

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL
CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECÁNICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



INFORME TÉCNICO

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y
SUPERVISIÓN ESPECIALIZADO EN CERVECERÍAS
LLAMADO BRAUMAT**

PRESENTADO POR:

BR. RUBEN CUELLAR AQUINO

**PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA**

**EN LA MODALIDAD POR
SERVICIOS A NIVEL PROFESIONAL**

CONSEJERO:

DR. FACUNDO PALOMINO QUISPE

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: Implementación del Sistema de Control y Supervisión Especializado en cervecerías Llamado Braumar

presentado por: Ruben Cuellar Aquino con DNI Nro.: 70578029 presentado por: _____ con DNI Nro.: _____ para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Electrónica


Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 6%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 30 de Julio de 2024


Firma

Post firma Dr. Facundo Pabmina Quispe

Nro. de DNI 00435194

ORCID del Asesor 0000-0002-5947-6682

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:363494907

NOMBRE DEL TRABAJO

**InformeTecnico_Braumat_RCUELLAR_V2
.4.pdf**

AUTOR

Ruben Cuellar Aquino

RECUENTO DE PALABRAS

15723 Words

RECUENTO DE CARACTERES

76980 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

61 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

25.7MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 28, 2024 12:12 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 28, 2024 12:13 PM GMT-5**● 6% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

A Dios por colmarme de su gracia para seguir desarrollándome profesionalmente.

A mi Mamá Brigida, por ser el pilar fundamental en mi formación y enseñanzas de valores con el cual hoy me desempeño.

A mi esposa Gabriela por ser el soporte y motor de cada día en el que vemos amanecer, su forma de ver la vida y el hacer todo de forma correcta inspiran a uno.

A los docentes que han impulsado el espíritu innovador desde el primer día en la universidad y a los compañeros de trabajo que me han acompañado y apoyado en el desarrollo de la vida profesional.

Resumen

El presente informe da a conocer la gestión de control y automatización de Ab-Inbev en la planta de Cusco, el bloque de control y automatización está dentro del pilar de mantenimiento y busca estandarizar los procesos con tecnologías que brinden los requerimientos avanzados para la producción de cerveza. Por otro lado en su afán de optimizar los procesos busca estar en la cumbre de la pirámide de automatización con un sistema de gestión ERP unificado al sistema MES. Siemens es un aliado estratégico a nivel mundial de AB-Inbev y como solución para la industria cervecera cuenta con el sistema de control de procesos cerveceros - Braumat, el cuál es un arreglo de un DCS y se han ido estandarizando en todas las plantas al rededor del mundo.

Con la incorporación de SAB-Miller al grupo Ab-Inbev la planta Cusco y otras plantas deben migrar el sistema de control a Braumat para optimizar la capacidad de planta, tener trazabilidad y confiabilidad del proceso. El presente muestra el proceso de migración de un sistema de control tradicional a un sistema de control especializado en cervecerías.

En el informe se muestra los detalles de las instalaciones previas a la migración, los requerimientos y dimensionamiento de la planta para migrar a Braumat, en los capítulos posteriores se muestra la arquitectura del hardware y redes que se tienen, luego se muestra el arreglo que tendrá con los requerimientos del sistema Braumat y los componentes nuevos a implementar, también se muestra como han ido migrando las áreas de producción de cerveza al sistema Braumat. Finalmente se muestra el concepto de recetas maestras y procedimientos de receta que se manejan para la producción de las distintas marcas de cerveza en la planta Cusco, el concepto de base de datos para almacenar los registros de parámetros de cada Batch son depositados en el servidor SQL. Se concluye con el control centralizado y acceso remoto desde cualquier punto para la supervisión de todo el proceso de producción de cerveza. Los indicadores de capacidad de la cervecería han incrementado en un 8 % con esto el sistema está preparado para la gestión MES y ERP de la organización de Ab-Inbev.

Índice general

Resumen	II
Índice de figuras	V
Índice de cuadros	VI
1. Generalidades	1
1.1. Del informe técnico	1
1.1.1. Objetivo	1
1.1.2. Alcance	1
1.1.3. Justificación	2
1.2. Del centro de labores	2
1.2.1. Información de la empresa	2
1.2.2. Descripción de la empresa y la planta Cusco	2
1.2.3. Estructura organizacional	3
1.2.4. Funciones de la gerencia de ingeniería y elaboración	4
2. Marco Teórico	6
2.1. Introducción	6
2.2. Procesos Industriales	6
2.2.1. Aplicación	6
2.2.2. Operación	7
2.2.3. Físico	7
2.3. Control y Automatización	8
2.3.1. Estructura de la pirámide de control y automatización	8
2.4. Braumat - Siemens	9
2.4.1. Características técnicas principales	9
2.4.2. Estructura	10
2.4.2.1. Arquitectura del hardware	10
2.4.2.2. Estructura del sistema Braumat	12
3. Topología de la red actual de Automatización y componetes	15
3.1. Introducción	15
3.2. Topología de red del área de elaboración	15
3.3. Área de Cocimiento	17
3.3.1. Transporte de granos	18
3.3.2. Molienda de adjuntos	19
3.3.3. Molienda de malta	19
3.3.4. Maceración de adjuntos	20

3.3.5. Maceración	20
3.3.6. Filtro Meura	21
3.3.7. Paila de cocción	21
3.3.8. Whirpool	22
3.3.9. Centrifuga	22
3.3.10. Enfriamiento de mosto	23
3.4. Área de Fermentación	23
3.4.1. Tanques fermentadores	24
3.4.2. Enfriador de cerveza verde	25
3.4.3. Tanques de maduración	25
3.4.4. Tanques de levadura	26
3.5. Área de Filtración	26
3.5.1. Blender de cerveza	27
3.5.2. Filtro de tierras HK	28
3.5.3. Filtro PVPP	28
3.5.4. Carbonatador	28
4. Diseño de la estructura Braumat e Ingeniería de la planta Cusco	31
4.1. Introducción	31
4.2. Diseño de la arquitectura BRAUMAT	31
4.3. Diseño de la unidades y recetas de cocimiento	33
4.4. Diseño de la unidades y recetas de Fermentación	34
4.5. Diseño de la unidades y recetas de filtración	35
4.6. Diseño del sistema de interfaz máquina hombre	39
5. Implementación y Puesta en Marcha	42
5.1. Introducción	42
5.2. Plan de implementación del nuevo sistema braumat	42
5.3. Costos de los equipos nuevos y mano de obra de apoyo	43
5.4. Puesta en marcha del sistema Braumat	44
5.4.1. Instalación Braumat	44
5.4.2. Puesta en marcha en el área de fermentación	45
5.4.3. Puesta en marcha en el área de filtración	46
5.4.4. Puesta en marcha en el área de cocimiento	47
Recomendaciones	48
Bibliografía	51
Anexo A. Plano de red de arquitectura Braumat	52
Anexo B. Procedimientos Recetas Principales	54

Índice de figuras

1.1. Gráfico sectorial de BU PERU AB-INBEV	3
1.2. Flujo de tiempo de la Cervecería Cusco, AB-Inbev (2022).	3
1.3. Organigrama Backus - Planta Cusco, AB-Inbev (2022).	4
2.1. Estructura de Control y automatización - ABI (AB-Inbev, 2023)	8
2.2. Arquitectura del hardware y redes del sistema Braumat (Vermehren, 2016).	11
3.1. Arquitectura de la red planta Cusco.	16
3.2. Arquitectura de la red planta Cusco.	17
3.3. Arquitectura vigente de la red planta Cusco.	18
3.4. Arquitectura de la red de automatización fermentación	24
3.5. Arquitectura de la red de automatización filtración.	27
4.1. Arquitectura Braumat - Cusco.	32
4.2. distribución de entradas y salidas Braumat.	33
4.3. Procedimiento de receta Pilsen NoFB	35
4.4. Configuración de recetas de TCC's y maduración	36
4.5. Procedimiento de receta de filtración	38
4.6. Interfaz maquina hombre Maceración	39
4.7. Interfaz maquina hombre Enfriamiento	40
4.8. Interfaz maquina hombre fermentación	40
5.1. Cronograma de implementación Braumat-Cusco	43
5.2. Tablero de control con PLC S7-400 y S7-416 para Braumat	44
5.3. Cambio de direcciones de entradas y salidas de módulos de los distintos tableros	45
5.4. Ejemplo de interfaz de maquina hombre en fermentación	46
5.5. Ejemplo de interfaz de maquina hombre en filtración	46
5.6. Centro de control de cocimiento con el sistema de control braumat	47

Índice de cuadros

3.1. Distribución de la red planta Cusco	16
4.1. Cantidad de bloques tecnológicos definidos para la migración . . .	34
4.2. Cantidad de bloques tecnológicos Definidos para la migración . . .	37
4.3. Bloques tecnológicos necesarios para la unidad de Filtración . . .	37
5.1. Presupuesto CAPEX de los componentes nuevos	43
5.2. Presupuesto VIC del área de elaboración	44

Lista de Abreviaturas

- PLC** Controlador Lógico Programable
- HMI** Interface Máquina Hombre
- TCC** Tanque Cilindro Cónico
- DCS** Sistema de Control Distribuido
- ERP** Sistema de Recursos Empresariales
- MES** Manufacturing Execution System
- VDI** Verein Deutscher Ingenieure
- PVPP** Polivinilpolopirrolidona
- C&A** Control y Automatización
- RPM** Revoluciones por Minuto
- ICM** Modulo de Control Inteligente
- AIN** Modulo de Entradas Analógicas

Capítulo 1

Generalidades

1.1. Del informe técnico

1.1.1. Objetivo

Dar a conocer la implementación del sistema de control y supervisión "Braumat", en el área de elaboración de la planta Cusco de la cervecería Backus y Johnston, integrando las áreas de cocimiento, fermentación y filtro en un solo sistema de control y supervisión con la arquitectura del sistema de control de procesos de siemens.

Objetivos Específicos:

- Identificar todos los PLCs que tienen el control de cada proceso para la elaboración de la cerveza.
- Mostrar el diseño de la arquitectura para el sistema de control de procesos - Braumat.
- Indicar la forma de conexión con la base de datos del registro de los parámetros de proceso en cada lote de producción.
- Mostrar la implementación de los gráficos y recetas por unidad o equipo agrupado.
- Mostrar el diseño del sistema SCADA centralizado para el monitoreo y operación de todo el proceso.

1.1.2. Alcance

La implementación del sistema de control y supervisión Braumat que se presenta en este informe, se desarrolló exclusivamente para el área de elaboración de la cervecería Cusco, la cuál tiene una capacidad de producción de un millón de hectolitros anuales, la planta está ubicada en la avenida de la cultura 705 de la ciudad del Cusco.

1.1.3. Justificación

La Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston en su afán de cumplir con la política de calidad, seguridad y medio ambiente busca estandarizar sus procesos con sistemas de control que faciliten este objetivo y se pueda consolidar como empresa líder en el rubro a nivel mundial. El sistema de control Braumat de Siemens cumple con estos objetivos y además de estar enfocados a una gestión Sistema de Recursos Empresariales (**ERP**), este sistema ha sido desarrollado para las necesidades y exigencias que hoy tienen las plantas cerveceras industriales.

1.2. Del centro de labores

1.2.1. Información de la empresa

Empresa:	UCP Backus & Jhonston SAA
Ruc:	20600776241
Cargo:	Ingeniero de Mantenimiento
Área:	Elaboración
Jefe inmediato:	Gerente de elaboración
Reporta a:	Gerente de elaboración y Gerente de ingeniería
Personal a Cargo:	3 - 6 Personas
Periodo:	Mayo 2019 - Noviembre 2020

1.2.2. Descripción de la empresa y la planta Cusco

La Unión de Cervecerías Peruanas Backus & Johnston S.A.A. es una empresa cervecera peruana perteneciente al grupo AB Inbev, la primera corporación cervecera más grande a nivel mundial. Cuenta con 7 plantas de producción de cerveza descentralizadas ubicadas en Lima (Ate), Lima (Huachipa), Lima (Barbarian), Arequipa, Cusco, Motupe y Pucallpa; además de la planta Maltería Lima y una Planta de agua San Mateo ubicada en Huarochiri-Lima, en la figura **1.2.2** se muestra la distribución de plantas y marcas en el territorio peruano.

Su misión es poseer y potenciar las marcas de bebidas locales e internacionales preferidas por el consumidor. Contar con un modelo de gestión ejemplar que desarrolla y retiene talento. Como visión tiene el crecimiento del valor de participación del mercado a través del portafolio de marcas.

La historia de la cervecería en Cusco abarca su periodo como parte de Cervezur, desde su fundación en 1908 hasta su adquisición por parte de Backus en 2000 y su posterior integración a la Compañía de Cervecerías Unidas Backus y Johnston S.A.A. Esta transición ha contribuido al crecimiento y desarrollo de la industria cervecera en la región cusqueña y ha permitido la producción de cervezas reconocidas como Cusqueña en sus diferentes presentaciones.

Backus experimentó un cambio significativo en su estructura corporativa. La compañía fue adquirida por SABMiller, una de las principales cerveceras a nivel mun-



Figura 1.1: Gráfico sectorial de BU PERU AB-INBEV (AB-Inbev (2022)).

dial en ese momento. Esta transición permitió a Backus fortalecer su posición en el mercado peruano y acceder a nuevos recursos y tecnologías de producción.

Sin embargo, en 2016, AB InBev, otra gigante cervecera global, adquirió SAB-Miller, lo que incluía la compañía Backus y Johnston. Esta adquisición fue parte de una estrategia de expansión y consolidación de AB InBev en diferentes mercados internacionales, en la figura 1.2 se muestra un diagrama de tiempo de la historia de planta de cerveza Cusco.

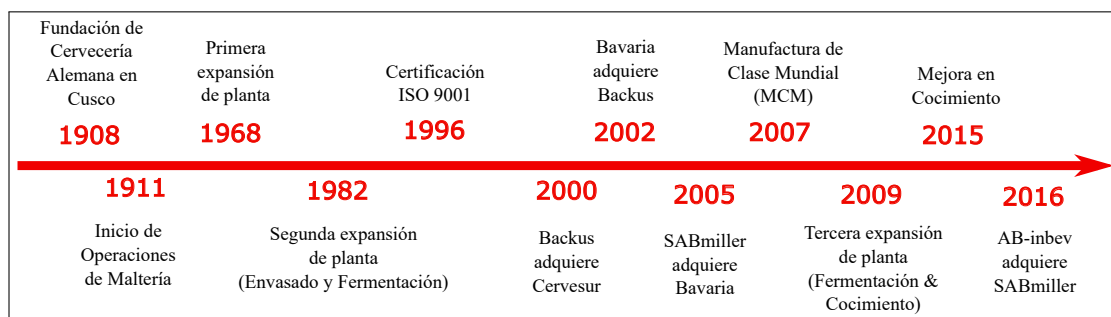


Figura 1.2: Flujo de tiempo de la Cervecería Cusco, (AB-Inbev (2022)).

1.2.3. Estructura organizacional

La estructura organizacional de la planta se puede apreciar en la figura 1.3 la cual está encabezada por la dirección de planta y gerencias en cada área como lo son elaboración, ingeniería, envasado, calidad, gestión y logística. El presente trabajo se ha encargado al área de elaboración el cual está compuesto por la gerencia, cerveceros e ingenieros de producción y mantenimiento.

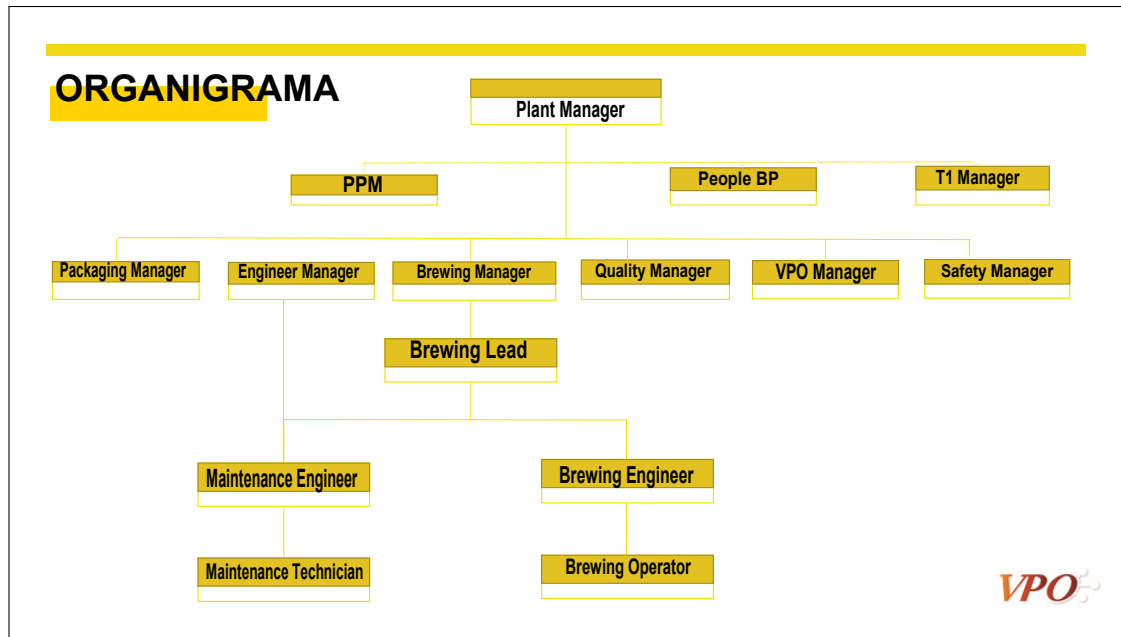


Figura 1.3: Organigrama Backus - Planta Cusco, AB-Inbev (2022).

1.2.4. Funciones de la gerencia de ingeniería y elaboración

En la planta de Cusco, las gerencias de ingeniería y elaboración trabajan de la mano para el desarrollo de proyectos, tal es el caso del presente informe. La Gerencia de elaboración está encargada de velar por el abastecimiento de cerveza filtrada con todos los parámetros dentro de norma para el área de envasado, mientras el área de ingeniería asegura el suministro de energías básicas para la producción de cerveza además de fiscalizar, promover y asegurar la confiabilidad de los equipos mediante los indicadores de mantenimiento.

El presente proyecto está financiado vía presupuesto CAPEX denominados proyectos de inversión donde se busca capitalizar, optimizar, modernizar o mejorar temas de calidad y seguridad del proceso para reducir impactos sobre la producción de cerveza.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. Introducción

En el contexto actual, la industria alimentaria ha experimentado significativos avances en la optimización de procesos industriales, buscando mejorar la eficiencia de producción, seguridad y la calidad de sus productos. Uno de los sectores más relevantes en esta industria es la producción de cerveza, la cual ha sido objeto de cambios y mejoras continuas en sus procesos para satisfacer la creciente demanda y mantener la competitividad en el mercado. A continuación se presentan los tipos de procesos en la industria y las diferencias que existen en cada una de ellas. Luego se explica la pirámide de automatización la cuál es el objetivo tener en todas la plantas de AB-inbev y finalmente se amplia la solución de Siemens para el sistema de control y supervisión de cervecerías denominada Braumat.

2.2. Procesos Industriales

Los procesos industriales son series sistematizadas de operaciones físicas, mecánicas, químicas o similares que producen un resultado por tanto fabrican bienes o prestan servicios. Estos procesos, no siempre se autorregulan y necesitan un control externo de forma continua para producir los resultados deseados. Ejemplos típicos de procesos industriales son las fábricas de bebidas, de ascensores y de servicios como el tratamiento de agua. Técnicamente, todos los procesos industriales pueden clasificarse en tres niveles: aplicación, operacional y físico (Sharma, 2017).

2.2.1. Aplicación

Con respecto a la aplicación, cualquier proceso industrial puede crear valores físicos para entregar bienes y/o productos, según la especificación o servicios públicos que brindan según los requisitos.

Los procesos de fabricación se dividen en plantas de procesos y fábricas. Los ejemplos típicos son:

- Planta de proceso: Química, cemento, generación de energía, bebidas, etc.
- Fábricas: Productos de ingeniería, automóviles, líneas de montaje, etc.

Los procesos de servicios públicos se dividen en públicos y troncales. Los ejemplos típicos son:

- Servicios públicos: Distribución de agua, de gas, tratamiento de agua/alcantarillado, etc.
- Servicios troncales: Transmisión de energía, distribución de agua, oleoductos, etc.

2.2.2. Operación

En cuanto a la operación, cualquier proceso industrial puede ser del tipo continuo, discreto o por lotes (Batch).

- Operación continua: Se refieren al momento en el que el proceso de transformación se realiza durante un periodo de tiempo concreto y siempre de manera continua. Algunos ejemplos son las industrias de la energía o química.
- Operación discreta: Es aquella que se lleva a cabo para crear un solo producto a la vez. Normalmente el producto es de gran dimensión, como puede ser un vehículo o un avión y se realizan varios procesos de transformación, en un mismo lugar.
- Operación por lotes (Batch): Este proceso se lleva a cabo a través de una secuencia claramente definida. Lo que hace es mezclar materia prima y posteriormente transformarla con unas condiciones específicas. Se sacan los productos en lotes y luego, se extraen de manera individual. Algunos ejemplos son la industria farmacéutica, lácteos, bebidas, etc.

2.2.3. Físico

Todos los procesos se clasifican físicamente según estén localizados o distribuidos. Algunos ejemplos son:

- Localizado: Plantas de proceso, fábricas, subestaciones eléctricas, estaciones de bombeo, etc.
- Distribuido: Distribución de agua, energía y gas, etc.

2.3. Control y Automatización

Control y Automatización (C& A) es un bloque del pilar de mantenimiento dentro del sistema de Gestión de AB-Inbev. El bloque C&A describe las tendencias actuales y actividades de mantenimiento que se requieren dentro de planta para que las áreas de producción funcionen bajo un control automático fiable y sus datos estén listos para su obtención en cualquier momento.

El bloque de de C&A se centra en múltiples aspectos de automatización que influyen en el éxito del mantenimiento (AB-Inbev, 2023). La figura 2.1 muestra la estructura del sistema de Control y automatización para la industria. Esto es fundamental que funcione según lo diseñado, proporcione una interfaz fácil de usar entre el operador y el equipo, registre los datos, genere reportes a partir de los datos, haga que los datos estén disponibles para la gestión a nivel zonal de cada país y garantice la capacidad de control del proceso y las condiciones de seguridad.

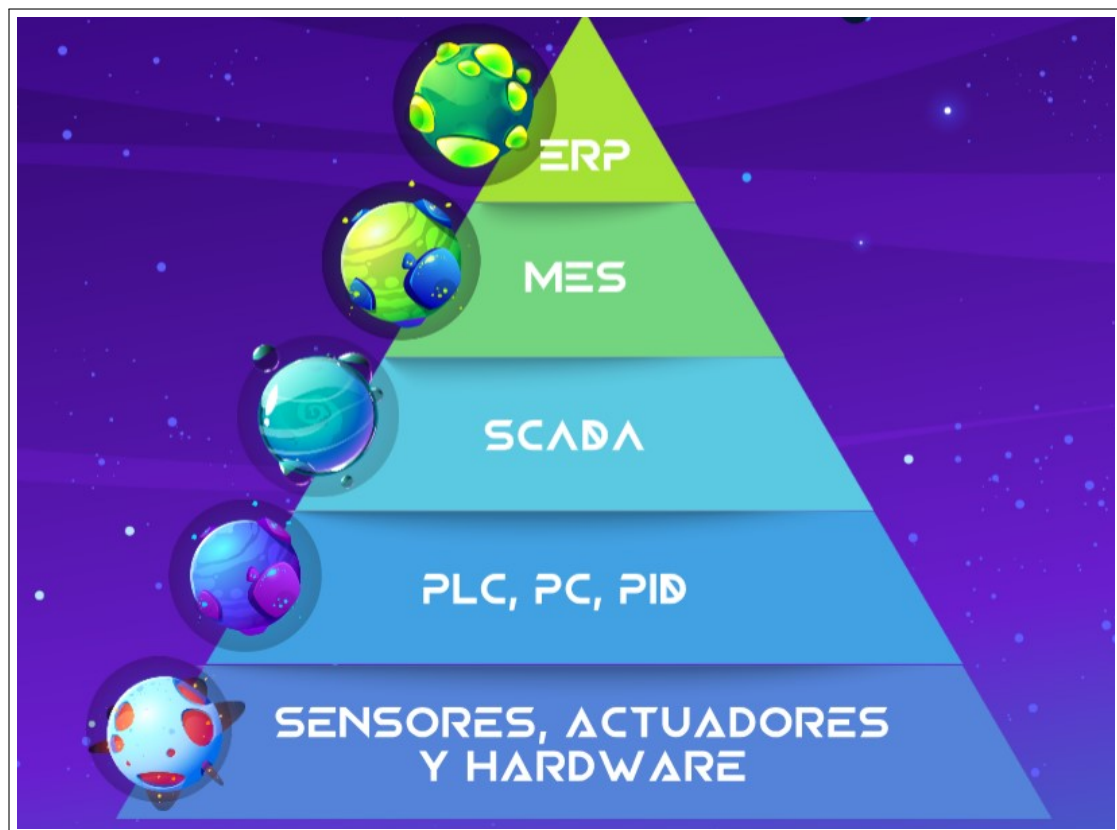


Figura 2.1: Estructura de Control y automatización - ABI (AB-Inbev, 2023)

2.3.1. Estructura de la pirámide de control y automatización

A continuación se detallan los niveles de la estructura del sistema C&A de AB-inbev:

- **Sensores, Actuadores y Hardware:** Este bloque corresponde a todo el

equipo instalado en el piso de planta para la producción, el cual controla, cuantifica y monitorea los procesos de producción.

- **PLC, PC, PID:** Este bloque corresponde al equipo que controla, visualiza y automatiza de formas básicas y avanzadas los procesos de producción.
- **SCADA:** En este bloque se realiza la representación gráfica del proceso a través de una interfaz proceso/operario que facilita la interacción y supervisión en tiempo real y análisis de datos con un histórico de datos.
- **MES:** Controla y supervisa la producción total de una planta; además brinda información estratégica extraída directamente del proceso productivo en tiempo real, asegurando la confiabilidad de los datos y mejora en la toma de decisiones.
- **ERP:** Este bloque muestra el sistema empresarial que monitorea los recursos de la organización para su planificación estratégica.

2.4. Braumat - Siemens

El sistema de control y automatización de procesos para tipo batch desarrollado por Siemens AG, es conocido como Sistar pero en el mundo cervecero y la industria cervecera se denomina Braumat. Este sistema de control integra software y hardware para supervisar y controlar todos los aspectos de la producción, garantizando la eficiencia y la calidad en la producción de cerveza y otras bebidas (Siemens, 2023).

2.4.1. Características técnicas principales

1. **Automatización integral:** Braumat está diseñado para el control y automatización del proceso integral de producción de cerveza, desde la molienda de granos y la fermentación hasta el envasado. Controla parámetros críticos como la temperatura, la presión, el nivel y el flujo de líquidos para mantener un proceso de producción estable y eficiente.
2. **Interfaz de usuario intuitiva e ininterrumpida:** El sistema proporciona una interfaz de usuario amigable que permite a los operadores supervisar y controlar los procesos de producción de manera eficiente. La operación no se verá interrumpida por el desarrollador o cambios en la ingeniería por la opción de multipunto cliente-servidor. La información en tiempo real se presenta de manera clara y se pueden realizar ajustes en marcha si fuera necesario.
3. **Integración de equipos:** Braumat se integra con todos los equipos y dispositivos industriales como fermentadores, tanques de almacenamiento, bombas, válvulas y sensores. La integración va a nivel de Controladores para realizar el control integral.
4. **Registro de datos en tiempo real y trazabilidad:** El sistema registra los datos en tiempo real de todo el proceso de producción y los almacena

según el lote de producción, esto permite que la trazabilidad del producto esté asegurada.

5. **Gestión de recetas:** Las recetas contienen las especificaciones necesarias para realizar una tarea, procesado por el secuenciador de una unidad, la ejecución del control de receta es descargada en el PLC y divide en procedimientos de receta para cada unidad. Esto ayuda a gestionar las marcas y tipos de cerveza. Los operadores tienen la facilidad de seleccionar y ajustar los parámetros, monitorear el tiempo de duración de la receta y funciones especiales como eliminar e insertar partes enteras de recetas pre-establecidas.
6. **Seguridad y gestión de unidades:** Braumat incorpora medidas de seguridad y está diseñado para evitar que los diferentes lotes no se crucen. Esto asegura la seguridad y calidad del producto final.
7. **Bloques del sistema:** El sistema contiene bloques parametrizables, por lo que cada bloque está relacionado con una función específica de proceso como por ejemplo las salidas y entradas analógicas, secuenciador de unidad, control PID, los accionamientos digitales y entre otros.
8. **Funciones de diagnóstico:** Para localizar de forma rápida las fallas del sistema braumat contiene rutinas de estados de los módulos de control, interlocks, simulación de los estados de los actuadores, estado de las secuencias de cada unidad (Cadenas) y herramientas de monitoreo del PLC.
9. **Mensajes y Alarmas:** Todas las operaciones, perturbaciones y también interacciones manuales del proceso automático son registrados. Desde el inicio al final de la producción son mostrados en el sistema scada y grabados en el servidor Braumat y SQL

2.4.2. Estructura

2.4.2.1. Arquitectura del hardware

Braumat está diseñado para lograr una gestión de planta **ERP**, por tal debe contar con una arquitectura sólida basada en sistemas Sistema de Control Distribuido (**DCS**) y pueda soportar al sistema Manufacturing Execution System (**MES**) que obtendrá los parámetros de procesos y la información de producción en tiempo real, con el objetivo de mejorar la toma de decisiones en los diversos departamentos como mantenimiento, calidad y producción (**Siemens, 2023**). La arquitectura está compuesta por los siguientes equipos:

- **Servidores OS:** Los sistemas OS se utilizan para la visualización, control de secuencias y el registro de datos en el sistema de control de procesos ya sea como servidores o clientes. Estos se basan en componentes estándar del sistema windows server de 64 bits con dos tarjetas de red. Los cuales son compatibles con toda la gama de software de sistemas BRAUMAT.
- **Servidores SQL:** El servidor basado en windows server soporta al SQL server mediante un adaptador de siemens llamado Sistar Adapter, que permite el registro de los datos por parte de los servidores, almacenando en la misma estructura de tablas que tiene los servidores redundantes.

- Unidad de control de proceso:** Para el nivel de control de procesos de la planta se utilizan PCU (unidades de control de procesos), que son dispositivos de automatización del tipo SIMATIC S7-400 con todos los módulos de programa tecnológicos. Ellos son los encargados de realizar las tareas de control, seguimiento de la ejecución del proceso, así como de medición y procesamiento.

La arquitectura de red estará formada por tres redes independientes tal como se muestra en la figura 2.2, esto permite diferenciar la red de control entre PLCs, la red de comunicación entre servidores y la red de comunicación de las estaciones de control .

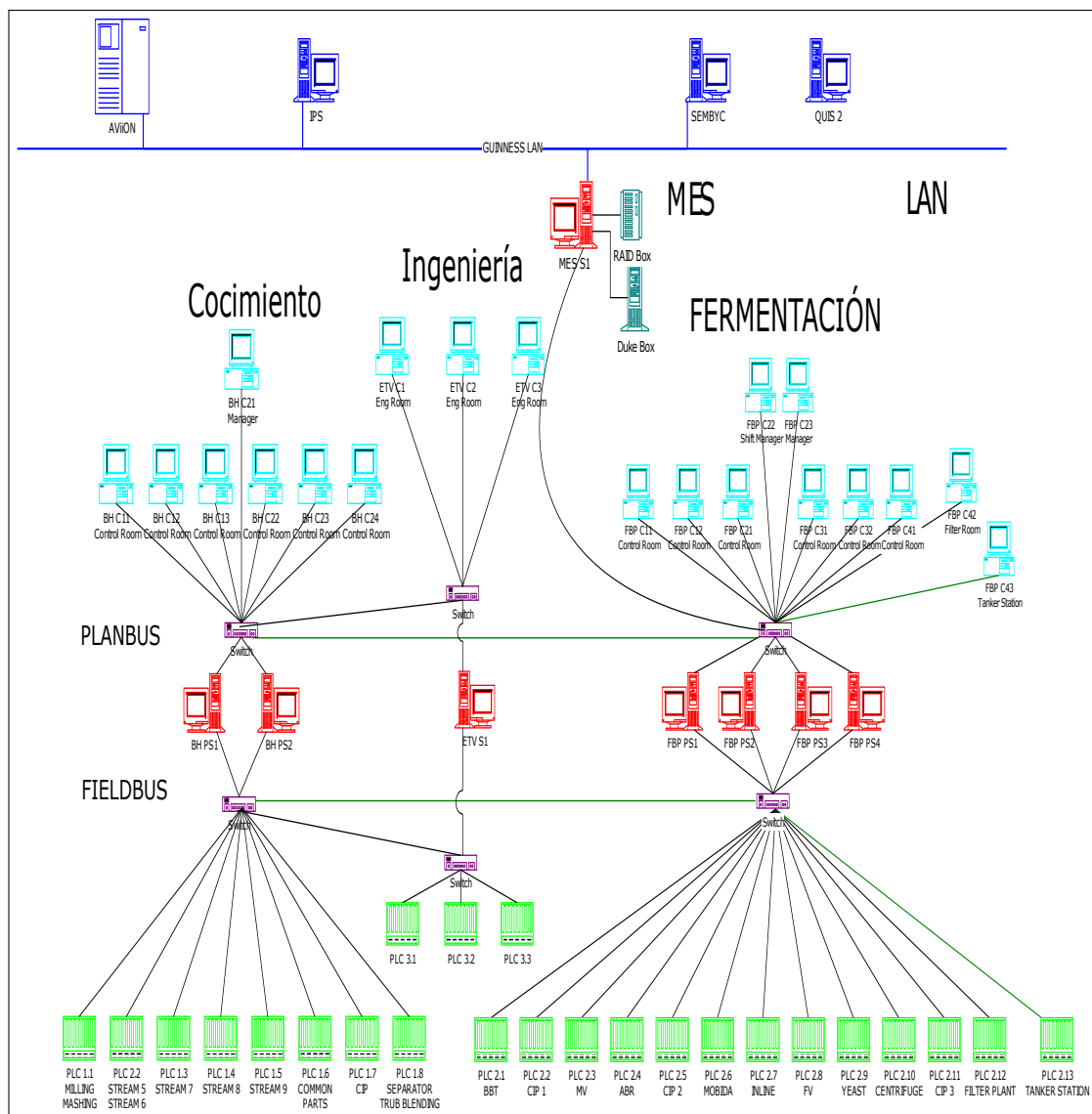


Figura 2.2: Arquitectura del hardware y redes del sistema Braumat (Vermehren, 2016).

El direccionamiento se basa en la tecnología IPV4 de 8, 16 y 24 bits como redes de clases A, B y C respectivamente. Una subred de clase C(/24) sólo puede acomodar hasta 254 hosts en 2097152 redes, una subred de clase B(/16) puede

dar soporte a 65632 hosts en 16384 redes y una clase C(/8) puede dar soporte a 1677212 hosts con 128 redes. Según sea la configuración de la planta Braumat se acomoda a la configuración de preferencia de la instalación.

2.4.2.2. Estructura del sistema Braumat

El sistema Braumat tiene una estructura modular dividida en áreas, unidades y objetos tecnológicos. Esto ayuda a gestionar diferentes tipos de cervecerías desde las más pequeñas hasta las más grandes con conexión a los PLC's de forma modular. Cada unidad está compuesta de una lógica secuencial de pasos llamados también cadenas y estas por parámetros o consignas de proceso que deben controlar en cada paso.

Proceso batch: Un proceso batch se lleva a cabo por uno o varios pasos, estos pasos pueden correr de forma secuencial o simultánea. Un paso es parte del proceso que se ejecuta de forma independiente de otros pasos que fueron creados de acuerdo a los procesos independientes de la elaboración de cerveza. Por ejemplo otros procesos podrían ser molienda, maceración, filtración, calentamiento, etc.

Organización: El modelo físico consta de 7 niveles, en la cabecera se encuentra la organización como tal, un área y un sitio. Los niveles inferiores estarán relacionados a estos niveles superiores. Por tanto una organización contará con una o más áreas geográficas, cada área geográfica se denominará sitio y este a su vez tendrá células de proceso, unidades, equipos técnicos y unidades de control. Esto ayuda al proceso tipo batch para almacenar los datos de forma ordenada de cada unidad y los valores de sus parámetros.

- **Nivel empresarial:** Este nivel es la cabecera de la empresa y consta de todas las áreas que incluye sitios geográficos de la empresa y todos sus procesos.
- **Nivel del sitio:** Un sitio es una clasificación estructural, geográfica o lógica de una empresa. La clasificación de una fábrica está relacionada con criterios organizativos y empresariales.
- **Área:** Es un grupo lógico relacionada a un conjunto de procesos que van relacionados con la transformación de la materia prima.
- **Celda de Proceso:** Lo conforman todas las unidades, equipos técnicos y unidades de control para producir un batch, es decir solo una línea. Para producir un lote o batch no necesariamente utiliza todas las unidades mientras que varios productos o recetas pueden utilizar la línea simultáneamente.
- **Unidad:** Una unidad consta de equipos y unidad de control único con recursos que son utilizados un tiempo en específico para realizar tareas específicas en un tiempo determinado. La unidad es capaz de ejecutar actividades de procesamientos más grandes conectando con otras unidades de forma sincronizada, en paralelo o escalonada. La unidad ejecuta acciones individuales dentro de un equipo técnico.

- **Equipo técnico:** El equipo técnico ejecuta actividades de procesamiento específicas y más pequeñas, por ejemplo, escalado o dosificación. Él Contiene los equipos de control y procedimiento necesarios para la ejecución del objetivo de la unidad. Se encuentra como parte del equipo de procesamiento, por ejemplo sería un filtro y su control bastaría que se ejecute en un paso.
- **Unidad de Control:** Es el grupo que conforman los sensores, elementos de control, módulos de control y diferentes tipos de accionamientos.

Modelo multilínea: Este modelo consta de unidades que pueden trabajar en paralelo acomodando su estructura a varias líneas de producción. Lo cuál da flexibilidad para operar líneas en paralelo sin tener el riesgo de que los batch de producción se puedan mezclar.

El modelo multilínea da opción a tener bastante flexibilidad y armar línea de transporte producto de forma matricial mediante el control de rutas para llenar tanques de fermentación, dosificación de levadura, llenado de tanques de mosto, etc.

Capítulo 3

Topología de la red actual de Automatización y componetes

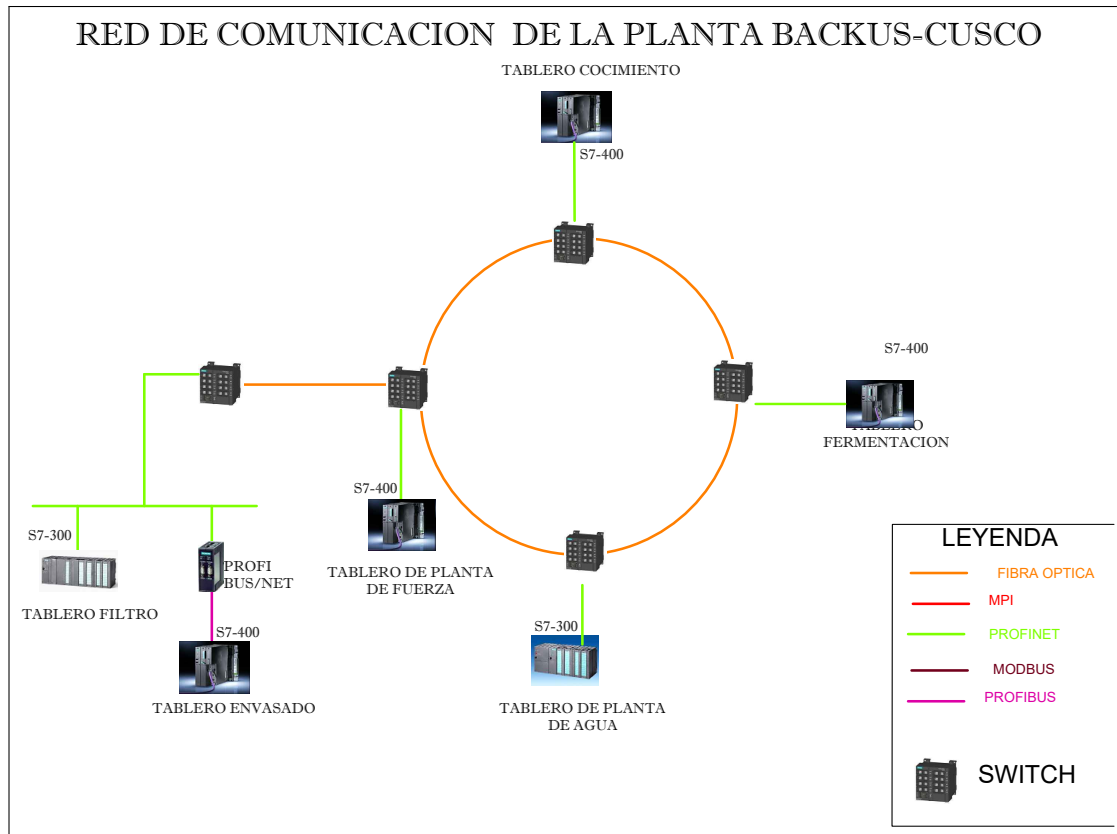
3.1. Introducción

En el presente capitulo se va a describir como está configurado la red de automatización dentro del área de elaboración de la planta Cusco. En cocimiento se tiene tienen redes de MPI, profibus DP y profinet para la conexión con el área de fermentación, por otra parte el área de filtración se encuentra en red con las áreas de envasado e ingeniería. A continuación se mostrará los detalles de cada una de las redes y componentes para elaborar la nueva red de automatización preparado para el sistema de control y supervisión Braumat.

3.2. Topología de red del área de elaboración

En la planta Cusco la configuración de la red es de tipo anillo, la cual es una topología de conexión física que permite conectar un dispositivo en una misma red con dos medios físicos redundantes para evitar pérdida de datos o de control. En base a esta configuración, en la figura [3.1](#) se muestra físicamente la conexión mediante fibra optica y en cada punto de conexión existen convertidores de fibra optica a cable de cobre de par trenzado, la red está interconectada con la tecnología LAN(Local Area Network) que permite velocidades de intercambio de datos de hasta 100Mps, además de la organización de la red IPV4 clase B.

De la figura [3.1](#) Se puede apreciar que los puntos de interconexión se dan mediante switches, la red está acoplada a un switch scalance de la marca Siemens, los cuales tienen 2 puertos opticos y 8 puertos RJ45, éstas a su vez están distribuidas en cada ubicación física como departamento; por lo tanto se contará con un switch en la planta de agua ubicada en el extremo norte de la planta, en la parte noreste se tiene un switch perteneciente a cocimiento, en el oeste se tiene



al área de fermentación y con un switch adicional en el área de planta de fuerza anexada con el área de envasado y filtración. El proceso que se desea migrar es todo el control del proceso de elaboración al cual corresponden las sub-áreas de cocimiento, fermentación y filtración. En el cuadro 3.1 muestra la distribución de las redes y sub-redes para la asignación de direcciones IP dentro de cada área física.

Cuadro 3.1: Distribución de la red planta Cusco

PLC/Área	Dirección	Máscara
Cocimiento	172.16.3.XX	255.255.0.0
Filtración	172.16.4.XX	255.255.0.0
Fermentación	172.16.5.XX	255.255.0.0
Envasado	172.16.6.XX	255.255.0.0
Utilities	172.16.7.XX	255.255.0.0

Con esta distribución física de la topología de red y planificación de sub-redes se asegura la conexión y transmisión de datos con redundancia de la red de control de la planta Cusco. Esta distribución de red es un paso previo a la implementación del sistema de control y supervisión Braumat.

3.3. Área de Cocimiento

El área de cocimiento controla el proceso desde el transporte granos hasta el enfriamiento de mosto, dentro de los subprocesos existen controladores que van desde los S7-200, S7-300 y un PLC S7-400, estos controladores se encuentran enlazados por una red MPI, profibus o profinet según ha ido creciendo la planta y cada una de ellas enlazadas al sistema de control del operador WINCC Flexible. En la gráfica 3.2 se podrá apreciar la distribución actual del área de cocimiento, resaltando las tecnologías existentes antes de la migración.

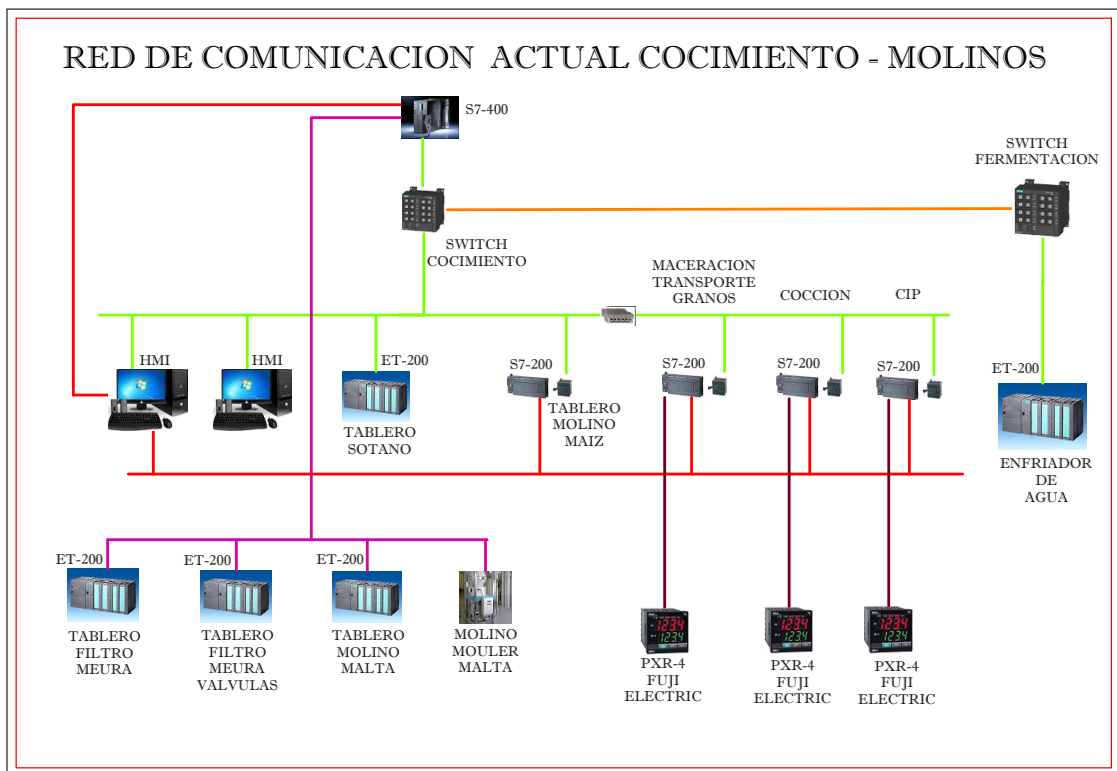


Figura 3.2: Arquitectura de la red planta Cusco.

Como se podrá observar en la figura 3.2 existen PLCs que no son compatibles con la estructura que se ha mencionado en el capítulo 2. Lo cual lleva a reemplazar los PLCs S7-200 que se encuentran discontinuados por periféricas distribuidas ET-200 de la marca Siemens. Con esta modificación en la figura 3.3 se muestra la red con dispositivos vigentes y el PLC S7-300 para el control del transporte de granos, el aireador y la centrifuga, este último no entra dentro de los bloques tecnológicos del sistema Braumat pero se va a tratar como un equipo de control remoto.

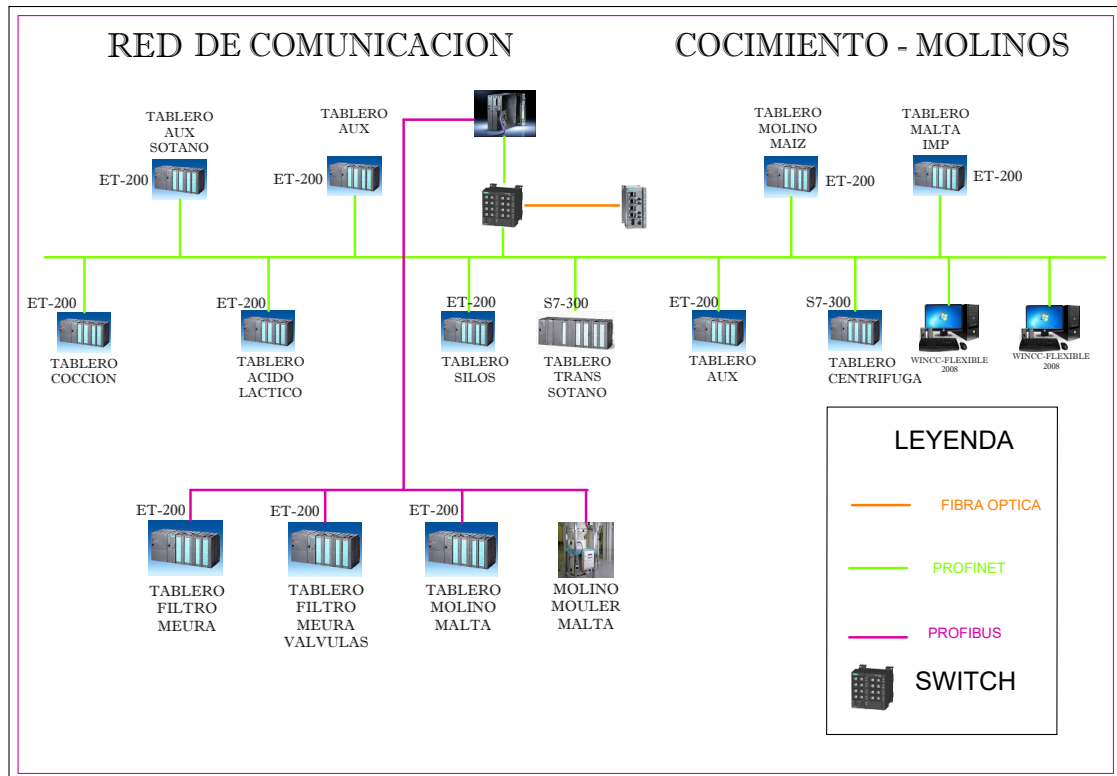


Figura 3.3: Arquitectura vigente de la red planta Cusco.

3.3.1. Transporte de granos

La función de esta parte del proceso es trasladar los granos como son la malta, maíz y trigo mateado a los silos diarios, además de pesar el material trasladado para temas de inventarios. El sistema está ubicado a 200 metros de la estación de control y está conectado al PLC S7-400 mediante una ET-200 con los siguientes elementos: 4 Transportadores que se ubican en cada túnel debajo de los 16 silos grandes de capacidad de 15 toneladas, 1 transportador colector de cada túnel, 1 elevador de granos al costado del edificio de silos grandes, 1 elevador del silo de maltas especiales, 3 transportadores que llevan los granos al edificio de molienda, 1 elevador en el edificio de molienda y un transportador que alimenta a los 5 silos diarios; los transportadores cuentan además de extractores de polvo.

En cuanto a sensores se tiene un total de 16 sensores de temperatura en las chumaceras que cumplen la función de interlock de los transportadores, cuenta con 8 sensores de alineamiento en los elevadores, 3 contadores de Revoluciones por Minuto (**RPM**) en cada elevador y 15 sensores de nivel 3 cada silo diario.

La lógica de control se resume a iniciar el proceso de traslado de un silo grande de origen a un silo diario hasta que llegue al sensor de nivel alto del silo diario, y ante la activación de algún sensor de seguridad deberá parar de inmediato.

3.3.2. Molienda de adjuntos

En esta parte del proceso se obtiene la harina de adjuntos que por lo general se utiliza el maíz como adjunto de la cerveza. Este sistema cuenta con una tolva alimentadora con dos sensores de nivel uno alto y bajo respectivamente que serán los permisibles para el inicio de molienda, previo al ingreso del molino cuenta con una balanza de granos que dosificará la cantidad deseada a la tolva alimentadora del molino, esta tolva es de menor capacidad y tiene dos sensores de nivel inferior y nivel superior. El sensor de nivel superior detiene a la balanza para que no dosifique por demás el maíz y el sensor inferior es el permisible para iniciar la molienda. El molino del tipo martillos es accionado por un motor de 75 Kw a 380 VAC, el control de flujo se da por lazo cerrado por una tarjeta de control electrónica que dosifica el grano al interior del molino según la corriente instantánea del motor, la apertura de la compuerta de ingreso es inversamente proporcional a la corriente de consumo del motor principal, manteniendo un consigna programable de porcentaje de la capacidad del molino. Otros elementos que contiene el molino son seguridades de las compuertas y sensores de flujo de aspiración de polvo.

La harina obtenida del molino se va a transportar mediante tuberías aspiradas por un ciclón de polvillo, este ciclón consta de mangas separadoras de polvo y martillos de aire para evacuar el polvillo acumulado, ventilador y una exclusiva que retira la harina de maíz y lo deposita en la tolva de adjuntos.

El proceso de molienda culmina al completar el peso que ha definido como consigna en la balanza dando un tiempo adicional de trabajo del molino para que pueda vaciar la línea. Todos los sensores y actuadores están conectadas al PLC S7-400 mediante una periferia distribuida ET-200.

3.3.3. Molienda de malta

Este proceso parte del proceso de cocimiento inicia por la dosificación de diferentes tipos de granos de malta al molino de malta, consta de 5 silos diarios los cuales tienen válvulas tipo cuchilla a la salida de cada uno, sensores de nivel de indicación y permisibles para iniciar la molienda.

Este Proceso consta de una línea de tratamiento del grano antes de moler la malta, primero está el elevador de granos que lleva la malta hasta lo mas alto y cae a una maquina llama despiedradora la cual consta de dos moto-vibradoras que hacen que el grano pase por un tamiz separando las piedras que puedan existir en los granos, luego el grano pasa por una clasificadora que separa los elementos que no tienen peso como cascaras y polvillo suspendido mediante un ciclón de polvillo similar al molino de maíz. Seguidamente los granos son recepcionados por otro elevador que llevará los granos a la balanza y pesará hasta la cantidad deseada,

esta balanza es controlada mediante protocolo profibus.

La descarga de la balanza lo hace en una pequeña tolva previo a la molino de Malta, el cual es un molino de martillos accionado por un motor de 75 KW por 380 VAC, este molino trabaja a plena carga que son 3TN por hora, por tanto no cuenta con un sistema de dosificación controlada por la corriente del motor. La harina de malta es retirada del molino por un aspirador de polvo anexo al mismo molino y lo deposita sobre un transportador de tipo sinfin que llevará a las tolvas de malta y adjuntos según sea direccionada la compuerta de descarga.

Las tolvas de harina cuentan con dos distribuidores de carga en la parte superior que debe entrar en funcionamiento al tener el 25 % de su capacidad.

3.3.4. Maceración de adjuntos

En el proceso de maceración de adjuntos se forma el perfil de cada cerveza por tanto el control del proceso es crítico, la maceración de adjuntos se da en una paila la cual está equipada con un agitador de dos hélices y chaquetas de vapor para calentar.

El sistema empieza con una mezcla de agua caliente y fría manteniendo un flujo y temperatura de referencia, junto a ello cae la harina de adjuntos de las tolvas de almacenamiento, una vez completada la carga de harina de adjuntos y agua empieza a calentar y agitar la mezcla por un tiempo determinado y a diferentes temperaturas, los controles de temperatura y flujo se dan por control PID, por tanto se tendrán en esta etapa 3 controles de tipo PID. En esta etapa la mezcla permanecerá un tiempo determinado a diferentes temperaturas, para luego ser transferida a la paila de maceración. Los parámetros de temperaturas y tiempos de permanencia se modifican para cada tipo de cerveza.

3.3.5. Maceración

En este proceso se ha de juntar el adjunto con la harina de malta, para lo cual este proceso inicia con la mezcla de agua caliente y fría manteniendo un flujo y temperatura constante; junto con ello cae la harina de malta de la tolva de malta y una vez terminada la dosificación de toda la malta con la cantidad de agua deseada, inicia el proceso de maceración con el control ascendente de temperatura. La paila cuenta con una chaqueta de vapor, para que la mezcla tenga una temperatura deseada según perfil de cerveza. Este sistema también contará con 3 controles del tipo PID para el control de flujo, temperatura de agua y temperatura de maceración.

Una vez cumplido el tiempo de permanencia en la temperatura deseada, la mezcla del adjunto es depositada en esta misma paila, el agitador unirá ambas mezclas y formará una sola mezcla.

Esta mezcla aún debe permanecer en temperaturas escalonadas a tiempos distintos según perfil de cerveza. Una vez cumplido los descansos en temperaturas deseadas termina la etapa de maceración y es enviada a la etapa de filtración. El filtro de mosto inicia una vez que la maceración termina el ultimo descanso en la temperatura más alta y el producto obtenido al final de la maceración se denomina mosto si filtrar.

3.3.6. Filtro Meura

La filtración de mosto se da en el filtro de placas de la marca meura, la filtración por placas se dan por presión mecánica en un lado de aire y del otro la mezcla que son trasegados de la paila de maceración. El funcionamiento inicia al momento de llenar las 60 placas de una capacidad de 600 litros de cada placa, toda la masa es trasegada mediante la bomba centrifuga que sale de la paila de maceración, a un flujo inicial constante y una vez llenado el filtro continua el llenado a una presión constante para mantener una masa uniforme dentro e cada placa, luego la masa de mosto se presiona con la placa adyacente pero de tipo membrana lleno de aire, la cual se infla y mantiene una presión constante, con esto se logra separar el afrecho del mosto.

Luego de este proceso se inunda las placas con agua para extraer todo el extracto que ha quedado en el afrecho, el agua entra a una presión constante para no formar canales dentro del afrecho y una vez inundada con el agua, se volverá a presionar con aire, para lavar todo el afrecho y obtener mayor cantidad de mosto. En este proceso se tiene dos controles PID uno para el control de flujo de ingreso de mosto sin filtrar y otro PID para control de temperatura de agua de ingreso. Parar el control de presión de aire es por un control proporcional.

Al momento de pasar por el filtro de placas, se obtiene el mosto filtrado y se almacena en tanques de reserva hasta cumplir todo el proceso de filtrado, una vez terminado el proceso el afrecho que ha quedado dentro de las placas es evacuado mediante la apertura de las 60 placas y por gravedad caen sobre una tolva de afrecho.

3.3.7. Paila de cocción

En el tanque de reserva se van a depositar una parte del mosto filtrado y otra parte en el tanque fraccionado, con una proporción de 70-30 respectivamente.

El mosto que está en el tanque de reserva será enviado a la Paila de cocción mediante una bomba de trasiego de tipo centrifuga, los actuadores y sensores están conectados mediante 2 módulos de periferia distribuida ET-200M.

La paila de cocción cuenta con un sistema de recirculación impulsada por una bomba de 30 Kw y calienta el mosto mediante un intercambiador de calor externo para llegar a la temperatura de ebullición presurizada a 285 Mbar para alcanzar temperaturas superiores a 88 grados por la ubicación geográfica de la ciudad del Cusco.

El mosto será trasegado a la paila de cocción y cuando alcance el nivel del sensor superior del intercambiador externo empezará a recircular con el objetivo de calentar mientras está trasegando, una vez terminado el trasiego y alcanzado una temperatura de 88 grados, la paila se ha de cerrar para presurizar y alcanzar la temperatura de los 100 grados donde permanecerá por un tiempo determinado en el protocolo de paso según el tipo de marca. El sistema contará con el control de temperatura mediante 2 PID en disposición serie y el control de presión por un PID que acciona una válvula de tipo aguja que liberará la presión.

Durante el tiempo de hervido se adicionará el lúpulo según el tipo de cerveza mediante una bomba y vasos comunicantes desde 4 tanques donde se dosifica el lúpulo en forma manual.

3.3.8. Whirpool

Esta etapa del proceso consiste en la separación de sólidos del mosto hervido, se trasiega de la paila de cocción al tanque whirlpool por un tubería que ingresa de forma tangencial por la parte central, de forma que el mosto forme un movimiento circular y la fuerza centrípeta arrastre los sólidos a la parte central, así separar la mayoría de sólidos. Este recipiente cuenta con switches de nivel a diferentes alturas junto con ellos 3 tuberías que salen del recipiente desde la base hasta las 3/4 partes del mismo. Esto con el objetivo de retirar luego el líquido y dejar los sólidos en la base del recipiente.

El tablero de control se encuentra anexo a este recipiente y cuenta con una ET-200 y sus módulos de entradas y salidas analógicas y digitales.

3.3.9. Centrifuga

Para garantizar la separación de sólidos, se tiene un separador centrifugo de la marca Alfa Laval, el sistema de control es independiente con un PLC S7-300 conectada al sistema mediante profibus, esta máquina consta de un motor principal que transmite una velocidad de 3700 RPM a unos 60 platos giratorios que están en disposición vertical conectados por un eje y separados 0.5 milímetros.

El mosto pasa por este separador centrifugo y elimina los restos de sólidos aún presentes en el mosto, a este sub-producto se le denomina trub y es evacuada mediante una bomba peristaltica hasta la tolva de afrecho.

3.3.10. Enfriamiento de mosto

Esta es la última etapa del proceso de cocimiento, una vez que se tiene la totalidad del mosto dentro del recipiente del whirpool éste pasa por la centrifuga e inmediatamente es llevada por una bomba centrifuga a un intercambiador de calor de tipo placas.

El intercambiador de calor utiliza agua helada para poder enfriar el mosto, el agua helada proveniente de un tanque está a 2.8°C y el mosto alrededor de los 80°C, ambos fluidos están en contra flujo y existe dos controles PID uno para el control del flujo del mosto para no producir perturbaciones el control PID de temperatura del mosto. En el control de flujo de mosto la variable manipulada en la velocidad de la bomba de trasiego de mosto y en el control de temperatura la variable manipulada es la válvula moduladora de agua helada. Con esto se logra menor perturbación en el control de temperatura, antes de ingresar el mosto a fermentación es aireado con un equipo que cuenta con un PLC S7 300 que tiene un lazo cerrado de control de aire por PID teniendo el flujo másico como variable controlada.

El tablero de control del enfriador de placas está equipada con una ET-200M, con sus respectivos módulos que comunica al PLC central y a los 2 PLC S7-300.

3.4. Área de Fermentación

El área de fermentación se encuentra dentro del anillo de red de la planta, cuenta con un PLC S7-400 el cual controla todo el proceso de fermentación, maduración y tratamiento de levadura. En la figura [3.4](#) se muestra la disposición de los tableros descentralizados por módulos ET-200M, el protocolo de comunicación en esta área se da por profinet para la conexión de tableros y el control de variadores de velocidad por profibus. Respecto al interfaz de maquina hombre cuenta con dos estaciones de trabajo en la plataforma WINCC 2008 de siemens y touch panel para el control de la limpieza de tanques.

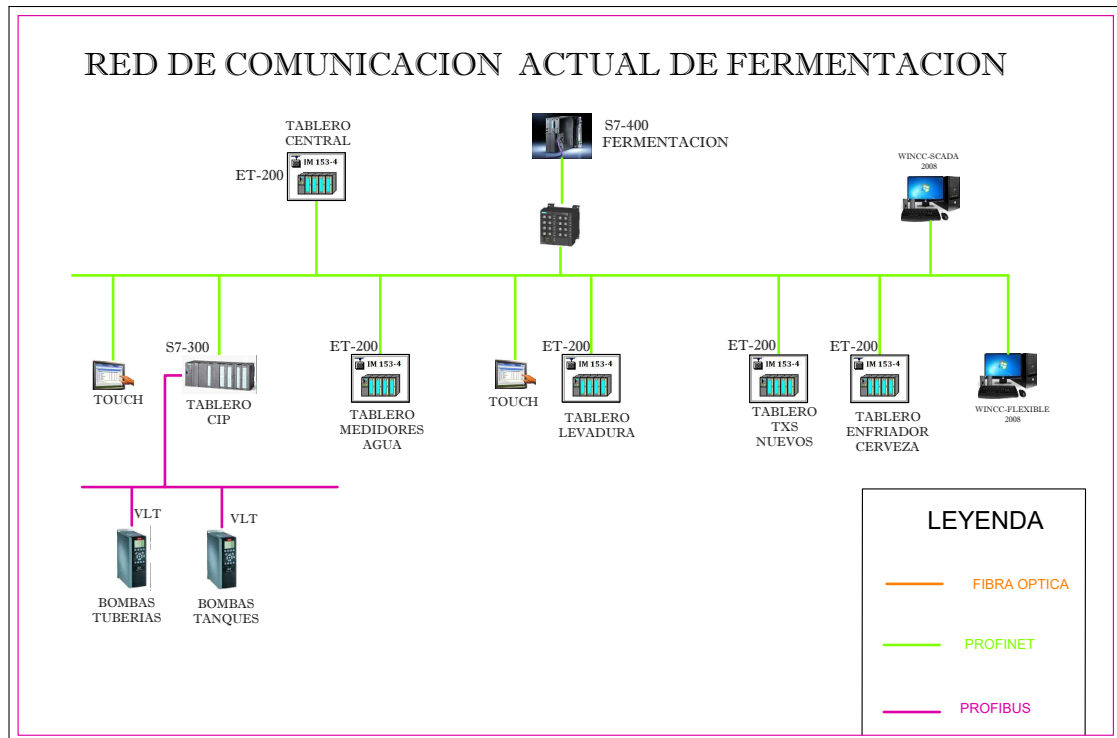


Figura 3.4: Arquitectura de la red de automatización fermentación

3.4.1. Tanques fermentadores

En la planta Cusco se tiene un total de 14 tanques fermentadores, agrupados en dos grupos un grupo de 1800 Hl y otro de 2400 Hl, el primer grupo lo conforman 16 tanques y el es segundo 8 tanques. El uso de estos tanques puede ser inclusive de hasta 5 días dependiendo del tipo de cerveza que se está elaborando, para llenar un tanque se requiere de más de un batch o lote de cocimiento que son un promedio de 300 Hl, por tanto para llenar los tanques se necesitará de 6 a 8 cocimientos los cuales son llenados con mosto frío y levadura por tanto a la salida del enfriador de mosto se tiene una red de tuberías que por una disposición de codos de tubería se llena cada tanque. Estos tanques cuentan con 4 cámaras para que circule amoníaco para la refrigeración, una en la parte del cono del tanque, otra en la chaqueta inferior, otra en la chaqueta intermedia y una ultima en la chaqueta superior; cada chaqueta tiene un sensor de temperatura de tipo PT100. Finalmente todo el tanque se encuentra aislado para que pueda conservar la temperatura además de contar con sensores de presión diferencial para el cálculo de volumen. Para el control de ingreso de amoníaco cuenta con una batería de 6 electro-válvulas que se accionaran cuando se necesite bajar la temperatura del mosto.

Para la descentralizar el tablero principal se cuenta con dos periferias distri-

buidas ET-200M en donde llegan las señales de los PT100 y los acopladores para el control de las electro-válvulas.

3.4.2. Enfriador de cerveza verde

El enfriador de cerveza verde es un intercambiador de placas, en el cual en un lado del intercambiador va la cerveza verde de los tanques de fermentación y en la otra parte irá el amoniaco a baja presión que permitirá bajar la temperatura desde los 5°C hasta los -2.5°C. Este equipo cuenta con una bomba que extrae la cerveza verde de los tanques fermentadores y hace pasar la cerveza verde por el intercambiador con destino a los tanques maduradores, la válvula moduladora ubicada en el lado de amoniaco controla la presión de succión dentro del intercambiador y electro-válvulas que suministran amoniaco líquido.

En este equipo se tiene un control PID para el control de flujo donde la variable manipulada es la velocidad de la bomba de trasiego, dos PID's acomodados en disposición de cascada para el control de temperatura quien determina la consigna de presión que deberá controlar la válvula moduladora de amoniaco gas. El tablero de control se encuentra junto al equipo y conectada al sistema central mediante una ET-200M, para el control cuenta con los sensores necesarios: dos sensores de temperatura de ingreso y salida de cerveza verde, dos sensores de presión para amoniaco dentro del intercambiador y otra que realiza el control de la presión de succión.

Junto con el trasiego se debe adicionar sílica gel, para este proceso se cuenta con un tanque con un sistema de agitación y una bomba dosificadora el cual según el volumen del tanque fermentador dosifica durante todo el enfriamiento de cerveza verde, el tablero de control se encuentra junto a los tanque maduradores conectado al sistema mediante una ET-200M al sistema de control central de fermentación.

3.4.3. Tanques de maduración

Los tanques de maduración a diferencia de los tanques fermentadores se encuentran en bodegas agrupados de dos en dos, se tienen 16 tanques maduradores de 1800 Hl de capacidad. Para mantener los -2.5°C de temperatura las bodegas tienen un evaporador de amoniaco los cuales suministran frío mediante dos ventiladores que hacen recircular el aire y por convección mantienen la temperatura

de los tanques maduradores. En total se tienen 8 bodegas , 4 en el primer piso y 4 en el segundo piso. Los principales actuadores que se tienen son 16 ventiladores y 16 electro-válvulas de ingreso y salida del amoníaco para los evaporadores y 8 sensores de temperatura de tipo PT100.

3.4.4. Tanques de levadura

Los tanques de levadura son similares a los tanques de fermentación, porque poseen cámaras de amoníaco para mantener la temperatura, en total se tiene 6 tanques de levadura de 30 HL. Estos tanques almacenan y conservan a la levadura que será dosificada durante en enfriamiento de mosto o separada y almacenada al final de la fermentación. Para lo cual cada tanque cuenta con dos chaquetas un cono y una chaqueta circular; cada tanque cuenta con un sensor de presión y temperatura de tipo PT100.

Para almacenar la levadura en estos tanques, es necesario que pase por un intercambiador de tipo placas con el objetivo de enfriar la levadura de 10°C hasta los 3.5°C. Este intercambiador de placas funciona con amoníaco por tanto contará con una bomba de lóbulos para no dañar la levadura, una válvula moduladora para el control de presión de succión del amoníaco y sensores de temperatura al ingreso y salida de la levadura. El tablero de control se encuentra en la misma sala de control central y se conecta al PLC S7-400 mediante una ET 200M.

3.5. Área de Filtración

Esta área es la más lejana el sistema de control está unido en el anillo de red de fibra óptica al área de elaboración, el control se hace en el PLC-S7 400 de filtración con esto sería el tercer PLC que conforman el sistema de control de la elaboración de cerveza, La filtración tiene 4 equipos principales y son controlados mediante una sola estación de control basada en WinCC Flexible 2008 de Siemens. El primer equipo es el blendeo inicial de la cerveza, luego la etapa de filtración de tierras, luego un filtro PVPP y finalmente el carbonatador, los protocolos de comunicación entre los diversos tableros se tienen en la figura 3.5, el cual se muestra inclusive un PLC-S7 200 que debe ser migrado al control del PLC principal de filtro, el único protocolo de comunicación manejado en este sistema es profinet.

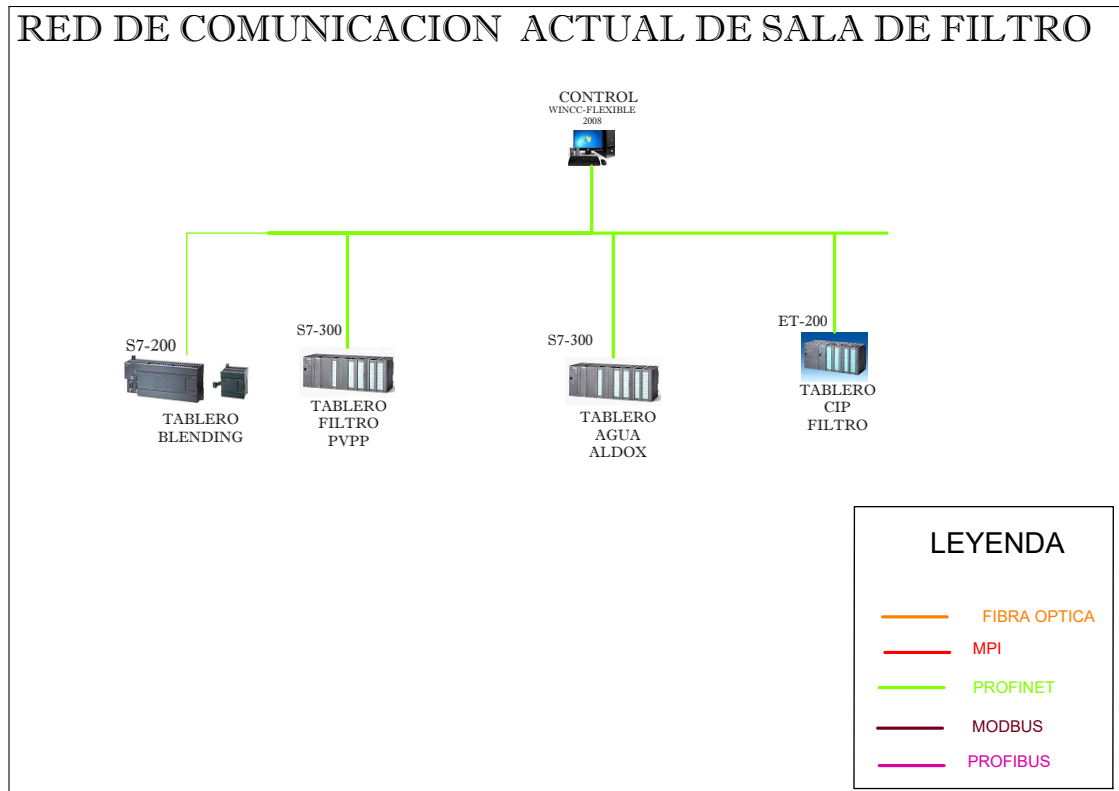


Figura 3.5: Arquitectura de la red de automatización filtración.

3.5.1. Blender de cerveza

La cerveza madura es enviada mediante una bomba centrífuga hasta el área de filtración donde es mezclada, este equipo consta de un generador de agua carbonatada y una red de tuberías para mezclar ambos productos manteniendo un setpoint de extracto o densidad, el sistema tiene dos válvulas moduladoras y dos medidores de flujo, el primer lazo de control que se encuentra es el de flujo con su válvula moduladora como variable manipulada y un segundo control PID que controlará el extracto mediante la válvula que modula el ingreso de agua carbonatada, esta mezcla se junta en un tanque pulmón que asegura un flujo constante de la cerveza sin filtrar.

A la salida del tanque pulmón existe un intercambiador de tipo tubos para mantener la cerveza sin filtrar al rededor de -1°C , el control que se tiene en este controlador es un PID de control de temperatura on/off, es decir la válvula de control tiene solo dos estados abierto o cerrado. todo este sistema de control se encuentra en un tablero junto al mezclador de cerveza conectada por una ET 200M vía profinet.

3.5.2. Filtro de tierras HK

El filtro de tierras es un equipo que va retener los rastros de levadura y sílica que podría tener la cerveza, este equipo dispone de dos elementos principales un tacho de dosificación de tierras diatomeas y un filtro de 30 placas por los cuales pasa la cerveza.

Previo a la filtración de cerveza, este equipo tiene una etapa de pre capa que consiste en insertar una mezcla homogénea de tierra diatomea y agua carbonatada dentro del filtro manteniendo una presión de ingreso constante, una vez lleno de esta mezcla, al filtro ingresa la cerveza. Durante la filtración se adiciona en pequeñas cantidades de tierra diatomea junto con la cerveza para estabilizar el filtro HK. La bomba de suministro mantendrá una presión constante mediante un control PID y a la salida otro control PID que dosificará agua carbonatada para regular el extracto final de la cerveza según perfil que se desea. El tablero de control se encuentra en el tablero principal conectada al sistema mediante una ET-200M vía profinet.

3.5.3. Filtro PVPP

Este equipo es denominado PVPP, debido al tipo de algas que contiene en su interior distribuido uniformemente dentro de unos discos insertados en el tanque de filtro, ayuda a la cerveza a dar un ultimo filtro de modo que retenga partículas microscópicas que podría existir dentro de la cerveza dando un brillo característico de la cerveza industrial, el tanque cuenta con 26 discos y el flujo es suministrado por una bomba de tipo centrifuga que trabajará la misma consigna de flujo de todo el sistema, una vez que la cerveza pase por este filtro se obtendrá la cerveza totalmente filtrada. el sistema de control se encuentra en el tablero central del PLC s7-400. Para la limpieza de este filtro se cuenta con una bomba hidráulica que moverá los discos al interior del tanque de filtrado.

3.5.4. Carbonatador

Este es el último equipo en línea el cual inyecta CO₂ a la cerveza filtrada, este equipo posee unas tuberías en forma de serpentín para la adición y mezcla de CO₂ en la cerveza filtrada, un control PID controlará el ingreso de CO₂ a la cerveza, finalmente esta cerveza filtrada y carbonatada es depositada a tanques horizontales de cerveza terminada. Estos tanques están ubicados en una sola bodega de 8 tanques horizontales, la bodega es enfriada a 5°C para conservar la cerveza hasta que sea enviada a envasado. El control de este sistema está en un tablero junto con el equipo de carbonatador de cerveza.

Capítulo 4

Diseño de la estructura Braumat e Ingeniería de la planta Cusco

4.1. Introducción

En el presente capítulo se desarrolla el diseño de la arquitectura y unidades que se van a tener en todo el área de elaboración. Los componentes principales que se van a mencionar en el capítulo han sido seleccionados según recomendaciones de SIEMENS proveedor de sistema de control braumat. Los detalles de las unidades se encontrarán en el anexo a este informe.

De la misma estructura que se ha descrito los equipos existentes en elaboración se ha desarrollado la estructura de braumat para la planta Cusco, respetando todos los lazos de control y componentes que se han encontrado en el anterior capítulo; se ha determinado 3 áreas Cocimiento, Fermentación y filtración con sus unidades respectivas dentro de una mismo braumat.

4.2. Diseño de la arquitectura BRAUMAT

La estructura y la red instalada como base de automatización se acomoda a la instalación de un solo sistema centralizado de control Braumat, contará con dos servidores principales los cuales estarán en la sala de control de cocimiento como punto medio entre las áreas de fermentación y filtro.

La configuración estará compuesta de dos servidores redundantes los cuales serán el IOS01 y el IOS02, como se muestra en la figura [4.1](#), para la administración y programación se adicionará un servidor ES01 que será la estación de ingeniería, para el registro de datos el sistema contará con un servidor SQL-SERVER donde se registrarán los datos del sistar data, todos estos elementos están comunicados

por una red TCP/IP en la red del terminal bus.

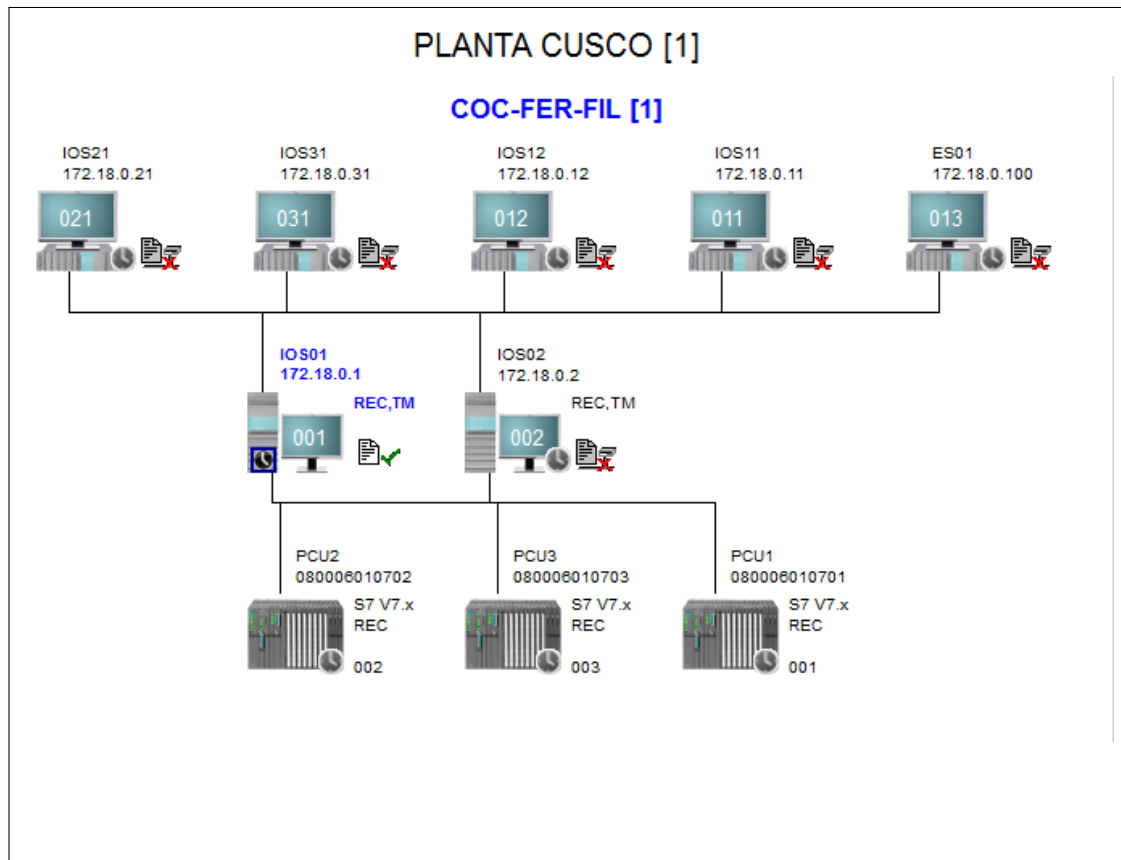


Figura 4.1: Arquitectura Braumat - Cusco.

Los PLC's que van a tener el control centralizado de cada área se van a mantener, por tanto cada área contará con un PLC S7-416 de siemens tanto en cocimiento, fermentación y filtro, la comunicación entre estos PLCs se dará por la red profinet en la mascara de subred definida por la planta y se denominará Fiel bus o bus de campo.

El sistema para la interfaz de maquina hombre se han definido 4 clientes según lineamientos con otras plantas, 2 clientes dedicados al control de procesos de cocimiento, 1 cliente para el control de procesos de fermentación y un cliente para el control de procesos de filtración, esta red es vía TCP/IP y se denominará plan bus o bus de planta. La conexión de swith y medios físicos están descritos en el plano del anexo [A](#), los medios físicos para la conexión de redes, ya se tienen instalados en planta y será necesario montar un tablero con rack para todos los componentes como son los servidores y clientes.

4.3. Diseño de la unidades y recetas de cocimiento

Para el área de cocimiento se ha definido unidades según los procesos funcionales a excepción de la centrifuga y el aireador de mosto que no serán migrados y para el control deben ser tratados como equipos remotos. Las unidades además deben cumplir con la configuración y direccionamiento de entradas y salidas definidas por braumat en cada bloque tecnológico, como son los ICMS para señales digitales y AIN para las entradas analógicas, a continuación se definen las unidades seleccionadas para la migración, con la cantidad de bloques tecnológicos requeridos para su subproceso. La distribución de direcciones de entradas y salidas están definidas en la ficha técnica del sistema Braumat, por tanto será necesario acondicionar cada tablero según muestra la imagen [4.2](#).

		1	PS 407 10A
		3	CPU 416-2 DP
		X2	DP
		X7	MPI/DP
		4	CP 443-1
		5	
Control Modules:	I 64.0 - I 67.7	6	DI32xDC 24V
(ICM 1 - ICM 32)		7	DI32xDC 24V
		8	DO32xDC24V/0.5A
Control Modules:	I 68.0 - I 71.7	9	DI32xDC 24V
(ICM 33 - ICM 64)		10	DI32xDC 24V
		11	DO32xDC24V/0.5A
Binary Instruments:	I 0.0 - I 7.7	12	DI32xDC 24V
		13	DI32xDC 24V
Binary Control Signals:	Q 0.0 - Q 7.7	14	DO32xDC24V/0.5A
		15	DO32xDC24V/0.5A
Analog Instruments:	PIW 512 - PIW 542	16	AI16x13Bit
Analog Controls:	PQW 512 - PQW 526	17	AQ8x13Bit
		18	IIM 463-2

Figura 4.2: distribución de entradas y salidas Braumat.

Para la definición de recetas se han definido procedimientos de receta según la marca de cada cerveza, la unidad que va iniciar el proceso en cocimiento es el molino de maíz, donde el operador va a colocar el número de semana y el número de lote será un número correlativo iniciando cada año desde 1, para contabilizar el número total de lotes cocinados en cada cierre financiero.

Los procedimientos de receta una vez iniciados ya no será necesario iniciar en cada unidad o arrancar cada máquina, en el sistema braumat se configura el inicio y la sincronización de cada unidad. Esto ayuda a eliminar tiempos muertos que

Cuadro 4.1: Cantidad de bloques tecnológicos definidos para la migración

Nombre de Unidad	ICM	TIMER	DFM	AIN	AOUT	PID
Transporte	25	14	2	39		
Molienda Malta	26	37	10			
Molienda Maíz	20	18	5			
Paila Adjuntos	14	2	9	3	1	1
Paila Mezcla	10	3	8	4	1	1
Mixer Agua	2	4		2	2	2
Filtro Meura	39	18	12	19	4	5
Tanque Espera	16	3	3			
Cocedor Mosto	40	7	15	16	10	6
Lúpulo	16	6	3			
Enfriamiento	20	1	7	10	3	3

actualmente se hace con el sistema instalado. En la figura 4.3 se muestra un ejemplo de un procedimiento de receta con sincronización para iniciar otra unidad, en total se han definido 8 procedimientos de receta para las siguientes marcas: Cusqueña FB, Cusqueña NoFB, Pilsen FB, Pilsen NoFB, Cristal FB, Cristal NoFB, Cusqueña Trigo FB y Cusqueña Trigo NoFB. La diferencia de las recetas en FB y NoFB es la utilización o no del tanque separador de mosto esto ubicado en la unidad de filtración.

Para la programación de accionamientos y lógicas de funcionamiento, la metodología que se usa se muestra en la figura 4.3 y es del tipo graficet, las condiciones permanentes se programarán en el FB de cada unidad, los accionamientos dentro del FC del paso correspondiente junto con las condiciones de salto de paso, estos están definidos en el manual, esta programación se realiza en el PLC-S7 416 definido con nombre AS-01-416.

4.4. Diseño de la unidades y recetas de Fermentación

Para el área de fermentación se han definido cada tanque fermentador y madurador como una unidad independiente, compartiendo la configuración de bloques tecnológicos en la tabla 4.2 se muestra los bloques necesarios para cada unidad. Las unidades de trasiego, dosificación de sílica y manejo de levadura son unidades con la configuración tradicional de bloques tecnológicos.

Para la definición de procedimientos de recetas se han definido distintas recetas para un solo procedimiento, esto debido a la configuración semejante las

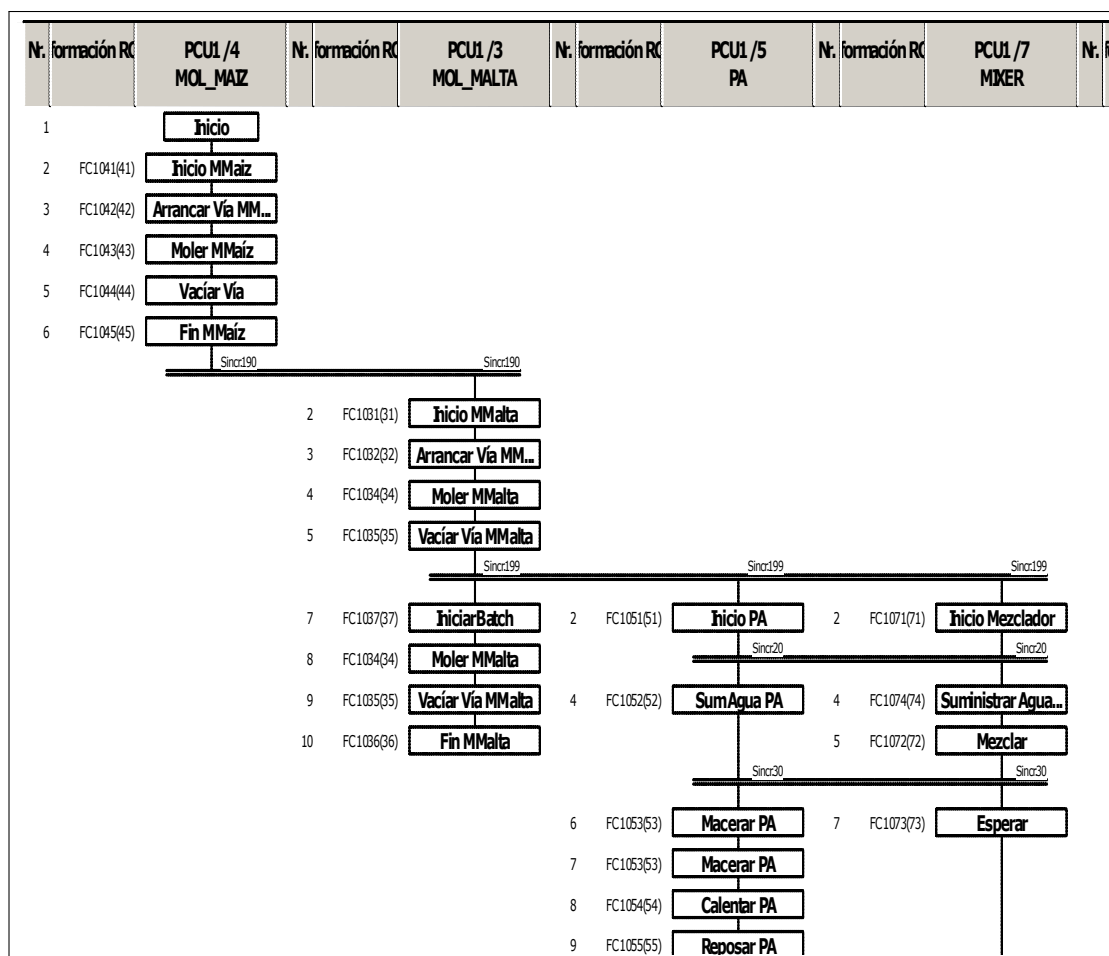


Figura 4.3: Procedimiento de receta Pilsen NoFB

unidades de los tanques fermentadores y maduradores. Es decir se tienen varias recetas maestras donde se definen las consignas de los DFMs y la secuencia de pasos es única en un procedimiento de receta tal como se muestra en la imagen 4.4, esta distribución permite a la producción estandarizar los procesos y cualquier cambio en el procedimiento de receta afectará a todas las recetas maestras.

Los procedimientos de las otras unidades son únicas y estarán dependientes de las unidades de los tanques fermentadores y maduradores, las unidades están programadas en los FB y los pasos en los FC del PLC S7-416 de fermentación denominada como AS-02-416, por tanto los objetos tecnológicos son únicos para este PLC al igual que cocimiento.

4.5. Diseño de la unidades y recetas de filtración

En el diseño de las unidades de filtración se han respetado los sub-procesos descritos en el capítulo anterior, por tanto las unidades definidas son: Blending,

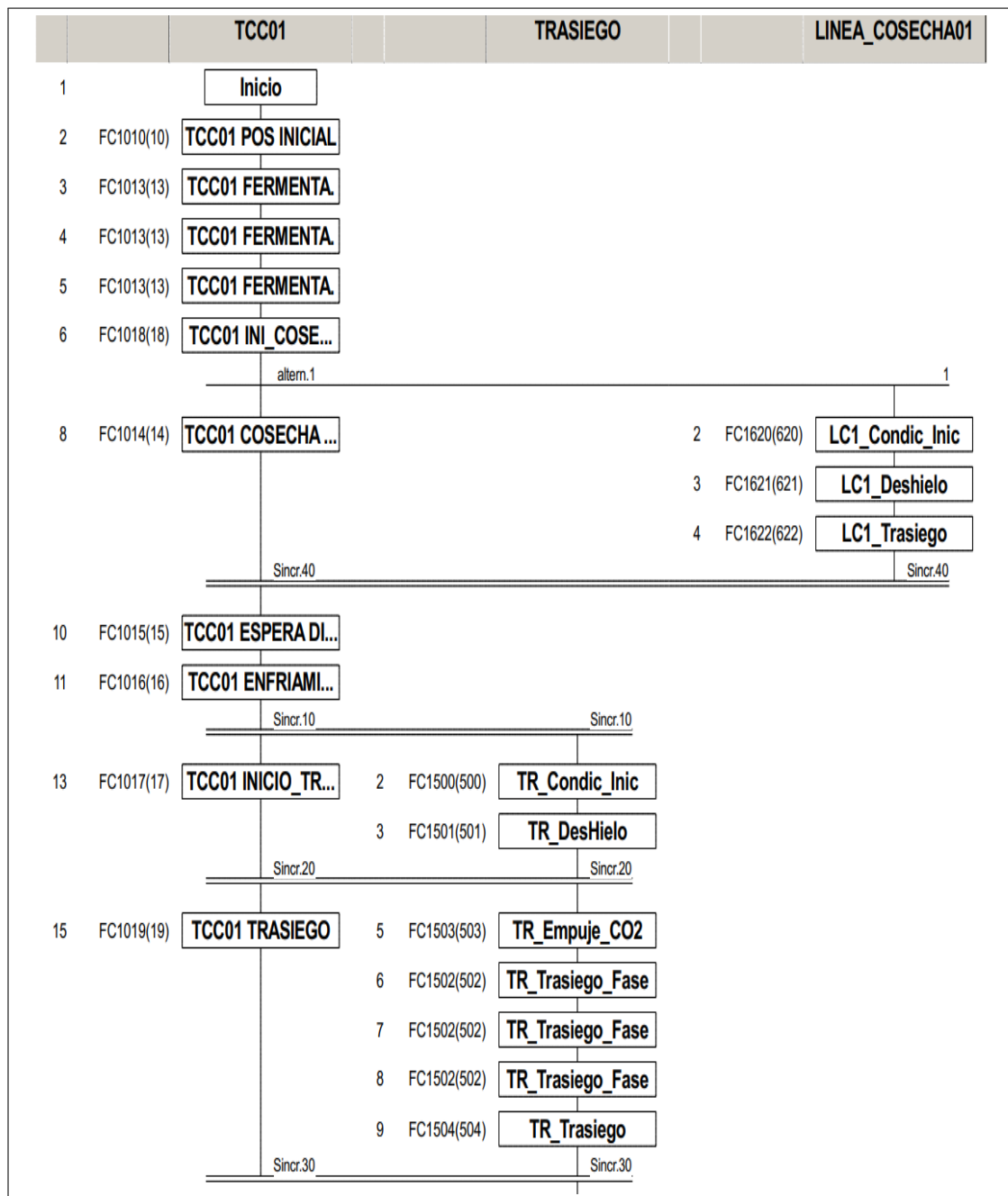


Figura 4.4: Configuración de recetas de TCC's y maduración

Cuadro 4.2: Cantidad de bloques tecnológicos Definidos para la migración

Nombre de Unidad	ICM	TIMER	DFM	AIN	AOUT	PID
TCC01	7	2	9	5		
TCC02	7	2	9	5		
...	7	2	9	5		
TCC14	7	2	9	5		
TCC17	6	2	10	6		
TCC18	6	2	10	6		
...	6	2	10	6		
TCC24	6	2	10	6		
Bodega01	6		2	2		
Bodega02	6		2	2		
...	6		2	2		
Bodega08	6		2	2		
Trasiego	9	2	7	7	4	4
TQLevadura1	2	2	2	2		
TQLevadura2	2	2	2	2		
TQLevadura3	2	2	2	2		
TQLevadura4	2	2	2	2		

filtro de tierras HK, filtro de PVPP y el carbonatador de cerveza. Estas unidades están programadas en el PLC S7-416 de filtración llamada AS-03-416. Para el procedimiento de receta se ha definido un solo procedimiento y varias recetas maestras según el tipo de marca, debido a que la secuencia de filtración hace referencia a ciclos de filtración los cuales serán los lotes finales previos al envasado de producto.

En la tabla 4.3 se observan la cantidad de bloques tecnológicos necesarios para cada unidad del área de filtración:

Cuadro 4.3: Bloques tecnológicos necesarios para la unidad de Filtración

Nombre de Unidad	ICM	TIMER	DFM	AIN	AOUT	PID
Blending	4	2	4	4	3	3
Filtro Tierras HK	11	4	7	8	3	3
Filtro PVPP	22	4	10	6	2	2
Carbonatador	6	2	6	3	1	1
Blending Fino	2	2	2	1	1	1

La lógica de control que se da en la filtración sigue el lenguaje de grafset dentro del procedimiento de receta y el lenguaje de programación en el PLC es awl, en la figura 4.5 se puede observa el procedimiento de receta de filtración.

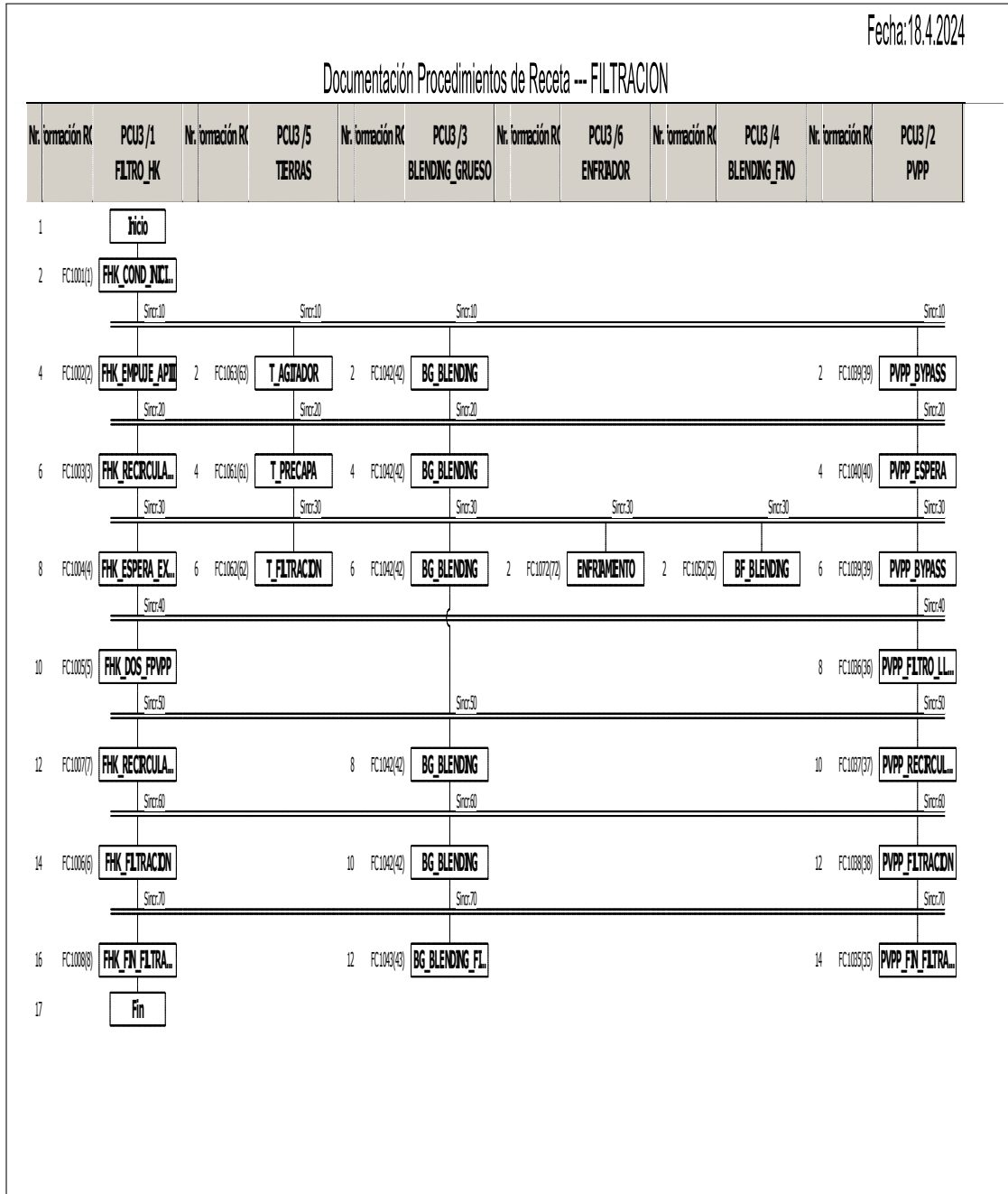


Figura 4.5: Procedimiento de receta de filtración

4.6. Diseño del sistema de interfaz máquina hombre

Para el diseño de las pantallas del sistema de control se ha basado en las pantallas de WINCC FLEXIBLE y la validación en las instalaciones de las distintas áreas. las pantallas se han diseñado en Corel Draw para una mejor calidad de las pantallas, los bloques tecnológicos están en formato mapa de bits y se administran desde el editor de pantallas del menú Braumat instalado en el servidor IOs01 y IOS02. Las pantallas son administrables desde la estación de ingeniería ES01.

La configuración del interfaz cumple con un menú de navegación y barra de avisos o mensajes de los eventos que el sistema braumat va notificando al operador. En las siguientes imágenes se muestran un ejemplo de interfaz de dos subprocesos y no son posible compartirlas por confidencialidad de Backus.

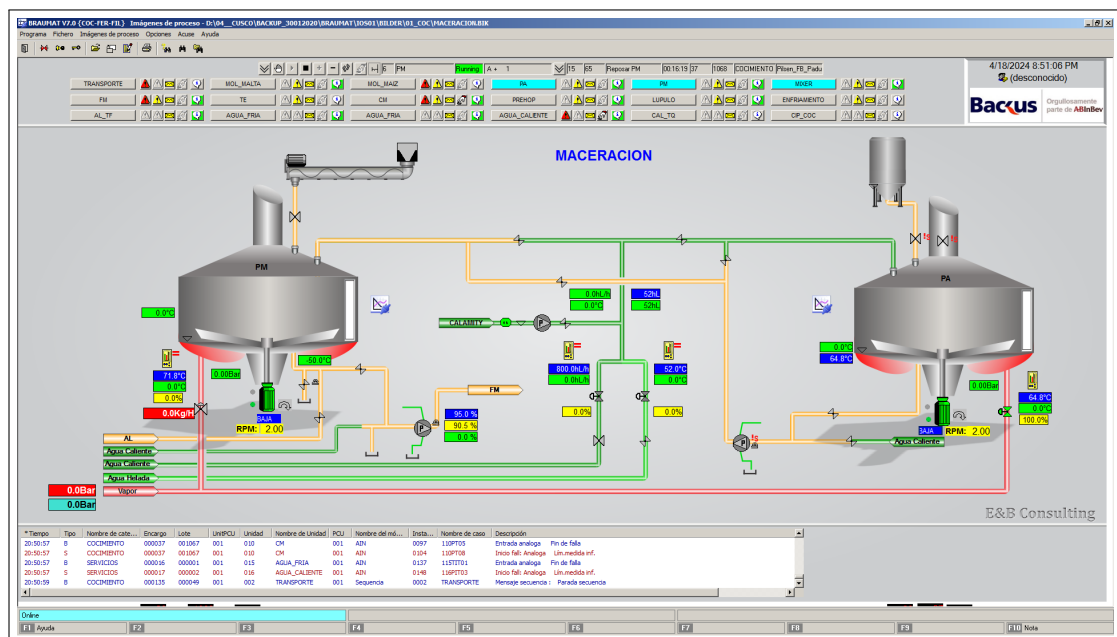


Figura 4.6: Interfaz maquina hombre Maceración

Para la visualización de curvas, se han definido los bloques tecnológicos AIN como registros dentro de cada unidad, por tanto se podrán identificar las curvas de acuerdo al lote que se requiera calcular. También se tienen gráficas de tipo semanal para señales que se han definido como monitoreo constante, tales como presión de agua, presión de vapor y presión de aire. La consulta de los lotes procesados para hacer la trazabilidad se podrá consultar una vez finalizada la secuencia de cada paso de una unidad en particular.

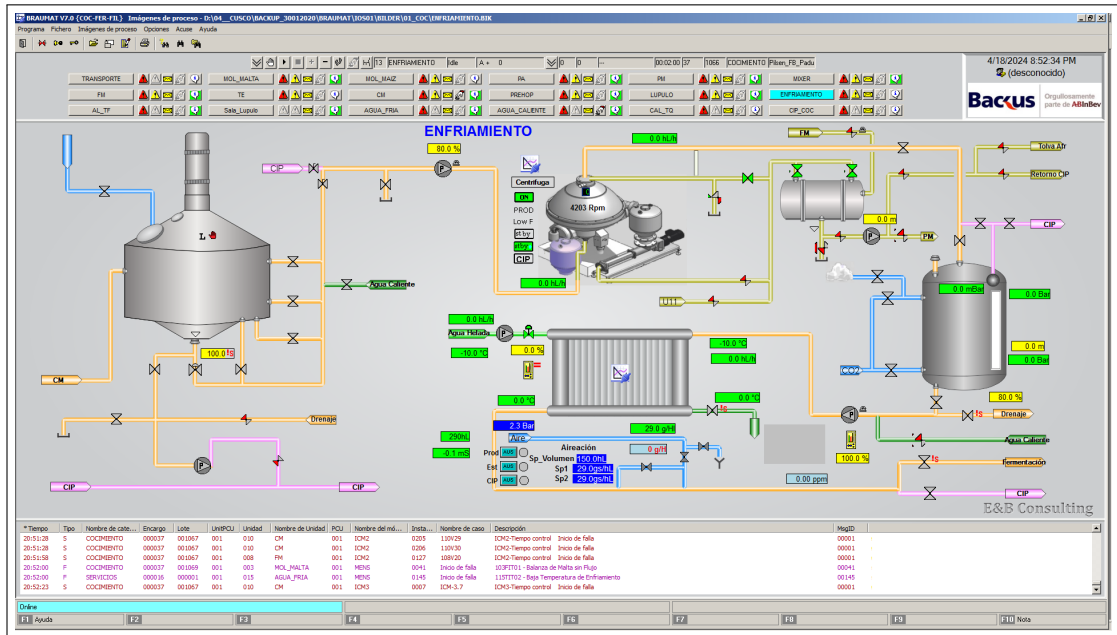


Figura 4.7: Interfaz maquina hombre Enfriamiento

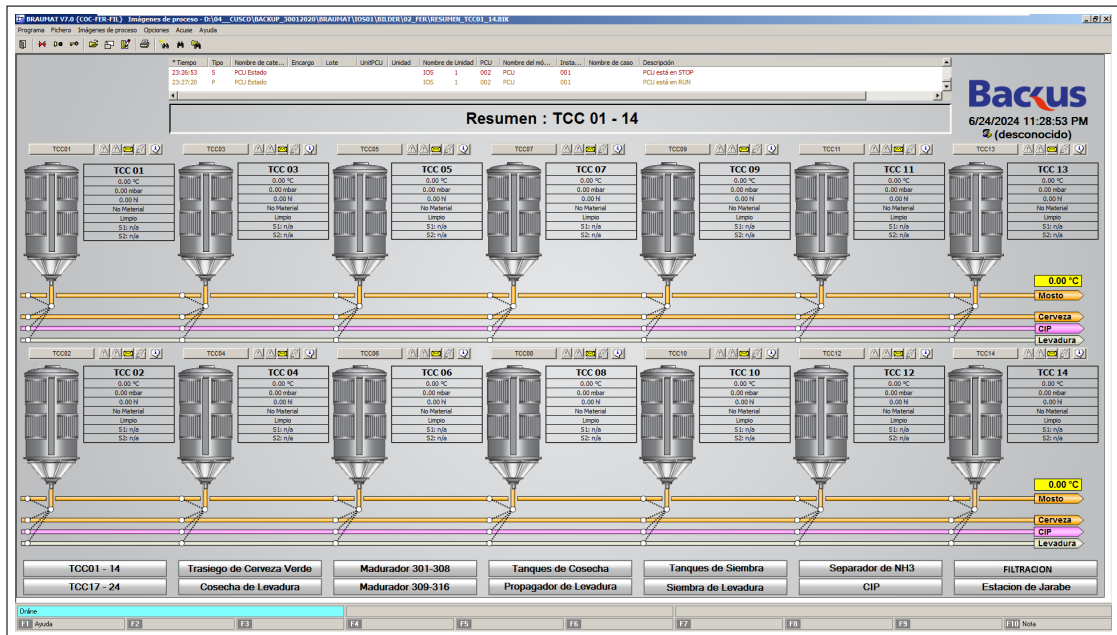


Figura 4.8: Interfaz maquina hombre fermentación

Capítulo 5

Implementación y Puesta en Marcha

5.1. Introducción

En el presente capítulo se desarrollará el plan de implementación del sistema Braumat, la nueva configuración de entradas y salidas de los módulos siemens, los costos de los nuevos componentes y la mano de obra necesaria para la migración de todo el sistema de control y las experiencias y ganancias de la puesta en marcha en cada área de la cervecería de la planta Cusco.

5.2. Plan de implementación del nuevo sistema braumat

Para la implementación del sistema braumat se ha decidido comprar los componentes de la arquitectura Braumat definido en capítulo 4, estos componentes como parte del presupuesto CAPEX de inversión y el costo de implementación será costado por el presupuesto de planta. La estrategia para una correcta implementación será primero montar la arquitectura con los nuevos componentes.

El armario donde se va montar el sistema centralizado Braumat será en cocimiento con dos switch para las redes del plan bus y terminal bus, dentro del armario estarán los 4 servidores IOS01, IOS02, SQL y la estación de ingeniería ES01. Junto con ellos las 4 maquinas como clientes el IOS11, IOS12, IOS21 y IOS31. Para el acceso a los clientes desde la sala de control se tendrán WISE de acceso de escritorio remoto. Luego se procederá a migrar una por una las áreas empezando por fermentación, luego filtro y finalmente cocimiento, en la figura [5.1](#) se muestra el plan de implementación con entregables en los 4 cuantiles.

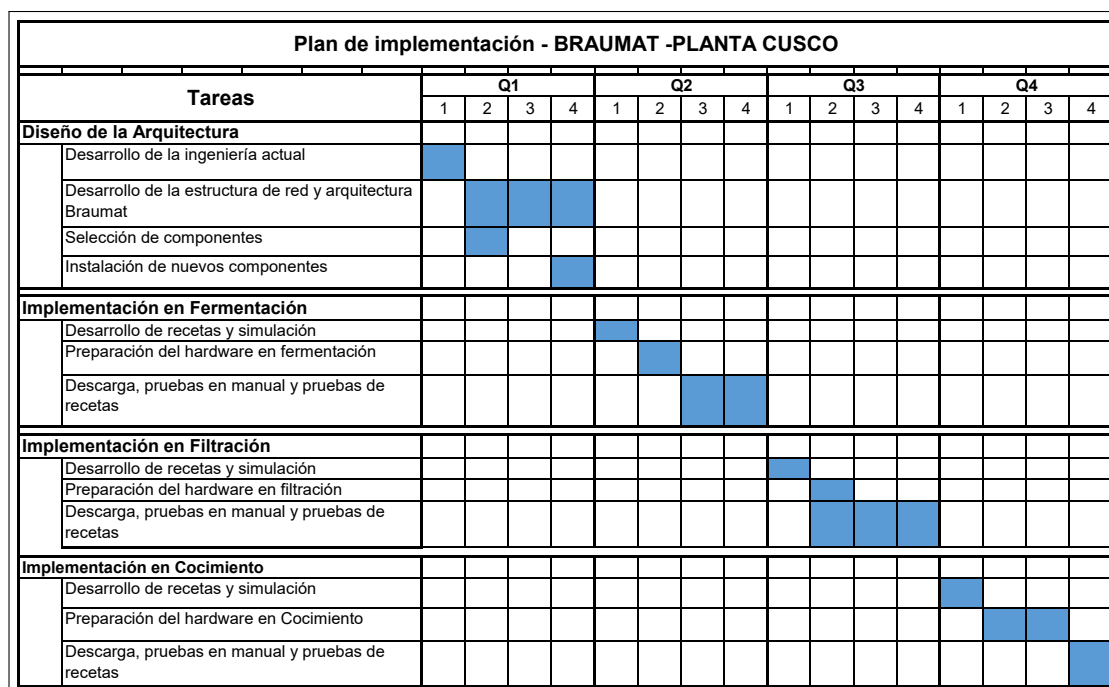


Figura 5.1: Cronograma de implementación Braumat-Cusco

5.3. Costos de los equipos nuevos y mano de obra de apoyo

A continuación se muestra los costos de implementación generados en la bolsa de CAPEX que corresponden al equipamiento nuevo y otro cuadro de costos asumidos por el presupuesto VIC de la planta Cusco, específicamente del área de elaboración.

Cuadro 5.1: Presupuesto CAPEX de los componentes nuevos

Nombre	Modelo	Cantidad	Costo	Moneda
Servidor IOS	DELL PowerEdge R220	2	11120.00	USD
Servidor ES01	DELL PowerEdge R220	1	5560.00	USD
Servidor SQL	DELL PowerEdge R530	2	10520.00	USD
Cientes IOS	DELL Precisión T1700	4	13200.00	USD
Estaciones WYSE	WYSE 295Z90DE7	5	4500.00	USD
CPU AS	PLC S7-416	3	55876.26	USD
Switch Central	SCALANCE XR324	2	5124.32	USD
Monitores DELL	DELL E222L	15	3750	USD
UPS	APC SRT 5KVA	3	5730.86	USD
Tablero	APC RACK	1	1240.00	USD
Licencia Braumat 7.1	Braumat 7.1	1	25240.00	USD
Total			141860.58	USD

Los costos asumidos con el presupuesto de mantenimiento elaboración se mues-

tran en la tabla 5.2, que son consumibles y mano de obra de apoyo para acomodar los tableros en la configuración de entradas y salidas.

Cuadro 5.2: Presupuesto VIC del área de elaboración

Nombre	Descripción	Cantidad	Costo
Cable Ethernet	Profinet Cable 2x4	500	S/. 41000.00
Instrumentistas	Apoyo Tercero mes	4	S/. 60000.00
Programadores	Apoyo Tercero mes	2	S/. 25000.00
Total			S/. 126000.00

5.4. Puesta en marcha del sistema Braumat

5.4.1. Instalación Braumat

Para instalar el sistema braumat, se ha descargado en los servidores IOS01 y IOS02 el proyecto que ha venido junto con la licencia. Se ha configurado la estación de redundancia y configurado los clientes. Los PLC S7-416 se han instalado junto al PLC predecesor para minimizar los tiempos de parada que tomará la migración como se puede apreciar en la imagen.



Figura 5.2: Tablero de control con PLC S7-400 y S7-416 para Braumat

La configuración de direcciones de los bloques tecnológicos ICM (Válvulas, Motores y accionamientos digitales) tienen direcciones definidas como por ejemplo para el ICM1.89 la salida física estará en la dirección A75.0, la confirmación del estado activo estará en la dirección E75.0, la confirmación del estado desactivado en la entrada E139.0. Por lo tanto se ha preparado los tableros bajo este direccionamiento con el personal propio antes de la puesta en marcha, en la imagen [5.3](#) se muestra el trabajo realizado por el personal de backus, esta modificación es requisito para la puesta en marcha del sistema.



Figura 5.3: Cambio de direcciones de entradas y salidas de módulos de los distintos tableros

Con todo esto terminado, se ha probado la comunicación del sistema Braumat con los nuevos PLCs de cocimiento, fermentación y filtro con esto el sistema se encuentra preparado para la migración del sistema de control del área de elaboración.

5.4.2. Puesta en marcha en el área de fermentación

Para la puesta en marcha del sistema Braumat de fermentación se apagó todo el sistema y se cambió de PLC, se instalaron los WYSE para el acceso remoto al cliente de fermentación. Luego se probaron los sistemas en manual la totalidad de los accionamientos. la migración se hicieron en 18 horas en los cuales los sistemas se controlaron en manual. Luego se iniciaron las nuevas recetas y se verificó el funcionamiento por 2 semanas donde se ajustaron los parámetros. En la imagen [5.4](#) se muestra las pantallas implementadas y en marcha; para los controles PID se han tomado valores estándares de configuración y se han modificado según las curvas de control obtenidas.

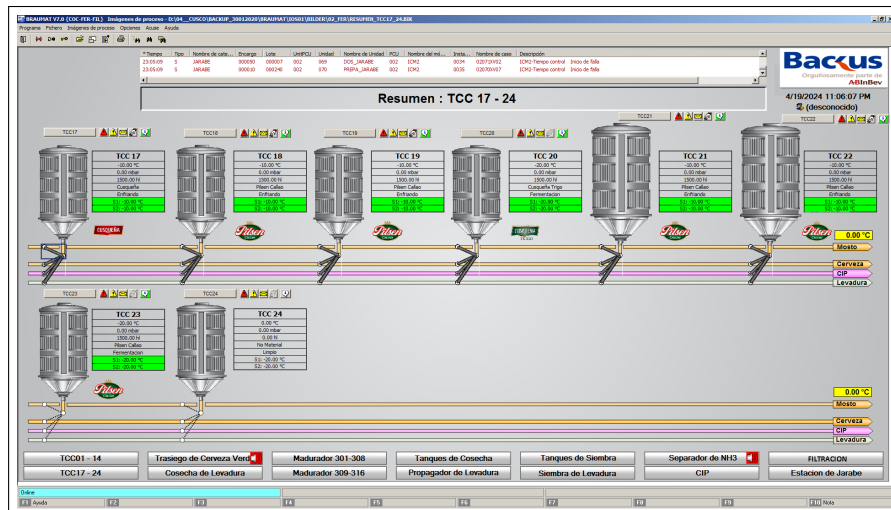


Figura 5.4: Ejemplo de interfaz de maquina hombre en fermentación

5.4.3. Puesta en marcha en el área de filtración

Para la puesta en marcha en filtración se ha elegido un fin de semana para no afectar la disponibilidad de cerveza para envasado, se ha iniciado un día viernes con el cambio de PLC, instalación del WYSE para el acceso remoto al cliente de fermentación y prueba en manual de todos los accionamientos y escalamiento de sensores. Se ha probado el procedimiento de receta con agua para no tener perdidas o merma de cerveza terminada. Se ha continuado con el seguimiento de toda una semana de producción corrigiendo las fallas y condiciones de paso en las secuencias, en la figura 5.5 se muestra un ejemplo de las pantallas instaladas en filtración.

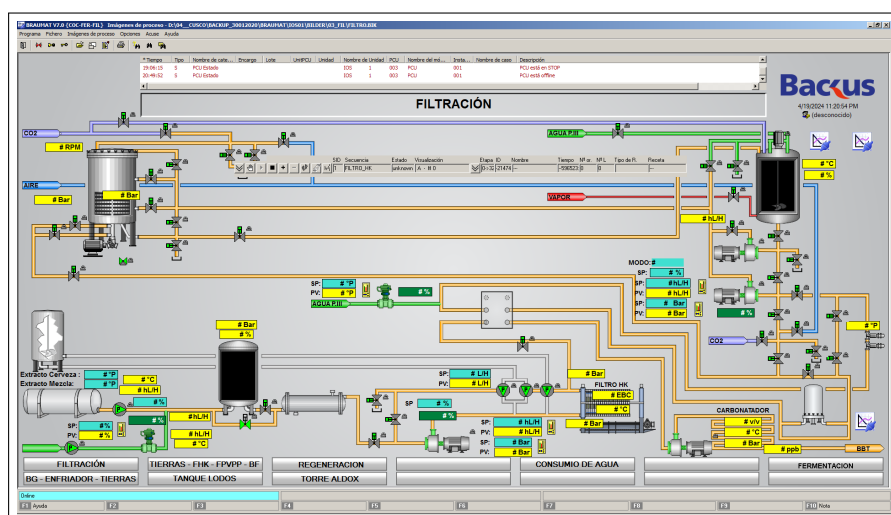


Figura 5.5: Ejemplo de interfaz de maquina hombre en filtración

5.4.4. Puesta en marcha en el área de cocimiento

Para la puesta en marcha del sistema braumat en cocimiento, se ha coordinado la parada del área por 4 días debido a la cantidad de unidades a migrar, escalar y regulación de PID's. Se comenzó instalando las 2 estaciones de clientes WYSE y luego la prueba en manual de todos los accionamientos y sensores de seguridad. Los procedimientos han sido validados por el cervecero de turno y probados con agua para evitar errores de control y pérdida de producto que afecta la merma. En la imagen se muestra las nuevas pantallas instaladas.



Figura 5.6: Centro de control de cocimiento con el sistema de control braumat

El seguimiento y regulación de los parámetros han tomado 5 días adicionales para que la operación pueda operar el sistema braumat.

Resultados

La migración al sistema braumat se ha llevado un tiempo total de 2 años, el primer año se ha preparado los tableros en el direccionamiento correcto de cada componente en los diferentes procesos, la programación y diseño de pantallas se ha realizado con apoyo de personal tercero y la puesta en marcha se han dado en 3 etapas de acuerdo a la disponibilidad de cada sub-área para evitar paradas mayores de planta lo cual ayudo al éxito de la migración de todo el sistema de control del área de elaboración.

Desde el primer lote ahora se puede hacer la trazabilidad a cada lote procesado ya que son almacenados y grabados en la base de datos SQL, la ganancia notable que ha tenido ha sido el incrementar la capacidad de producción del área de cocimiento en un 8 % debido a que Braumat no requiere que el operador inicie cada subproceso, el sistema Braumat inicia cada proceso según haya sido configurado las sincronizaciones en el diagrama de flujo y los subprocesos toman el número de lote único para no mezclar dos lotes distintos, esto ayuda a una ocupación mayor de las máquinas en cocimiento.

Los operadores se han familiarizado de forma muy rápida a la interfaz de control maquina hombre ya que el diseño de imagenes fue construida en base a WINCC Flexible que tenían operando por más de 10 años, ha liberado el tiempo de operación en un 25 %.

Conclusiones

Se ha dado a conocer en este informe la implementación del sistema de control y supervisión "Braumat", en el área de elaboración de la planta Cusco de Backus, integrando las áreas aisladas de cocimiento, Fermentación y filtro con la arquitectura del sistema de control de procesos de siemens.

- Se ha Identificado todos los PLCs que tienen el control de cada proceso para la elaboración de la cerveza y se han centralizado en 3 PLCs S7-400 que son la cabeza de cada área.
- Se ha diseñado y documentado la arquitectura de un solo sistema Braumat para la planta Cusco, teniendo en cuenta todos los periféricos y procesos inclusive que no han sido migrados al sistema.
- Los datos de los parámetros de cada lote, son depositados en el servidor SQL y consultados desde la interfaz del Braumat organizados en 3 áreas del proceso; las gráficas están organizadas en unidades para el respectivo seguimiento o trazabilidad de un lote de producción.
- El sistema de supervisión del proceso está centralizado en dos servidores redundantes, lo que permite visualizar las áreas desde cualquier cliente y se ha desarrollado un manual de operación el cual ha sido desplegado para el conocimiento general de los operadores de elaboración.

La cervecería Cusco ha aumentado la capacidad de producción en un 8 % debido a la eliminación de tiempos muertos entre los lotes y eliminación de procesos manuales; además de estandarizar la elaboración de cerveza.

Recomendaciones

Habiendo cumplido con la migración al sistema Braumat, los siguientes pasos a realizar son la actualización de los procedimientos de operación. Para asegurar el conocimiento de todos los operadores y también la capacitación de los supervisores de operación para que puedan modificar, parametrizar y crear nuevas recetas. Los puntos que aún no están automatizados son la recepción de granos el cual debe ser de prioridad en automatizar, debido a que es el punto inicial de la elaboración de cerveza y se recibe la materia de prima. Será necesario automatizar este proceso para el cálculo de eficiencia de materia prima y merma de producto en cada una de las etapas de elaboración. Para minimizar las operaciones manuales los próximos pasos es automatizar los procesos de limpiezas de las líneas, con esto lograr la reducción de consumo de agua, vapor y optimizar tiempos. También se deberá completar la conexión de los datos del SQL al sistema ERP de la empresa AB-Inbev para el control de inventarios y de producción.

Bibliografía

AB-Inbev. Inducción corporativa. Technical report, AB-Inbev, 2022.

AB-Inbev. *Handbook Maintenance Pilar*. MAZ Handbook, 2023.

J. Love. *Process Automation Handbook*. Springer, 2007.

K. Sharma. *Overview of industrial Process Automation*. Joe Hayton, 2017.

Siemens. Notes braumat. Technical report, Sitrain siemens, 2016.

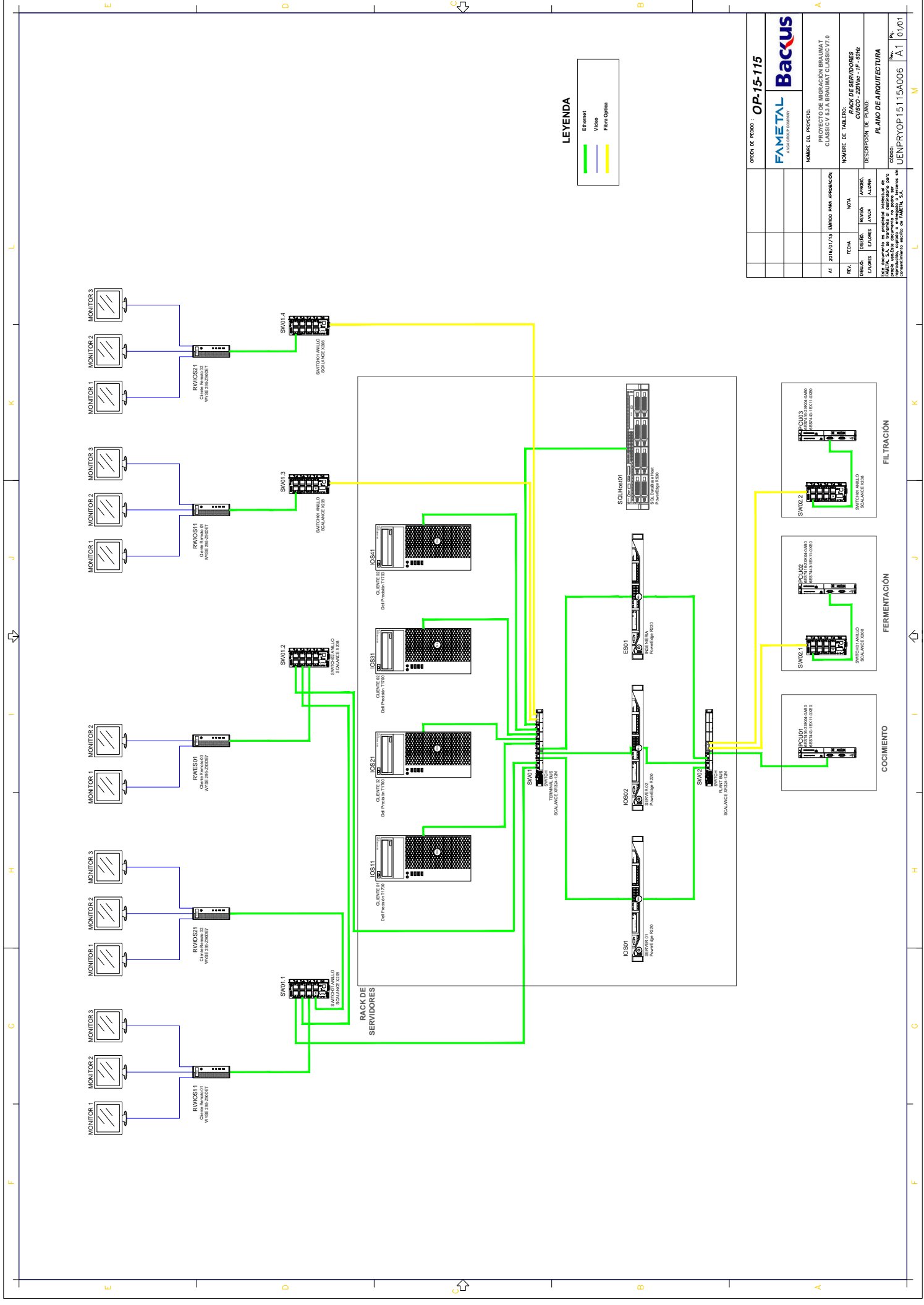
Siemens. *Function Manual BRAUMAT System documentation*. A5E34314168-AA, 2023.

I. technologies. *Distributed Control System (DCS) for Engineers and Technicians*. IDC Technologies, 2004.

M. Vermehren. Braumat v7.0 architecture components. Technical report, BrauXp Brewery Automation Experts, 2016.

Anexo A

Plano de red de arquitectura Braumat



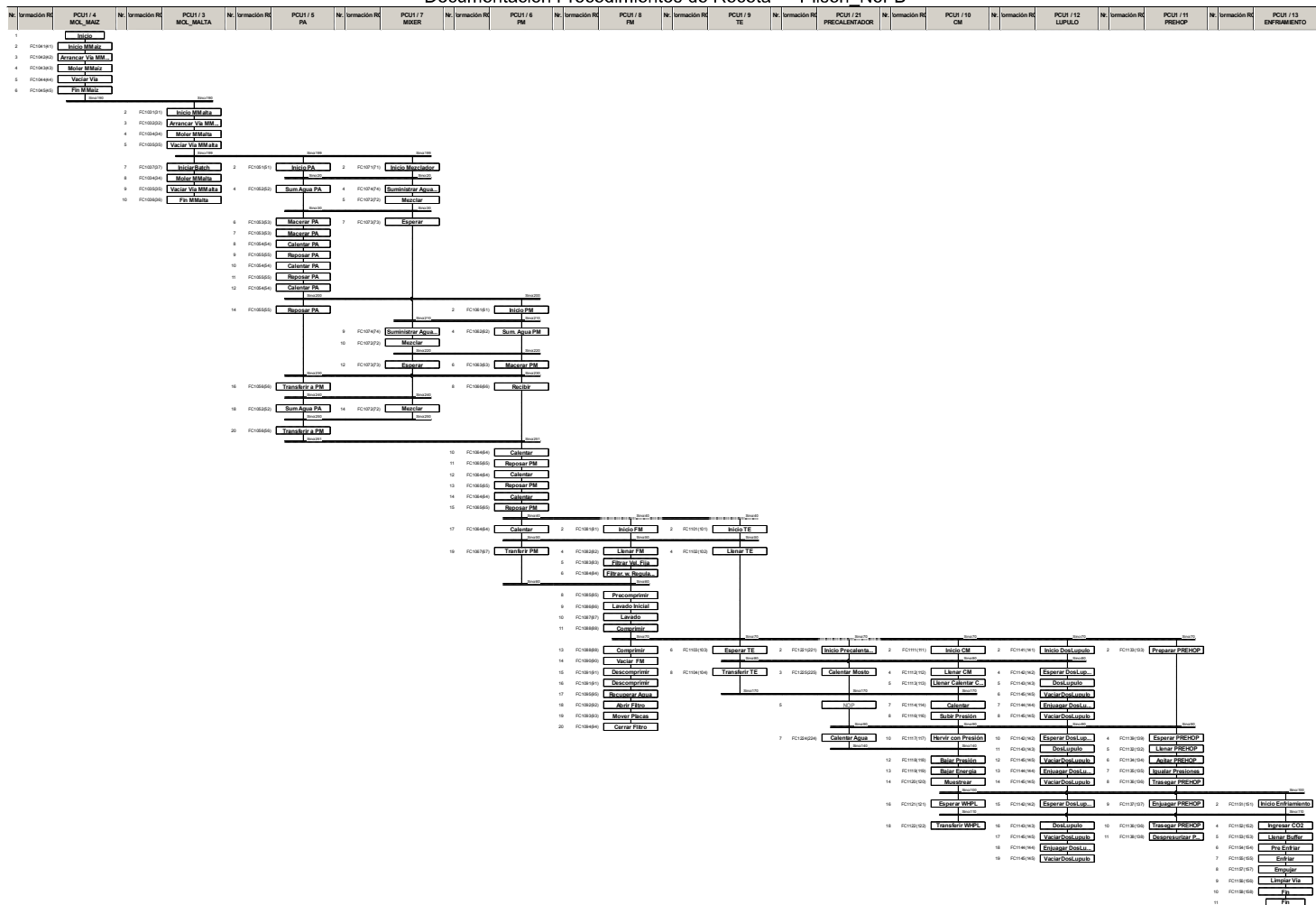
ORDEN DE PEDIDO : OP-15-115		
NOMBRE DEL PROYECTO: PROYECTO DE MIGRACION BRAUMAT CLASSIC V.6.3 A BRAUMAT CLASSIC V.7.0		
AI	2016/01/13	EMISSO PARA APROBACION
REV.	FECHA	NOTA
0001	01/13	REVISOR: JAVCA ELABORADOR: JAVCA AUTOR: JAVCA
NOMBRE DE TABLERO: RACK DE SERVIDORES		DESCRIPCION DE TABLERO: CUSCO - 250V/4P - 1F - 60HZ
PLANO DE ARQUITECTURA		
CODIGO: UENPRYP015115A006		Rev: A1 01/01

Este documento es propiedad intelectual de FAMETAL y se prohíbe su reproducción o modificación sin el consentimiento escrito de FAMETAL S.A.

Anexo B

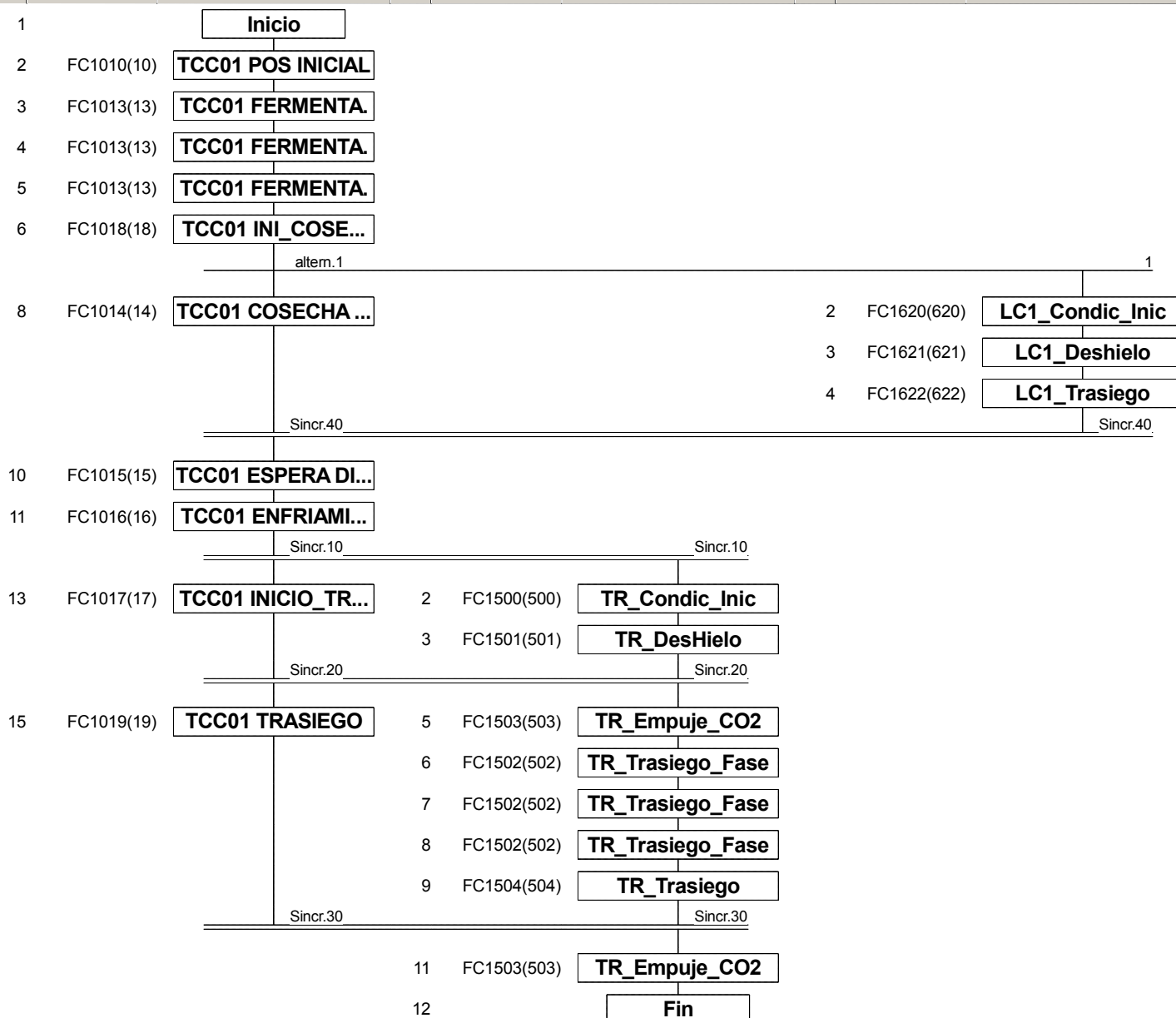
Procedimientos Recetas Principales

Documentación Procedimientos de Receta --- Pilsen NoFB



Documentación Procedimientos de Receta --- TCC

Nr. formación RC	PCU2 / 1 TCC01	Nr. formación RC	PCU2 / 50 TRASIEGO	Nr. formación RC	PCU2 / 62 LINEA_COSECHA01
------------------	-------------------	------------------	-----------------------	------------------	------------------------------



Documentación Procedimientos de Receta --- FILTRACION

