	10.63	2/4/2022 2:42	41.9	2/4/2022 2:43	64.9	2/4/2022 2:42	40.4
23	2/4/2022 2:43	10.75	2/4/2022 2:43	41.8	2/4/2022 2:43	65	2/4/2022 2:43	40.5
24	2/4/2022 2:43	10.89	2/4/2022 2:43	41.7	2/4/2022 2:43	65.1	2/4/2022 2:43	40.4
25	2/4/2022 2:43	10.4	2/4/2022 2:43	41.8	2/4/2022 2:43	65	2/4/2022 2:43	40.5
26	2/4/2022 2:43	10.84	2/4/2022 2:43	41.7	2/4/2022 2:43	65.1	2/4/2022 2:43	40.4
27	2/4/2022 2:43	10.87	2/4/2022 2:43	41.8	2/4/2022 2:43	65.2	2/4/2022 2:43	40.3
28	2/4/2022 2:43	10.63	2/4/2022 2:43	41.7	2/4/2022 2:43	65.1	2/4/2022 2:43	40.4
29	2/4/2022 2:43	10.74	2/4/2022 2:43	41.5	2/4/2022 2:43	65	2/4/2022 2:43	40.5
30	2/4/2022 2:43	10.97	2/4/2022 2:43	41.6	2/4/2022 2:43	64.9	2/4/2022 2:43	40.4
31	2/4/2022 2:43	10.99	2/4/2022 2:43	41.8	2/4/2022 2:43	65	2/4/2022 2:43	40.3
32	2/4/2022 2:43	10.81	2/4/2022 2:43	41.7	2/4/2022 2:43	64.9	2/4/2022 2:43	40.4
33	2/4/2022 2:43	10.55	2/4/2022 2:43	41.7	2/4/2022 2:43	65	2/4/2022 2:43	40.4
34	2/4/2022 2:43	10.66	2/4/2022 2:43	41.8	2/4/2022 2:43	65	2/4/2022 2:43	40.3
35	2/4/2022 2:43	10.58	2/4/2022 2:43	41.7	2/4/2022 2:43	64.9	2/4/2022 2:43	40.4
36	2/4/2022 2:43	10.78	2/4/2022 2:43	41.6	2/4/2022 2:43	65	2/4/2022 2:43	40.3
37	2/4/2022 2:43	10.74	2/4/2022 2:43	41.7	2/4/2022 2:43	64.9	2/4/2022 2:43	40.2
38	2/4/2022 2:43	10.24	2/4/2022 2:43	41.8	2/4/2022 2:43	65.1	2/4/2022 2:43	40.3

De forma similar se realizan las pruebas correspondientes para verificar la correcta generación de informes de producción, los cuales serán comparados con los reportes generados de forma manual por los operadores y supervisores de la línea de producción, y de esa forma obtener un respaldo de información muy útil para validar la congruencia y veracidad de los indicadores y datos de producción obtenidos durante una jornada de trabajo.

En la Figura 147 se puede apreciar un reporte diario de producción de bebidas de la línea de embotellado número 5, mientras que en la Figura 148 se observa el reporte de paradas que se tuvo en la jornada de producción. Estos reportes son elaborados por el operador de la máquina llenadora y posteriormente son validados por el supervisor de la línea; a diferencia del reporte generado desde el

sistema SCADA, estos reportes en ocasiones carecen de claridad y son poco legibles, otro factor en contra es que en algunas ocasiones los reportes no son llenados o actualizados constantemente por el operador, acumulando información al final del turno.

Figura 147

Reporte diario de producción de bebidas en línea de embotellado N°2

REPORTE DIARIO DE PRODUCCION DE BEBIDAS L2 (SAP L5)						EC-SDO-C
FECHA	ANO	MESES	DA			
OPERADOR T1:	2022	04	24			
LIDER LINEA T1:	Luis Infante			OPERADOR T2:	Roberto Ortiz	OPERADOR T3:
	Manuel AP			LIDER LINEA T2:	A. Burgos	LIDER LINEA T3:
SKU/Formato						
Cajas Físicas Producidas (Pirales)				FM300	CC200	CC300
Velocidad Nominal (bpm)				1282	1041	1720
Bottles por caja				400	400	400
Unids Producidas (Cajas Físicas x Bottles por cajas)				24	24	24
Producción en minutos (Unids Producidas/Velocidad nominal)				307.68	249.94	41.90
Hora Inicio				16	62	103
Hora Final				07:00	11:48	15:55
Horas Trabajadas en minutos ((Hora Final - Hora Inicio)/60)				11:48	15:55	18:30
Total de Paradas (Tiempo total trabajado - Tiempo ajustado)				288	277	155
TIPO DE PARADA				272	185	52
CAMBIO DE TAMAÑO				38		
CAMBIO DE CAMPAÑA PROMOCIONAL						9
MANTENIMIENTO PROGRAMADO DURANTE EL TURNO DE PRODUCCION						
LIMITES PROGRAMADOS CON EL PERSONAL DURANTE EL TURNO						
CORTE DE PRODUCCION				11		
INSTALACION DE NUEVOS EQUIPOS						
PRUEBAS DE EQUIPOS NUEVOS						
PRUEBAS DE PROCESOS NUEVOS						
ALIMENTACION						
CARGA INICIAL LAVADORA						
LIMPIEZA FINAL Y/O INICIAL						
TRANSFERENCIA DE PERSONAL A OTRA LINEA						
FINES DE PASOS						
SANEO DE PASOS						
FINES DE PASOS						
CONBINACIONES INSTITUCIONALES						
CAPTACION AL PERSONAL						
PRUEBAS DE CALIDAD						
AJUSTE DE TORQUE						
Paras Programadas						
FALTA DE ENERGIA ELECTRICA EN LA RED MUNICIPAL						
FACTORES METEOROLOGICOS						
FALTA DE PERSONAL NO ATRIBUIBLE AL DEP. DE PRODUCCION						
FALTA DE ENVASE NO ATRIBUIBLE AL DEP. DE PRODUCCION						
FALTA DE MATERIAS PRIMAS NO ATRIBUIBLE AL DEP. DE PRODUCCION						
FALTA DE MONTACAJAS NO ATRIBUIBLE AL DEP. DE PRODUCCION					8	
ALMACEN LLENO						
FALTA DE ENERGIA (FALLO INTERNO)						
FIN DE LINEA DE EMBOTELLADO						
FALTA DE SUMINISTRO DE GAS						
TARIFA DANADA						
CAJA DAMADA						
Paras Ajustes						
FALTA DE AGUA DEL PROCESO						
FALTA DE ENVASE POR MALA PROGRAMACION						
FALTA DE JARABE						
PROBLEMAS DE CALIDAD						
EXPLOSIONES DE BOTELLA EN LA LLENADORA					10	
FALTA DE DETERGENTES, LUBRICANTES ADITIVOS SANITIZANTE						
CAMBIO DE TANQUE DE JARABE						
FALTA DE TAPAS						
FALTA DE CAJAS						
FALTA DE PALETS						
CALIBRACION DE EQUIPOS						
ENVASE SUCCOMEZCLADO				16		16
FALTA DE VAPOR						
FALTA DE AIRE						
FALTA DE REFRIGERACION						
CAIDA DE BOTELLA EN TRANSPORTADORES				17	13	12
ESPUMEO DE BEBIDA					10	
AJUSTE GAMA TRANSPORTADOR NEUMATICO						
CALIBRACION ETIQUETADORA						
CAIDA DE CAJA EN DEPALETTIZADO						
ROTACIONES DE CORONA						
BOMBA DE JARABE						
BOMBAS						
CALDEROS						
COMPRESOR DE AIRE (BAJA)						
DESEMPCADORA						
EMPCADORA						
EQUIPO CIP						
EQUIPO DE REFRIGERACION						
FILTROS						
LAVADORA DE BOTELLAS						
LAVADORA DE CAJAS						
LENTE DE INSPECCION LLENO						
LLENADORA						
LLENADORA				15		
PREPORCIONADOR / PREPARADOR DE BEBIDAS						
TRANSPORTADOR DE BOTELLAS						
TRANSPORTADOR DE CAJAS						
TRANSPORTADOR DE TAPAS						
Paras Operacionales						
BOMBAS						
CALDERAS						
COMPRESOR						
DESEMPCADORA					85	
EMPCADORA						
EQUIPO CIP						
EQUIPO DE REFRIGERACION						
FILTROS						
LAVADORA DE BOTELLAS						
LAVADORA DE CAJAS						
LLENADORA						
PREPORCIONADOR / PREPARADOR DE BEBIDAS				10		
TRANSPORTADOR DE TAPA						
TRANSPORTADORES DE BOTELLAS						
COMPRESOR DE AIRE BAJA (DAÑO)						
TRANSPORTADOR DE CAJAS						
Paras Mecánicas						

Figura 148

Reporte de paradas de línea de embotellado N° 2

REPORTE DE PARADAS							EC-SDO-CDS-MFA-PR-F-006
HORA INICIO	HORA FIN	TIEMPO	SABOR/FORMATO	EQUIPO	TIPO DE PARADA	OBSERVACIONES	
07:20	07:30	10	FM300	Mano de obra	programa de	Cambio tamaño	
07:30	08:22	52	FM300	Def. t	programa de	Cambio sabor	
08:22	09:30	10	FM300	Mano de obra	electrica	tapa de motor sin parar	
09:03	10:08	05	FM300	desencapadora	operacional	ajuste tubos y tornillos	
10:10	10:28	15	FM300	Mano de obra	operacional	ajuste tubos y tornillos	
10:30	10:47	17	FM300	transportador	operacional	quita de botella	
11:00	11:12	12	FM300	—	—	emerse sucro y maceda	
11:40	11:31	11	FM300	Def. t	programa de	Corte producción	
11:48	14:12	144	CC300	Def. t	programa de	Sancapienter y largu aguijo	
14:30	14:28	8	CC300	Mano de obra	operacional	Falta de mantenimiento	
14:30	14:40	10	CC300	Mano de obra	operacional	exploracion botella	
14:40	14:55	17	CC300	transportador	operacional	quita de botella	
—	—	10	CC300	Mano de obra	operacional	Falta mantenimiento programa de	
15:55	16:04	9	CC300	Def. t	programa de	Cambio de precio este	
16:20	16:38	18	CC300	—	—	emerse sucro y maceda	
16:40	16:53	15	CC300	transportador	operacional	quita de emerse	
17:30	17:42	12	CC300	Mano de obra	operacional	Falta de mantenimiento prevul	
21:19	21:29	10	CC 300	transportador	operacional	quita de emerse	
21:30	21:58	8	CC 300	—	—	quita de emerse	
22:34	22:42	8	CC 300	Salvadora	Mano de obra	de trabajo en la salina	

En la Figura 149 se puede apreciar el informe generado desde el sistema SCADA, en este reporte se presentan datos e indicadores de producción de forma clara, legible, ordenada y lo más importante es que se pueden agregar herramientas estadísticas o de análisis de datos para obtener valiosa información que puede servir para la toma de decisiones y generar propuestas de mejora ya sea en el área de mantenimiento o producción, de igual forma se puede apreciar en la Figura 150 el registro de paradas correspondiente a la producción de turno.

Figura 149

Reporte de producción de bebidas generado desde sistema SCADA



Figura 150*Reporte de tiempos de paradas mecánicas*

PAROS MECANICOS					
	DESCRIPCION	INICIAR	FINALIZAR	DIFERENCIA	
1	DESEMPACADORA	9:00:00	10:00:00	1,00	
2	DESEMPACADORA	10:06:00	10:12:00	0,10	
3	DESEMPACADORA	10:20:00	10:25:00	0,08	
4	LLENADORA	8:20:00	8:30:00	0,17	
5	DESEMPACADORA	10:27:00	10:35:00	0,13	
6		0	0	0,00	
7		0	0	0,00	
8		0	0	0,00	
9		0	0	0,00	
10		0	0	0,00	
11		0	0	0,00	
12		0	0	0,00	
13		0	0	0,00	
14		0	0	0,00	
15		0	0	0,00	
16		0	0	0,00	
17		0	0	0,00	
18		0	0	0,00	
19		0	0	0,00	
20		0	0	0,00	
21			TOTAL	1,48	
22			CUADRE	0,23	

Pruebas de monitoreo y almacenamiento de datos en la plataforma Thinger.io

Para verificar la correcta presentación y almacenamiento de datos en la nube es necesario iniciar sesión en la plataforma Thinger.io, posteriormente en la sección “DASHBOARD” se puede validar y verificar la presentación de los datos e indicadores de producción, como se observa en la Figura 151.

El almacenamiento de datos se puede verificar en la sección “DATABUCKET”, en la Figura 152 se puede apreciar el registro de cuatro indicadores de producción que son: BPM (Botellas por minuto), utilización de línea, eficiencia mecánica y consumo de CO2.

Figura 151

Presentación de datos e indicadores de producción en la nube mediante plataforma Thinger.io



Figura 152

Almacenamiento de datos en la nube mediante plataforma Thinger.io

The screenshot shows the 'Bucket Data' view for 'ARCA/data'. The table displays the following data points:

Date	BPM	Eficiencia Mecanica	Indicador CO2	Utilizaciones De Linea
2022-04-12T09:02:19.887Z	356	58.24201202392578	-0.004307867027819157	58.24201202392578
2022-04-12T09:01:14.010Z	355	57.918556213378906	-0.000988914520793309	57.918556213378906
2022-04-12T09:00:12.805Z	355	58.23100662231445	-0.013969127059817314	58.23100662231445
2022-04-12T08:58:11.523Z	356	58.28236770629883	-0.024988394230604172	58.28236770629883
2022-04-12T08:58:10.883Z	355	57.9390754699707	-0.027215460315346718	57.9390754699707
2022-04-12T08:57:09.288Z	356	57.54479598990234	-0.02288392450326416	57.54479598990234
2022-04-12T08:56:08.185Z	356	57.14331817628953	-0.02140050567885578	57.14331817628953
2022-04-12T08:53:52.724Z	356	56.94674301147461	-0.03363620117306709	56.94674301147461
2022-04-12T08:52:54.840Z	51	57.50004577636719	-0.045762826693135886	57.50004577636719
2022-04-12T08:51:50.875Z	355	57.73017883300781	-0.050778420862465455	57.73017883300781
2022-04-12T08:49:42.12Z	0	57.35639190673828	-0.03638100627336311	57.35639190673828
2022-04-12T08:48:47.927Z	356	57.46177291870117	-0.03647286873145	57.46177291870117
2022-04-12T08:48:47.045Z	356	57.4396553095508	-0.043456874787807465	57.4396553095508
2022-04-12T08:47:48.947Z	178	57.062294006347656	-0.0492027819481087	57.062294006347656
2022-04-12T08:45:50.262Z	355	57.208778381347656	-0.037520069620953934	57.208778381347656

Los datos almacenados en la nube se pueden descargar en su totalidad o parcialmente en intervalos de tiempo seleccionados por el usuario, como se puede apreciar en la Figura 153, mientras

que en la Figura 154 se muestra el archivo de Excel con el registro de las variables configuradas en la nube.

Figura 153

Exportación de datos desde la nube en plataforma Thinger.io

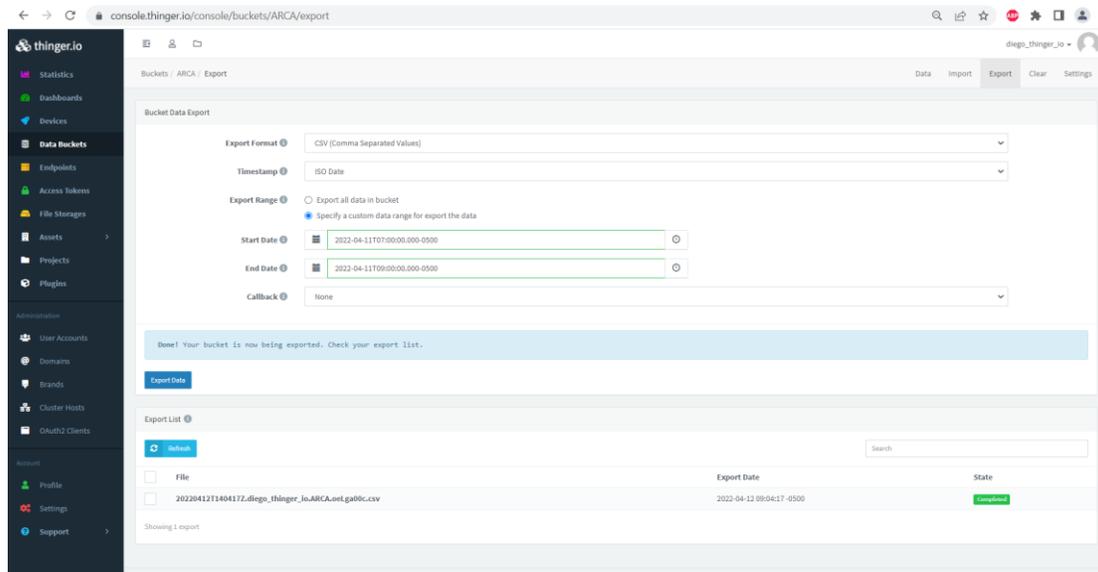


Figura 154

Archivo de datos en formato CSV exportado desde la nube

	A	B	C	D	E	F	G	H
643	2022-04-12T13:38:39.513Z	279.0	5.460.845.184.326.170	-0.04002552106976509	5.460.845.184.326.170			
644	2022-04-12T13:39:39.986Z	355.0	5.446.833.419.799.800	-0.03926403075456619	5.446.833.419.799.800			
645	2022-04-12T13:40:42.783Z	356.0	5.423.484.802.246.000	-0.03838462755084038	5.423.484.802.246.000			
646	2022-04-12T13:41:42.773Z	355.0	5.541.657.257.080.070	-0.04547414928674698	5.541.657.257.080.070			
647	2022-04-12T13:42:45.497Z	355.0	5.585.044.479.370.110	-0.0467144213616848	5.585.044.479.370.110			
648	2022-04-12T13:43:44.182Z	355.0	5.632.508.850.097.650	-0.04330906644463539	5.632.508.850.097.650			
649	2022-04-12T13:44:44.062Z	355.0	5.601.109.313.964.800	-0.039601528173865074	5.601.109.313.964.800			
650	2022-04-12T13:45:50.352Z	355.0	5.208.778.381.347.600	-0.037520096028953934	5.208.778.381.347.600			
651	2022-04-12T13:47:48.947Z	178.0	57.062.294.006.347.600	-0.04092027619481087	57.062.294.006.347.600			
652	2022-04-12T13:48:47.045Z	356.0	5.743.965.530.395.500	-0.043456874787807465	5.743.965.530.395.500			
653	2022-04-12T13:49:47.927Z	356.0	5.746.177.291.870.110	-0.0364728681743145	5.746.177.291.870.110			
654	2022-04-12T13:50:49.421Z	0.0	5.735.639.190.673.820	-0.03628100827336311	5.735.639.190.673.820			
655	2022-04-12T13:51:50.875Z	355.0	5.773.017.883.300.780	-0.050779420882463455	5.773.017.883.300.780			
656	2022-04-12T13:52:54.840Z	51.0	5.750.004.577.636.710	-0.045762836933135986	5.750.004.577.636.710			
657	2022-04-12T13:53:52.242Z	356.0	5.694.674.301.147.460	-0.03363620117386799	5.694.674.301.147.460			
658	2022-04-12T13:56:08.185Z	356.0	5.714.331.817.626.950	-0.02140050676865578	5.714.331.817.626.950			
659	2022-04-12T13:57:09.288Z	356.0	57.544.795.989.990.200	-0.022863924503326416	57.544.795.989.990.200			
660	2022-04-12T13:58:10.883Z	355.0	579.390.754.699.707	-0.027215460315346718	579.390.754.699.707			
661	2022-04-12T13:59:11.523Z	356.0	5.828.236.770.629.880	-0.02498839420604172	5.828.236.770.629.880			
662	2022-04-12T14:00:12.805Z	355.0	5.823.100.662.231.440	-0.013690127059817314	5.823.100.662.231.440			
663	2022-04-12T14:01:14.010Z	355.0	57.918.556.213.378.900	-0.0008989145280793309	57.918.556.213.378.900			
664	2022-04-12T14:02:18.887Z	356.0	5.824.201.202.392.570	-0.004307867027819157	5.824.201.202.392.570			
665	2022-04-12T14:03:18.095Z	356.0	5.861.006.546.020.500	-0.007746545597910881	5.861.006.546.020.500			
666	2022-04-12T14:04:19.116Z	355.0	58.985.137.939.453.100	-0.00872569810590887	58.985.137.939.453.100			
667	2022-04-12T14:05:19.726Z	356.0	5.929.154.586.791.990	-0.007238147780299187	5.929.154.586.791.990			
668	2022-04-12T14:06:20.048Z	65.0	5.965.339.660.644.530	-0.011018577963113785	5.965.339.660.644.530			
669	2022-04-12T14:07:21.843Z	0.0	59.996.116.638.183.500	-0.0253005698323498	59.996.116.638.183.500			
670	2022-04-12T14:08:23.327Z	356.0	59.879.920.959.472.600	-0.032000988712847534	59.879.920.959.472.600			
671	2022-04-12T14:09:24.087Z	356.0	5.952.849.578.857.420	-0.028074938803911234	5.952.849.578.857.420			

Con el almacenamiento de variables, indicadores de producción y tiempos de parada se tiene un respaldo de información muy valioso, con el cual se pueden validar los datos registrados en los informes de producción elaborados de forma manual por los operadores y analizar ciertas discrepancias que suelen ocurrir en los registros, citando como ejemplo el caso que se presenta a continuación.

El análisis de datos se lo realiza desde las 11:00 de la mañana hasta las 14:30 de la tarde, en la Figura 155 se muestra los tiempos de parada registrados por el operador, mientras que en la Figura 156 y Figura 157 se muestra el registro de producción de la máquina llenadora representada en botellas por minuto (BPM) desde las 11:00-13:20 y 13:20-14:30 de la tarde respectivamente, estos dos últimos gráficos representan el tiempo durante el cual la máquina llenadora se mantuvo en producción continua, tomando como referencia una producción nominal de 400BPM.

Figura 155

Tiempos de parada 12-04-2022 en línea de embotellado N°2

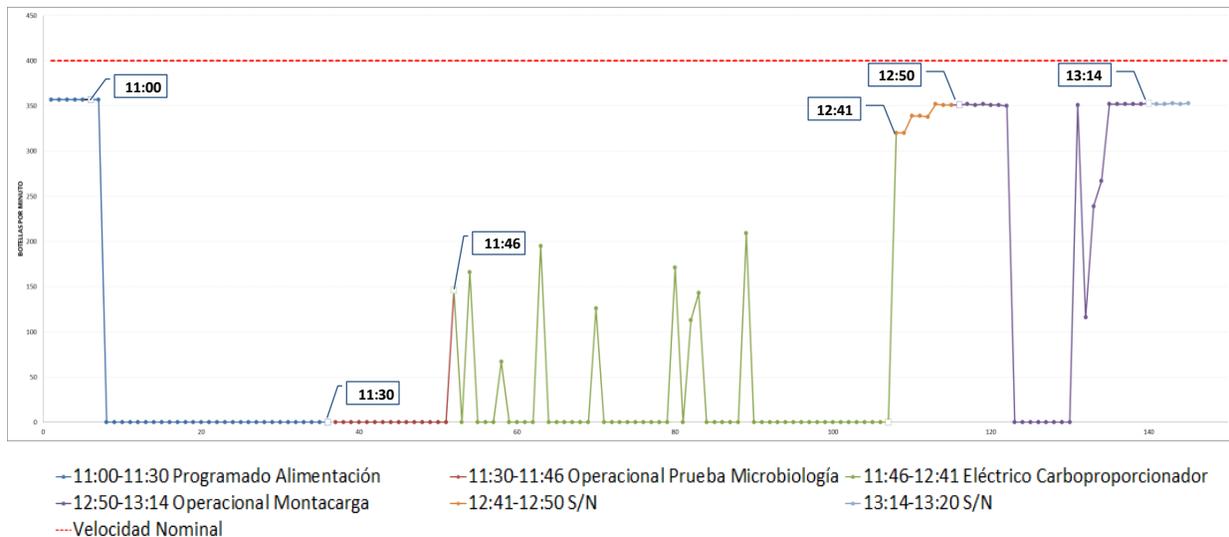
HORA INICIO		HORA FIN		TIEMPO	SABOR/FORMATO	EQUIPO	TIPO DE PARADA	OBSERVACIONES
07:10	07:19	9	CC300	transportador	(Ajeno) op	caída de empaque		
08:10	08:25	15	CC300	llenadora	operacional	reguste, tubos de ventos		
11:00	11:30	30	CC300		programado	Alimentación		
11:30	11:46	16	CC300	llenadora	operacional	pruebas micro biología		
11:46	12:11	25	CC300	Dofit	eléctrico			
12:50	12:14	14	CC300	mantenencia	operacional	Se fue cura de polvo y muestreo		
13:20	13:39	19	CC300	llenadora	operacional	explosión de botella		
13:36	13:47	7	CC300	transportador	operacional	Caída de empaque		
13:50	14:22	32	CC300	llenadora	operacional	falta de mantenimiento preventivo	espuma	
14:23	14:48	25	CC300		Programa	empaque sucio y mezclado		
15:06	15:17	11	CC300	Codificador	programado	Cambio tapa a 35 clu		
15:30	15:41	11	CC300	transportador	Ajeno	Caída de empaque		
16:00	16:10	10	CC300	llenadora	operacional	(Caída de) explosión botella		
16:46	16:54	8	CC300	llenadora	operacional	Falta mantenimiento preventivo		
16:50	17:06	16	CC300	Dofit	programado	Corte producción		

Como se puede apreciar en la Figura 155, en el primer intervalo de tiempo de 11:00-13:20 se registraron cuatro tiempos de parada, los cuales se validan con el registro de BPM de la máquina

llenadora en la Figura 156; observándose que los tiempos registrados por el operador coinciden con el registro de producción de la llenadora, con excepción del tiempo operacional por montacargas en el que se presenta un pequeño desfase del tiempo inicial y final.

Figura 156

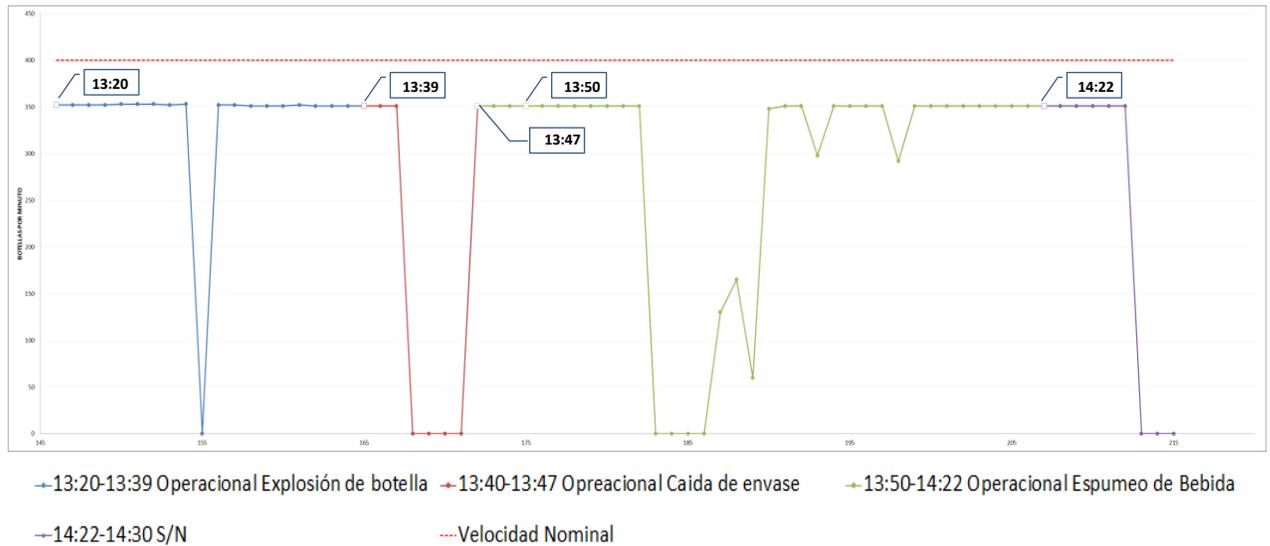
Producción de máquina llenadora 11:00-13:20 representada en botellas por minuto BPM



En el segundo intervalo de tiempo de 13:20-14:30 se registraron tres tiempos de parada, los cuales se validan con el registro de producción de la máquina llenadora, observándose que dos de estos no coinciden con el registro de BPM. En el informe de producción el operador registra 19 min de parada operacional por explosión de envase, desde 13:20 hasta las 13:39 pero en el registro histórico de botellas por minuto no se evidencia ese tiempo de inactividad de la llenadora, por el contrario se puede observar únicamente un pequeño descenso de la producción por un tiempo no superior a dos minutos (Figura 157). De forma similar se tiene una incongruencia en el tiempo de parada operacional registrado desde las 13:50 hasta las 14:22 debido a espumeo de bebida, ya que en el registro de producción de BPM se evidencia un tiempo de inactividad más corto, como se puede apreciar en la Figura 157.

Figura 157

Producción de máquina llenadora 13:20-14:30 representada en botellas por minuto BPM



De esta forma se puede evidenciar las ventajas que trae consigo la implementación del sistema SCADA, desarrollado con una interfaz de alto desempeño (Figura 158) brindándole al usuario una navegación intuitiva y fácil de comprender, pero con herramientas muy útiles para el análisis y adquisición de datos y con un factor potencial de visión a futuro mediante la incorporación del internet industrial de las cosas.

Figura 158

Interfaz de usuario para monitoreo de producción en línea desde sistema SCADA



Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se diseña e implementa un sistema SCADA con una interfaz hombre máquina de alto desempeño y escalabilidad para la línea de embotellado número dos en la empresa ARCA CONTINENTAL Ecuador planta Santo Domingo.
- Se diseña e implementa una red de comunicación entre los autómatas programables de las máquinas que conforman la línea de embotellado y el sistema PC, mediante dos topologías diferentes; una topología estrella tipo LAN conformada por todos los autómatas programables de la línea de producción y una topología punto a punto tipo WLAN establecida entre los dispositivos de campo y la estación de monitoreo y control principal.
- Mediante la configuración y programación de la pasarela SIMATIC IOT2040 de Siemens, el diseño, implementación y configuración de una interfaz gráfica en la plataforma Thinger.io, se logra visualizar y monitorear indicadores y datos de producción en la nube, estableciendo de esta forma un precedente en la proyección del sistema SCADA hacia la industria 4.0 a través del Internet Industrial de las Cosas (IIoT).
- Mediante la implementación del sistema SCADA se logra evidenciar tiempos de respuesta más rápidos en el diagnóstico y resolución de problemas en el área de mantenimiento, mientras que en el área de producción se obtienen registros de datos e informes de producción que sirven como respaldo para validar y verificar la veracidad de la información generada en forma manual por los operadores y supervisores de producción.

Recomendaciones

- La empresa ARCA CONTIENTAL no posee una filosofía y guía de estilo para el diseño e implementación de interfaces hombre maquina (HMI), por tal motivo se recomienda como trabajo futuro elaborar una filosofía y guía de estilo que estandarice las HMI actuales y futuras que se desarrollen en la empresa.
- Una de las etapas del ciclo de vida de una HMI es el diseño de la consola, etapa que se obvió en el desarrollo del presente proyecto ya que la empresa cuenta con una sala de control en la cual se tiene instalada una consola para el monitoreo y control de las líneas de producción, sin embargo se recomienda mejorar las condiciones ergonómicas de la estación de trabajo en la sala de control.
- Al ser el operador de la máquina llenadora el responsable de generar los informes de producción y registrar los tiempos de parada, se recomienda migrar la interfaz de usuario existente en un panel de 9 pulgadas, a un panel HMI de 12 pulgadas, y de esta forma brindarle al operador un campo de navegación más amplio, donde se pueda presentar la información de forma clara ordenada y legible.
- Con el objetivo de establecer algunos correctivos y mitigar posibles situaciones anormales que se presenten en el proceso, se recomienda someter el sistema SACADA a un periodo de evaluación de un año para obtener una retroalimentación del estado actual del sistema, la evaluación debe abarcar diferentes puntos de vista como eficiencia, eficacia, procesamiento, ergonomía, cumplimiento de normas, etc.

Bibliografía

- Aquilino Rodríguez, P. (2008). *Comunicaciones industriales*. Barcelona: MARCOMBO.
- Aquilino Rodríguez, P. (2012). *Sistemas SCADA*. Barcelona: MARCOMBO.
- Blanco, R., Fontrodona, J., & Poveda, C. (2019). *La Industria 4.0: El Estado de la cuestión*. Barcelona.
- Cyberplus. (10 de 06 de 2021). *Cyberplus*. Obtenido de Cyberplus:
<https://www.cyberplus.com.ar/productos/antena-wifi-punto-a-punto-cpe605-tp-link-5ghz-150mbps-20km/>
- Gavlas, A., Zwierzyna, J., & Koziorek, J. (2018). Possibilities of transfer process data from PLC to Cloud platforms based on IoT. *IFAC PapersOnLine 51-6*, 156–161.
- Guerrero, V., Yuste, R., & Martínez, L. (2009). *Comunicaciones industriales*. Barcelona: Marcombo.
- Hollifield, B. (2010). Understanding and Applying the ANSI/ISA 18.2 Alarm Management Standard. *PAS*.
- Hollifield, B., Oliver, D., & Nimmo, I. (2008). *The High Performance HMI Handbook*. Houston: Plant Automation Services.
- Hurtado Torres, J. M. (2011). *Introducción a las Redes de Comunicación Industrial*. Linares: Departamento de electricidad y electronica.
- Huthoefer, A. (15 de 07 de 2021). *Grupofranja2*. Obtenido de Grupofranja2:
<https://grupofranja2.com/index.php/oftalmica/item/1763-de-la-industria-1-0-a-la-4-0>
- Inductiveautomation. (20 de 05 de 2021). *Inductiveautomation*. Obtenido de Inductiveautomation:
<https://docs.inductiveautomation.com/display/DOC80/High+Performance+HMI+Techniques>

- Jiménez, M., & Taipe, F. (2005). *Sistema de adquisición de datos para determinar las características de operación con carga de los motores trifásicos de inducción para el laboratorio de máquinas eléctricas*. Latacunga.
- Khan, W., Rehman, M., Zangoti, H., Afzal, M., Armi, N., & Salah, K. (2020). Industrial internet of things: Recent advances, enabling technologies and open challenges. *Computers and Electrical Engineering, 81*, 106522.
- Lee, C., Zhang, S., & Ng, K. (2017). Development of an industrial Internet of things suite for smart factory towards re-industrialization. *Advances in Manufacturing, 335–343*.
- López, E. P. (2015). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Revista Tecnología En Marcha, 3-14*.
- Morales Sánchez, A. (10 de 05 de 2021). *ISAMEX*. Obtenido de ISAMEX:
<https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2019/02/12/caracteristicas-del-estandar-ansi-isa-101-01-2015-interfaces-humano-maquina-para-sistemas-de-automatizacion-de-procesos/#:~:text=Las%20etapas%20principales%20del%20ciclo,la%20implementaci%C3%B3n%20y%20>
- Morales, A. (2019). *Características del Estándar ANSI/ISA-101.01-2015: Interfaces Humano-Máquina para Sistemas de Automatización de Procesos*. México D.F.: México Intech.
- Moya, J. (2018). *Monitoreo y Gestión de alarmas mediante la simulación de la línea de producción de calzado de la empresa Gamo's*. Ambato.
- Munín-Doce, A., Díaz-Casás, V., Trueba, P., S., F.-G., & M., V.-M. (2020). Industrial Internet of Things in the production environment of a Shipyard 4.0. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology volume 108, 47–59*.

Mykoniatis, K. (2020). A Real-Time Condition Monitoring and Maintenance Management System for Low Voltage Industrial Motors Using Internet-of-Things. *Procedia Manufacturing* 42, 450–456.

Nadgauda, N., & Muthukumaraswamy, S. A. (2019). Design and Development of Industrial Automated System using PLC-SCADA. *IEEE 10th GCC Conference & Exhibition*.

Oliva Alonso, N. (2013). *Redes de comunicaciones industriales*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

RealPars. (15 de 05 de 2022). *RealPars*. Obtenido de RealPars: <https://realpars.com/high-performance-hmi/>

Rockwell Automation. (2019). Process HMI Style Guide. *White Paper*.

Rodríguez, J. (2012). *Buenas Prácticas para diseño de HMI de alto rendimiento*. Cartagena.

RS-ONLINE. (18 de 07 de 2021). *RS-ONLINE*. Obtenido de RS-ONLINE: <https://es.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=i/iot-internet-of-things>

Salvetti, D. (2011). *Redes Wireless*. Buenos Aires: Fox Andina.

Siemens. (2009). *Visualización de procesos con Plant Intelligence*. NÜRNBERG.

Siemens. (2016). *Siemens Corporation*. Recuperado el 28 de Octubre de 2016, de Siemens Web Site: <http://w3.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-devices/basic-hmi/basic-panels/Pages/Default.aspx>

Siemens. (2018). *Primera instalación y primer programa en node-red*.

Siemens. (18 de 03 de 2022). *SiePortal*. Obtenido de SiePortal:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109803799/simatic-hmi-wincc-unified-creating-templates-for-production-reports-in-excel?dti=0&lc=en-SE>

Siemens. (16 de 06 de 2022). *SiePortal*. Obtenido de SiePortal:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109741658/simatic-iot2020-simatic-iot2040?dti=0&lc=en-EC>

Thingier.io. (15 de 07 de 2022). *Thingier.io Documentation*. Obtenido de Thingier.io Documentation:

<https://docs.thingier.io/>

Valdivia, C. (2019). *Comunicaciones Industriales*. Madrid: Paraninfo.

Vistronica. (2016). *Vistronica*. Recuperado el 13 de Mayo de 2016, de Vistronica:

<https://www.vistronica.com/modulos/modulo-conversor-ttl-a-rs-485-max485-detail.html>

Witorg. (27 de 05 de 2021). *Witorg*. Obtenido de Witorg: <https://www.witorg.org/piramide-de-la-automatizacion-e-industria-4-0/>

Yague, K., Hernández, J., Trujillo, C., & Delgado, D. (2020). *Internet industrial de las cosas, evolución y desafíos*. Huola.