

**ESTRATEGIAS PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA Y PROPUESTA DE
MEJORAMIENTO A LA MEDICIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA
PLANTA DE YOGURT EN CAJICÁ CUNDINAMARCA.**

ROQUE EMIRO VILLEGAS CONTRERAS

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA MECATRÓNICA
PAMPLONA**

2022

**ESTRATEGIAS PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA Y PROPUESTA DE
MEJORAMIENTO A LA MEDICIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA
PLANTA DE YOGURT EN CAJICÁ CUNDUNAMARCA.**

ROQUE EMIRO VILLEGAS CONTRERAS

**Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de
Ingeniero en Mecatrónica**

Director

**CRISTHIAN IVAN RIAÑO JAIMES
Doctor en Sistemas Mecatrónicos**

Asesor

**FREDY MANUEL RUEDA ASCANIO
Coordinador de Mantenimiento Planta Yogurt**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA MECATRÓNICA
PAMPLONA**

2022

CONTENIDO

RESUMEN	14
INTRODUCCIÓN	18
1 CAPÍTULO I GENERALIDADES.....	21
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	21
1.2 OBJETIVOS.....	22
1.2.1 <i>Objetivo General:</i>	22
1.2.2 <i>Objetivos específicos:</i>	22
1.3 LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS (YOGURT).....	23
1.3.1 <i>Recepción de leche</i>	23
1.3.2 <i>Tratamiento térmico</i>	24
1.3.3 <i>Homogenización</i>	24
1.3.4 <i>Pasterización</i>	24
1.3.5 <i>Fermentación</i>	24
1.3.6 <i>Enfriamiento</i>	24
1.3.7 <i>Incubación</i>	25
1.3.8 <i>Envasado</i>	25
1.3.9 <i>El Yogurt</i>	25
1.4 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.	26
1.4.1 <i>Tipos de mantenimiento</i>	26
1.4.2 <i>Funciones del mantenimiento:</i>	29
1.5 EFICIENCIA ENERGÉTICA.	31
1.5.1 <i>Optimización en la industria</i>	32
1.5.2 <i>Automatización y control industrial</i>	32
1.5.3 <i>Controlador industrial PLC</i>	33
1.5.4 <i>Comunicación de las redes industriales</i>	35

1.5.5	Los sistemas SCADA.....	36
1.6	DISTRIBUCIÓN ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA.	39
1.6.1	Planos eléctricos.	40
1.7	MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	40
1.7.1	Medidor de energía SENTRON PAC3200.....	41
1.7.2	Contador de energía eléctrica.....	41
1.7.3	Importancia de la calibración de los instrumentos de medición.	42
1.8	MOTORES ELÉCTRICOS.....	42
1.8.1	Arranque directo de motores eléctricos.	42
1.8.2	Arranque estrella-triángulo.....	43
1.8.3	Arranque por autotransformador.....	43
1.8.4	Arrancador suave.....	44
1.8.5	Arranque con variador de frecuencia.....	44
1.9	NORMA ISO 50001.	45
1.9.1	Beneficios de la implementación de la norma ISO 50001.	46
1.9.2	No conformidad y acción correctiva.....	47
1.9.3	Mejora continua.....	48
1.10	GESTIÓN ENERGÉTICA.	48
1.11	ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	48
1.11.1	Formulación de los criterios de evaluación.....	50
1.11.2	Matiz de criticidad.	51
2	CAPÍTULO II PUNTO DE PARTIDA PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA	53
2.1	PLANTA DE YOGURT.....	53
2.2	IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS Y SISTEMAS DE LA PLANTA DE YOGURT.....	53
2.2.1	Equipos de área de servicios industriales.....	55
2.2.2	Equipos de área de procesos.	59
2.2.3	Equipos de envasado y multipack.	64
2.3	DISTRIBUCIÓN ENERGÉTICA DE LA PLANTA DE YOGURT.	66

2.4	IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	67
2.5	SISTEMA DE MEDICIÓN ALTERNATIVO.	69
3	CAPÍTULO III ESTRATEGIAS PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA	76
3.1	IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS O EQUIPOS QUE IMPACTAN EL CONSUMO.	76
3.1.1	<i>Planta de frio.</i>	78
3.1.2	<i>Aire comprimido.</i>	81
3.1.3	<i>Pasteurizador:</i>	83
3.2	CAMBIO DE VÁLVULAS DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO.....	85
3.3	APAGAR FRIO. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN INTERMITENTE.	88
3.4	MODO ECONÓMICO.	91
3.5	ARRANQUE DE TORRES CONDENSADORAS.	93
3.5.1	<i>Las torres condensadoras.</i>	93
3.6	DIAGRAMAS UNIFILARES.....	95
3.7	MODIFICACIÓN DE CABLEADO AS-I	96
3.8	ESTRATEGIA PARA LA TOMA DE DECISIÓN EN LA INTERVENCIÓN DE EQUIPOS BASADO EN ANÁLISIS DE CRITICIDAD.	101
3.8.1	<i>Identificación de los equipos a evaluar.</i>	102
3.8.2	<i>Método de evaluación aplicado.</i>	106
3.8.3	<i>Matiz de criticidad.</i>	107
3.8.4	<i>Resultados del análisis de criticidad.</i>	108
3.8.5	<i>Lista jerárquica de los equipos.</i>	121
4	CAPÍTULO IV PPROPUESTA DE SISTEMA DE MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE FORMA AUTOMÁTICA.....	128
4.1	IMPORTANCIA Y PROPÓSITO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE MEDICIÓN.....	128
4.2	OBJETIVOS DE LA PROPUESTA.....	129
4.3	DISTRIBUCIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS DE LA PLANTA DE YOGURT.	130
4.4	COMPONENTES DEL SISTEMA.	131
4.4.1	<i>Controlador. Siemens S7 300.</i>	132

4.4.2	<i>Instrumento de medición. Sentron PAC 3200.</i>	132
4.4.3	<i>La Comunicación.</i>	134
4.5	SUPERVISIÓN Y MONITOREO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.	135
4.5.1	<i>Configuraciones de proyectos en WinCC.</i>	135
4.5.2	<i>Herramienta para análisis gráfico.</i>	135
4.5.3	<i>Registro historio del consumo de energía eléctrica.</i>	136
4.6	PROYECCIÓN DE RESULTADOS DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN AUTOMÁTICO.	136
4.7	AMPLIACIÓN DEL RANGO DE MEDIDA.	138
4.8	MEJORA CONTINUA EN LA GESTIÓN ENERGÉTICA.	141
5	CONCLUSIONES	142
6	BIBLIOGRAFÍA	144

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Formato de identificación de equipos en la planta	54
Tabla 2 Equipos en la subestación eléctrica.....	55
Tabla 3 Equipos en aire comprimido.	56
Tabla 4 Equipos en la planta de frio	56
Tabla 5 Equipos en suministro de agua potable.....	57
Tabla 6 Equipos en cuarto frio	57
Tabla 7 Equipos de ventilación en envasado	58
Tabla 8 Equipos en la PTAR	58
Tabla 9 Equipos drenaje de agua lluvia.....	59
Tabla 10 Equipos en la recepción de leche.....	59
Tabla 11 Equipos en mezclas	60
Tabla 12 Equipos en pasteurización	60
Tabla 13 Equipos del MIF	61
Tabla 14 Equipos en fermentación.....	62
Tabla 15 Equipos en masa blanca	62
Tabla 16 Equipos del cooler	63
Tabla 17 Equipos en estación CIP	64
Tabla 18 Equipos del área de envasado	65
Tabla 19 Maquinas envasadoras	65
Tabla 20 Maquinas llenadoras de sobrecopas	66
Tabla 21 Medición del consumo de energía eléctrica.....	70
Tabla 22 Resumen del consumo de energía eléctrica.....	73
Tabla 23 Resumen del consumo de agua potable	74
Tabla 24 Resumen del agua residual generada	74

Tabla 25 Resumen del consumo de vapor	74
Tabla 26 Equipos que intervienen en el sistema de refrigeración de la planta.....	78
Tabla 27 Equipos que intervienen en el sistema de generación de aire comprimido	81
Tabla 28 Equipos que intervienen en el proceso de pasteurización	83
Tabla 29 Consumo de los compresores de aire en los días festivos	86
Tabla 30 Consumo de los compresores de aire en los días festivos en el mes de junio	87
Tabla 31 Promedio diario del consumo y operación de equipos del sistema de refrigeración.....	88
Tabla 32 Promedio del consumo y operación de equipos del sistema de refrigeración en los días 5, 6 y 7.....	89
Tabla 33 Ahorro promedio para los días 5, 6 y 7.....	89
Tabla 34 Promedio del consumo y operación de equipos del sistema de refrigeración en los días 12, 13 y 14.....	90
Tabla 35 Ahorro promedio para los días 12, 13 y 14.....	90
Tabla 36 Promedio del consumo y operación de equipos del sistema de refrigeración en los días 19 y 20, 26 y 27	90
Tabla 37 Ahorro estimado para los días 19 y 20, 26 y 27.....	91
Tabla 38 Equipos de automatización para el modo económico.....	93
Tabla 39 Cálculo aproximado del consumo eléctrico de la torre condensadora	94
Tabla 40 Costo para modificación del cableado AS-i línea gateway 13.....	97
Tabla 41 Costo para modificación del cableado AS-i línea gateway 30.....	98
Tabla 42 Costo para modificación del cableado AS-i línea gateway 34.....	98
Tabla 43 Costo para modificación del cableado AS-i línea gateway 20.....	99
Tabla 44 Costo para modificación del cableado AS-i línea gateway 25.....	100
Tabla 45 Equipos para análisis de criticidad.....	102
Tabla 46 Valor de ponderación de los criterios para el análisis de criticidad	106

Tabla 47	Resultado de encuestas de análisis de criticidad para el homogeneizador...	108
Tabla 48	Criticidad de equipos de la subestación eléctrica	109
Tabla 49	Criticidad de los compresores de aire.....	109
Tabla 50	Criticidad de equipos de la planta de frio	110
Tabla 51	Criticidad de equipos de recepción de leche	111
Tabla 52	Criticidad de equipos de mezclas	112
Tabla 53	Criticidad de equipos del pasteurizador	113
Tabla 54	Criticidad de equipos de fermentación.....	114
Tabla 55	Criticidad de equipos de masa blanca	115
Tabla 56	Criticidad de equipos del cooler.....	117
Tabla 57	Criticidad de equipos de la estación de CIP	117
Tabla 58	Criticidad de equipos de envasado.....	119
Tabla 59	Criticidad de las máquinas envasadoras	120
Tabla 60	Criticidad de las máquinas llenadoras de sore copas	121
Tabla 61	Lista jerárquica de equipos de servicios industriales	122
Tabla 62	Lista jerárquica de equipos de procesos	123
Tabla 63	Lista jerárquica de equipos de envasado	126
Tabla 64	Rangos de medición de los Sentron PAC 3200	138
Tabla 65	Rango de medición actual y propuesta de reubicación.....	140
Tabla 66	Rango de medición aproximado con la reubicación.....	140

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	Diagrama unifilar antiguo	66
Ilustración 2	Contador de energía eléctrica.....	67
Ilustración 3	Sentron PAC 3200 instado	68
Ilustración 4	Variador de frecuencia.....	68
Ilustración 5	Horómetro de equipos	68
Ilustración 6	Formato toma de datos del consumo de energía.....	71
Ilustración 7	Recopilación de datos	71
Ilustración 8	Gráfico consumo energía eléctrica diario total	72
Ilustración 9	Gráfico consumo energía eléctrica diario por equipos	72
Ilustración 10	Gráfico consumo agua potable	73
Ilustración 11	Clasificación de equipos por consumo en el mes de abril	76
Ilustración 12	Clasificación de equipos por consumo en el mes de mayo	77
Ilustración 13	Impacto en el consumo del sistema de refrigeración	80
Ilustración 14	Grafico consumo por equipos del sistema de refrigeración.....	81
Ilustración 15	Impacto en el consumo del sistema de aire comprimido	82
Ilustración 16	Gráfico consumo por equipos del sistema de aire comprimido	82
Ilustración 17	Impacto en el consumo de equipos de producción	84
Ilustración 18	Gráfico del consumo del pasteurizador y homogeneizador.....	84
Ilustración 19	Identificación de las válvulas.....	85
Ilustración 20	Gráfico comportamiento del consumo eléctrico en días festivo.....	88
Ilustración 22	Sistema de refrigeración de la planta de yogurt	92
Ilustración 23	Copia de diagrama unifilar para modificaciones.....	95
Ilustración 24	Diagrama unifilar digital	96
Ilustración 25	Plano para modificación del cableado AS-i línea gateway 13	97

Ilustración 26	Plano para modificación del cableado AS-i línea gateway 30	98
Ilustración 27	Plano para modificación del cableado AS-i línea gateway 34	99
Ilustración 28	Plano para modificación del cableado AS-i línea gateway 20	100
Ilustración 29	Plano para modificación del cableado AS-i línea gateway 25	101
Ilustración 30	Matriz de criticidad.....	107
Ilustración 31	Matriz de criticidad de equipos de la subestación eléctrica	109
Ilustración 32	Matriz de criticidad de los compresores de aire	110
Ilustración 33	Matriz de criticidad de equipos de la planta de frio.....	111
Ilustración 34	Matriz de criticidad de equipos de recepción de leche	112
Ilustración 35	Matriz de criticidad de equipos de mezclas.....	113
Ilustración 36	Matriz de criticidad de equipos del pasteurizador.....	114
Ilustración 37	Matriz de criticidad de equipos de fermentación	115
Ilustración 38	Matriz de criticidad de equipos de masa blanca.....	116
Ilustración 39	Matriz de criticidad de equipos del cooler	117
Ilustración 40	Matriz de criticidad de equipos de la estación de CIP	119
Ilustración 41	Matriz de criticidad de equipos de envasado	120
Ilustración 42	Matriz de criticidad de las máquinas envasadoras	121
Ilustración 43	Matriz de criticidad de las máquinas llenadoras de sobrecopas	121
Ilustración 44	Evaluación general de analisis de criticidad.....	127
Ilustración 45	Distribución de la red eléctrica	130
Ilustración 46	Ubicación de los Sentron PAC 3200 en la red eléctrica	131
Ilustración 47	Parámetros básicos de configuración del Sentron PAC 3200	133
Ilustración 48	Diagrama de conexión del Sentron PAC 3200.....	134
Ilustración 49	Gráfico del comportamiento del consumo general de energía eléctrica	137

Ilustración 50 Gráfico del comportamiento del consumo de equipos pareto de energía eléctrica	137
Ilustración 51 Gráfico del comportamiento en cumplimiento de los indicadores de propuestos	138
Ilustración 52 Clasificación de equipos por consumo en el mes de junio	139

RESUMEN

TITULO: ESTRATEGIAS PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO A LA MEDICIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE YOGURT EN CAJICÁ, CUNDINAMARCA. *

AUTOR: ROQUE EMIRO VILLEGAS CONTRERAS. **

PALABRAS CLAVE: Eficiencia energética, Mantenimiento, Criticidad, Automatización.

Las industrias de alimentos continuamente buscan nuevas formas de mejorar la eficiencia y gestión energética manteniendo o incrementando su producción a partir de un óptimo funcionamiento de los equipos en sus diferentes procesos; para ello, se hace necesario la implementación de un plan de mantenimiento, que con estrategias proporcione una mayor confiabilidad y durabilidad de los equipos, la gestión para eficiencia energética es un componente fundamental para estas estrategias, proporcionando el menor consumo de energía posible sin afectar la disponibilidad de las máquinas y equipos de producción.

La metodología que se planteo fue la identificación de las áreas de estudio, diagnóstico de la situación actual de la planta, crear una base de datos de los consumos energéticos diarios de la planta especificando los equipos y su consumo y un análisis exhaustivo de estos; con esto se buscará establecer un plan para mejorar la eficiencia energética, así como las buenas prácticas de manufactura, la reducción de los costos e influir en factores fundamentales para la mejora del impacto medio ambiental, debido a las emisiones de gases de efecto invernadero que causan el cambio climático.

Dentro de las estrategias para la gestión energética se desarrolló un sistema de medición alternativo y de este se obtuvo información que dio paso a plantear nuevas iniciativas que fueron dirigidas a la mitigación del consumo en los equipos que representan gran impacto al consumo energético. Otra estrategia fue la propuesta de un sistema de medición automático,

*Trabajo de grado. Modalidad práctica empresarial.

**Universidad de Pamplona; Facultad de Ingenierías y Arquitectura; Ingeniería Mecatrónica. Director: Ing. CRISTHIAN IVAN RIAÑO JAIMES Doctor en Sistemas Mecatrónicos.

basado en el control, medición, análisis, evaluación y revisiones energéticas que fortalezcan el compromiso con la gestión energética y el medio ambiente, fomentando el uso racional de energía y manteniendo la calidad en la producción.

Una de las estrategias fue el análisis de criticidad, que aparte de su aporte a la eficiencia energética dando a conocer la clasificación de criticidad que poseen los equipos en la producción, en su impacto al medio ambiente y la frecuencia de fallas, es una herramienta que refuerza la toma de decisiones en la gestión de mantenimiento, jerarquizando la intervención del mantenimiento preventivo para el funcionamiento óptimo de los equipos de la planta de yogurt.

*Trabajo de grado. Modalidad práctica empresarial.

**Universidad de Pamplona; Facultad de Ingenierías y Arquitectura; Ingeniería Mecatrónica. Director: Ing. CRISTHIAN IVAN RIAÑO JAIMES Doctor en Sistemas Mecatrónicos.

ABSTRACT

TITLE: STRATEGIES FOR ENERGY MANAGEMENT AND PROPOSED IMPROVEMENT TO THE MEASUREMENT OF ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION OF A YOGURT PLANT IN CAJICÁ, CUNDINAMARCA. *

AUTHOR: ROQUE EMIRO VILLEGAS CONTRERAS. **

KEY WORDS: Energy efficiency, Maintenance, Criticality, Automation.

Food industries are continually seeking new ways to improve efficiency and energy management and maintaining or increasing their production from the optimal operation of their equipment; for this, it is necessary to create a maintenance plan, with strategies that provide greater reliability and durability, energy efficiency is the cornerstone for these strategies, providing the lowest possible energy consumption without affecting the availability of machines and production equipment.

The methodology proposed was to identify the areas of study, diagnose the current situation of the plant, create a database of the daily energy consumption of the plant specifying the equipment and its consumption and a comprehensive analysis of these; this will seek to establish a plan to improve energy efficiency, as well as good manufacturing practices, reducing costs and influencing key factors for improving the environmental impact due to emissions of greenhouse gases, gases responsible for climate change.

As part of the energy management strategies, an alternative measurement system was developed, from which information was obtained that led to new initiatives aimed at mitigating the consumption of equipment that have a high impact on energy consumption. Another strategy was the proposal of an automatic measurement system, based on control, measurement, analysis, evaluation and energy reviews that strengthen the commitment to

*Undergraduate work. Business internship modality.

**University of Pamplona; Faculty of Engineering and Architecture; Mechatronics Engineering. Director: Eng. CRISTHIAN IVAN RIAÑO JAIMES PhD in Mechatronic Systems.

energy management and the environment, the rational use of energy and maintaining the quality of production.

One of the strategies was the criticality analysis, which apart from its contribution to energy efficiency by showing the criticality classification of the equipment in production, its impact on the environment and the frequency of failures, is a tool that reinforces decision-making in maintenance management, prioritizing the intervention of preventive maintenance for the optimal operation of the equipment in the Yogurt Plant.

*Undergraduate work. Business internship modality.

**University of Pamplona; Faculty of Engineering and Architecture; Mechatronics Engineering. Director: Eng. CRISTHIAN IVAN RIAÑO JAIMES PhD in Mechatronic Systems.

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), la cual promueve y acelera el progreso industrial de los países en desarrollo, ha reconocido que la industria mundial necesita una respuesta que afecte positivamente al cambio climático, así mismo, identificó una gran cantidad de estándares de gestión de energía, por ello, se solicitó a la Organización Internacional de Normalización (ISO) organización encargada de desarrollar y publicar normas; para que desarrollase un estándar internacional de gestión de la energía. ISO pudo identificar a la gestión de la energía como a una de sus principales áreas para la aplicación de normas internacionales y creó un sistema de la gestión de la energía, estableciendo un marco de estándares para los procedimientos con el fin de conseguir objetivos energéticos. (ONUDI, s.f.) (NQA, 2018)

La gestión energética es el esfuerzo estructurado para contar con una alta eficiencia en el suministro, conversión y utilización de recursos energéticos. Por esta razón es que la eficiencia energética se ha convertido en unas principales áreas de oportunidad que apuntan reducción de costos y también proteger el medio ambiente; una empresa comprometida con la gestión energética puede lograr un uso racional de los recursos energéticos, de igual forma alcanzar objetivos que mitiguen el consumo, sin que se vea perjudicada la productividad y calidad de los servicios que preste. Puede considerarse como el mejor de los caminos para obtener las metas propuestas para la conservación de energía y del medio ambiente. (Linares, 2009)

La situación energética y ambiental en la actualidad hace imperativo la toma de decisiones para las diferentes actividades que reduzcan el consumo energético en las empresas y de igual manera el impacto que el uso de forma no racional de la energía tiene sobre el medio ambiente, es por esto que para el desarrollo de un método que permita realizar los cálculos de los gastos eléctricos por unidades de producción en la industria y la efectiva

planificación previa del uso de la energía eléctrica, se convierte en una herramienta imprescindible para tener una idea exacta de cuanto se gasta, es por ello, que la medición del consumo de energía es de gran importancia en la industria y se constituye como el punto medular de los sistemas de medición. Otro aspecto importante en la eficiencia energética es la supervisión del consumo, el cual, no es otra cosa que la medición constante del valor con objeto de análisis. (Campos, Prías, Quispe, Vidal, & Lora, 2008) (Padrón Ramos, 2011)

Un buen uso de los sistemas de gestión para lograr mejoras continuas implica la realización de pruebas sistemáticas a las posibles soluciones, para así evaluar los resultados e implementar las que den un resultado positivo. Las actividades para controlar, medir, analizar, evaluar, auditar y realizar revisiones energéticas fortalecen las iniciativas de plantear estrategias de eficiencia energética, ayudando a establecer tendencias de usos de la energía racional, indicadores de rendimiento, implementar planes de acción sobre análisis de los datos para impulsar nuevas estrategias.

Basándonos en el desarrollo tecnológico en actualidad, desarrollo que nos facilita métodos informáticos para la adquisición de información, depuración de datos y control del proceso de suministro y gasto de energía; es posible plantear el diseño de un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) para la supervisión del consumo eléctrico de la Planta de Yogurt. Este sistema, de llevarse a vías de hecho, permitiría la ejecución de las estrategias descritas en el párrafo anterior. (Padrón Ramos, 2011)

Dentro de las estrategias de eficiencia energética también se busca mejoras en la gestión de mantenimiento que le brinde herramientas para obtener una mayor disponibilidad de equipos y a su vez que estos trabajen de forma óptima, dando el soporte necesario para que el departamento de producción entregue a satisfacción un producto de alta calidad, una estrategia de aporte a la planeación de mantenimiento es realizar una jerarquización y matriz de criticidad

de los equipos, con esto mitigar el indicador de paradas técnicas de la planta de yogurt, paradas que afectan la línea de producción y el consumo energético de la planta.

1 CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Planteamiento del problema y justificación.

La importancia en la calidad de los productos de la industria de alimentos, están asegurados y respaldados por el buen funcionamiento de sus equipos y su sistema general, reduciendo los riesgos de falla en la maquinaria, equipos e instalaciones en el momento de estar operando; Todo esto depende de un buen diseño del plan de actividades del mantenimiento de la planta y un análisis de este, donde se abarcan funciones como la gestión energética y el control y monitoreo del proceso general de la planta.

Con la finalidad de proponer reformas en el consumo de energía debemos obtener la información basada en los procesos de la planta y lo que se requiere para lograr un buen resultado en la producción, también identificar los equipos y sistemas que generan un consumo considerable de energía y así poder plantear alternativas de solución a los indicadores energéticos, además efectuar una caracterización de las magnitudes que definen el comportamiento y consumo energético de estos sistemas.

El consumo de energía eléctrica en las industrias es considerablemente alto debido a la implementación de motores eléctricos y demás equipos de alto consumo, es fundamental para la empresa, la producción, el impacto ambiental y la vida útil de los equipos, conocer el consumo de energía. Dentro de la gestión energética, es indispensable medir el consumo de energía, para con estos datos poder plantear estrategias que nos ayude a estabilizar el consumo respecto a las intervenciones de mantenimiento y la producción de la planta.

Así mismo, es importante conocer la instrumentación que es necesaria para el cumplimiento de la conexión, el control, maniobra y distribución de los procesos, y de igual manera los instrumentos encargados de la protección, medida y señalización; estos

dispositivos son en su mayoría los que contienen un tablero eléctrico y los que permiten que una instalación eléctrica opere correctamente; suministrar en forma concisa información significativa acerca del sistema por medio de diagramas es de mucha importancia para realizar mantenimiento a las instalaciones eléctricas, es por esto que se ve la necesidad plantear la actualización de los diagramas unifilares de los tableros eléctricos de la planta.

La falta de medición impide comprobar el consumo de energía eléctrica real de los procesos en la planta de yogurt, un sistema de medición de energía eléctrica complementa la necesidad de supervisar y monitorear variables y así mismo, tener la facilidad de acceder a datos de los que se obtenga información y también permitan llevar un registro de los parámetros del consumo de energía en las distintas áreas de producción.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General:

- Plantear estrategias para reducir el gasto energético en los procesos de la planta de yogurt basado en información adquirida sobre las variables del proceso.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Identificar el estado actual y funciones de las instalaciones, maquinaria y equipos, con el fin de conocer el proceso industrial de la planta de yogurt.
- Proyectar un método de medición y captura de datos implementable a corto plazo que suministre información relevante para el desarrollo de estrategias que minimicen el consumo energético.
- Proyectar reformas que conlleven a la mitigación del consumo de energía en sistemas o equipos que presenten un impacto considerable al consumo de energía general de la planta de yogurt.
- Verificar que los esquemas eléctricos coincidan con la conexión real del sistema y aplicar actualizaciones a los que sean requeridos.

- Desarrollar un análisis de criticidad semicuantitativo de los equipos de la planta de yogurt, fundamentado en factores ponderados para crear una clasificación de equipos en críticos, medianamente críticos y no críticos.
- Documentar los resultados obtenidos y reformas propuestas con el método de medición implementable a corto plazo.

1.3 La industria de lácteos (Yogurt).

La leche y sus derivados son de los alimentos más utilizados desde la antigüedad por el hombre, tanto así, que su consumo ha convertido en un hábito en la mayoría de los hogares; la leche y productos lácteos forman parte de una importante dieta habitual de las personas, en la actualidad es de gran importancia velar por la salud de los consumidores de los productos de las industrias lácteas, ya que se expenden con las grandes cantidades de productos al mercado, por tal motivo estos alimentos deben cumplir con unos estándares de calidad; uno de los alimentos derivados de la leche, es el yogurt, el mismo que se comercializa en varias marcas, precios y tamaños. (López Escobar, 2014) (Ruiz Rivera & Ramírez Matheus, 2009)

Los procesos de elaboración de yogurt detallan el yogurt firme donde la fermentación se lleva a cabo en el mismo envase y el yogurt batido en el que la fermentación es realizada con ayuda de tanques de almacenamiento, antes del batido y envasado. (López Escobar, 2014) El proceso básico para la fabricación de yogurt en la industria va desde la recepción de la materia prima, es decir, la leche, hasta su envasado y comercialización, dentro los pasos para la fabricación del yogurt tenemos los siguientes:

1.3.1 Recepción de leche.

La recepción es donde se recibe la materia prima, la leche; allí se determina a través de pruebas el volumen y la calidad de esta, se realiza una serie de análisis de las características organolépticas, densidad, acidez y las células somáticas de la leche (López Escobar, 2014)

1.3.2 Tratamiento térmico.

El tratamiento térmico se hace con el objetivo de eliminar gérmenes, patógenos, bacterias, levaduras y mohos indeseables que contenga la leche, este tratamiento ayuda también con la formación de la flora láctica específica y, además, mejora la textura del yogurt. (López Escobar, 2014)

1.3.3 Homogenización.

El proceso de la homogenización de los productos lácteos brinda el beneficio de la uniforme distribución de grasa, este proceso impide la separación del producto en la formación de coágulos y ayuda también en la firmeza del producto final. El proceso de homogeneización es realizado después del tratamiento térmico. (López Escobar, 2014)

1.3.4 Pasterización.

La pasteurización es un proceso que se realiza antes de la coagulación, con el fin de eliminar las bacterias patógenas y así poder conseguir una coagulación perfecta. (López Escobar, 2014)

1.3.5 Fermentación.

El proceso de fermentación se lleva a cabo a través de la inyección de fermentos o cultivos de bacterias Lácticas, esta es necesario hacerla en dosis altas con el fin de garantizar la acidificación. Estas bacterias imparten a la leche fermentada unas características más o menos filantes según la cepa. (López Escobar, 2014)

1.3.6 Enfriamiento.

El enfriamiento del producto se realiza para llevar a la temperatura óptima para el desarrollo de las bacterias lácticas, en este proceso se puede agregar los aromas y colorantes característicos del yogur desea obtener y se inocula el cultivo. (López Escobar, 2014)

1.3.7 Incubación.

Este proceso se lleva a cabo según el tipo de yogurt que se desee elaborar ya sea este firme o líquido. Para un yogurt firme la incubación se hace en el mismo envase y para caso de yogurt líquido la incubación se hace en tanque de fermentación. (López Escobar, 2014)

1.3.8 Envasado.

Para el envasado del yogurt, normalmente se usan envases de plástico, que llevan la presentación requerida por la empresa; luego del proceso de envasado, el producto es refrigerado a una temperatura próxima a los cuatro grados centígrados para disminuir la actividad bacteriana y asegurar su conservación. (López Escobar, 2014) (Ruiz Rivera & Ramírez Matheus, 2009)

El proceso industrial del yogurt incluye la utilización de una gran variedad de maquinaria y equipos industriales que son necesaria para ofrecer al mercado un producto de alta calidad. (Chávez Lemus, 2006)

1.3.9 El Yogurt.

El yogurt es un producto alimenticio de consistencia semisólida derivado de la leche, la cual es sometida a los procesos mencionados anteriormente. En el proceso de elaboración del yogurt, a la leche que fue anteriormente pasteurizada y homogenizada se le añaden ciertas bacterias, que tienen la función de transformar sus componentes nutritivos, donde la lactosa pasa a ser ácido láctico, las grasas y proteínas de la leche sufren una predigestión y se transforman en alimento de fácil digestión para nuestro organismo. El yogurt posee un alto valor nutritivo, el cual es muy similar al de la leche; sin embargo, su diferencia se debe a que la lactosa se encuentra en concentraciones mínimas, por la transformación de esta en ácido láctico. (Chávez Lemus, 2006)

1.4 Gestión de mantenimiento.

Para las industrias es una necesidad asegurar el correcto y buen funcionamiento de los equipos en los procesos de producción, así como de obtener de ellos la máxima disponibilidad, estas necesidades han dado origen a una significativa evolución del mantenimiento industrial. (Rojas Jar, 2008) Para el autor del libro “tecnología del mantenimiento industrial”, el concepto de mantenimiento se puede definirse de muchas formas, esto, teniendo en cuenta el enfoque que se le dé en cada caso. No obstante, se hace indiscutible que el punto de partida del mantenimiento es mantener el correcto estado funcional de los equipos e instalaciones. (Gómez de León, 1998) Así mismo, disponer del máximo aprovechamiento de la vida útil de cualquier equipo o instalación, así como de cualquiera de los elementos que estos contengan, de igual manera, el mantenimiento también suele ser considerado como un aporte al desarrollo industrial sostenible, y consecuentemente con impactos positivos en la mejora del medio ambiente, por lo que un aprovechamiento óptimo de los recursos, llevan a la disminución del consumo energético. (Repetto Trujillo, 2016)

En la evolución del mantenimiento industrial, este ha pasado de ser considerado como una actividad necesaria pero improductiva, a ser parte fundamental e integrante del sistema de producción, ya que es el mantenimiento el área capaz de mantener la capacidad de producción requerida. En definitiva, puede considerarse que el mantenimiento produce disponibilidad. (Gómez de León, 1998) (Rojas Jar, 2008)

1.4.1 Tipos de mantenimiento.

Aunque es posible que se establezcan diferentes clasificaciones del mantenimiento, debido a las distintas funciones que se le atribuyen a éste así como a la forma de llevarlas a cabalidad; sin embargo, atendiendo a la forma tradicional, se admite una clasificación que se base en un enfoque metodológico de planteamientos, desde esta perspectiva, pueden distinguirse los siguientes tipos de mantenimiento: Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento

Preventivo, Mantenimiento Predictivo y Mantenimiento Productivo Total. (Gómez de León, 1998) (Mora, 2000)

1.4.1.1 Mantenimiento Correctivo.

El mantenimiento correctivo, también llamado mantenimiento "rotura" (breakdown maintenance), es un tipo de mantenimiento en el que sólo se interviene a los equipos cuando la avería ya se ha producido. Por ende, este tipo de mantenimiento se basa de una actitud pasiva frente a la evolución del estado de los equipos, en el cual se está a la espera de la avería o fallo. (Gómez de León, 1998)

A pesar de que, a primera vista, por su definición puede parecer una actitud indiferente a la atención de los equipos, lo cierto es que este tipo de mantenimiento es el único que se ejecuta en muchas de las industrias, y en repetidas ocasiones está plenamente justificado, sobre todo en los casos donde el costo de los elementos afectados es bajo, y donde los equipos son de naturaleza auxiliar y no están directamente relacionados con la líneas producción. (Gómez de León, 1998) Existen otros casos, y es cuando el fallo de los equipos no afecta o interrumpe la producción y tampoco afecta la capacidad productiva. En la mayoría de estos casos, el coste depende de las fallas imprevistas que el equipo presente, que sin embargo este costo es menor si se aplicara otro tipo de mantenimiento.

De esta manera es posible indicar, que para las industrias con instalaciones y quipos que lleven un plan de mantenimiento sofisticado, aun así, existe generalmente un gran número de equipos que realizan exclusivamente este tipo de mantenimiento. Con este tipo de mantenimiento no se requiere de ninguna planificación sistemática, por lo que no se trata de un seguimiento organizado de tareas. (Gómez de León, 1998)

1.4.1.2 Mantenimiento Preventivo:

Ya hemos mencionado que el objetivo principal del mantenimiento industrial es dar garantía de la disponibilidad de los equipos e instalaciones industriales, a fin de lograr que el

rendimiento sea óptimo, ya sea para los sistemas de producción, como para los equipos y recursos humanos destinados al mantenimiento de estos. (Mora, 2000)

Entendiendo esto, podemos decir que el mantenimiento preventivo supone un paso importante en el objetivo principal del mantenimiento industrial, ya que el mantenimiento preventivo busca disminuir o evitar las intervenciones de reparación por fallas mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de elementos que presenten deterioro. En la ejecución del mantenimiento preventivo se procede al desmontaje total o parcial de los equipos para hacer la revisión del estado en que se encuentren sus elementos, y se reemplazan los que se consideren según sea el análisis realizado. existen elementos son sustituidos sistemáticamente de los equipos en cada inspección, para ello, se toma como referencia el número de operaciones realizadas o basado en un determinado período de tiempo de funcionamiento. (Mora, 2000)

Para un cumplimiento satisfactorio de este tipo de mantenimiento es necesario que el periodo de inspección a los equipos sea determinado correctamente, ya que con periodos demasiado largos se pueden presentar fallas en los equipos, pero un periodo demasiado corto puede elevar los costos de producción. La solución para esto es encontrar el equilibrio entre los costos y las fallas imprevistas. Pero la determinación del punto de equilibrio es difícil y suele ajustarse en función de la propia experiencia. (Gómez de León, 1998)

1.4.1.3 Mantenimiento Predictivo:

Este tipo de mantenimiento también es conocido como mantenimiento según estado o según condición, este tipo de mantenimiento surge a partir de la necesidad de reducir los costes de los métodos tradicionales, el mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo. La noción principal que se tiene de este tipo de mantenimiento parte del conocimiento del estado de los equipos. Así se hace posible, por un lado, el reemplazo de elementos cuando realmente no se encuentren en buenas condiciones operativas, eliminando las paradas por

inspección que no son necesarias y, por otro lado, evitar las fallas o averías inesperadas, mediante la detección de cualquier anomalía funcional y llevando un seguimiento de la posible evolución. (Gómez de León, 1998) (Mora, 2000)

Para el desarrollo del mantenimiento predictivo se basan en dos pilares primordiales: La existencia de parámetros funcionales indicadores del estado del equipo y la vigilancia continua de los equipos. (Gómez de León, 1998)

Cabe resaltar que para la mayoría de los equipos, elementos o componentes de las máquinas de alguna manera dan aviso de alguna avería antes de que ésta ocurra, es por esto que, si se aplica un el seguimiento de los parámetros funcionales adecuados es posible detectar prematuramente la avería de algún componente de la máquina, de esta manera se podrá asegurar el correcto funcionamiento, analizar su evolución y predecir la vida residual de los componentes. (Mora, 2000)

1.4.2 Funciones del mantenimiento:

En términos muy generales, podemos afirmar que las funciones básicas del mantenimiento se pueden resumir en el cumplimiento eficaz de los trabajos necesarios que permiten establecer y mantener a los equipos de producción en óptimas condiciones de modo que cumpla con los requisitos del proceso. (Gómez de León, 1998)

Reunir los requisitos de esta afirmación dependerá de distintos factores entre ellos el tipo de industria, la política interna de la empresa y las características en la producción. Sin embargo, las actividades llevadas a cabo por mantenimiento pueden cambiar según la empresa, la cual atiende a la estructura organizativa de las mismas, por lo que las funciones del mantenimiento no serán las mismas en cada una de ellas. (Gómez de León, 1998)

Por lo tanto, atendiendo de estos factores mencionados anteriormente y bajo el campo de acción de las actividades realizadas en el área de mantenimiento industrial podemos mencionar las siguientes responsabilidades:

- Mantener los equipos e instalaciones en condiciones operativas, eficaces y seguras.
- Efectuar un control del estado actual de los equipos, y su disponibilidad.
- Realizar los análisis necesarios para reducir el número de averías imprevistas.
- En función de los datos históricos disponibles, efectuar una previsión de los repuestos.
- Intervenir en los proyectos de modificación del diseño de equipos e instalaciones.
- Realizar tareas que implican la modificación o reparación de los equipos o instalaciones.
- Instalación de nuevo equipo.
- Asesorar a los mandos de producción.
- Velar por el correcto suministro y distribución de energía.
- Realizar el seguimiento de los costes de mantenimiento y la preservación de locales.
- Gestión de almacenes.
- Tareas de vigilancia.
- Gestión de residuos y desechos.
- Establecimiento y administración del servicio de limpieza.
- Proveer el adecuado equipamiento al personal de la instalación. (Gómez de León, 1998)

Sin importar cual sean las responsabilidades que se asignen al departamento de mantenimiento, es sumamente importante para el buen funcionamiento de una organización que las funciones estén claramente definidas y sus límites de acción y autoridad previamente establecidos. Ya que con esto podemos evitar que determinadas actividades de mantenimiento queden mal definidas. (Gómez de León, 1998)

1.5 Eficiencia energética.

En la producción industrial debido al necesario uso de la energía conlleva a la causa principal de las emisiones de gases de efecto invernadero, gases que se consideran responsables del cambio climático; una de las claves que buscan mitigar los altos consumo de energía, y por lo tanto luchar contra el cambio climático, es la eficiencia energética. La mitigación del consumo y la eficiencia energética es una herramienta vital para la contribución a la mejora del medio ambiente, en especial en lo que se refiere al calentamiento global. (Linares, 2009)

De este modo podemos definir a la eficiencia energética como aquella práctica que tiene como objetivo principal la reducción del consumo de energía. La eficiencia energética no es más que el uso eficiente de la energía; de esta manera optimizar los procesos de producción empleando el mismo o menor consumo de energía. (Moreno, 2011)

La eficiencia energética es un tema de interés que viene desde la Ley 143 de 1994. En efecto, el artículo 66 establece que "El ahorro de la energía, así como su conservación y uso eficiente, es uno de los objetivos prioritarios en el desarrollo de las actividades del sector eléctrico". Pero la Ley 508 de 1999 en el artículo 4. numeral 14.2.1.3 es la que generaliza el concepto a todos los consumos de energéticos y establece un objetivo encaminado a lograr la eficiencia en el consumo energía y poder desarrollar metodologías de ahorro en los subsectores más representativos de la industria, con el fin de optimizar e implementar una reducción del consumo en toda forma de energía por parte de los usuarios finales. (Moreno, 2011) (Congreso, 2007) (Campos Avella, 2013)

El mantenimiento que está centrado en la eficiencia energética se convierte en un complemento de la gestión del mantenimiento para las empresas que además de incrementar la vida útil de los usos significativos de energía e incrementar su nivel de disponibilidad produce ahorros muy significativos en el consumo de energía. (Campos Avella, 2013) (Altmann, 2016)

1.5.1 Optimización en la industria.

Actualmente en la industria, la optimización de la producción se ha convertido en un punto clave para llegar a alcanzar los niveles de competitividad que el mercado requiere. Esta optimización globalizada está basada principalmente en la reducción de los tiempos del ciclo productivo y en el aumento del rendimiento de las plantas industriales. (Alvarez, 2019)

La optimización de procesos industriales es el esfuerzo que una organización hace con la finalidad de dar garantías de un aumento máximo en la productividad, aumento máximo en la seguridad y la reducción de los costos de operación. La optimización industrial tiene como objetivo cumplir y mantener los niveles de producción y eficiencia lo más alto posible, a través del control de las variables de un proceso industrial. (Pacheco, 2017)

De igual forma, más que lograr los mejores resultados, la optimización industrial también implica una planificación de las actividades con el fin de llevar a cabo la máxima eficacia. Es por esto, que se hace necesario la recopilación de datos en tiempo real, transformar los datos en información útil, proporcionarlos con agilidad, utilizarlos para apoyar la toma de decisiones y promover la mejora continua en los procesos industriales. (Alvarez, 2019)

1.5.2 Automatización y control industrial.

La automatización y control industrial es la aplicación de diferentes tecnologías con el fin controlar y monitorizar un proceso industrial donde las máquinas, equipos o dispositivos que habitualmente cumple funciones o tareas repetitivas, operen automáticamente, reduciendo al mínimo la intervención humana, esto con la finalidad de que una organización cumpla con los requisitos de producción de manera óptima y más eficiente, reduciendo sus costes de producción, y así mismo conservando la calidad de sus productos finales. (Nunsys, 2017)

La construcción de una serie de actividades que brinden soluciones a la automatización industrial en una empresa agiliza el proceso de producción, el tiempo y minimiza costos, lo que genera enormes beneficios prácticamente desde el momento de su implantación, básicamente

esto se realiza mediante la introducción de software y tecnologías que permiten la automatización y control de procesos industriales, los dispositivos industriales con esta tecnología, nos permite monitorizar en tiempo real todos los datos del consumo y proceso de producción. (Nunsys, 2017)

1.5.3 Controlador industrial PLC.

Los controladores industriales son equipos o sistemas que permiten automatizar los procesos industriales, estos dispositivos brindan mejoras en los tiempos de ejecución de los procesos con la finalidad de bajar tasas de averías y que operen en ambientes peligrosos, sin la necesidad de la total intervención humana. En la industria existen diferentes tipos de controladores industriales, para distintas aplicaciones, pero todos estos dispositivos aplican el mismo principio de funcionamiento, es decir que miden las variables de un proceso a través de sensores, recopila y entregan esa información a una unidad de procesamiento en donde es comparada con el valor esperado, esto lo hace ejecutando algoritmos de control los cuales establecen funciones que determinan cómo se modifica el valor de las variables que actúan como entradas del proceso a controlar. (Revista Electroindustria, 2016)

Entre los elementos más usados para la automatización de los procesos industriales están los PLC (Controlador lógico programable) que también son conocidos como autómatas programables, este equipo es básicamente una computadora industrial la cual se encarga de procesar todos los datos y señales recopilados de un proceso con ayuda de dispositivos como sensores, botones, temporizadores o cualquier señal de entrada, para posteriormente controlar otros dispositivos denominados actuadores entre los cuales están los pistones, motores, válvulas, entre otros; y de esta manera poder controlar cualquier proceso industrial de forma automática. Gracias a las características que poseen los PLC se han convertido en una herramienta fundamental para el desarrollo tecnológico de las industrias. (Ingeniería Mecafenix , 2018)

En el sector industrial la producción y la productividad son pilares fundamentales y de principal importancia en muchos sentidos, sin embargo, se hace necesario conocer cómo funcionan y cuáles son los ingredientes de su éxito. Por consiguiente, es necesario dedicar un espacio más que merecido a la programación de sistemas de control de proceso industrial con el propósito de esclarecer cómo la programación de sistemas de control puede mejorar el desempeño de la producción en las empresas. (Meinsa, 2020)

1.5.3.1 PLC Siemens S7 300.

El autómatas Siemens S7 300 es ideal para los procesos de optimización en los procesos industriales y para la supervisión y monitoreo de las variables de producción entre ellas indicadores de consumo de energía eléctrica. Estos dispositivos constan de:

1.5.3.1.1 Módulo de señales.

Tienen la capacidad de adaptar las señales obtenidas de un proceso, en señales internas o de control que vuelven a los actuadores por medio de señales digitales y analógicas. (SIEMENS , 2003)

1.5.3.1.2 Señales digitales.

Son señales discretas cuantificadas que expresa una amplitud, contienen variables eléctricas con dos estados diferenciados entre sí, los cuales se alternan en el tiempo transmitiendo información según se hay acordado previamente en la elaboración del código. (SIEMENS , 2003)

1.5.3.1.3 Señales analógicas.

Son señales que transmiten información representada en una función matemática continua, estas señales son modificadas para poder transferir por medio de ondas, que pueden ser leídas por dispositivos que estén elaborados para este fin en específico. (SIEMENS , 2003)

1.5.3.1.4 CPU.

La unidad central de procesamiento es la encargada de interpretar las instrucciones estipuladas por el usuario y consultar el estado de las entradas. Esta es la parte inteligente del sistema. (SIEMENS , 2003)

1.5.3.1.5 Bit de estados.

Indican el estado y error de la unidad central de proceso CPU. Entre ellos, SF error de hardware y software, BF error de bus, DC5V alimentación de 5 voltios para CPU y bus de S7-300 correcta, RUN en arranque, STOP en parada. (SIEMENS , 2003)

1.5.4 Comunicación de las redes industriales.

Hablaremos del protocolo de comunicación que está basado en estándares TCP/IP, Ethernet/IP; este protocolo de red en niveles con los que se puede desarrollar una serie de aplicaciones de automatización industrial, en donde se usa hardware y software Ethernet con la finalidad de implantar normativas para configurar, acceder y controlar dispositivos de automatización industrial. (Rodríguez, Posada, Diaz, & Cano, 2018)

Las instalaciones expuestas a condiciones severas de polvo, temperatura, humedad, interferencias electromecánicas o vibraciones pueden acarrear perjuicios en su desempeño y seguridad. Los ambientes agresivos en los que las averías en algunos de estos elementos es una constante, los alcances normales de conexión se pueden corroer, desgastar, atascar y muy posiblemente, fallar. La puesta en marcha de un sistema basado en Ethernet/IP no está exenta de escollos, un problema común en plantas con dispositivos a gran distancia como ocurre en la planta de yogurt es la longitud de transmisión del cable Ethernet. Según los estándares generales, la longitud máxima de transmisión de este tipo de cable es de 100 metros. (Rodríguez, Posada, Diaz, & Cano, 2018)

1.5.4.1 Convertidor de medios de fibra.

Un convertidor de medios de fibra es un dispositivo con la capacidad de cambiar las señales que son transmitidas por medio de un cable de cobre a señales ejecutadas en fibra, este modifica las características de los cables sin cambiar la naturaleza de la red. Se puede instalar en cualquier lugar de la red, cambiando el formato de la señal UTP basada en Ethernet a un formato compatible con cables de fibra óptica, en el extremo del cable de fibra, se usa un segundo conversor de fibra a UTP para cambiar los datos a su formato original. (Intriago R, 2018)

1.5.4.2 AS-Interface.

Este protocolo de crea un sistema de bus para redes de sensores y actuadores. Un sistema industrial formado por redes AS-i es considerado como el más económico e ideal para la comunicación entre sensores y actuadores. Una red AS-i es muy simple y requiere un solo cable para conectar los módulos de entrada y salida, no requiere de terminadores o archivos para describir equipos, la simplicidad es su principal importancia. (Castro Muñoz, 2013)

1.5.5 Los sistemas SCADA

Un SCADA es una aplicación de software diseñada con la finalidad de controlar y supervisar datos a distancia, los cuales se basan en la adquisición de variables de los procesos remotos utilizando las herramientas de comunicación necesarias en cada caso. (López, 2015)

También, es la base principal para la programación de sistemas de control de un proceso industrial. No se trata de un sistema de control, sino de un software de monitorización o supervisión que realiza la tarea de interfaz entre los niveles de control. Estos sistemas no son más que la base de todo software de control industrial y pueden desarrollarse en muchas de las situaciones que se presentan en los procesos. A la hora de hablar de SCADA hacemos referencia a una solución extremadamente versátil, la cual brinda la posibilidad de supervisar y controlar en profundidad todos los procesos industriales. (Meinsa, 2020) (Padrón Ramos, 2011)

Con el desarrollo de un sistema SCADA es posible facilitar información precisa para efectos de estudio, análisis y estadística, también permite una medición más rápida y confiable, no es necesario la intervención constante de los usuarios para realizar labores de lectura de las variables ya que estos son leídos y enviados a centros de cómputos a través de la red. (López, 2015)

1.5.5.1 Arquitectura de un sistema SCADA.

La arquitectura de un sistema SCADA no posee una normativa o estructura internacional ni esta estandarizada, sin embargo, para entender la estructura de este podemos decir que los sistemas SCADA consta de cuatro niveles. (Quilumba T & Quimbata T, 2021)

1.5.5.1.1 Nivel de instrumentación.

En este nivel operan dispositivos tipo electrónico capaces de capturar las variables de los procesos y convertirla en una señal eléctrica.

1.5.5.1.2 Nivel RTU.

El RTU (Unidad Terminal Remota), es un dispositivo encargado de la recopilación, almacenamiento y tratamiento de la información que viene de la instrumentación de campo.

1.5.5.1.3 Nivel de comunicaciones.

Este nivel es el encargado de tomar la información procesada por la RTU y transmitirla hasta el centro de control por el medio escogido.

1.5.5.1.4 Centro de control.

Este nivel está formado por un conjunto de ordenadores, periféricos y software encargados de realizar el procesamiento de las señales y la presentación de los datos al usuario.

1.5.5.2 Instrumento principal de un sistema SCADA.

Como la herramienta principal para los sistemas SCADA, el controlador lógico programable ofrece una variedad de beneficios que se deben tener en cuenta, aun si se trata de un hardware tradicional o anticuado. Entre las ventajas que nos ofrece, está la de mejorar la productividad, esto gracias a que presenta las características que mencionaremos a continuación:

1.5.5.2.1 *Fácil de programar.*

Para la instalación de este tipo de activos, aunque se hace necesario que personal especializado la ejecute, es sencillo. Son equipos que, en su mayoría, son de reducido tamaño por lo que estamos hablando de una solución versátil y flexible. (Meinsa, 2020)

1.5.5.2.2 *Bajo consumo energético.*

No solo son de reducido tamaño, sino que además el PLC también presentan un consumo energético considerablemente inferior al de otros sistemas de automatización. (Meinsa, 2020)

1.5.5.2.3 *Monitorización de procesos.*

Esta es una de las ventajas más relevantes que puede ofrecer un buen de sistemas de control de proceso industrial, brindando la capacidad de monitorización de procesos. Los PLC pueden llevar un riguroso análisis del funcionamiento de estos procesos y de los equipos que intervienen en este, para poder así optimizarlos. (Meinsa, 2020)

1.5.5.2.4 *Bajo coste.*

Como una de las ventajas es la fácil instalación y de bajo consumo, su coste también se ve reducido. Para los sistemas de control industrial estamos hablando de una de las opciones más económicas del mercado. (Meinsa, 2020)

Otra herramienta versátil para los sistemas de control es La Interfaz hombre máquina, conocer la forma en que se accede a la información y a los paneles de control también es importante. En realidad, si no se cuenta con una interfaz amigable es más probable que ocurran una serie de errores, los cuales podrían evitarse si se contara con una interfaz HMI o Human-Machine interfaz. La HMI presenta todos los elementos que es necesario conocer de un proceso en una forma gráfica y sencilla, y se convierte en el traductor de los estímulos que generan las maquinas en información comprensible para los usuarios. (Meinsa, 2020)

1.5.5.3 WinCC.

WinCC Flexible es un software de ingeniería basado en Windows creado por Siemens para producir pantallas HMI. Este software es ideal en todas las aplicaciones en las que se requiere control y supervisión ya sea en la producción o en la automatización de procesos. (Normanyo, Husinu, & Ofosu, 2014)

1.6 Distribución energética en la industria.

Un sistema eléctrico cuenta con etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, y su función principal es la de transportar dicha energía hasta los puntos de distribución y por último suministrarla a los equipos en forma segura y con los niveles de calidad exigidos. Un gran porcentaje para la efectividad de los sistemas de energía está sujeto a la distribución, lo que implica necesariamente un trabajo de mucha dedicación en el diseño y la operación del sistema de distribución por lo que se necesita emplear una información voluminosa, lo cual es una tarea compleja, pero de gran trascendencia. (Castaño, 2004)

En la industria, es necesario contar con instalaciones eléctricas que tanguen la capacidad de permitir que el proceso de productividad se desarrolle con total normalidad. La maquinaria que es utilizada en la industria consume una enorme cantidad de recursos eléctricos, por

consiguiente, es de absoluta necesidad que se realicen acometidas eléctricas a gran escala que permitan que todos los elementos funcionen a la perfección. (Oña Guanoquiza, 2019)

1.6.1 Planos eléctricos.

Los planos eléctricos son una representación a escala de una instalación eléctrica, que por medio de la utilización de una simbología y un trazado que deben corresponder a lo exigido por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE y la norma NTC 2050 que rigen en nuestro país. En esta normativa establecen los requerimientos para todas las instalaciones tanto residenciales como industriales. (Oña Guanoquiza, 2019) (RETIE, 2013)

Un plano eléctrico, diagrama unifilar, o esquemático que por lo regular siempre se hacen para las instalaciones industriales o en grandes edificaciones, contiene la información de la topología (forma de conexión), detalles de producto (especificaciones básicas) y por lo general posee un rotulado donde se encuentra la información de quien diseñó, revisó y aprobó dichos planos; igualmente, un espacio para las notas donde se consignan las observaciones o consideraciones especiales de diseño. (Oña Guanoquiza, 2019) (RETIE, 2013)

1.7 Medición de energía eléctrica.

La medición de energía eléctrica se realiza por medio de medidores del consumo o contadores eléctricos. El parámetro que se toma como medida en las acometidas eléctricas generalmente es el kilovatios-hora o kilowatt-hora. (JD, 2020) La tecnología que es implementada en un sistema automático de medición de energía eléctrica permite la identificar la energía que se consume en tiempo real y guardar un histórico que se pueda usar para el análisis del comportamiento del consumo.

Medidor de energía eléctrica es un instrumento que permite medir valores de magnitudes eléctricas como tensiones y corrientes, permiten también medir la potencia aparente, reactiva, efectiva y otros valores de energía. (SIEMENS, 2008)

1.7.1 Medidor de energía SENTRON PAC3200.

El dispositivo Siemens SENTRON serie PAC3200 de control de potencia permite medir parámetros eléctricos como tensión, corriente, potencias, valores de energía, frecuencia, factor de potencia y asimetría. Cuenta con una interfaz Ethernet integrada, módulo de ampliación opcional, protección frontal IP65, medición y visualización de parámetros de red, contador de energía activa, reactiva y aparente. (SIEMENS, 2008)

Los Sentron PAC 3200 para la medición en procesos con alto consumo utilizan transformadores en las entradas de corriente, para la conexión de transformadores de corriente, cada entrada de medición de corriente puede soportar 10 amperios con una tensión de máxima de 300 voltios. Sobrecarga de choque soportable para corriente hasta 100 amperios en un segundo de duración. (León Reyes & Mora Mejía, 2011)

Las configuraciones al Sentron PAC 3200 se realiza de forma manual o remotamente, independientemente de cuál sea la programación que se haga se debe configurar los parámetros de tipo de conexión, relación de voltaje y relación de corriente. Si la relación de voltaje o la relación de corriente no correspondan o se encuentren fuera de rango de la medición el Sentron PAC 3200 mostrará valores erróneos. Además, para las entradas de corriente se debe tener en cuenta el sentido de la corriente. (León Reyes & Mora Mejía, 2011)

1.7.2 Contador de energía eléctrica.

El medidor de energía eléctrica conocido también como contador, es un equipo que tiene la finalidad de medir la energía eléctrica suministrada. Este instrumento mide el consumo de energía eléctrica utilizada, el contador se calibra en kilowatts por hora, un kilowatt por hora es la cantidad de energía precisada para proporcionar 1000 watts de energía en una hora. (JD, 2020)

1.7.3 Importancia de la calibración de los instrumentos de medición.

La calibración es una serie de actividades que ayudan a implantar, en algunas condiciones específicas, la equivalencia entre el valor de los datos que brinda en un instrumento, equipo o sistema de medición, con datos ya conocidos que representan una medida estándar o patrón, asegurando así la trazabilidad de las medidas a las unidades básicas. La calibración es un procedimiento que consiste en la comparación entre lo que indica un instrumento y lo que debiera indicar. (Solé, 2009)

La correcta calibración de los instrumentos suministra la seguridad de que los resultados que se ofrecen cumplen con los estándares requeridos, existe una gran cantidad de razones que fortalecen a las organizaciones a realizar la calibración de sus equipos de medición, con la finalidad de mantener y verificar el buen funcionamiento de los equipos, para responder a las exigencias en las normas de calidad, y garantizar la fiabilidad y trazabilidad de las medidas. (Solé, 2009)

1.8 Motores eléctricos.

Los motores eléctricos consumen aproximadamente el 80% de la energía eléctrica utilizada en el sector industrial; por consiguiente, es importante que el motor y el equipo asociado a este operen de manera óptima, mejor dicho, que el motor haga uso de la energía necesaria para mover la carga y la velocidad de operación sea la que corresponda a su eficiencia máxima. (Quispe Oqueña, 2003)

1.8.1 Arranque directo de motores eléctricos.

El motor trifásico de inducción es el más utilizado en todas las industrias, entre algunas razones, debido a su gran simplicidad constructiva, flexibilidad de aplicación y economía de operación. Desde su creación, para la utilización de estas máquinas se han establecido métodos de arranque que mejor se ajusten al proceso y buscan mitigar el impacto que el arranque genera sobre la red eléctrica y sobre la carga mecánica. (Farina, 2018)

El arranque directo es el procedimiento más sencillo para el arrancar un motor trifásico de inducción. Este método se fundamenta en conectar los devanados estatóricos directamente con los contactos de potencia (contactores). (Farina, 2018)

Dentro de las principales características del arranque directo de un motor tenemos:

- Corriente de arranque = $4 \dots 8 I_n$ (dependiendo del motor)
- Par de arranque = $1.5 \dots 3 M_n$ (dependiendo del motor)
- Alta aceleración con alta corriente de arranque
- Alto estrés mecánico producido a la carga y partes móviles del motor
- Impacto sobre la red eléctrica: Alto

En este tipo de arranque se generan enormes corrientes de arranque, lo cual puede acarrear consecuencias en las instalaciones eléctricas, además, un incremento en el consumo de energía eléctrica afectando directamente la gestión de la energía eléctrica. (Farina, 2018)

1.8.2 Arranque estrella-triángulo.

El arranque estrella-triángulo es un tipo de arranque de motores que se basa en arrancar el estator del motor conectado en conexión estrella, y luego de un periodo de tiempo cuando la velocidad del motor ya este estabilizada, conmutarlo a la conexión triángulo, finalizando así la aceleración y el proceso de arranque. (Ganchozo L & Corral Q, 2017)

1.8.3 Arranque por autotransformador.

El procedimiento para este tipo de arranque al inicio es igual al arranque estrella-triángulo, ya que se basa en la disminución de la corriente aplicando tensión reducida a los devanados estatóricos. Aunque, en este tipo de arranque se tiene la oportunidad de contar con más de un escalón hasta llegar a la tensión nominal, y también, se puede elegir un valor de tensión para cada nivel. (Ganchozo L & Corral Q, 2017)

1.8.4 Arrancador suave.

El arrancador suave brinda una solución a dichos problemas, ya que proporciona una tensión que crece a medida que va transcurriendo el tiempo en forma de rampa continua, este tipo de arranque está libre de conmutaciones, consiguiendo así disminuir los picos de corriente de arranque y los valores alto de estrés mecánico debido a que las conmutaciones son eliminadas. (Ganchozo L & Corral Q, 2017)

1.8.5 Arranque con variador de frecuencia.

Los variadores de frecuencia son la solución óptima para implementar arranques continuos y sin conmutaciones para motores trifásicos de inducción. Este tipo de arranque cuenta con la capacidad de variar la frecuencia de la tensión aplicada al estator del motor, como así también su módulo. Adicional a esto, cuenta con funciones de limitación de corriente que previene los picos de corriente en la red, y mitigan los esfuerzos mecánicos en los equipos. (Ganchozo L & Corral Q, 2017)

1.8.5.1 Variador de frecuencia.

El variador de frecuencia es un instrumento que se encarga de regular la velocidad de motores eléctricos con el objetivo de que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación. Un variador de frecuencia por definición es un regulador industrial que su ubicación en las líneas eléctricas esta entre la alimentación de la energía y el motor. El desempeño que presentan los variadores de frecuencia para el control inteligente de los motores tiene muchas ventajas financieras, operativas y medioambientales ya que supone una mejora de la productividad, incrementa la eficiencia energética y a la vez alarga la vida útil de los equipos. (ABB, 2020)

1.8.5.2 Horómetros.

Los horómetros son dispositivo que se encargan de registra el número de horas en que un equipo, generalmente eléctrico o mecánico ha funcionado desde la última vez que se ha inicializado. (Ponce Ramírez, 2015)

1.9 Norma ISO 50001.

Es una normativa internacional desarrollada por ISO (International Organization for Standardization), en la cual se establecen los requisitos para la gestión de la energía en una organización. Esta normativa se puede aplicar a todo tipo de organización sin tener en cuenta sus funciones y su tamaño. (ISO, 2018)

Con la implementación de esta norma, la organización va a tener la capacidad de acoger los procesos que se utilicen para conocer y comprender su consumo de energía y así poder realizar acciones, planes y objetivos de eficiencia energética que vallan enfocados en la reducción de consumos. De igual forma, esta norma puede ayudar a todo tipo de organización, pública o privada, pequeñas o medianas empresas para ahorrar dinero en la energía desperdiciada y por ende generar un impacto positivo al medio ambiente. (NQA, 2018)

La normativa ISO 50001 desarrolla un método sistemático para la gestión de proyectos de eficiencia energética dentro de una organización, en donde es posible establecer correctamente las prioridades, coordinando la aplicación de cualquier solución encaminada a la reducción del consumo de energía. (NQA, 2018)

Las actividades para desarrollar esta iniciativa pueden ser de carácter técnico, entre ellas están la optimización de tensión, los variadores de velocidad para motores eléctricos, la iluminación de bajo consumo, la actualización de sistemas de enfriamiento y calefacción, entre otros. Sin embargo, esta normativa tiene como finalidad ir más allá de soluciones puramente tecnológicas que muchas empresas ya están utilizando, para ello suministran herramientas que

ponen en práctica las medidas de ahorro energético y, además, fomentan el uso eficiente de la energía, incluyendo todos los aspectos de la organización, identificando realmente las necesidades que poseen, incrementando la comunicación y sensibilización, promoviendo el cambio de cultura en el uso de la energía. (NQA, 2018)

1.9.1 Beneficios de la implementación de la norma ISO 50001.

Un sistema de gestión de energía establece un marco de trabajo para la gestión de energía estableciendo procesos, procedimientos y tareas relacionadas con el rendimiento energético deseado, basado en un marco de planificar, hacer, verificar y actuar. Existen beneficios específicos en la implantación de un sistema de gestión de energía: (NQA, 2018) (ISO, 2018)

1.9.1.1 Marco para la gestión energética.

Un sistema de gestión energética organizado con la estrategia comercial de una organización brindará un enfoque del uso y las áreas donde se puedan hacer mejoras para el rendimiento energético. Estableciendo actividades estructuradas, procesos, procedimientos y planes de acción para implementar oportunidades de ahorro de energía; y de esta manera lograr una mejora continua en la gestión energética. (NQA, 2018)

1.9.1.2 Reducción de costos.

Cualquier actividad que genere una reducción de energía identificada a través de un sistema de gestión energético, permitirá ahorros que se verán reflejados en las facturas de energía, lo que reducirá los gastos generales de una empresa. (NQA, 2018)

1.9.1.3 Reducción energética.

Al momento de implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión energética, una empresa tendrá la capacidad de lidiar no solo con las oportunidades iniciales de ahorro de energía, sino que también podrá identificar dónde, cuándo y cómo se consume la energía. Así mismo, se establecerán mejoras en la eficiencia energética. (NQA, 2018)

1.9.1.4 Reducción de la huella de carbono.

Actualmente muchas empresas dan informe de su producción de dióxido de carbono (CO₂) o "huella de carbono". Cabe resaltar que la reducción del dióxido de carbono no es realmente la razón principal de la normativa ISO 50001, sin embargo, cualquier reducción energética tendrá una correlación directa con la reducción de la huella de carbono. (NQA, 2018)

1.9.1.5 Análisis comparativo.

La normativa ISO 50001 posee como requisito que una organización establezca una línea de base como primera medición de indicadores para actuar como un indicador del rendimiento energético. Al momento de identificar una línea de base, la eficiencia energética se puede rastrear con el tiempo. (NQA, 2018)

1.9.1.6 Comercial.

En la busca de proporcionar bienes y servicios en el sector empresarial, se tiende cada vez más a requerir sistemas que sean acreditados como la normativa ISO 50001, para cumplir con los criterios de la licitación previos al contrato. (NQA, 2018)

1.9.2 No conformidad y acción correctiva.

El desempeño del sistema de gestión energética genera no conformidades y acciones correctivas. Una no conformidad en la relación con el consumo de energía puede ocurrir en cualquier momento, para resolver dichas no conformidades la norma solicita:

Evaluar la necesidad de acciones para eliminar las causas de la no conformidad mediante la revisión de la no conformidad, implementar las acciones necesarias, revisar la efectividad de las acciones correctiva y hacer cambios en el sistema de gestión energética de ser necesario. (ISO, 2018)

1.9.3 Mejora continua.

La mejora continua en el rendimiento energético puede demostrarse reduciendo el consumo energético normalizando el alcance y límites del sistema de gestión energética, se reconoce que las mejoras se consiguen basándose en las prioridades de la organización. Es importante que la organización seleccione objetivos e indicadores de desempeño energético adecuadamente de forma que puedan mostrar mejora energética. (ISO, 2018)

1.10 Gestión energética.

Un sistema de gestión de la energía es un procedimiento que busca asignar una serie de responsabilidades, que tienen como objetivo el uso de los datos y la información para mantener y mejorar la eficiencia energética, al tiempo que mejora la eficiencia operativa, disminuye la intensidad energética y reduce el impacto al medio ambiente. Pedro Linares Llamas en su artículo: Eficiencia energética y medio ambiente, cita que “en estos tiempos de crisis económica, energética y medioambiental, el ahorro y la eficiencia energética aparecen como la principal opción desde el ámbito energético para responder a estos tres desafíos, el ahorro de energía permite ahorrar nuestros escasos recursos (de los que sin embargo depende mayoritariamente nuestro suministro energético) y, parece revelarse como una de las mejores alternativas para reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂)” (Linares, 2009).

La base para el desarrollo de estos ahorros se establece en el hecho de que no consumimos energía, sino servicios energéticos: por tanto, puede ser posible proveer el mismo nivel de servicio energético con un menor nivel de consumo de energía. (Arróliga & Betanco, 2021)

1.11 Análisis de criticidad.

El análisis de criticidad es una metodología utilizada para jerarquizar equipos, sistemas e instalaciones, en función de su impacto global, con la finalidad de brindar un aporte de

aclaración en la toma de decisiones. Al momento de desarrollar un análisis de criticidad se deben tener en cuenta el alcance y propósito de este, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis. (González, Amendola, & Depool, 2008)

Elementalmente se entiende que el análisis de criticidad no es más que un análisis de riesgos de los equipos evaluados. Mientras mayor sea el riesgo en la línea de producción por la avería de un activo, mayor será la criticidad de este. Este análisis se puede realizar de forma cualitativa, semicuantitativa y cuantitativa. (Mendoza, 2000)

Para un análisis de criticidad, su principal objetivo es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, que permite organizar los elementos evaluados en grupos que puedan ser operadas manera controlada y auditable. En la ecuación 1 se expresa la criticidad desde un punto de vista matemático.

Ecuación 1 Criticidad

$$Criticidad = Frecuencia \times Consecuencia$$

Donde, la frecuencia está asociada al número de eventos por fallas o averías que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia toma como referencia el impacto y flexibilidad operacional, así mismo los costos generados por la reparación y los impactos en la seguridad y el medio ambiente. Dicho esto, se establecen como criterios principales para el desarrollo de un análisis de criticidad, la seguridad, el impacto ambiental, la producción, los costos (operacionales y de mantenimiento), el tiempo para reparar y que tan frecuente se presenta una falla. Para seleccionar un método de evaluación se toman criterios de ingeniería, factores de ponderación y cuantificación. Al finalizar, se provee la lista jerarquizada es el resultado que se obtiene del análisis de criticidad. (González, Amendola, & Depool, 2008) (Mendoza, 2000)

Un análisis de criticidad es aplicable en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas de desarrollo más frecuentes son las orientadas a establecer programas de implantación y prioridades en los campos de mantenimiento, inspección, materiales y disponibilidad de planta. (Mendoza, 2000)

1.11.1 Formulación de los criterios de evaluación.

Los criterios establecidos son la base fundamental para un buen desarrollo de un análisis de criticidad, estos criterios se establecen mediante la valoración de los requerimientos de la organización y fundamentalmente de los equipos que se les realizara el estudio. A continuación, mencionamos estos criterios.

- Complejidad tecnológica.
- Importancia del equipo en la producción.
- Funcionamiento por tasa de marcha.
- Frecuencia de falla.
- Tiempo promedio para reparar.
- Costo de mantenimiento.
- Criterio de calidad de equipos que inciden en la calidad de los productos.
- Impacto ambiental
- Impacto en salud y seguridad personal.
- Impacto de pérdidas económicas por falla.
- Asignación de índice de ponderación. (Delgado Rodríguez, 2018)

Para hallar el valor de criticidad de un equipo. Aplicamos la expresión matemática descrita en la ecuación 2 del cálculo del valor de criticidad.

Ecuación 2 *Calculo del valor de criticidad*

$$C = FF * CO$$

Donde; C = *Criticidad* , FF = *Frecuencia de falla* , CO = *Consecuencia*

Siendo la consecuencia el valor adquirido por:

Ecuación 3 *Cálculo de la consecuencia*

$$CO = (CT + FM + TR + CM + CC + (IP * F) + IM + ISP + IPF)$$

CT = *Complejidad Tecnologica*

IP = *Importancia del equipo en la producción*

FM = *Funcionamiento por tasa de marcha*

TR = *Tiempo promedio para reparar*

CM = *Costo de mantenimiento*

CI = *Criterio de inocuidad, equipos que inciden en la inocuidad del producto*

IM = *Impacto ambiental*

ISP = *Impacto en salud y seguridad personal*

IPF = *Impacto en perdidas economicas por falla*

F = *Asignación coeficiente de ponderación, Flexibilidad*

1.11.2 Matiz de criticidad.

La matriz de criticidad está compuesta por tres grupos de criticidad, que están establecidos en la matriz de criticidad, la ubicación del equipo en la matriz depende de la ponderación, de la frecuencia de falla y la consecuencia; tal como se expresa la ecuación 2. (Delgado Rodríguez, 2018)

1.11.2.1 Equipos críticos.

Son considerados como un equipo crítico, todos aquellos equipos que, al ocurrir una falla o avería con su funcionamiento, tienden acarrear la parada total o parcialmente alta, afectando significativamente el proceso de producción de la planta. (Delgado Rodríguez, 2018)

1.11.2.2 Equipo medianamente crítico.

Son considerados medianamente crítico los equipos que, al presentar una avería, afecta de forma parcial y no representa una parada significativa en el proceso de producción. (Delgado Rodríguez, 2018)

1.11.2.3 Equipo no crítico.

Son aquellos equipos que, al presentar una avería, esta no afecta directamente el proceso productivo. (Delgado Rodríguez, 2018)

2 CAPÍTULO II

PUNTO DE PARTIDA PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA

Para el estudio eficiente y planteamiento eficaz de las estrategias que fundamenten el buen funcionamiento de una planta industrial, es necesario conocer el funcionamiento, necesidades que requiere y el comportamiento de los diferentes procesos que allí se presenten; así mismo fijamos el punto de partida en reconocer e identificar los procesos, a continuación, se describe el punto de partida para plantear un sistema de gestión energética.

2.1 Planta de yogurt.

A lo largo de la historia el hombre ha consumido productos fermentados derivados de la leche sin estar al tanto de lo que realmente había en ellos, hoy el yogurt sigue siendo un alimento principal en los hogares. El proceso de elaboración del yogurt era transmitido de generación en generación, sin embargo en los últimos años, este proceso se ha racionalizado principalmente por las nuevas disciplinas y avances de la tecnología industrial.

Una planta procesadora de yogurt es un centro de acopio que cumple con los estándares para la producción de yogurt y mantiene los niveles de salubridad requeridos, en la cual se llevan a cabo actividades de producción, con la supervisión necesaria para incrementar los niveles de calidad del producto ofrecido al consumidor.

2.2 Identificación de equipos y sistemas de la planta de yogurt.

Dentro de una empresa es fundamental conocer los equipos que operan para el cumplimiento de las diferentes actividades que allí se establezcan, la planta de yogurt cuanta con un método que le facilita identificar de sus equipos, por tanto, los equipos de la planta de yogurt ya se encuentran de una u otra forma identificados, para esto, la planta identifica a sus equipos con el uso de códigos, que además, se usan para tener un control y conocimiento de los equipos que se tienen, también para la búsqueda en base de datos, planear intervenciones

de mantenimiento, cargar operaciones, costos y características de los equipos. Básicamente cada equipo cuenta con tres elementos fundamentales en su código (número TAG), esta combinación de números y letras permite identificar el área a la que pertenece, el tipo de equipos y el número que representa a cada equipo en la planta.

En el proceso de identificación de los equipos se generó un listado de 1.253 equipos, este listado el cual cuenta con la ubicación técnica en la planta, el área, el tipo de equipo, identificación, TAG y nombre y características principales de los equipos. En la tabla 1, se muestra las características del listado con algunos equipos del área pasteurización.

Tabla 1

Formato de identificación de equipos en la planta.

UBICACIÓN	ÁREAS	TIPO EQUIPOS	IDEN	TAG	NOMBRE Y CARACTERÍSTICAS
PROCESOS	221 PASTEURIZADOR	INTERCAMBIADOR	221OE-ICP	221OE4100	INTERCAMBIADOR DE PLACAS PASTERIZADOR APV {221*} Q055 S/N:71083
PROCESOS	221 PASTEURIZADOR			221OE4200	INTERCAMBIADOR DE PLACAS PASTO APV {DRAWING 1273 0056-1} H17 S/N.71541
PROCESOS	221 PASTEURIZADOR			221OE4300	INTERCAMBIADOR TUBULAR PASTERIZADOR 221-1 TECALSA {221OE4300} CMT/WS-8-16-85-3M S/N:0-2853.1
PROCESOS	221 PASTEURIZADOR			221OE4400	INTERCAMBIADOR TUBULAR PASTERIZADOR 221-2 TECALSA {221OE4400} CMT/WS-8-16-85-3M S/N: 0-2853.2
PROCESOS	221 PASTEURIZADOR	HOMOGENEIZADOR	221XM4099	221XM4100	HOMOGENIZADOR RANNIE 185 HP APV {221XM4100} 132T-70 / 140 S/N:2-07/ 128
PROCESOS	221 PASTEURIZADOR	BOMBAS	221PU	221PU3101	MOTOBOMBA PASTO 55 M3/H APV {221PU3101} WI+55/35 IMPELLER 200 11KW S/N:3026231
PROCESOS	221 PASTEURIZADOR			221PU3102	MOTOBOMBA PASTO 55 M3/H APV {221PU3102} WI+55/35 IMPELLER 200 11KW S/N: 3026233

PROCESOS	221 PASTEURIZADOR	221PU3104	MOTOBOMBA PASTO 35 M3/H APV {221PU3104} WI+35/35 5,5 IMPELLER 175 S/N:3026232
PROCESOS	221 PASTEURIZADOR	221PU3108	MOTOBOMBA PASTO 35 M3/H APV {221PU3108} WI+35/35 155 S/N:3026234
PROCESOS	221 PASTEURIZADOR	221PU4300	MOTOBOMBA PASTO 12 M3/H KSB {221PU4300} ETALINE GN032-160 / 552G6 S/N:9971219816-300
PROCESOS	221 PASTEURIZADOR	221PU4400	MOTOBOMBA PASTO 12 M3/H KSB {221PU4400} ETALINE GN032-200 / 154 G6 S/N:9971219816-400

Para la identificación de los equipos y sistemas de la planta de yogurt, se fue valorando la importancia que y utilidad que tiene cada equipo, a continuación, se describen las áreas con un listado de los equipos de importancia vital para el cumplimiento de las metas de la planta.

2.2.1 Equipos de área de servicios industriales.

2.2.1.1 Subestación eléctrica.

Estas instalaciones son responsables de tareas como la transformación de tensión, frecuencia, fases o conexiones de dos o más circuitos. La subestación eléctrica de la planta de yogurt cuenta con un transformador de potencia de 1.600 kVA, una planta eléctrica Perkins para suministro de energía y tableros eléctricos para la su distribución, en la tabla 2 se menciona los equipos de esta área.

Tabla 2

Equipos en la subestación eléctrica.

ÁREA	EQUIPOS.
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.	TRANSFORMADOR GENERAL
	PLANTA ELÉCTRICA PERKINS

2.2.1.2 Aire comprimido.

El sistema de aire comprimido resalta su importancia en la gran cantidad de equipos de accionamiento neumático con la que cuenta la planta de yogurt, para la generación de aire comprimido se cuenta con dos compresores de aire, en la tabla 3, se mencionan estos equipos.

Tabla 3

Equipos en aire comprimido.

ÁREAS	EQUIPOS.
AIRE COMPRIMIDO	COMPRESOR DE AIRE ATLASCOPCO ZT 75 VSD FF
	COMPRESOR AIRE ATLASCOPCO ZT 55 FF

2.2.1.3 Plana de frio.

La planta de frio destaca su utilidad en la industria alimentaria por generar y conservar las condiciones de temperatura que los productos necesitan en todas las etapas del proceso, es vital para la calidad de los productos y que las condiciones de producción se mantengan en los diferentes procesos. La planta de yogurt para la generación de frio usa amoniaco como refrigerante y cuenta con equipos como los mencionados en la tabla 4, entre ellos se encuentran tres compresores de amoniaco, dos torres condensadoras, cuatro intercambiadores de calor de placas, una tina de agua helada, motobombas e instrumentación para el control y monitoreo del sistema de generación de frio.

Tabla 4

Equipos en la planta de frio

ÁREA	EQUIPOS.
PLANTA DE FRIO	COMPRESOR AMONIACO N. 1 MYCOM N160VMD T 200
	COMPRESOR AMONIACO N. 2 MYCOM N160VMD T 150
	COMPRESOR AMONIACO N. 3 MYCOM N160VMD T 150
	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFGR (H2O \ NH3)
	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFGR (H2O \ NH3)
	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFGR (H2O \ NH3)
	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFGR (C2H2O2+H2O \ NH3)
	MOTOBOMBA RECIRCULACION AGUA TINA DE HIELO NOWMB 3220
	MOTOBOMBA FABRICACIÓN HIELO NOWA 065130 0
	MOTOBOMBA DESCONGELAMIENTO NOWA 4013 0
	MOTOBOMBA 1 AGUA FRIA PROCESO NOWA 050160 0

MOTOBOMBA 2 AGUA FRIA PROCESO NOWA 050160 0
MOTOBOMBA BAIPÁS A. SUBENFRIADA NOWA 050160 0
MOTOBOMBA AGUA GLICOLADA 1 NOWA 050160 0
MOTOBOMBA AGUA GLICOLADA 2 NOWA 050160 0
TINA AGUA HELADA MYCOM
CONDENSADOR EVAPORADOR - EVAPCO
CONDENSADOR EVAPORADOR - MYCOM
INDICADOR DE PRESIÓN. MANOMETROS.
SENSORES DE PRESIÓN.
SENSORES DE TEMPERATURA.

2.2.1.4 Sistema de agua potable.

La Planta de Yogurt cuenta con un sistema de suministro de agua potable, este consta de 2 tanques de almacenamiento, 3 motobombas que permiten el suministro de agua a toda la planta de manera continua. En la tabla 5, se muestran los equipos de esta área.

Tabla 5

Equipos en suministro de agua potable.

ÁREAS	EQUIPOS.
AGUA POTABLE	MOTOBOMBA 1 AGUA POTABLE NOWA 080320 0
	MOTOBOMBA 2 AGUA POTABLE NOWA 080320 0
	MOTOBOMBA AGUA POTABLE STAND BY NOWA 032160 0
	TANQUES ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE 250 M3

2.2.1.5 Cuarto frio.

Es el lugar determinado para la conservación y almacenamiento del producto terminado, controlando y extendiendo la vida útil del producto por enfriamiento, estos están diseñados para brindar las normativas que el producto necesita para el consumo humano. En la tabla 6, se mencionan equipos importantes de esta área.

Tabla 6

Equipos en cuarto frio

ÁREAS	EQUIPOS.
CUARTO FRIO	DIFUSORES
	CELDS DE ENFRIAMIENTO
	SENSORES DE TEMPERATURA

2.2.1.6 Sistema de ventilación UMA.

La unidad manejadora de aire es un sistema encargado de controlar el aire dentro de un recinto cerrado, en la planta de yogurt controla el aire dentro del área de envasado. En la tabla 7, se muestra que la UMA cuenta con un sistema de expansión de aire dentro del área de envasado y un motor de 30 HP.

Tabla 7

Equipos de ventilación en envasado

ÁREAS	EQUIPOS.
SISTEMA DE VENTILACIÓN DE ENVASADO (UMA)	SISTEMA DE VENTILACION CLAUGER MOTOR SISTEMA DE VENTILACION ENVASADO

2.2.1.7 Planta de tratamiento de aguas residuales.

La PTAR es la encargada de tratar el agua contaminada derivada de los procesos de la planta de yogurt, en esta área se sobresale el compromiso que tiene la empresa con el medio ambiente, el agua retirada es previamente verificada por expertos para devolverla a cauce natural. En la tabla 8, muestra que esta área cuenta con tanques, motobombas y sensores que permiten la rutina del tratamiento de las aguas residuales.

Tabla 8

Equipos en la PTAR

ÁREA	EQUIPOS.
PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	TANQUES PTAR
	BOMBA 1, 2, 3. TANQUE AZUL
	BOMBA 4, 5. TANQUE GRASAS
	BOMBA 6, 7, 8. TANQUE INICIAL
	VALVULAS MANUALES
	SENSORES DE NIVEL
	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS

2.2.1.8 Sistemas de aguas lluvias.

Debido a que la zona donde se encuentra la Planta de Yogurt se presentan precipitaciones de agua lluvia constantes, es fundamental un sistema de drenaje que permita el

flujo constante del agua lluvia. En la tabla 9, se muestra que este sistema posee un tanque de almacenamiento de agua y motobombas que evacuan el agua lluvia, con ayudas de sensores de nivel.

Tabla 9

Equipos drenaje de agua lluvia

ÁREA	EQUIPOS.
SISTEMAS DE AGUAS LLUVIAS	BOMBA AGUAS LLUVIA 1 NOWA 080160 0
	BOMBA AGUAS LLUVIA 2 NOWA 080160 0
	TANQUE AMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS

2.2.2 Equipos de área de procesos.

2.2.2.1 Recepción de leche.

Es el área de la Planta de Yogurt donde se recibe la materia prima fundamental, la leche, consta de dos tanques de acero inoxidable de 50.000 litros para su almacenamiento, motobombas, válvulas manuales y automáticas, sensores e instrumentación para su maniobra. En la tabla 10, se muestra con claridad los equipos que hacen parte de esta área.

Tabla 10

Equipos en la recepción de leche

ÁREA	EQUIPOS.
112 - 121 RECEPCION DE LECHE	TANQUE ALMACENAMIENTO RECEPCION LECHE 1 50000 LT
	TANQUE ALMACENAMIENTO RECEPCION LECHE 2 50000 LT
	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
	VÁLVULA TOMAMUESTRA
	VÁLVULAS MANUALES
	BOMBA 112PU1100 W + 22/20 IMPELLER
	BOMBA ALM LECHE 121PU1200 W + 22/20 IMPELLER
	BOMBA LINEA ENVIO CIP 121PU8110 W + 22/20 105
	FLUJOMETROS ENDRESS HAUSER
	SENSORES DE TEMPERATURA
	SENSORES DE NIVEL

2.2.2.2 Mezcla.

En esta área se realiza el primer proceso del producto, es mezclado para mantener las condiciones de producción. En la tabla 11, se muestran los equipos de esta área, entre ellos tenemos dos tanques de mezcla de 30.000 litros con su motorreductor agitador, válvulas toma

muestra, válvulas automáticas, válvulas manuales, motobombas, mezclador por cizallamiento, intercambiadores de calor y sensores.

Tabla 11

Equipos en mezclas

ÁREA	EQUIPOS.
211 MEZCLA	TANQUE DE MEZCLA 1 30000 LT
	TANQUE DE MEZCLA 2 30000 LT
	VALVULA MODULADA SAMSON 211MV0340
	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
	VÁLVULA TOMAMUESTRA
	VÁLVULAS MANUALES
	BOMBA BATCHING CALENTADOR ENFRIADOR 211PU0210
	BOMBA BATCHING 211PU1100
	BOMBA BLENDER SILVERSON 211PU1103
	BOMBA BATCHING A PASTERIZADOR 211PU1200
	BOMBA BLENDER 211PU1430
	BOMBA BATCHING 211PU8110
	MEZCLADOR POR CIZALLAMIENTO SILVERSON
	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MEZCLA
	SENSORES DE TEMPERATURA
	SENSORES DE NIVEL
	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS

2.2.2.3 Pasteurizador.

En esta área el producto es sometido a condiciones extremas para la eliminación de bacterias y microorganismos mediante la aplicación de calor, sometido a un sistema de control para mantener las propiedades nutricionales del producto. El pasteurizador consta de equipos que se muestran en la tabla 12, entre ellos, intercambiadores de calor de placas, intercambiadores de calor tubular, homogeneizador, motobombas, válvulas, sensores y demás elementos.

Tabla 12

Equipos en pasteurización

ÁREA	EQUIPOS.
221 PASTEURIZADOR	HOMOGENIZADOR RANNIE 221XM4100
	INTERCAMBIADOR DE PLACAS PASTEURIZADOR APV
	INTERCAMBIADOR DE PLACAS PASTEURIZADOR APV DRAWING
	INTERCAMBIADOR TUBULAR PASTERIZADOR TECALSA 221OE4300
	INTERCAMBIADOR TUBULAR PASTERIZADOR TECALSA 221OE4400
	VALVULAS MODULADAS

VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
VÁLVULAS DE SEGURIDAD
VÁLVULAS MANUALES
BOMBA PASTEURIZADOR 221PU3101
BOMBA PASTEURIZADOR 221PU3102
BOMBA PASTEURIZADOR 221PU3104
BOMBA PASTEURIZADOR 221PU3108
BOMBA PASTEURIZADOR 221PU4300
BOMBA PASTEURIZADOR 221PU4400
FLUJOMETROS PASTEURIZADOR ENDRESS HAUSER
SENSORES DE PRESIÓN.
SENSORES DE TEMPERATURA.
SENSORES DE NIVEL.
INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS
SENSOR DE CONDUCTIVIDAD ENDRESS HAUSER 221CT3109

2.2.2.4 Módulo de inyección de fermentos.

En esta área se preparan y se aplican los fermentos al producto, el módulo de inyección de fermentos consta de los siguientes equipos, tina de fermentos, válvulas automáticas, manuales, de seguridad y toma muestras, sensores de temperatura y nivel e indicadores de presión. En la tabla 13, se muestran los equipos de esta área.

Tabla 13

Equipos del MIF

ÁREA	EQUIPOS.
222 MODULO DE INYECCIÓN DE FERMENTOS	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
	VÁLVULA TOMAMUESTRA
	VÁLVULAS MANUALES
	VÁLVULAS DE SEGURIDAD
	SENSORES DE TEMPERATURA.
	SENSORES DE NIVEL.
	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS

2.2.2.5 Fermentación.

Es el área donde el producto realiza el proceso de fermentación, en la tabla 14, se muestra que consta de equipos como tres tanques de acero inoxidable de 15.000 litros y dos de 20.000 litros con su motorreductor agitador, bombas PCM, válvulas automáticas, manuales, de toma muestra y de seguridad y sensores de temperatura, presión y nivel.

Tabla 14*Equipos en fermentación*

ÁREA	EQUIPOS.
223 FERMENTACIÓN	TANQUE DE FERMENTACION 1 15000 LT
	TANQUE DE FERMENTACION 2 15000 LT
	TANQUE DE FERMENTACION 3 15000 LT
	TANQUE DE FERMENTACION 4 20000 LT
	TANQUE DE FERMENTACION 5 20000 LT
	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
	VÁLVULAS TOMAMUESTRA
	VÁLVULAS MANUALES
	VÁLVULAS DE SEGURIDAD
	BOMBA ENFRIAMIENTO PCM 223PU1100
	BOMBA CIP LINEA TANQUES FERMENTACION 223PU8010
	SENSORES DE PRESIÓN.
	SENSORES DE TEMPERATURA.
	SENSORES DE NIVEL.
	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS

2.2.2.6 Masa blanca.

Después del proceso de fermentación el producto pasa al área de masa blanca, donde es llevado a la temperatura óptima para la incubación de las bacterias lácticas y se prepara para pasar al proceso de envasado. En esta área se encontraron equipos que se mencionan en la tabla 15, entre estos los tanques de masa blanca de acero inoxidable, tres de 15.000 litros y tres de 20.000 litros de capacidad, con motorreductor agitador, bombas y bombas PCM para las maquinas envasadoras, flujómetros, sensores de temperatura, presión y nivel, electroválvulas, válvulas automáticas, manuales, toma muestra, reguladoras de presión y de seguridad e indicadores de presión.

Tabla 15*Equipos en masa blanca*

ÁREA	EQUIPOS.
224 MASA BLANCA	TANQUE DE MASA BLANCA 1 15000 LT
	TANQUE DE MASA BLANCA 2 15000 LT
	TANQUE DE MASA BLANCA 3 15000 LT
	TANQUE DE MASA BLANCA 4 20000 LT
	TANQUE DE MASA BLANCA 5 20000 LT
	TANQUE DE MASA BLANCA 6 20000 LT
	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
	ELECTROVÁLVULAS

VÁLVULAS TOMAMUESTRA
VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN
VÁLVULAS MANUALES
VÁLVULAS DE SEGURIDAD
BOMBA PCM MASA BLANCA A ARCIL 1 224PU1100
BOMBA PCM MASA BLANCA A SOLPAK 224PU1200
BOMBA PCM MASA BLANCA A MZ1 224PU1300
BOMBA PCM MASA BLANCA A ARCIL 2 224PU1400
BOMBA PCM MASA BLANCA A DISEYCO 224PU1500
BOMBA PCM MASA BLANCA A MZ224PU1600
BOMBA RETORNO CIP MASA BLANCA 224PU8010
FLUJOMETROS ENDRESS HAUSSER.
SENSORES DE PRESIÓN.
SENSORES DE TEMPERATURA.
SENSORES DE NIVEL.
INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS

2.2.2.7 Cooler.

El cooler es el área del proceso de producción encargada de brindar al producto una textura homogénea, para ello cuenta con equipos como intercambiadores de calor de placas, válvulas moduladas, válvulas automáticas, motobombas, texturizador y sensores de presión, nivel y temperatura. En la tabla 16, se muestran estos equipos.

Tabla 16

Equipos del cooler

ÁREA	EQUIPOS.
225 COOLER	INTERCAMBIADOR DE PLACAS COOLER APV
	VALVULAS MODULADAS
	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
	VÁLVULAS TOMAMUESTRA
	VÁLVULAS MANUALES
	BOMBA COOLER 225PU0212
	TEXTURIZADOR YSTRAL COOLER 225PU1101
	BOMBA COOLER 225PU1102
	SENSORES DE PRESIÓN.
	SENSORES DE TEMPERATURA.
	SENSORES DE NIVEL.
	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS

2.2.2.8 Estación CIP.

El CIP es el área encargada del lavado, limpieza y desinfección química, saneamiento y esterilización de tanques y tuberías. Este sistema lo constituyen los equipos mencionados en la tabla 17, entre los cuales están los tanques de productos químicos y de agua, válvulas

manuales, automáticas, moduladas y de drenaje, motobombas, flujómetros, sensores de temperatura, nivel y conductividad e indicadores de presión.

Tabla 17

Equipos en estación CIP

ÁREA	EQUIPOS.
821 ESTACIÓN CIP	TANQUE RECEPCION ACIDO NITRICO 5000 LT
	TANQUE RECEPCION SODA CAUSTICA 5000 LT
	TANQUE AGUA FRESCA 15000 LT
	TANQUE ACIDO NITRICO 15000 LT
	TANQUE SODA CAUSTICA 15000 LT
	TANQUE AGUA RECUPERADA 15000 LT
	TANQUE AGUA CALIENTE 15000 LT
	VÁLVULAS MODULADAS.
	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
	VÁLVULAS MANUALES.
	VÁLVULAS DE DRENAJE
	BOMBA CIP RECIRCULACION ACIDO 821PU2262
	BOMBA CIP SODA 821PU2362
	BOMBA CIP AGUA CALIENTE 821PU2562
	BOMBA CIP ENVIO LINEA 1 821PU8101
	BOMBA CIP ENVIO LINEA 2 821PU8201
	BOMBA CIP ENVIO LINEA 3 821PU8301
	BOMBA CIP ENVIO LINEA 4 821PU8401
	BOMBA CIP ENVIO LINEA 5 821PU8501
	BOMBA NEUMATICA ACIDO NÍTRICO 821PU9160
	BOMBA NEUMATICA SODA CAUSTICA 821PU9260
	FLUJOMETROS ENDRESS HAUSSER.
	SENSORES DE TEMPERATURA.
	SENSORES DE NIVEL.
	SENSORES DE CONDUCTIVIDAD.
	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS

2.2.3 Equipos de envasado y multipack.

2.2.3.1 Envasado.

En el área de envasado es el proceso de mayor control de calidad del producto para su preservación y para evitar la contaminación de este, para ello cuenta con equipos y sistemas que permiten la inocuidad y calidad del producto, cada motobomba, bomba peristáltica, válvula, sensor, banda transportadora y maquina envasadora es revisada y monitoreada constantemente para su correcto funcionamiento. En la tabla 18, se muestran los equipos asociados a esta área.

Tabla 18*Equipos del área de envasado*

ÁREA	EQUIPOS.
311 ENVASADO	BANDAS TRANSPORTADORAS.
	FECHADORES.
	BOMBA FRUTA ARCIL1 A 311PU1130
	BOMBA FRUTA ARCIL1 B 311PU1230
	BOMBA RETORNO CIP ARCIL1 311PU8110
	BOMBA RECIRCULACIÓN AGUA ARCIL1 311PU1501
	BOMBA FRUTA ARCIL 2 311PU1330
	BOMBA RETORNO CIP ARCIL2 311PU8510
	BOMBA RECIRCULACIÓN AGUA ARCIL2 311PU1502
	BOMBA FRUTA MZ1 311PU1430
	BOMBA RETORNO CIP MZ1 311PU8410
	BOMBA FRUTA MZ2 311PU1530
	BOMBA RETORNO CIP MZ2 311PU8610
	BOMBA RETORNO CIP SOLPACK 311PU8310
	BOMBA RETORNO CIP DISEYCO 311PU8710
	BOMBA PERISTALTICA SABOR Y COLOR WATSON MARLOW
	FORMADORA DE CAJAS MULTIBOX.
	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
	VÁLVULAS MANUALES.
	FLUJOMETROS ENDRESS HAUSSER.
	SENSORES DE TEMPERATURA.
	SENSORES DE NIVEL.
	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS

2.2.3.2 Máquinas envasadoras.

Las maquinas envasadoras son las encargadas de realizar el proceso de empaque del producto final, en la tabla 19 se mencionan las maquinas envasadoras con las que cuenta la planta de yogurt, cabe resaltar, que cada maquina maneja sus tipos de presentación y cantidad del producto.

Tabla 19*Maquinas envasadoras*

ÁREA	EQUIPOS.
MÁQUINAS ENVASADORAS	ENVASADORA ARCIL1
	ENVASADORA ARCIL2
	ENVASADORA MZ1
	ENVASADORA MZ2
	ENVASADORA DISEYCO
	ENVASADORA SOLPACK

2.2.3.3 Máquinas llenadoras de sobrecopas.

En estas máquinas se empaquetan los productos en sobrecopas para el acompañar el yogurt en el consumo, cada maquina empaqueta teniendo en cuenta la presentación del producto final. En la tabla 20, se muestran estas máquinas.

Tabla 20

Maquinas llenadoras de sobrecopas

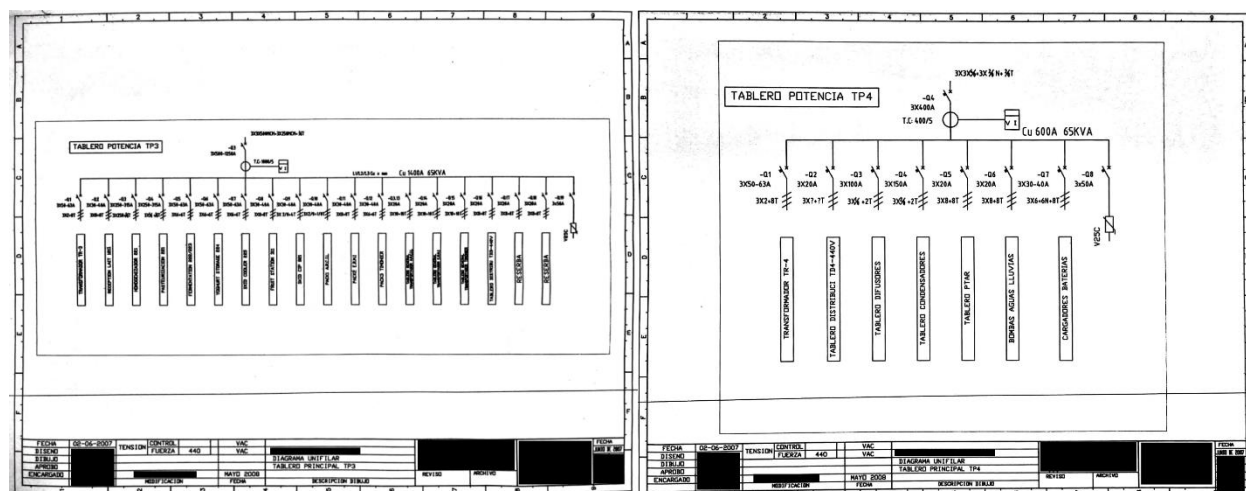
ÁREA	EQUIPOS.
MÁQUINAS LLENADORAS DE SOBRECOPAS	LLENADORA DE COPAS INFRANHS
	LLENADORA DE COPAS PRIMO COLUSSI
	LLENADORA DE COPAS TECNOPACK

2.3 Distribución energética de la planta de yogurt.

Con un seguimiento de las redes eléctricas que se encuentran instaladas actualmente en la planta de yogurt, con el fin de conocer la distribución de las instalaciones eléctricas y verificar con los esquemas eléctricos si existen modificaciones en la distribución. Los planos eléctricos con los que actualmente cuenta la planta de yogurt son esquemas físicos, en la ilustración 1, se muestran diagramas unifilares que describen la distribución eléctrica.

Ilustración 1

Diagrama unifilar antiguo



Fuente: Planta yogurt

A pesar de que los diagramas unifilares con los que cuenta la planta actualmente están incompletos y antiguos, por tanto, no muestra modificaciones de post instalaciones, serán de importantes para identificar la distribución eléctrica.

2.4 Identificación de instrumentos de medición de energía eléctrica.

En el proceso de reconocimientos de las áreas, sistemas y equipos pertenecientes a la Planta de Yogurt, se identificaron instrumentos para la medición de energía eléctrica, entre ellos un contador de energía eléctrica del consumo general, el cual se muestra en la ilustración 2, ocho analizadores de energía y varios instrumentos donde se puede ver el consumo del equipo asociado a este.

Ilustración 2

Contador de energía eléctrica



Fuente: Planta yogurt

En la ilustración 3, se muestra un analizador de redes Sentron PAC 3200, que permiten visualizar valores energéticos y consumo en tiempo real.

Ilustración 3

Sentron PAC 3200 instalado



Fuente: Planta yogurt

Y en la ilustración 4 y 5, se observan otros instrumentos con los que se pueden realizar mediciones del consumo a los equipos que se encuentren asociados a dichos instrumentos.

Ilustración 4

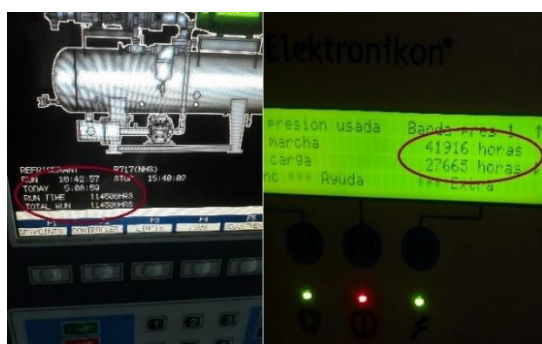
Variador de frecuencia



Fuente: Planta yogurt

Ilustración 5

Horómetro de equipos



Fuente: Planta yogurt

Con los variadores de frecuencia, gracias a las nuevas tecnologías, es posible observar mediciones eléctricas precisas de un variador, dato que nos permite obtener el consumo del equipo asociado, igualmente con los horómetros ya que con estos datos se pueden realizar cálculos de consumo de energía teniendo en cuenta los datos técnicos reales de los equipos asociados a los horómetros.

Bajo la consideración de que la planta de yogurt cuenta con equipos que permiten medir el consumo de energía eléctrica, se plantea un sistema de medición alternativo como basa para conocer el consumo de energía y su distribución y establecer estrategia de gestión energética.

2.5 Sistema de medición alternativo.

Para la gestión energética iniciamos conociendo los diferentes procesos que se llevan a cabo en la planta de yogurt y los equipos y sistemas que intervienen en este, con la identificación dicha anteriormente se inicia un proceso de medición de energía eléctrica de forma manual, es decir, tomando las lecturas del consumo directamente de los equipos y llevarlos a una base de datos para su posterior análisis.

La medición de energía eléctrica se lleva a cabo mediante el uso de medidores de consumo de energía o contador eléctrico, el parámetro que se mide en una instalación por lo general es el consumo en kilovatios hora. Las mediciones suministran una valiosa información, las cuales nos permite realizar el desarrollo de estrategias acertadas y suplir las necesidades puntuales.

En la identificación de las instalaciones, sistemas, equipos y procesos de la Planta de yogurt se realizó detalladamente la ubicación de los puntos de medición del consumo general y de los equipos, dicha medición se realizaba de forma manual, la medición manual brinda los datos de un consumo diario proporcionando información para ayudar a proyectar servicios de calidad y control al consumo de la planta.

Para garantizar una medición lo más cercana posible a la del comportamiento del consumo real de la Planta de Yogurt, se estableció el compromiso diario de hacer la toma de datos, estos tomados a la misma hora del día. Algunos equipos contaban con dispositivos que arrojaban el dato real de su consumo, otros contaban con instrumentos en sus líneas eléctricas que brindaban la información del consumo, sin embargo, algunos de los equipos no brindaban un dato de consumo en unidades de energía eléctrica, por lo que fue necesario realizar mediciones y cálculos para obtener un dato lo más real posible a su consumo diario. En la tabla 21 se muestran los equipos y sistemas que se les identificó la manera a de obtener su consumo y el modo de medición aplicado.

Tabla 21

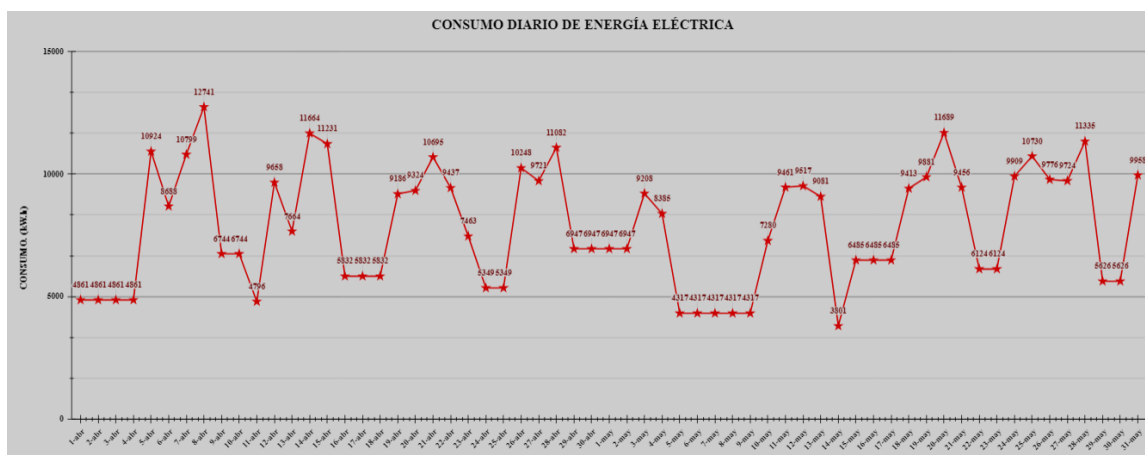
Medición del consumo de energía eléctrica

	MODO DE MEDICIÓN	EQUIPOS
1	CONTADOR	CONTADOR GENERAL
2	SETRON PAC3200	MEDIDOR GENERAL
3	SETRON PAC3200	TABLERO PRINCIPAL N°4
4	SETRON PAC3200	COMPRESOR DE AIRE ATLAS ZT 75
5	SETRON PAC3200	COMPRESOR DE AIRE ATLAS ZT 55
6	CALCULADO	COMPRESOR DE AIRE KAESER
7	VARIADOR	COMPRESOR DE AMONIACO Nro. 1
8	VARIADOR	COMPRESOR DE AMONIACO Nro. 2
9	VARIADOR	COMPRESOR DE AMONIACO Nro. 3
10	CALCULADO	TORRES CONDENSADORAS 1 Y 2
11	VARIADOR	BOMBAS DE AGUA GLICOLADA
12	VARIADOR	BOMBAS DE AGUA FRIA
13	VARIADOR	BOMBA DE AGUA SUBENFRIADA
14	VARIADOR	BOMBAS DE AGUA POTABLE
15	SETRON PAC3200	HOMOGENEIZADOR
16	SETRON PAC3200	PASTEURIZADOR
17	SETRON PAC3200	CIP
18	SETRON PAC3200	ENVASADORA ARCIL 1
19	CALCULADO	ENVASADORA ARCIL 2
20	CALCULADO	ENVASADORA DISEYCO
21	CALCULADO	ENVASADORA SOLPACK
22	CALCULADO	ENVASADORA MZ 1
23	CALCULADO	ENVASADORA MZ 2
24	CALCULADO	SOBRECOPAS PRIMO COLUSSI
25	CALCULADO	SOBRECOPAS TECNOPACK
26	CIRCUITOR	DIFUSORES DE CUARTO FRIO
27	CALCULADO	UNIDAD MANEJADORA DE AIRE UMA
28	CALCULADO	BOMBAS DE AGUA LLUVIA

Con esta información se obtuvo una descripción del comportamiento del consumo general de la planta y también de los equipos y sistemas de producción en las diferentes áreas de la planta de yogurt. En las ilustraciones 8, 9 y 10 se muestran los gráficos que proporcionaban los datos recopilados.

Ilustración 8

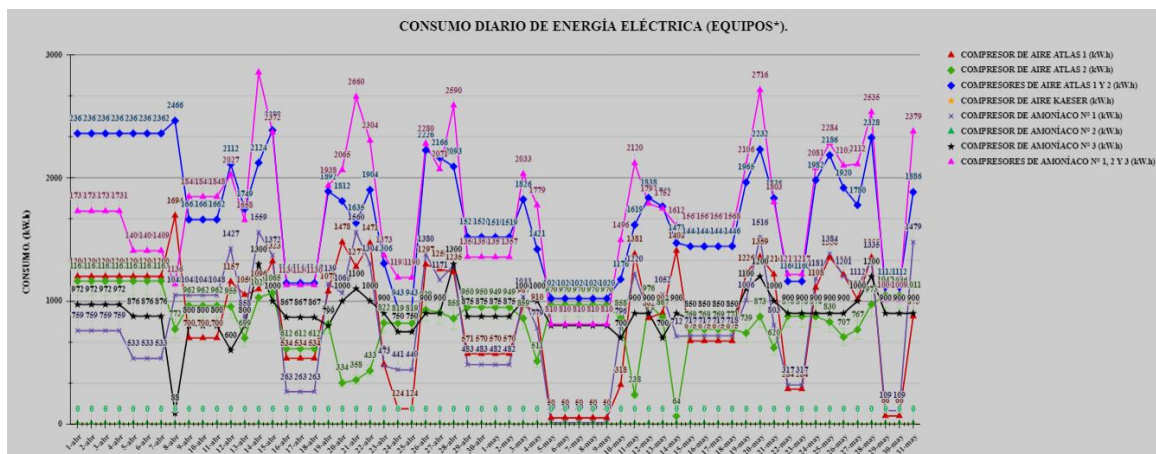
Gráfico consumo energía eléctrica diario total



Fuente: Propia

Ilustración 9

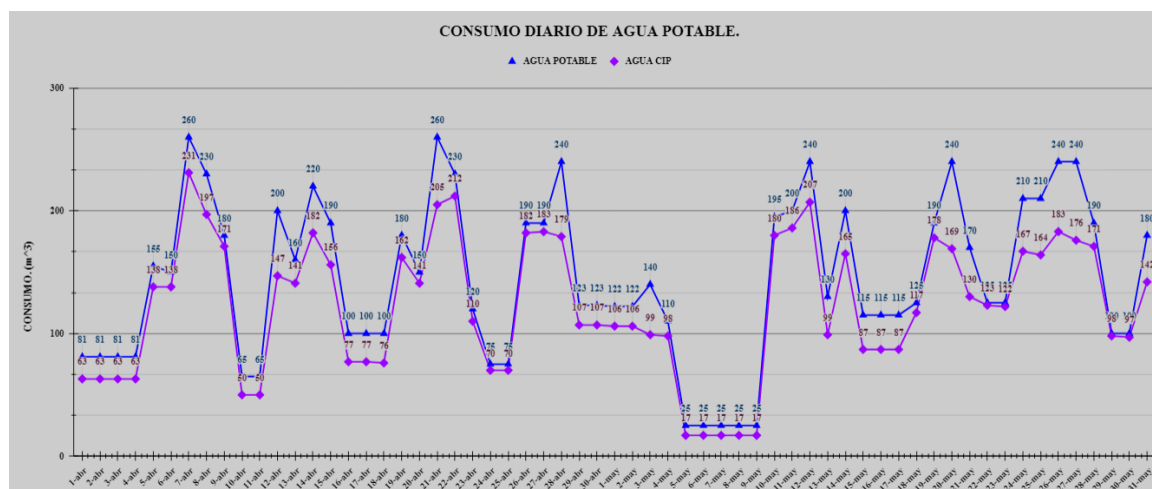
Gráfico consumo energía eléctrica diario por equipos



Fuente: Propia

Ilustración 10

Gráfico consumo agua potable



Fuente: Propia

Con esta información se observa el comportamiento del consumo de energía eléctrica de los equipos. También se toman datos del consumo de agua potable, vapor y el agua residual que se produce en la planta de yogurt. Teniendo en cuenta la producción podemos relacionar el consumo de toda la planta con la producción y obtener información relevante para la toma de decisiones en mejoras, reformas, proyectos e iniciativas que se inicien o se estén llevando a cabo en la planta de yogurt. En la tabla 22 se muestra el resumen del consumo de energía eléctrica, la producción y los costos generados.

Tabla 22

Resumen del consumo de energía eléctrica

RESUMEN MENSUAL POR ÁREAS. 26/25					ENERGÍA ELÉCTRICA (GENERAL)				
MES	TARIF A	TO N	kW.h	kW.h/T ON	MJ	MJ/T ON	\$	\$/TON	
ENERO 26dic/26ene	\$378	809	238154	294	857354	1060	\$90.093.658	\$111.365	
FEBRER O 26ene/25feb	\$389	754	248941	330	896188	1189	\$96.838.049	\$128.442	
MARZO 26feb/25mar	\$442	779	241442	310	869191	1115	\$106.596.643	\$136.754	
ABRIL 26mar/25abr	\$399	739	245932	333	885355	1198	\$98.028.495	\$132.602	
MAYO 26abr/25ma y	\$393	662	229938	348	827777	1251	\$90.273.659	\$136.466	

En la tabla 23 se muestra el resumen del consumo de agua potable, la producción y los costos generados.

Tabla 23

Resumen del consumo de agua potable

CONSUMO AGUA POTABLE. 25/26				AGUA POTABLE (GENERAL)			
	MES	TARIFA	TON	m ³	m ³ /TON	\$	\$/TON
ENERO	26dic/26ene	\$3.210	809	4751	5,87	\$15.250.710	\$18.851
FEBRERO	26ene/25feb	\$2.970	754	4929	6,54	\$14.639.130	\$19.417
MARZO	26feb/25mar	\$2.960	779	4743	6,08	\$14.039.280	\$18.011
ABRIL	26mar/25abr	\$3.700	738	4593	6,22	\$16.994.100	\$23.022
MAYO	26abr/25may	\$2.540	662	4193	6,34	\$10.650.220	\$16.100

En la tabla 24 se muestra el resumen de la generación de agua residual, la producción y los costos generados para su tratamiento.

Tabla 24

Resumen del agua residual generada

AGUA RESIDUAL. 25/26				AGUA RESIDUAL			
	MES	TARIFA	TON	m ³	m ³ /TON	\$	\$/TON
ENERO	26dic/26ene	\$9.390	809	4681	5,79	\$43.954.590	\$54.332
FEBRERO	26ene/25feb	\$9.640	767	4735	6,17	\$45.645.400	\$60.542
MARZO	26feb/25mar	\$9.170	687	4696	6,84	\$43.062.320	\$55.245
ABRIL	26mar/25abr	\$9.980	738	4466	6,05	\$44.570.680	\$60.380
MAYO	26abr/25may	\$9.070	662	4368	6,60	\$39.617.760	\$59.890

En la tabla 25 se muestra el resumen del consumo de vapor estimado, la producción y los costos generados.

Tabla 25

Resumen del consumo de vapor

CONSUMO VAPOR. 25/26				VAPOR			
	MES	Tarifa	TON	lb	lb/TON	\$	\$/TON
ENERO	26dic/26ene	\$23,90	809	683605	845,00	\$16.338.160	\$20.196
FEBRERO	26ene/25feb	\$30,30	767	648115	845,00	\$19.637.885	\$25.604
MARZO	26feb/25mar	\$28,60	687	580515	845,00	\$16.602.729	\$24.167
ABRIL	26mar/25abr	\$30,90	738	648115	878,00	\$20.026.754	\$27.130
MAYO	26abr/25may	\$30,60	662	579670	876,28	\$17.737.902	\$26.814

Con información real de los recursos que se consumen en la Planta de yogurt y teniendo en cuenta la producción, se obtienen resultados que muestran la relación entre el consumo y la producción y se hacen acertadas las estrategias para la eficiencia energética con el fin de proyectar mejoras al consumo energético de los procesos de la Planta de Yogurt.

3 CAPÍTULO III

ESTRATEGIAS PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA

Los datos que se recopilan para el registro del consumo de energía en la planta de yogurt son procesados y analizados, con esta información se plantearon estrategias de gestión energética, y propuestas de mejoramiento en el rendimiento de los equipos, también se apoyó a las iniciativas que estaban en proceso de ejecución dentro de la empresa. Una de las estrategias que se apoyó con la información recolectada fue la del cambio de válvulas de accionamiento neumático de los difusores del cuarto frío. A continuación, se mencionan algunas de estas estrategias.

3.1 Identificación de sistemas o equipos que impactan el consumo.

Con la información recolectada en la instancia en la planta de yogurt se pudo identificar que equipos son los que impactan en el consumo energético, el manejo dado a los datos recolectados arroja los resultados que se observan en la ilustración 11.

Ilustración 11

Clasificación de equipos por consumo en el mes de abril

MARZO 26 / ABRIL 25					ABRIL -- 2021				
ENERGÍA ELÉCTRICA (GENERAL)	245932				COSTO kW/h	# DIAS	PROMEDIO		
TABLO PRINCIPAL	CONSUMO	% CONSUMO			\$399	31	7933		
TP2	2468	1,00%							
TP4	52178	21,22%							
TOTAL	54646	22,22%							
SUBESTACIÓN					SUBESTACIÓN				
EQUIPO	CONSUMO	% CONSUMO			EQUIPO	CONSUMO			
COMP ATLAS 1	29423	11,96%			COMP ATLAS 1	29423			30000
COMP ATLAS 2	27445	11,16%			COMP ATLAS 2	27445			
COMP AMONIACO 1	25472	10,36%			COMP AMONIACO 3	27110			
COMP AMONIACO 2	0	0,00%			COMP AMONIACO 1	25472			
COMP AMONIACO 3	27110	11,02%			BOMBA AGUA GLICOLADA	11769			
BOMBA AGUA SUBENFRIDA	2263	0,92%			BOMBA AGUA POTABLE	5714			
BOMBA AGUA FRÍA	4065	1,65%			BOMBA AGUA FRÍA	4065			
BOMBA AGUA GLICOLADA	11769	4,79%			BOMBA AGUA SUBENFRIDA	2263			
BOMBA AGUA POTABLE	5714	2,32%			COMP AMONIACO 2	0			
PROCESO					PROCESO				
EQUIPO	CONSUMO	% CONSUMO			EQUIPO	CONSUMO			
UPS	1765	0,72%			HOMOGENEIZADOR	18536			20000
CIP	7367	3,00%			CIP	7367			
PASTEURIZADOR	4556	1,85%			PASTEURIZADOR	4556			
HOMOGENEIZADOR	18536	7,54%			UPS	1765			
ENVASADO					ENVASADO				
EQUIPO	CONSUMO	% CONSUMO			EQUIPO	CONSUMO			
ARCIL 1	3360	1,37%			ARCIL 1	3360			10000
ARCIL 2	0	0,00%			ARCIL 2	0			
DISEYCO	0	0,00%			DISEYCO	0			
SOLPACK	0	0,00%			SOLPACK	0			
M2001	0	0,00%			M2001	0			
M2002	0	0,00%			M2002	0			
INFRANS	0	0,00%			INFRANS	0			
PRIMO	0	0,00%			PRIMO	0			
SCORPIONS	0	0,00%			SCORPIONS	0			
UMA	0	0,00%			UMA	0			
LOGÍSTICA					LOGÍSTICA				
EQUIPO	CONSUMO	% CONSUMO			EQUIPO	CONSUMO			
DIFUSORES	15551	6,32%			DIFUSORES	15551			
TOTAL	184398	74,98%							

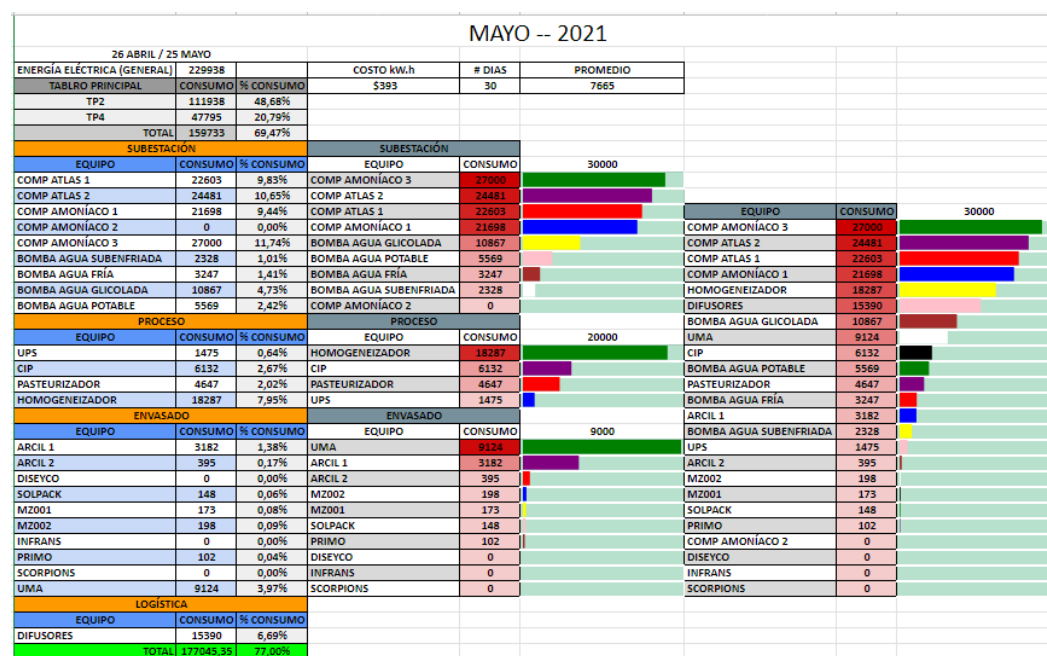
Fuente: Propia

Como se representa en la ilustración 11 vemos que los equipos que presentan un mayor consumo de energía son los compresores, arrojando a los compresores de aire Atlas Copco ZT 75 y ZT 55 como los equipos de mayor consumo, seguido de los compresores de amoníaco 3 y 1, luego el homogeneizador y los difusores. Otro dato importante es el consumo total mensual 245.932 kW.h, al hacer los cálculos de los datos recopilados notamos que el consumo que se toma con el método alternativo es de un 74,98% del consumo total, es decir 184.396 kW.h.

En la ilustración 12, se observa el manejo de los datos de consumo energético en la planta, información que corresponde al mes de mayo.

Ilustración 12

Clasificación de equipos por consumo en el mes de mayo



Fuente: Propia

En el mes de mayo la información recopilada, nos arroja que el equipo que más consumo presenta es el compresor de amoníaco 3, este compresor es el encargado de trabajar cuando se requiere intercambios de calor los cuartos fríos. Es importante resaltar que los compresores de aire y el homogeneizador siguen encabezando la lista de los equipos que

impactan el consumo. En el mes de mayo el consumo fue menor, de 229.938 kW.h, y notamos un incremento en el porcentaje de consumo que estamos midiendo con el método alternativo.

Con la identificación de los equipos de mayor consumo, se puede apuntar a estrategias que vayan relacionadas con estos equipos, son equipos de vital importancia y de uso continuo, que estimularan tácticas de alto nivel para proveer resultados positivos de las intervenciones propuestas.

3.1.1 Planta de frío.

El sistema de refrigeración con amoníaco es uno de los métodos con mejor rendimiento de refrigeración, el amoníaco es el refrigerante más usado debido a sus propiedades termodinámicas y aporte al medio ambiente ya que es un refrigerante natural. El sistema de refrigeración provee intercambios de calor a todos los procesos de producción de yogurt, desde la recepción de leche, pasando por la fermentación, incubación, pasteurización, homogenización, texturización, hasta envasado y almacenamiento.

Los equipos que hacen parte del sistema de refrigeración de la planta de yogurt se muestran en la tabla 26.

Tabla 26

Equipos que intervienen en el sistema de refrigeración de la planta

EQUIPOS SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.			
TIPO EQUIPOS	IDEN	TAG	NOMBRE Y CARACTERISTICAS
COMPRESORES DE AMONÍACO MYCOM	COM MYCOM	MYCOM1	COMPRESOR AMONIACO N. 1 200 HP MYCOM {MYCOM1} COS-2411-600 / N160VMD-T 200 S/N:
		MYCOM2	COMPRESOR AMONIACO N. 2 150HP MYCOM {MYCOM2} 160VMD S/N: 1636103
		MYCOM3	COMPRESOR AMONIACO N. 3 150 HP MYCOM {MYCOM3} COS 20090-600 / N160VMD T 150 S/N:
INTERCAMBIADORES DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFRG	ICP-MK15	COMP 1	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFRG (H2O \ NH3)
		COMP 2	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFRG (H2O \ NH3)
		TINA DE HIELO	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFRG (H2O \ NH3)
		COMP 3	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFRG (C2H2O2+H2O \ NH3)

MOTOBOMBAS	PU	TINA	MOTOBOMBA RECIRCULACION AGUA TINA DE HIELO 60 M3/H STERLING HALBERG {TINA} NOWMB 3220 -
		RECIRCULA	MOTOBOMBA FABRICACIÓN HIELO - RECIRCULACION 115 M3/H STERLING HALBERG {RECIRCULA} NOWA 065130 0
		DESCONGELA	MOTOBOMBA DESCONGELAMIENTO 18.5 M3/H STERLING HALBERG {DESCONGELA} 4013 0
		PROCESO 1	MOTOBOMBA 1 AGUA FRIA PROCESO 68 M3/H KW 20.0 HP STERLING HALBERG {PROCESO 1} NOWA 050160 SERI CO-071909
		PROCESO 02	MOTOBOMBA 2 AGUA FRIA PROCESO 68 M3/H STERLING HALBERG {PROCESO 02} NOWA 050160 0
		SUB ENFRIA	MOTOBOMBA BAIPÁS A. SUBENFRIADA 18.5 M3/H STERLING HALBERG {SUB ENFRIA} NOWA 050160
		GLICOL 01	MOTOBOMBA A. GLICOLADA 1 88 M3/H STERLING HALBERG {GLICOL 01} NOWA 050160 0
		GLICO 02	MOTOBOMBA A. GLICOLADA 2 88 M3/H STERLING HALBERG {GLICO 02} NOWA 050160 0
TORRES CONDENSADORAS	EVAPCO	CONDENSADOR EVAPORADOR - EVAPCO {EVAPCO} - -	
	CATC 304	CONDENSADOR EVAPORATIVO MYCOM {CATC 304} S/N: 13-659121	
	M1	MOTORVENTILADOR CONDENSADOR EVAPORATIVO EVAPCO BALDOR {M1} S/N:	
	M2	MOTORVENTILADOR CONDENSADOR EVAPORATIVO EVAPCO BALDOR {M2} S/N	
	M3	MOTORVENTILADOR CONDENSADOR EVAPORATIVO EVPACO BALDOR {M3} S/N:	
EQUIPOS SISTEMA DE REFRIGERACIÓN. CUARTO FRIO.			
DIFUSORES	UNO	DIFUSORES Nro. 1 {UNO}	
	DOS	DIFUSORES Nro. 2 {DOS}	
	TRES	DIFUSORES Nro. 3 {TRES}	
	CUATRO	DIFUSORES Nro. 4 {CUATRO}	
	CINCO	DIFUSORES Nro. 5 {CINCO}	
	SEIS	DIFUSORES Nro. 6 {SEIS}	
MOTOR	835MO	835MO0013	MOTORVENTILADOR 1 DIFUSOR 1 - - {835MO0013} - -
		835MO0014	MOTORVENTILADOR 2 DIFUSOR 1 - - {835MO0014} - -
		835MO0015	MOTORVENTILADOR 1 DIFUSOR 2 - - {835MO0015} - -
		835MO0016	MOTORVENTILADOR 2 DIFUSOR 2 - - {835MO0016} - -
		835MO0017	MOTORVENTILADOR 1 DIFUSOR 3 - - {835MO0017} - -
		835MO0018	MOTORVENTILADOR 2 DIFUSOR 3 - - {835MO0018} - -
		835MO0019	MOTORVENTILADOR 1 DIFUSOR 4 - - {835MO0019} - -
		835MO0020	MOTORVENTILADOR 2 DIFUSOR 4 - - {835MO0020} - -
	836MO	836MO0021	MOTORVENTILADOR 1 DIFUSOR 5 CELDAS * {836MO0021} **
		836MO0022	MOTORVENTILADOR 2 DIFUSOR 5 CELDAS * {836MO0022} **

836MO0023	MOTORVENTILADOR 3 DIFUSOR 5 CELDAS * * {836MO0023} **
836MO0024	MOTORVENTILADOR 1 DIFUSOR 6 CELDAS * * {836MO0024} **
836MO0025	MOTORVENTILADOR 2 DIFUSOR 6 CELDAS * * {836MO0025} **
836MO0026	MOTORVENTILADOR 3 DIFUSOR 6 CELDAS * * {836MO0026} **

En el sistema de refrigeración de la planta de yogurt se identificaron equipos de vital importancia descritos en la tabla 26, en la ilustración 13, se observa el consumo energético del sistema de refrigeración.

Ilustración 13

Impacto en el consumo del sistema de refrigeración

PLANTA DE FRIO			ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE	
N°	MODO DE MEDICIÓN	EQUIPOS	Consumo(kW.h)	Impacto(%)	Consumo(kW.h)	Impacto(%)	Consumo(kW.h)	Impacto(%)	Consumo(kW.h)	Impacto(%)	Consumo(kW.h)	Impacto(%)	Consumo(kW.h)	Impacto(%)	Consumo(kW.h)	Impacto(%)
1	CONTADOR	CONTADOR GENERAL	245932	100,00%	229938	100,00%	253434	100,00%	244335	100,00%	259747	100,00%	263603	100,00%	139990	100,00%
2	VARIADOR	COMPRESOR DE AMONIACO N° 1	25472	10,36%	21698	9,44%	25677	10,13%	26482	10,84%	33167	12,77%	43523	16,51%	15257	10,90%
3	VARIADOR	COMPRESOR DE AMONIACO N° 2	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	1000	0,38%	8500	3,22%	3500	2,50%
4	VARIADOR	COMPRESOR DE AMONIACO N° 3	27110	11,02%	27000	11,74%	27900	11,01%	25400	10,40%	14800	5,70%	7200	2,73%	12500	8,93%
		COMPRESORES DE AMONIACO	52582	21,38%	48698	21,18%	53577	21,14%	51882	21,23%	48967	18,85%	59223	22,47%	31257	22,33%
5	CALCULADO	TORRES CONDENSADORAS 1 Y 2	3958	1,61%	10051	4,37%	9311	3,67%	9240	3,78%	9496	3,66%	9610	3,65%	4784	3,42%
6	VARIADOR	BOMBAS DE AGUA GLICOLADA	11769	4,79%	10867	4,73%	11576	4,57%	11410	4,67%	12087	4,65%	11810	4,48%	404	0,29%
7	VARIADOR	BOMBAS DE AGUA FRÍA	4065	1,65%	3247	1,41%	3878	1,53%	4286	1,75%	4290	1,65%	4218	1,60%	2241	1,60%
8	VARIADOR	BOMBA DE AGUA SUBENFRÍADA	2263	0,92%	2328	1,01%	2762	1,09%	2885	1,18%	2894	1,11%	3935	1,49%	2551	1,82%
9	CIRCUTOR	DIFUSORES DE CUARTO FRÍO	15551	6,32%	15390	6,69%	14632	5,77%	14210	5,82%	14990	5,77%	13305	5,05%	6588	4,71%
		PLANTA DE FRIO	117298	47,70%	117581	51,14%	123636	48,78%	119313	48,83%	107524	41,40%	109301	41,46%	60325	43,09%

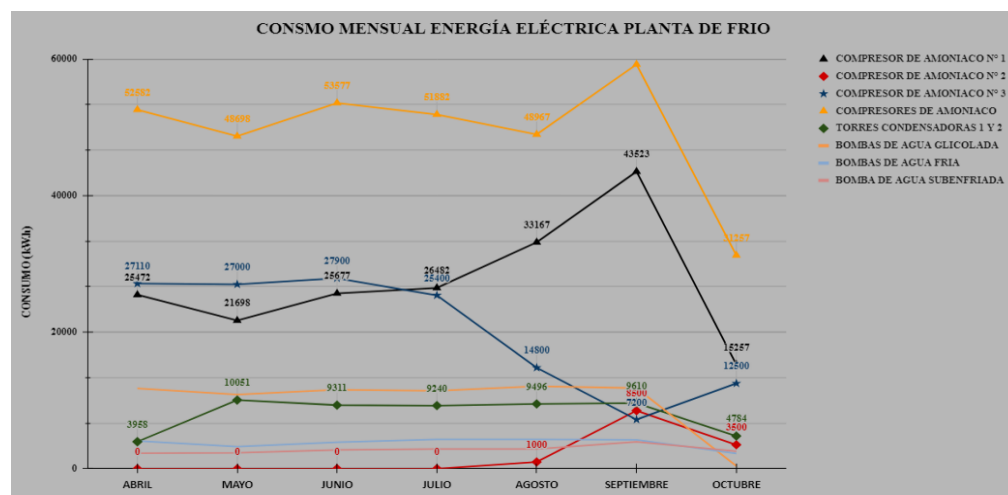
Fuente: Propia

De los datos que se toman con el método alternativo para medir el consumo de la planta de yogurt, notamos que en promedio el 46.06% de estos pertenecen a equipos que hacen parte del sistema de refrigeración, haciendo de este el sistema de mayor consumo de energía eléctrica.

En la ilustración 14, se muestra el comportamiento mensual de los equipos que proporcionan datos al sistema alternativo de medición y que pertenecen al sistema de refrigeración.

Ilustración 14

Grafico consumo por equipos del sistema de refrigeración



Fuente: Propia

En el mes de septiembre podemos observar un incremento en el consumo del compresor de amoniaco número 1, este comportamiento se debe a las actividades de mantenimiento preventivo que se realizaron este mes al sistema de refrigeración, a pesar de conocer la fuente de las anomalías sigue siendo un problema para el consumo debido que existió un incremento en el consumo a nivel general.

3.1.2 Aire comprimido.

El aire comprimido es una fuente de energía usada por diferentes tipos de herramientas y equipos que hacen parte del proceso de producción de la planta de yogurt, esta fuente de energía se consigue usando equipos llamados compresores, que aspiran aire atmosférico y lo comprimen hasta llegar a un valor de presión requerido para la operación. La planta de yogurt cuenta con dos compresores de aire, en la tabla 27, vemos la información de estos.

Tabla 27

Equipos que intervienen en el sistema de generación de aire comprimido

TIPO EQUIPOS	TAG	NOMBRE Y CARACTERISTICAS
COMPRESORES DE AIRE ALTAS COPCO	ZT 75	COMPRESOR AIRE COMPRIMIDO N. 1 930 M3/H 7 BAR MOTOR 75 HP ATLASCOPCO {ZT 75} ZT 75 VSD FF 300 CFM
	ZT 55	COMPRESOR AIRE COMPRIMIDO N. 2 ATLASCOPCO {ZT 55} ZT55FF

MAXIMA 10,4 BAR, 60 HZ,

Estos compresores son identificados como equipos que impactan en el consumo de energía eléctrica general de la planta debido a su alto consumo de energía, a su uso continuo y aplicaciones fundamentales en los procesos de producción. En la ilustración 15, se observa el impacto que genera estos equipos.

Ilustración 15

Impacto en el consumo del sistema de aire comprimido

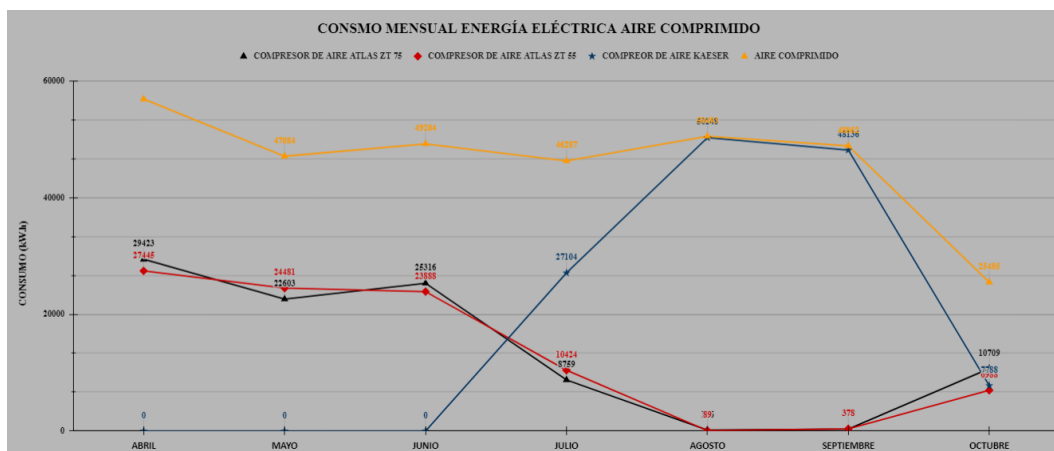
AIRE COMPRIMIDO			ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE	
N°	MODO DE MEDICIÓN	EQUIPOS	Consumo(kW/h)	Impacto(%)	Consumo(kW/h)	Impacto(%)	Consumo(kW/h)	Impacto(%)	Consumo(kW/h)	Impacto(%)	Consumo(kW/h)	Impacto(%)	Consumo(kW/h)	Impacto(%)	Consumo(kW/h)	Impacto(%)
1	CONTADOR	CONTADOR GENERAL	245932	100,00%	229938	100,00%	253434	100,00%	244335	100,00%	259747	100,00%	263603	100,00%	139990	100,00%
2	SENTRON PAC3200	COMPRESOR DE AIRE ATLAS ZT 75	29423	11,96%	22603	9,83%	25316	9,99%	8759	3,58%	156	0,06%	348	0,13%	10709	7,65%
3	SENTRON PAC3200	COMPRESOR DE AIRE ATLAS ZT 55	27445	11,16%	24481	10,65%	23888	9,43%	10424	4,27%	89	0,03%	378	0,14%	6988	4,99%
		COMPRESORES DE AIRE ATLAS 1 2	56868	23,12%	47084	20,48%	49204	19,41%	19183	7,85%	245	0,09%	726	0,28%	17697	12,64%
4	CALCULADO	COMPRESOR DE AIRE KAESER	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	27104	11,09%	50248	19,34%	48136	18,26%	7788	5,56%
		AIRE COMPRIMIDO	56868	23,12%	47084	20,48%	49204	19,41%	46287	18,94%	50493	19,44%	48862	18,54%	25485	18,20%

Fuente: Propia

El sistema de aire comprimido de la planta de yogurt posee un impacto promedio del 19,73% del consumo de energía total, con dos equipos que pertenecen a los paretos estadísticos del sistema de medición alternativo. En la ilustración 16, se muestra el comportamiento del consumo de estos equipos.

Ilustración 16

Gráfico consumo por equipos del sistema de aire comprimido



Fuente: Propia

3.1.3 Pasteurizador:

La pasteurización es uno de los procesos más importantes en la industria de los lácteos, así mismo, la homogenización del yogurt es fundamental para obtener una excelente terminación del producto impidiendo la formación de nata y mejorando sabor y consistencia. En la tabla 28, se observan los equipos pertenecientes a la pasteurización, entre ellos está el homogeneizador.

Tabla 28

Equipos que intervienen en el proceso de pasteurización

EQUIPOS DEL PASTEURIZADOR		
TIPO EQUIPOS	TAG	NOMBRE Y CARACTERISTICAS
INTERCAMBIADOR	221OE4100	INTERCAMBIADOR DE PLACAS PASTERIZADOR APV {221*} Q055 S/N:71083
	221OE4200	INTERCAMBIADOR DE PLACAS PASTO APV {DRAWING 1273 0056-1} H17 S/N.71541
	221OE4300	INTERCAMBIADOR TUBULAR PASTERIZADOR 221-1 TECALSA {221OE4300} CMT/WS-8-16-85-3M S/N:0-2853.1
	221OE4400	INTERCAMBIADOR TUBULAR PASTERIZADOR 221-2 TECALSA {221OE4400} CMT/WS-8-16-85-3M S/N: 0-2853.2
HOMOGENEIZADOR	221XM4100	HOMOGENIZADOR RANNIE 185 HP APV {221XM4100} 132T-70 / 140 S/N:2-07/ 128
BOMBAS	221PU3101	MOTOBOMBA PASTO 55 M3/H APV {221PU3101} WI+55/35 IMPELLER 200 11KW S/N:3026231
	221PU3102	MOTOBOMBA PASTO 55 M3/H APV {221PU3102} WI+55/35 IMPELLER 200 11KW S/N: 3026233
	221PU3104	MOTOBOMBA PASTO 35 M3/H APV {221PU3104} WI+35/35 5,5 IMPELLER 175 S/N:3026232
	221PU3108	MOTOBOMBA PASTO 35 M3/H APV {221PU3108} WI+35/35 155 S/N:3026234
	221PU4300	MOTOBOMBA PASTO 12 M3/H KSB {221PU4300} ETALINE GN032-160 / 552G6 S/N:9971219816-300
	221PU4400	MOTOBOMBA PASTO 12 M3/H KSB {221PU4400} ETALINE GN032-200 / 154 G6 S/N:9971219816-400

Estos son los equipos que impactan el consumo de energía, en la ilustración 17, vemos el consumo del pasteurizador y el homogeneizador.

Ilustración 17

Impacto en el consumo de equipos de producción

PROCESOS		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE	
N°	MODO DE MEDICIÓN EQUIPOS	Consumo(kW/h)	Impacto(%)	Consumo(kW/h)	Impacto(%)	Consumo(kW/h)	Impacto(%)	Consumo(kW/h)	Impacto(%)	Consumo(kW/h)	Impacto(%)	Consumo(kW/h)	Impacto(%)	Consumo(kW/h)	Impacto(%)
1	CONTADOR CONTADOR GENERAL	245932	100,00%	229938	100,00%	253434	100,00%	244335	100,00%	259747	100,00%	263603	100,00%	139990	100,00%
2	SENTRON PAC3200 HOMOGENEIZADOR	18536	7,54%	18287	7,95%	21133	8,34%	22080	9,04%	23171	8,92%	21907	8,31%	11459	8,19%
3	SENTRON PAC3200 PASTEURIZADOR	4556	1,85%	4647	2,02%	5430	2,14%	5728	2,34%	6224	2,40%	6051	2,30%	3153	2,25%
4	SENTRON PAC3200 CIP	7367	3,00%	6132	2,67%	7545	2,98%	7834	3,21%	9412	3,62%	9442	3,58%	4906	3,50%
	PROCESOS	30459	12,39%	29066	12,64%	34108	13,46%	35642	14,59%	38807	14,94%	37400	14,19%	19518	13,94%

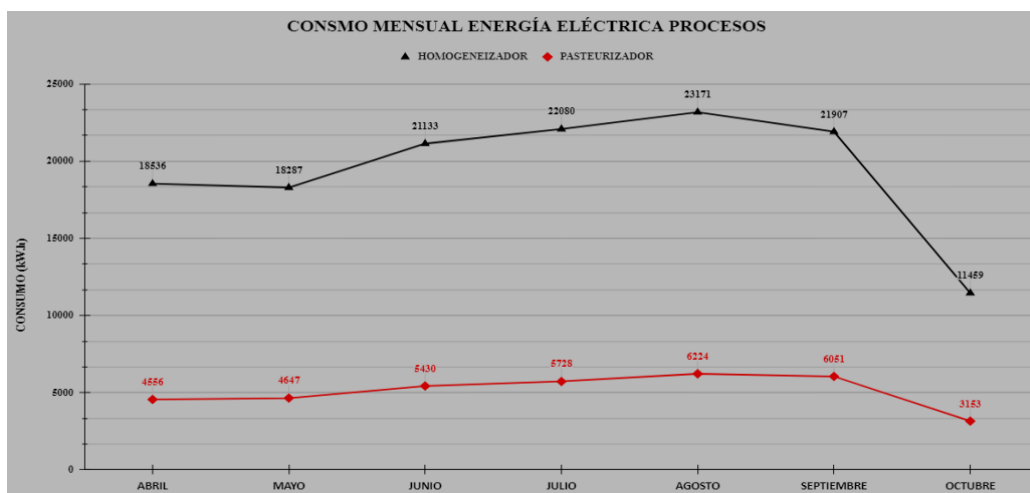
Fuente: Propia

Los equipos del pasteurizador consumen un 2,19% del consumo general de la planta, el homogeneizador está dentro de los equipos paretos estadístico del sistema de medición alternativo y su impacto promedio del consumo es del 8,33% con respecto al consume general de la Planta de Yogurt.

La ilustración 18, representa el comportamiento del consumo del pasteurizador y el homogeneizador.

Ilustración 18

Gráfico del consumo del pasteurizador y homogeneizador



Fuente: Propia

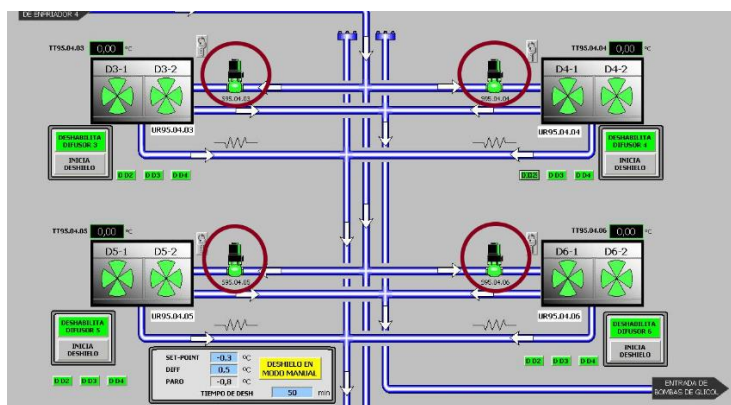
Este comportamiento del consumo mensual da como resultado un incremento del consumo, aunque es válido afirmar que es correspondiente al nivel de producción.

3.2 Cambio de válvulas de accionamiento neumático.

El sistema de refrigeración de la planta de yogurt consta de una gran variedad de equipos de talla industrial, es el sistema más influyente en el consumo de energía y aporta su servicio a todos los procesos de producción de yogurt. Cuenta con compresores, torres condensadoras, difusores y bombas que trabajan de manera continua. Los difusores son los encargados de transferir calor a un fluido refrigerante que circula por este, la circulación del fluido refrigerante está gobernada por válvulas de bola de accionamiento neumático. La ilustración 19, muestra la ubicación de las válvulas en la línea de refrigeración.

Ilustración 19

Identificación de las válvulas



Fuente: Planta yogurt

El sistema de refrigeración trabaja de manera continua y al poseer equipos de accionamiento neumático se hace necesario mantener la fuente de energía neumática trabajando de manera continua, el sistema de aire comprimido de la planta de yogurt cuando no hay producción de yogurt solo es un requerimiento para estas válvulas. Con la información obtenida mediante el método alternativo de medición se pudo observar el consumo de los días festivos y las horas de funcionamiento de los compresores de aire, los cuales están definidos en la tabla 29.

Tabla 29

Consumo de los compresores de aire en los días festivos

	GENERAL	COMPRESOR ATLAS ZT75 (1)			COMPRESOR ATLAS ZT55 (2)			
DÍA	kW.h	kW.h	Horas ON	Impacto	kW.h	Horas ON	Impacto	Impacto total
abril 18	5833	532	14	9,12%	612	24	10,49%	19,61%
abril 25	5349	124	0	2,32%	819	20	15,31%	17,63%
mayo 2	6946	570	0	8,21%	949	20	13,66%	21,87%
mayo 9	4316	0	0	0,00%	1021	24	23,66%	23,66%
mayo 16	7217	675	0	9,35%	769	24	10,66%	20,01%
mayo 23	6124	284	5	4,64%	876	21	14,30%	18,94%
mayo 30	5626	66	0	1,17%	1046	24	18,59%	19,77%

A pesar de ser un solo compresor el que opera los días festivos, notamos que el consumo equivale a un 20,21% del consumo total. Otro aspecto relevante en estos datos es el consumo de energía eléctrica cuando el equipo trabaja en vacío, el compresor Atlas Copco ZT75 genera un consumo considerable.

3.2.1.1 Las válvulas de bola.

Las válvulas de bola están constituidas con una estructura que le permite al fluido pasar a través de la válvula sin ninguna restricción y con una mínima caída de presión. Son ideales para usar fluidos viscosos y que contengan partículas sólidas o semisólidas. Las válvulas de bola neumáticas son seguras duraderas y flexibles, son ampliamente utilizadas en la industria alimentos; las válvulas de bola eléctricas son válvulas con actuador eléctrico muy utilizadas en la automatización de procesos industriales.

Teniendo en cuenta el funcionamiento de las válvulas que permiten la circulación del fluido refrigerante por los difusores y entendiendo que su accionamiento es esporádico, hacer el cambio de las válvulas de accionamiento neumático por válvulas de accionamiento eléctrico es un aporte significativo al consumo de energía eléctrica, entendiendo que para suministrar una fuente de energía neumática es mayor el consumo de energía eléctrica que las válvulas de accionamiento eléctrico.

Con la propuesta de los cambios de estas válvulas se estima un ahorro aproximado en el consumo de energía eléctrica de 900 kW.h por días festivos. Con una tarifa promedio de \$400 el ahorro estimado estaría alrededor de \$360.000 por días festivo, sin embargo, el ahorro debe ser mayor ya que solo se implementaría el uso del sistema de aire comprimido en los procesos de producción.

Con el fin de observar cómo sería el comportamiento del consumo si se llevase a cabo la propuesta de cambiar las válvulas, junto con la siguiente estrategia se planeó apagar de manera esporádica el suministro de energía neumática, es decir, los compresores de aire Atlas Copco durante los días festivo del mes de junio. En la tabla 30, se muestra el consumo en días festivo de los compresores de aire.

Tabla 30

Consumo de los compresores de aire en los días festivos en el mes de junio

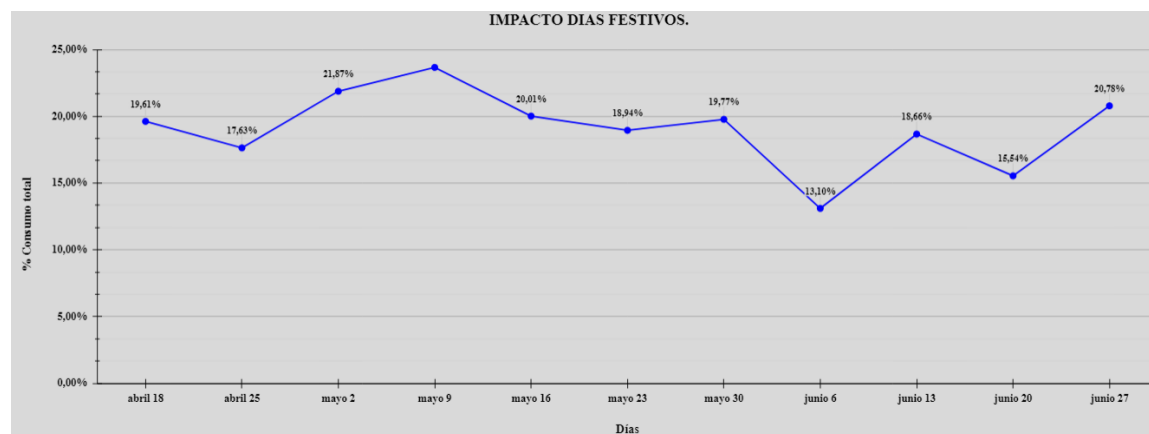
	GENERAL		COMPRESOR ATLAS ZT75 (1)		COMPRESOR ATLAS ZT55 (2)			
DÍA	kW.h	kW.h	Horas ON	Impacto	kW.h	Horas ON	Impacto	Impacto total
junio 6	3680	0	0	0,00%	482	12	13,10%	13,10%
junio 13	4330	263	7	6,07%	545	14	12,59%	18,66%
junio 20	4937	0	0	0,00%	767	18	15,54%	15,54%
junio 27	4418	451	8	10,21%	467	11	10,57%	20,78%

De los datos en la tabla 30 se puede observar una disminución en el impacto del consumo de los compresores de aire del 3,19%, el impacto promedio en los días festivos de los meses de abril y mayo fue de un 20,21% y para el mes de junio el impacto fue de 17,02%.

En la ilustración 20, muestra el comportamiento del consumo en los días festivos.

Ilustración 20

Gráfico comportamiento del consumo eléctrico en días festivo



Fuente: Propia

3.3 Apagar frio. Sistema de refrigeración intermitente.

El sistema de refrigeración de la planta de yogurt al ser el sistema de mayor impacto en el consumo general, con un promedio del 46,06% equivalente a 115.776 kW.h y al trabajar de manera continua cualquier instante de tiempo que se pueda suspender las actividades de consumo de este sistema se verá reflejado en el consumo general. Con el enorme impacto que presenta para el consumo nace la propuesta de apagar el sistema de refrigeración de forma intermitente.

En la tabla 31, se muestra el consumo promedio por día de los fines de semana correspondiente a los meses de abril y mayo de los equipos que trabajan continuamente en el sistema de refrigeración de la planta de yogurt para mantener el cuarto frio en condiciones óptimas.

Tabla 31

Promedio diario del consumo y operación de equipos del sistema de refrigeración

PROMEDIO DIARIO ABRIL Y MAYO					
EQUIPOS	TARIFA PROM 2021	HORAS/DÍA	kW.h	kW	\$
COMP ATLAS ZT55FF	\$400	20	849	42	\$339.600
COMP AMONIACO 3		23,64	857	36	\$342.822
BOMBAS AGUA GLICOLADA		23,64	374	16	\$149.600

DIFUSORES	23,64	504	21	\$201.600
TORRES CONDENSADORAS	23,64	335	14	\$134.000
TOTAL DIARIO		2919		\$1.167.622

Para el mes de junio se hizo la propuesta de apagar el sistema de refrigeración de manera intermitente durante los fines de semana cuando no se realicen trabajos en los cuartos fríos. Con el sistema de medición alternativo se obtuvieron los resultados para el primer fin de semana, los cuales se muestran en la tabla 32.

Tabla 32

Promedio del consumo y operación de equipos del sistema de refrigeración en los días 5, 6 y 7

FIN DE SEMANA 5,6,7 JUNIO						
EQUIPOS	TARIFA PROM 2021	HORAS/DÍA	kW.h	kW.h / DÍA	kW	\$
COMP ATLAS ZT55FF	\$400	12	1445	482	41,3	\$192.667
COMP AMONÍACO 3		11	1400	467	43,8	\$186.667
BOMBAS AGUA GLICOLADA		11	571	190	17,8	\$76.133
DIFUSORES		11	729	243	22,8	\$97.200
TORRES CONDENSADORAS		11	456	152	13,8	\$60.800
TOTAL DIARIO			4601	1534		\$613.467

En la tabla 33 se observa los resultados de la estrategia para el primer fin de semana.

Tabla 33

Ahorro promedio para los días 5, 6 y 7

	DIARIO		FIN DE SEMANA 5,6,7 JUNIO	
	kW.h	COSTO	kW.h	COSTO
AHORRO BRUTO	1385	\$554.156	4156	\$1.662.467
MANO DE OBRA		\$159.000		\$477.000
AHORRO		\$395.156		\$1.185.467

Con los datos recopilados con el método alternativo de medición de energía, la diferencia del consumo promedio diario de los meses de abril y mayo con las del primer fin de semana correspondiente a los días 5, 6 y 7 de junio hubo una disminución del consumo de 1.385 kW.h por día correspondientes a los equipos mencionados en la tabla 32.

En la tabla 34, se observan los datos obtenidos del consumo en el sistema de refrigeración.

Tabla 34

Promedio del consumo y operación de equipos del sistema de refrigeración en los días 12, 13 y 14

FIN DE SEMANA 12,13,14 JUNIO						
EQUIPOS	TARIFA PROM 2021	HORAS/DÍA	kW.h	kW.h / DÍA	kW	\$
COMP ATLAS ZT55FF	\$400	14	1634	545	38,9	\$217.867
COMP AMONÍACO 3		14	1800	600	42,9	\$240.000
BOMBAS AGUA GLICOLADA		14	741	247	17,6	\$98.800
DIFUSORES		14	999	333	23,8	\$133.200
TORRES CONDENSADORAS		14	598	199	14,2	\$79.733
TOTAL DIARIO			5772	1924		\$769.600

En la tabla 35, se observa los resultados de la estrategia para el segundo fin de semana del mes de junio.

Tabla 35

Ahorro promedio para los días 12, 13 y 14

	DIARIO		FIN DE SEMANA 12,13,14 JUNIO	
	kW.h	COSTO	kW.h	COSTO
AHORRO BRUTO	995	\$398.022	2985	\$1.194.067
MANO DE OBRA		\$159.000		\$477.000
AHORRO		\$239.022		\$717.067

Para el fin de semana de los días 12, 13 y 14 de junio hubo una baja promedio diaria en el consumo de 995 kW.h. En la tabla 36, se observan los datos obtenidos del consumo en el sistema de refrigeración.

Tabla 36

Promedio del consumo y operación de equipos del sistema de refrigeración en los días 19 y 20, 26 y 27

FIN DE SEMANA 19,20 JUNIO						FIN DE SEMANA 26,27 JUNIO				
EQUIPOS	H/DÍA	kW.h	kW.h / DÍA	kW	\$	H/DÍA	kW.h	kW.h / DÍA	kW	\$
COMP ATLAS ZT55FF	19	1534	767	41,5	\$306.800	11	934	467	42,5	\$186.800
COMP AMONÍACO 3	19	1100	550	29,7	\$220.000	11	1100	550	50,0	\$220.000
BOMBAS AGUA GLICOLADA	19	581	291	15,7	\$116.200	11	453	227	20,6	\$90.600
DIFUSORES	19	652	326	17,6	\$130.400	11	506	253	23,0	\$101.200

TORRES CONDENSADORAS	19	412	206	10,8	\$82.400	11	370	185	16,8	\$74.000
TOTAL DIARIO		4279	2140		\$855.800		3363	1682		\$672.600

En la tabla 37, se observa los resultados de la estrategia para los siguientes fines de semana del mes de junio.

Tabla 37

Ahorro estimado para los días 19 y 20, 26 y 27

	DIARIO		FIN DE SEMANA 19,20 JUNIO			DIARIO		FIN DE SEMANA 26,27 JUNIO	
	kW.h	COSTO	kW.h	COSTO		kW.h	COSTO	kW.h	COSTO
AHORRO BRUTO	2919	\$1.167.622	5838	\$2.335.244	AHORRO BRUTO	2919	\$1.167.622	5838	\$2.335.244
MANO DE OBRA		\$159.000		\$318.000	MANO DE OBRA		\$159.000		\$318.000
AHORRO		\$1.008.622		\$2.017.244	AHORRO		\$1.008.622		\$2.017.244

Para los siguientes fines de semana del mes de junio se calcula una disminución del consumo de energía eléctrica de 780 kW.h para los días 19 y 20 de junio y 1.238 kW.h para los días 26 y 27.

Con estos resultados se ve favorable para la Planta de Yogurt mantener las actividades de la iniciativa propuesta ya que brinda ahorros en los consumos de los equipos que impactan el consumo energético de la planta. Como mejora a esta iniciativa se realiza la propuesta de crear un modo económico mediante un sistema automático para suspender de manera intermitente el sistema de refrigeración.

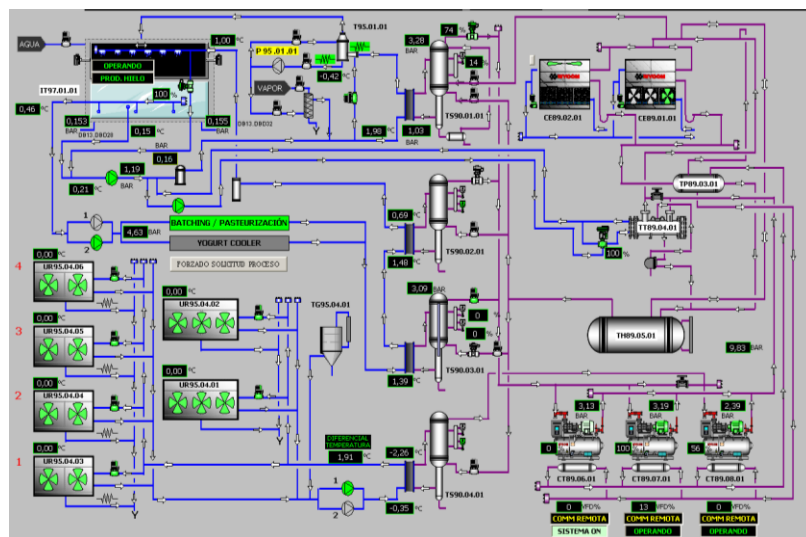
3.4 Modo económico.

El modo económico es una estrategia de eficacia energética que consiste en hacer de forma automática los procesos de la estrategia de apagar frío. Con los resultados de apagar frío fortalece la iniciativa de automatizar este procedimiento, la planta de yogurt cuenta con las herramientas necesarias para realizar este procedimiento de forma automática. El sistema de

refrigeración de la planta de yogurt en la ilustración 22 muestra la estructura del sistema de refrigeración.

Ilustración 21

Sistema de refrigeración de la planta de yogurt



Fuente: Planta yogurt

En el proceso de intercambio de calor del sistema de refrigeración, la variable que gobierna el sistema es la presión de succión en el compresor de amoníaco, ya que cuando existe un intercambio de calor en los cuartos fríos o en los diferentes procesos, la presión de succión de amoníaco a la salida de los intercambiadores de calor aumenta, haciendo que el sistema de refrigeración ejecute su función.

Con esta propuesta se busca monitorear la temperatura real del cuarto frío de la planta; conociendo esta temperatura se puede crear un algoritmo que controle el sistema de refrigeración para el área del cuarto frío, haciendo que funcione de forma intermitente mientras la temperatura se mantiene, se aprovecha la temperatura ambiente y que los tiempos en que los procesos de producción no requieren del sistema de refrigeración.

Para la implementación de esta estrategia se requiere de equipos de automatización industrial, en la tabla 38, se muestra los equipos con que cuenta la planta de yogurt.

Tabla 38*Equipos de automatización para el modo económico*

EQUIPOS INSTALADOS	
EQUIPO	UBICACIÓN
PLC SIEMENS S7 300	CUARTO FRIO
	PLANTA FRIO
SENSORES DE TEMPERATURA	CUARTO FRIO
	PLANTA FRIO
SISTEMA CONTROL COMPRESORES DE AMONACO	PLANTA FRIO
SENSORES DE PRESIÓN	PLANTA FRIO
SENSORES DE NIVEL	PLANTA FRIO

Con estos equipos es posible la aplicación de un sistema que monitoree el comportamiento de la temperatura en el cuarto frio y el sistema de refrigeración, y teniendo en cuenta las actividades logísticas que se realizan y los tiempos de inactividad operativa en el cuarto frio, la iniciativa de un modo económico en sistema de refrigeración se hace robusto y eficiente para los propósitos que se buscan en la gestión energética.

3.5 Arranque de torres condensadoras.

3.5.1 Las torres condensadoras.

Los equipos de las torres condensadoras en especial los motores de los ventiladores funcionan de manera intermitente, esta función está gobernada por la presión de salida de los compresores, cuando la presión aumenta los ventiladores se arrancan y cuando disminuye estos se detienen. Al ser motores eléctricos, con arranque directo y funcionar intermitentemente somete a estos equipos a un estrés electromecánico que produce incremento en el consumo, desgaste y deterioro de estos.

En la planta de yogurt el sistema de refrigeración cuenta con equipos que basan su funcionamiento en el principio del enfriamiento evaporativo, proceso en el que el agua se usa como refrigerante, este equipo son las torres condensadoras del sistema de refrigeración.

Las torres condensadoras para hacer el proceso de refrigeración requieren de ventiladores para el funcionamiento de estas, estos ventiladores son puestos en marcha con

motores eléctricos, los cuales son accionados de manera intermitente, debido al ciclo continuo del sistema de refrigeración. Con herramientas capaces de medir parámetros que definen el comportamiento de las torres condensadoras se generó la información descrita en la tabla 39.

Tabla 39

Cálculo aproximado del consumo eléctrico de la torre condensadora

TORRES CONDENSADORAS					
PARAMETROS	CORRIENTE (A)			VOLTAJE (v)	POTENCIA (kW)
	L1	L2	L3		
VENTILADOR 1 (In)	6,9	6,9	6,9	448	4,550998138
VENTILADOR 1 (Ia)	65,6	65,6	65,6	448	43,26746056
VENTILADOR 2 (In)	6,7	6,9	6,9	448	4,507027141
VENTILADOR 2 (Ia)	66,1	64,2	65,9	440	42,36526993
VENTILADOR 3 (In)	6,85	6,8	6,9	448	4,518019891
VENTILADOR 3 (Ia)	60,3	59,5	58,1	448	39,11220139
VENTILADOR 4 (In)	12,5	12,8	12,6	448	8,332503837
VENTILADOR 4 (Ia)	106,7	103,5	110,3	448	70,46352189

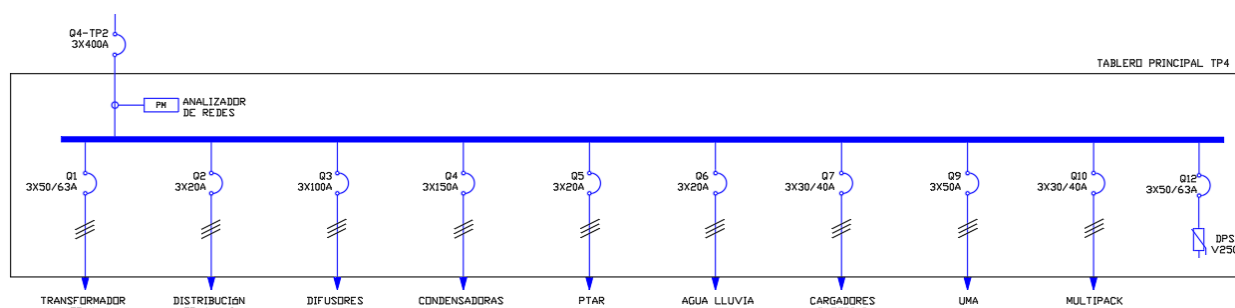
En la tabla 39 se muestra la corriente que consumen los motores de las torres condensadoras, sabiendo que su funcionamiento es de manera intermitente y conociendo los tiempos promedios en que los motores se accionan se calculó que en durante un periodo diario por lo menos dos ventiladores se accionan aproximadamente 288 veces, produciendo un alto estrés mecánico, picos de consumo energético e impacto en las instalaciones eléctricas.

Como conclusión del análisis de estos datos y del comportamiento de los equipos se proponen métodos de reducción de tensión como los son el arranque estrella triángulo, el autotransformador o arrancador suave; que son métodos de arranque de tensión reducida, ya que se basan en controlar la magnitud de tensión que se aplica al motor. por otro lado, como se puede abarcar esta iniciativa disminuyendo al corriente de arranque recurriendo a un arranque utilizando variador de frecuencia.

A manera de conclusión y proponiendo como solución que cuando haya cambios en las instalaciones de las redes de distribución eléctrica deberían ser modificado en los esquemas eléctricos, definiendo como una necesidad el contar con diagramas unifilares en digital, como el que se muestra en la ilustración 24, para que, de esta manera se puedan realizar las actualizaciones de los esquemas eléctricos.

Ilustración 23

Diagrama unifilar digital



Fuente: Propia

3.7 Modificación de cableado AS-i

En las áreas de recepción de leche, mezclas, cooler, fermentación, masa blanca, pasteurización y estación CIP poseen un conjunto de válvulas automáticas, para el control de estas válvulas se utiliza un protocolo de comunicación AS-i.

El deterioro en las instalaciones eléctricas es uno de los problemas más importantes, la antigüedad de instalación y no haber sido sometida a ningún tipo de revisión degrada los materiales de la instalación acarreando a fallas en el sistema.

En el área de masa blanca se presentó una falla de comunicación en una de las líneas de producción, el problema fue por un deterioro en un cable AS-i que interrumpió la comunicación AS-i en una de las líneas de esta área. Haciendo una revisión detallada de las instalaciones del cableado AS-i de la planta, se encontró deterioro en los cableados de las áreas de fermentación, inyección de fermentos y masa blanca.

Con el resultado de esta revisión se realiza la propuesta de cambio de los cableados que presentan deterioro por el estrés a los que son sometidos estas instalaciones, la propuesta se presenta con un diseño de instalación de cableado y con un análisis de los costos que representa realizar estos cambios.

En la tabla 40, se muestra el análisis de costo para la línea Gateway 13 área masa blanca.

Tabla 40

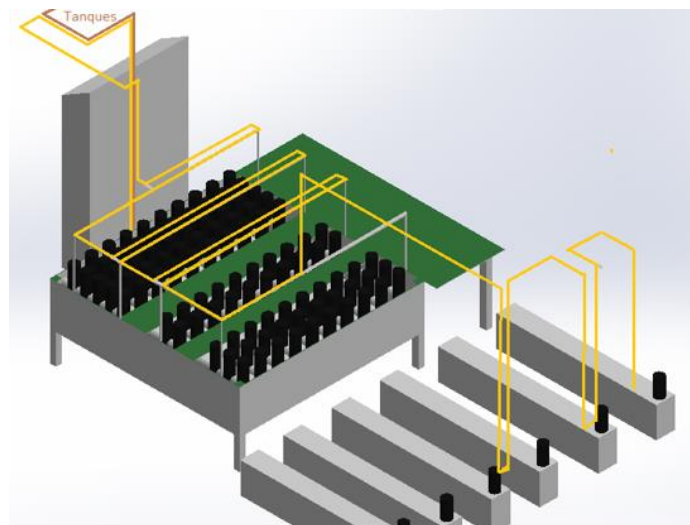
Costo para modificación del cableado AS-i línea gateway 13

COSTO LÍNEA GATEWAY 13						
	CABLE ASI		VAMPIROS		CABLE CONX VÁLVULAS	
COSTO	\$ 18,400.00	m	\$ 82,000.00	Unid	\$ 133,400.00	Unid
CANTIDAD	50	m	35	Unid	35	Unid
TOTAL	\$ 920,000.00		\$ 2,870,000.00		\$ 4,669,000.00	

En la ilustración 25, se observa la modificación propuesta para el cableado de esta línea.

Ilustración 24

Plano para modificación del cableado AS-i línea gateway 13



Fuente: Propia

En la tabla 41, se muestra el análisis de costo para la línea Gateway 30. área masa blanca.

Tabla 41

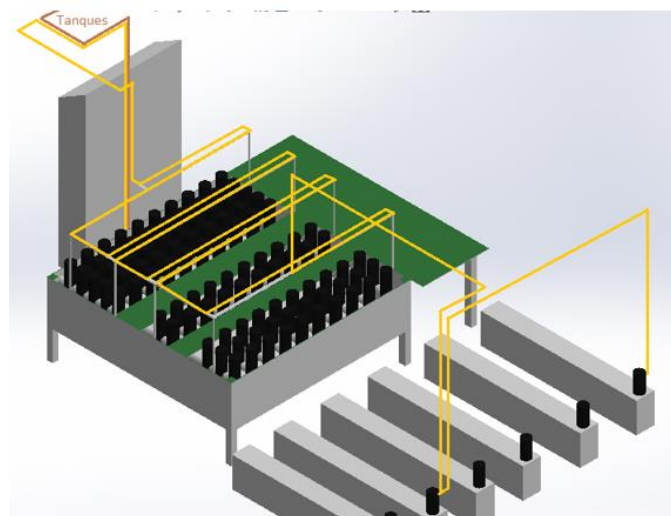
Costo para modificación del cableado AS-i línea gateway 30

COSTO LÍNEA GATEWAY 30						
	CABLE ASI		VAMPIROS		CABLE CONX VÁLVULAS	
COSTO	\$ 18,400.00	m	\$ 82,000.00	Unid	\$ 133,400.00	Unid
CANTIDAD	62	m	32	Unid	32	Unid
TOTAL	\$ 1,140,800.00		\$ 2,624,000.00		\$ 4,268,800.00	

En la ilustración 26, se observa la modificación propuesta para el cableado de esta línea.

Ilustración 25

Plano para modificación del cableado AS-i línea gateway 30



Fuente: Propia

En la tabla 42, se muestra el análisis de costo para la línea Gateway 34. Área masa blanca.

Tabla 42

Costo para modificación del cableado AS-i línea gateway 34

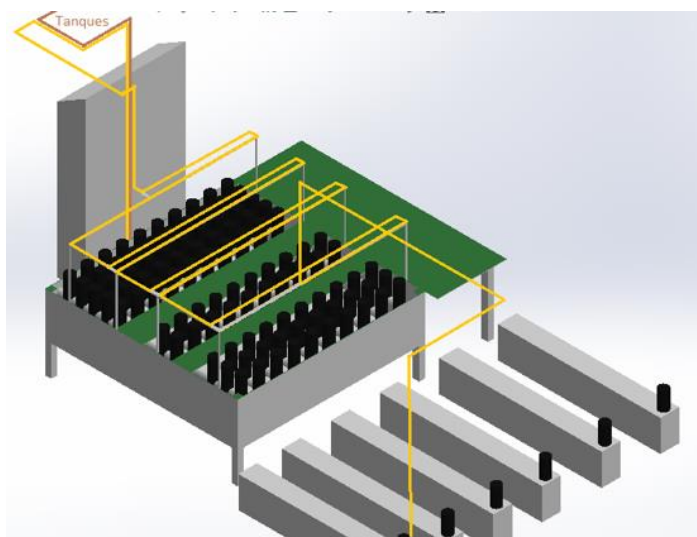
COSTO LÍNEA GATEWAY 34		
	CABLE ASI	CABLE CONX VÁLVULAS
	VAMPIROS	

COSTO	\$ 18,400.00	m	\$ 82,000.00	Unid	\$ 133,400.00	Unid
CANTIDAD	62	m	29	Unid	29	Unid
TOTAL	\$ 1,140,800.00		\$ 2,378,000.00		\$ 3,868,600.00	

En la ilustración 27, se observa la modificación propuesta para el cableado de esta línea.

Ilustración 26

Plano para modificación del cableado AS-i línea gateway 34



Fuente: Propia

En la tabla 43, se muestra el análisis de costo para la línea Gateway 20. Área fermentación.

Tabla 43

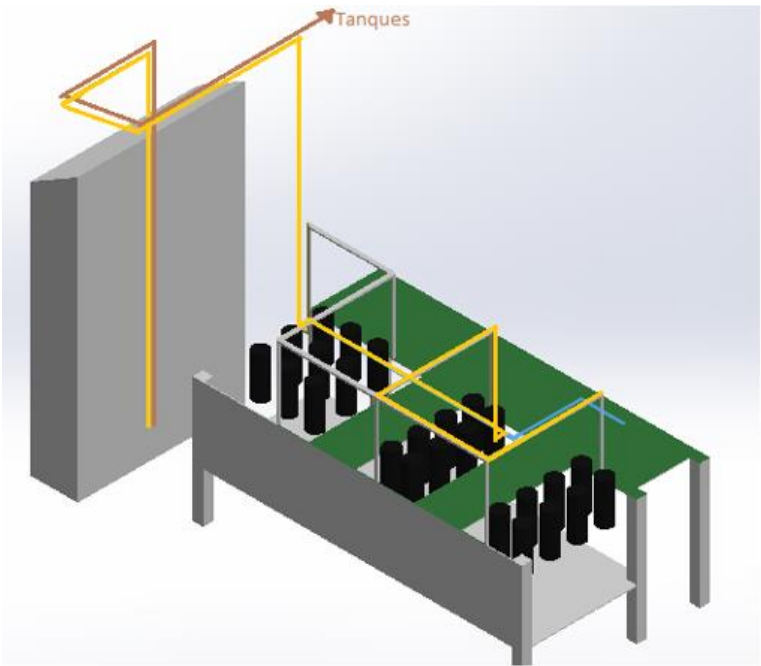
Costo para modificación del cableado AS-i línea gateway 20

COSTO LÍNEA GATEWAY 20						
	CABLE ASI		VAMPIROS		CABLE CONX VÁLVULAS	
COSTO	\$ 18,400.00	m	\$ 82,000.00	Unid	\$ 133,400.00	Unid
CANTIDAD	37	m	8	Unid	8	Unid
TOTAL	\$ 680,800.00		\$ 656,000.00		\$ 1,067,200.00	

En la ilustración 28, se observa la modificación propuesta para el cableado de esta línea.

Ilustración 27

Plano para modificación del cableado AS-i línea gateway 20



Fuente: Propia

En la tabla 44, se muestra el análisis de costo para la línea Gateway 25. Área de fermentación y módulo de inyección de fermentos.

Tabla 44

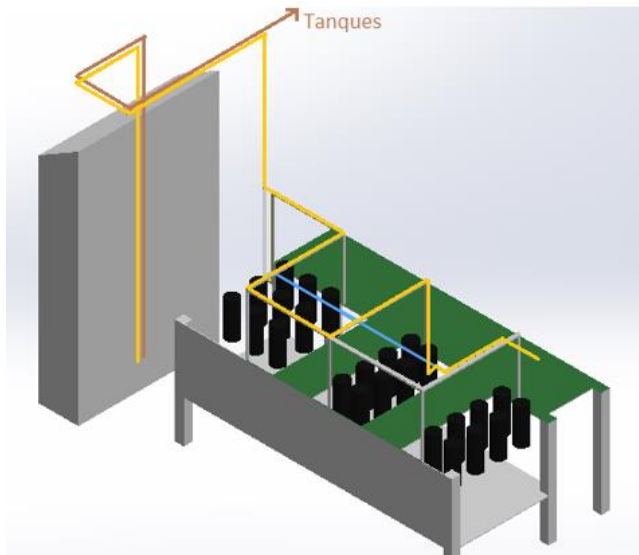
Costo para modificación del cableado AS-i línea gateway 25

COSTO LÍNEA GATEWAY 25							
	CABLE ASI		VAMPIROS		CABLE CONX VÁLVULAS		
COSTO	\$	18,400.00	m	\$ 82,000.00	Unid	\$ 133,400.00	Unid
CANTIDAD	62		m	30	Unid	30	Unid
SUBTOTAL	\$	1,140,800.00		\$ 2,460,000.00		\$ 4,002,000.00	

En la ilustración 29, se observa la modificación propuesta para el cableado de esta línea.

Ilustración 28

Plano para modificación del cableado AS-i línea gateway 25



Fuente: Propia

Con esta iniciativa se está apuntando a reducción de las paradas técnicas por mantenimiento a las intervenciones de la red AS-i de estas áreas de la planta, de igual manera, proyectando mejoras en la eficiencia de los procesos de producción.

3.8 Estrategia para la toma de decisión en la intervención de equipos basado en análisis de criticidad.

La planta de yogurt en busca de mejoras en la gestión de mantenimiento que le brinde herramientas para obtener una mayor disponibilidad de equipos y a su vez que estos trabajen de forma óptima, dando el soporte necesario para que el departamento de producción entregue a satisfacción un producto de alta calidad al mercado. Por lo tanto, se deben identificar los equipos de mayor importancia para las líneas de producción y así establecer los procedimientos requeridos para el buen funcionamiento de estos junto con la prioridad de intervención.

En las instalaciones de la planta de yogurt tenemos equipos y sistemas para producción, por lo que se hace necesario efectuar intervenciones de mantenimiento para mantenerlos en correcto estado de operación y servicio; con un análisis de criticidad se podrá optimizar recursos y garantizar la efectividad y confiabilidad de estos.

3.8.1 Identificación de los equipos a evaluar.

Los equipos seleccionados para la realización del análisis de criticidad fueron todos los equipos y sistemas identificados en las áreas de la planta de yogurt. A continuación, en la tabla 45, se muestra el listado de equipos a los que se les realizó esta metodología de criticidad.

Tabla 45

Equipos para análisis de criticidad

ÁREAS	EQUIPOS.
	SERVICIOS INDUSTRIALES
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.	TRANSFORMADOR GENERAL
	PLANTA ELÉCTRICA PERKINS
AIRE COMPRIMIDO	COMPRESOR DE AIRE ATLASCOPCO ZT 75 VSD FF
	COMPRESOR AIRE ATLASCOPCO ZT 55 FF
PLANTA DE FRIO	COMPRESOR AMONIACO N. 1 MYCOM N160VMD T 200
	COMPRESOR AMONIACO N. 2 MYCOM N160VMD T 150
	COMPRESOR AMONIACO N. 3 MYCOM N160VMD T 150
	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFGR (H2O \ NH3)
	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFGR (H2O \ NH3)
	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFGR (H2O \ NH3)
	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFGR (C2H2O2+H2O \ NH3)
	MOTOBOMBA RECIRCULACION AGUA TINA DE HIELO NOWMB 3220
	MOTOBOMBA FABRICACIÓN HIELO NOWA 065130 0
	MOTOBOMBA DESCONGELAMIENTO NOWA 4013 0
	MOTOBOMBA 1 AGUA FRIA PROCESO NOWA 050160 0
	MOTOBOMBA 2 AGUA FRIA PROCESO NOWA 050160 0
	MOTOBOMBA BAIPÁS A. SUBENFRIADA NOWA 050160 0
	MOTOBOMBA AGUA GLICOLADA 1 NOWA 050160 0
	MOTOBOMBA AGUA GLICOLADA 2 NOWA 050160 0
	TINA AGUA HELADA MYCOM
	CONDENSADOR EVAPORADOR - EVAPCO
	CONDENSADOR EVAPORADOR - MYCOM
CUARTO FRIO	INDICADOR DE PRESIÓN. MANOMETROS.
	SENSORES DE PRESIÓN.
	SENSORES DE TEMPERATURA.
	DIFUSORES
	CELDA DE ENFRIAMIENTO
	SENSORES DE TEMPERATURA.

AGUA POTABLE	MOTOBOMBA 1 AGUA POTABLE NOWA 080320 0
	MOTOBOMBA 2 AGUA POTABLE NOWA 080320 0
	MOTOBOMBA AGUA POTABLE STAND BY NOWA 032160 0
	TANQUES ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE 250 M3
SISTEMA DE VENTILACIÓN DE ENVASADO (UMA)	SISTEMA DE VENTILACION CLAUGER
	MOTOR SISTEMA DE VENTILACION ENVASADO CLAUGER
	TANQUES PTAR
PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	BOMBA 1, 2, 3. TANQUE AZUL
	BOMBA 4, 5. TANQUE GRASAS
	BOMBA 6, 7, 8. TANQUE INICIAL
	VALVULAS MANUALES
	SENSORES DE NIVEL
	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS
SISTEMAS DE AGUAS LLUVIAS	BOMBA AGUAS LLUVIA 1 NOWA 080160 0
	BOMBA AGUAS LLUVIA 2 NOWA 080160 0
	TANQUE AMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS
	PROCESOS
112 - 121 RECEPCION DE LECHE	TANQUE ALMACENAMIENTO RECEPCION LECHE 1 50000 LT
	TANQUE ALMACENAMIENTO RECEPCION LECHE 2 50000 LT
	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
	VÁLVULA TOMAMUESTRA
	VÁLVULAS MANUALES
	BOMBA 112PU1100 W + 22/20 IMPELLER
	BOMBA ALM LECHE 121PU1200 W + 22/20 IMPELLER
	BOMBA LINEA ENVIO CIP 121PU8110 W + 22/20 105
	FLUJOMETROS ENDRESS HAUSER
	SENSORES DE TEMPERATURA
211 MEZCLA	SENSORES DE NIVEL
	TANQUE DE MEZCLA 1 30000 LT
	TANQUE DE MEZCLA 2 30000 LT
	VALVULA MODULADA SAMSON 211MV0340
	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
	VÁLVULA TOMAMUESTRA
	VÁLVULAS MANUALES
	BOMBA BATCHING CALENTADOR ENFRIADOR 211PU0210
	BOMBA BATCHING 211PU1100
	BOMBA BLENDER SILVERSON 211PU1103
	BOMBA BATCHING A PASTERIZADOR 211PU1200
	BOMBA BLENDER 211PU1430
	BOMBA BATCHING 211PU8110
	MEZCLADOR POR CIZALLAMIENTO SILVERSON
	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MEZCLA
	SENSORES DE TEMPERATURA
	SENSORES DE NIVEL
	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS
221 PASTERIZADOR	HOMOGENIZADOR RANNIE 221XM4100
	INTERCAMBIADOR DE PLACAS PASTERIZADOR APV
	INTERCAMBIADOR DE PLACAS PASTERIZADOR APV DRAWING
	INTERCAMBIADOR TUBULAR PASTERIZADOR TECALSA 221OE4300
	INTERCAMBIADOR TUBULAR PASTERIZADOR TECALSA 221OE4400
	VALVULAS MODULADAS
	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
	VÁLVULAS DE SEGURIDAD
	VÁLVULAS MANUALES
	BOMBA PASTERIZADOR 221PU3101
	BOMBA PASTERIZADOR 221PU3102

	BOMBA PASTEURIZADOR 221PU3104
	BOMBA PASTEURIZADOR 221PU3108
	BOMBA PASTEURIZADOR 221PU4300
	BOMBA PASTEURIZADOR 221PU4400
	FLUJOMETROS PASTEURIZADOR ENDRESS HAUSER
	SENSORES DE PRESIÓN.
	SENSORES DE TEMPERATURA.
	SENSORES DE NIVEL.
	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS
	SENSOR DE CONDUCTIVIDAD ENDRESS HAUSER 221CT3109
222 MODULO DE INYECCIÓN DE FERMENTOS	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
	VÁLVULA TOMAMUESTRA
	VÁLVULAS MANUALES
	VÁLVULAS DE SEGURIDAD
	SENSORES DE TEMPERATURA.
	SENSORES DE NIVEL.
	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS
223 FERMENTACIÓN	TANQUE DE FERMENTACION 1 15000 LT
	TANQUE DE FERMENTACION 2 15000 LT
	TANQUE DE FERMENTACION 3 15000 LT
	TANQUE DE FERMENTACION 4 20000 LT
	TANQUE DE FERMENTACION 5 20000 LT
	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
	VÁLVULAS TOMAMUESTRA
	VÁLVULAS MANUALES
	VÁLVULAS DE SEGURIDAD
	BOMBA ENFRIAMIENTO PCM 223PU1100
	BOMBA CIP LINEA TANQUES FERMENTACION 223PU8010
	SENSORES DE PRESIÓN.
	SENSORES DE TEMPERATURA.
224 MASA BLANCA	SENSORES DE NIVEL.
	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS
	TANQUE DE MASA BLANCA 1 15000 LT
	TANQUE DE MASA BLANCA 2 15000 LT
	TANQUE DE MASA BLANCA 3 15000 LT
	TANQUE DE MASA BLANCA 4 20000 LT
	TANQUE DE MASA BLANCA 5 20000 LT
	TANQUE DE MASA BLANCA 6 20000 LT
	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
	ELECTROVÁLVULAS
	VÁLVULAS TOMAMUESTRA
	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN
	VÁLVULAS MANUALES
	VÁLVULAS DE SEGURIDAD
	BOMBA PCM MASA BLANCA A ARCIL 1 224PU1100
	BOMBA PCM MASA BLANCA A SOLPAK 224PU1200
	BOMBA PCM MASA BLANCA A MZ1 224PU1300
	BOMBA PCM MASA BLANCA A ARCIL 2 224PU1400
	BOMBA PCM MASA BLANCA A DISEYCO 224PU1500
225 COOLER	BOMBA PCM MASA BLANCA A MZ224PU1600
	BOMBA RETORNO CIP MASA BLANCA 224PU8010
	FLUJOMETROS ENDRESS HAUSER.
	SENSORES DE PRESIÓN.
	SENSORES DE TEMPERATURA.
	SENSORES DE NIVEL.
	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS
225 COOLER	INTERCAMBIADOR DE PLACAS COOLER APV
	VALVULAS MODULADAS
	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4

821 ESTACIÓN CIP	VÁLVULAS TOMAMUESTRA
	VÁLVULAS MANUALES
	BOMBA COOLER 225PU0212
	TEXTURIZADOR YSTRAL COOLER 225PU1101
	BOMBA COOLER 225PU1102
	SENSORES DE PRESIÓN.
	SENSORES DE TEMPERATURA.
	SENSORES DE NIVEL.
	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS
	TANQUE RECEPCION ACIDO NITRICO 5000 LT
	TANQUE RECEPCION SODA CAUSTICA 5000 LT
	TANQUE AGUA FRESCA 15000 LT
	TANQUE ACIDO NITRICO 15000 LT
	TANQUE SODA CAUSTICA 15000 LT
	TANQUE AGUA RECUPERADA 15000 LT
	TANQUE AGUA CALIENTE 15000 LT
	VÁLVULAS MODULADAS.
	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
	VÁLVULAS MANUALES.
	VÁLVULAS DE DRENAJE
311 ENVASADO	BOMBA CIP RECIRCULACION ACIDO 821PU2262
	BOMBA CIP SODA 821PU2362
	BOMBA CIP AGUA CALIENTE 821PU2562
	BOMBA CIP ENVIO LINEA 1 821PU8101
	BOMBA CIP ENVIO LINEA 2 821PU8201
	BOMBA CIP ENVIO LINEA 3 821PU8301
	BOMBA CIP ENVIO LINEA 4 821PU8401
	BOMBA CIP ENVIO LINEA 5 821PU8501
	BOMBA NEUMATICA ACIDO NÍTRICO 821PU9160
	BOMBA NEUMATICA SODA CAUSTICA 821PU9260
	FLUJOMETROS ENDRESS HAUSSER.
	SENSORES DE TEMPERATURA.
	SENSORES DE NIVEL.
	SENSORES DE CONDUCTIVIDAD.
	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS
	ENVASADO Y MULTIPACK
	BANDAS TRANSPORTADORAS.
	FECHADORES.
	BOMBA FRUTA ARCIL1 A 311PU1130
	BOMBA FRUTA ARCIL1 B 311PU1230
	BOMBA RETORNO CIP ARCIL1 311PU8110
	BOMBA RECIRCULACIÓN AGUA ARCIL1 311PU1501
	BOMBA FRUTA ARCIL 2 311PU1330
	BOMBA RETORNO CIP ARCIL2 311PU8510
	BOMBA RECIRCULACIÓN AGUA ARCIL2 311PU1502
	BOMBA FRUTA MZ1 311PU1430
	BOMBA RETORNO CIP MZ1 311PU8410
	BOMBA FRUTA MZ2 311PU1530
	BOMBA RETORNO CIP MZ2 311PU8610
	BOMBA RETORNO CIP SOLPACK 311PU8310
	BOMBA RETORNO CIP DISEYCO 311PU8710
	BOMBA PERISTALTICA SABOR Y COLOR WATSON MARLOW
	FORMADORA DE CAJAS MULTIBOX.
	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4
	VÁLVULAS MANUALES.
	FLUJOMETROS ENDRESS HAUSSER.
	SENSORES DE TEMPERATURA.
	SENSORES DE NIVEL.
	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS

MÁQUINAS ENVASADORAS	ENVASADORA ARCIL1
	ENVASADORA ARCIL2
	ENVASADORA MZ1
	ENVASADORA MZ2
	ENVASADORA DISEYCO
	ENVASADORA SOLPACK
MÁQUINAS LLENADORAS DE SOBRECOPAS	LLENADORA DE COPAS INFRANHS
	LLENADORA DE COPAS PRIMO COLUSSI
	LLENADORA DE COPAS TECNOPACK

3.8.2 Método de evaluación aplicado.

El método que se desarrolló para el análisis de criticidad es el basado en ponderación que son determinadas desde un punto de vista ingenieril. En la tabla 46, se muestran los criterios y el valor de ponderación.

Tabla 46

Valor de ponderación de los criterios para el análisis de criticidad

PONDERACIONES DE LOS CRITERIOS ANÁLISIS DE CRITICIDAD.	
1. COMPLEJIDAD TECNOLÓGICA (CT)	PUNTAJE
[0] Equipo con arranque directo, sin enclavamiento eléctrico.	0
[1] Equipos con control, secuencia eléctrica, varias variables.	1
[2] Equipo con control automático, electrónico, instrumentación.	2
2. IMPORTANCIA DEL EQUIPO EN LA PRODUCCIÓN (IP)	
[1] No afecta la producción.	1
[2] 25% de impacto.	2
[3] 50% de impacto.	3
[4] 75% de impacto.	4
[5] La afecta totalmente.	5
3. FUNCIONAMIENTO POR TASA DE MARCHA (FM)	
[0] Esporádico.	0
[1] Intermitente.	1
[2] Continua.	2
4. FRECUENCIA DE FALLA -Todo tipo de falla (FF)	
[1] No presenta falla por año.	1
[2] Entre 1 y 3 por año.	2
[3] Entre 4 y 8 por año.	3
[4] Entre 9 y 19 por año.	4
[5] Más de 20 por año.	5
5. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (TR)	
[1] Menos de 4 horas.	1
[2] Entre 4 y 8 horas.	2
[3] Entre 8 y 24 horas.	3
[4] Entre 24 y 48 horas.	4
[5] Más de 48 horas.	5
6. COSTOS DE MANTENIMIENTO (CM)	
[1] Menos de 3 millones de pesos.	1
[2] Entre 3 y 15 millones de pesos.	2
[3] Entre 15 y 35 millones de pesos.	3
[4] Más de 35 millones de pesos.	4
7. CRITERIO DE INOCUIDAD. EQUIPOS QUE INCIDEN EN LA INOCUIDAD DEL PRODUCTO (CI)	

[1] Equipos que no intervienen en forma directa en inocuidad del producto.	1
[2] Equipos que intervienen en la inocuidad del producto ya terminado.	2
[3] Equipos que intervienen en la inocuidad del producto durante el proceso.	3
[4] Equipo encargado de su empackado o envasado que garantiza la inocuidad del producto.	4
[5] Equipos críticos para la inocuidad del producto durante un proceso.	5
[6] Equipos críticos para la inocuidad del producto durante un proceso en varias líneas.	6
8. IMPACTO AMBIENTAL (IM)	
[0] No origina ningún impacto ambiental.	0
[1] Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de la planta.	1
[2] Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta.	2
[3] Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad.	3
9. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL (ISP)	
[0] No origina heridas ni lesiones.	0
[1] Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes.	1
[2] Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días.	2
[3] Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente.	3
10. IMPACTO EN PERDIDAS ECONOMICAS POR FALLA (IPF)	
[0] No ocasiona pérdidas económicas en las diferentes áreas de la planta.	0
[1] Puede ocasionar pérdidas económicas hasta de 5 SMMLV.	1
[2] Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 5 y menores de 25 SMMLV.	2
[3] Puede ocasionar pérdidas económicas mayores de 25 SMMLV.	3
ASIGNACION COEFICIENTE DE PONDERACION-FLEXIBILIDAD (F)	
[1] Para equipos auxiliares, proceso adjunto, equipos con duplicado. (no detienen el proceso)	1
[2] Para equipos de importancia media, de apoyo a la producción, única existencia. (Ocasionan parada de una línea de proceso)	2
[3] Para equipos de importancia vital para el proceso, de única existencia, sin reemplazo. (aplican la parada de toda la planta)	3

Después de calcular el valor del equipo se procede a ubicarlo en la matriz de criticidad para identificar su clasificación, en esta matriz se representan todos los valores posibles que pueden ser asignados, y se simboliza mediante colores representativos de los niveles de criticidad.

3.8.3 Matiz de criticidad.

La matriz de criticidad es representada por tres grupos separados por colores, en la ilustración 30 se muestra el bosquejo de la matriz de criticidad.

Ilustración 29

Matriz de criticidad

MATRIZ DE CRITICIDAD																																													
FRECUENCIA	5	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215				
	4	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172				
	3	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84	87	90	93	96	99	102	105	108	111	114	117	120	123	126	129				
	2	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86				
	1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43				
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43					
CONSECUENCIA																																													

Fuente: Propia

Los colores en matriz de criticidad representan los grupos que clasifican a los equipos evaluados, los equipos críticos están representados en la matriz con el color rojo, los equipos medianamente críticos están representados en la matriz con el color amarillo y los equipos no críticos están representados en la matriz con el color verde.

A modo de ejemplo el equipo que se toma es el homogeneizador, con las encuestas realizadas se obtuvieron los datos que se muestran en la tabla 47, estos son los datos que arroja la encuesta para el homogeneizador.

Tabla 47

Resultado de encuestas de análisis de criticidad para el homogeneizador

EQUIPO	
HOMOGENIZADOR RANNIE 221XM4100	
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	VALOR
COMPLEJIDAD TECNOLÓGICA (CT)	2
IMPORTANCIA DEL EQUIPO EN LA PRODUCCIÓN (IP)	4
FUNCIONAMIENTO POR TASA DE MARCHA (FM)	2
FRECUENCIA DE FALLA -Todo tipo de falla (FF)	2
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (TR)	2
COSTOS DE MANTENIMIENTO (CM)	2
CRITERIO DE INOCUIDAD. EQUIPOS QUE INCIDEN EN LA INOCUIDAD DEL PRODUCTO (CI)	3
IMPACTO AMBIENTAL (IM)	2
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL (ISP)	2
IMPACTO EN PERDIDAS ECONÓMICAS POR FALLA (IPF)	1
ASIGNACIÓN COEFICIENTE DE PONDERACIÓN-FLEXIBILIDAD (F)	3
$CO = (CT+FM+TR+CM +CC+(IP*F) +IM+ISP+IPF)$	
CONSECUENCIA	28
$C = (FF*CO)$	
CRITICIDAD	56

Después de calcular el valor del equipo se procede a ubicarlo en la matriz de criticidad para identificar su clasificación. Se realizó este procedimiento para cada uno de los equipos, obteniendo como resultado la ubicación de los equipos en la matriz de criticidad.

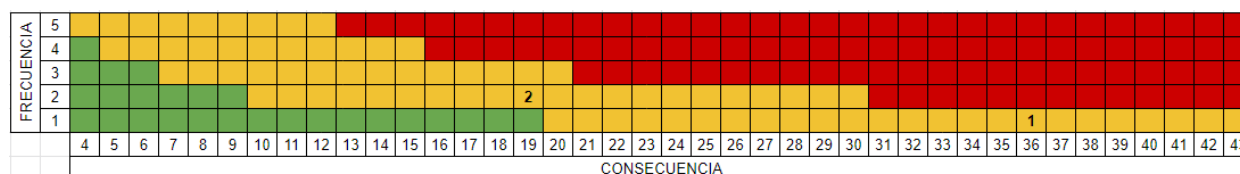
3.8.4 Resultados del análisis de criticidad.

En la tabla 48, se muestran los resultados del análisis de criticidad para los equipos de la subestación eléctrica:

Tabla 48*Criticidad de equipos de la subestación eléctrica*

ÁREA	Nro.	EQUIPO	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.	1	TRANSFORMADOR GENERAL	1	36	36
	2	PLANTA ELÉCTRICA PERKINS	2	19	38

En la ilustración 31, se observa la ubicación de los equipos de subestación eléctrica en la matriz de criticidad.

Ilustración 30*Matriz de criticidad de equipos de la subestación eléctrica**Fuente: Propia*

En la tabla 49, se muestran los resultados del análisis de criticidad de los compresores de aire:

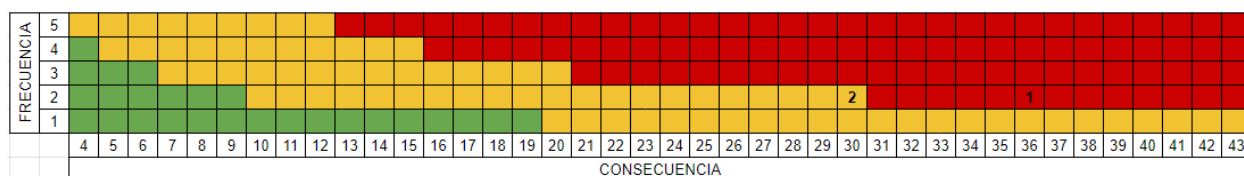
Tabla 49*Criticidad de los compresores de aire*

ÁREA	Nro.	EQUIPO	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
AIRE COMPRIMIDO	1	COMPRESOR DE AIRE ATLASCOPOCO ZT 75 VSD FF	2	36	72
	2	COMPRESOR AIRE ATLASCOPOCO ZT 55 FF	2	30	60

En la ilustración 32, se observa la ubicación de los compresores de aire comprimido en la matriz de criticidad

Ilustración 31

Matriz de criticidad de los compresores de aire



Fuente: Propia

En la tabla 50, se muestran los resultados del análisis de criticidad para los equipos de la planta de frío:

Tabla 50

Criticidad de equipos de la planta de frio

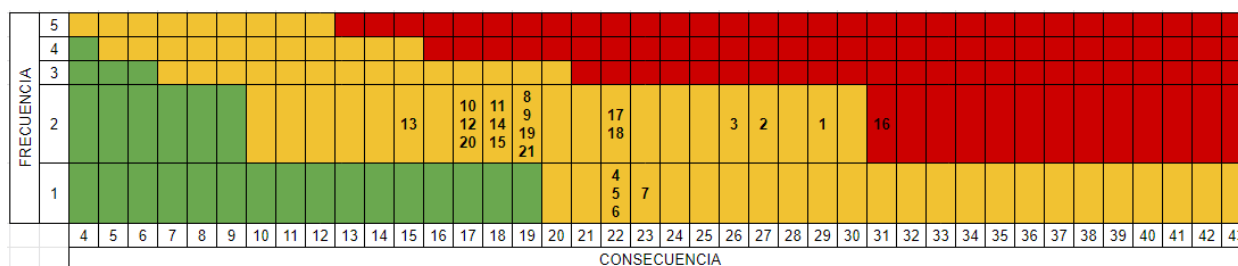
ÁREA	Nro.	EQUIPO	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
PLANTA DE FRIO	1	COMPRESOR AMONIACO N. 1 MYCOM N160VMD T 200	2	29	58
	2	COMPRESOR AMONIACO N. 2 MYCOM N160VMD T 150	2	27	54
	3	COMPRESOR AMONIACO N. 3 MYCOM N160VMD T 150	2	26	52
	4	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFG (H2O \ NH3)	1	22	22
	5	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFG (H2O \ NH3)	1	22	22
	6	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFG (H2O \ NH3)	1	22	22
	7	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFG (C2H2O2+H2O \ NH3)	1	23	23
	8	MOTOBOMBA RECIRCULACION AGUA TINA DE HIELO NOWMB 3220	2	19	38
	9	MOTOBOMBA FABRICACIÓN HIELO NOWA 065130 0	2	19	38
	10	MOTOBOMBA DESCONGELAMIENTO NOWA 4013 0	2	17	34
	11	MOTOBOMBA 1 AGUA FRIA PROCESO NOWA 050160 0	2	18	36
	12	MOTOBOMBA 2 AGUA FRIA PROCESO NOWA 050160 0	2	17	34
	13	MOTOBOMBA BAIPÁS A. SUBENFRIADA NOWA 050160 0	2	15	30
	14	MOTOBOMBA AGUA GLICOLADA 1 NOWA 050160 0	2	18	36
	15	MOTOBOMBA AGUA GLICOLADA 2 NOWA 050160 0	2	18	36
	16	TINA AGUA HELADA MYCOM	2	31	62
	17	CONDENSADOR EVAPORADOR - EVAPCO	2	22	44
	18	CONDENSADOR EVAPORADOR - MYCOM	2	22	44

19	INDICADOR DE PRESIÓN. MANOMETROS.	2	14	28
20	SENSORES DE PRESIÓN.	2	17	34
21	SENSORES DE TEMPERATURA.	2	19	38

En la ilustración 33, se observa la ubicación de los equipos de la planta de frio en la matriz de criticidad

Ilustración 32

Matriz de criticidad de equipos de la planta de frio



Fuente: Propia

En la tabla 51, se muestran los resultados del análisis de criticidad para los equipos de recepción de leche:

Tabla 51

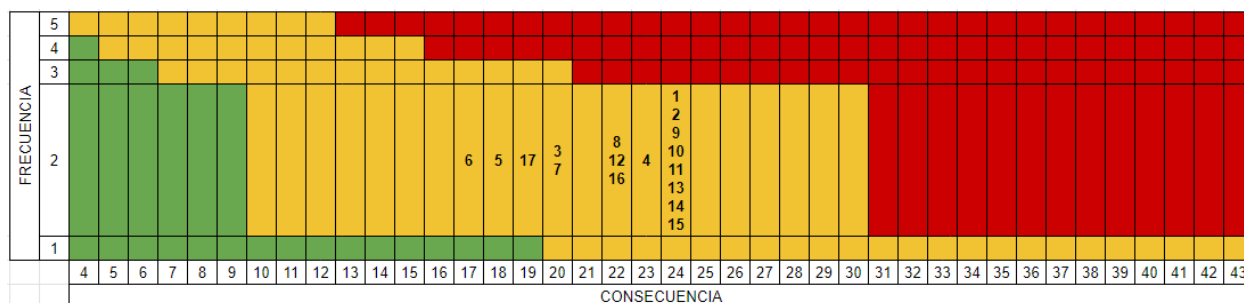
Criticidad de equipos de recepción de leche

ÁREA	Nro.	EQUIPO	FRECUCENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
112 - 121 RECEPCION DE LECHE	1	TANQUE ALMACENAMIENTO RECEPCION LECHE 1 50000 LT	2	26	52
	2	TANQUE ALMACENAMIENTO RECEPCION LECHE 2 50000 LT	2	26	52
	3	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4	2	22	44
	4	VÁLVULA TOMAMUESTRA	2	20	40
	5	VÁLVULAS MANUALES	2	18	36
	6	BOMBA 112PU1100 W + 22/20 IMPELLER	2	19	38
	7	BOMBA ALM LECHE 121PU1200 W + 22/20 IMPELLER	2	18	36
	8	BOMBA LINEA ENVIO CIP 121PU8110 W + 22/20 105	2	18	36
	9	FLUJOMETROS ENDRESS HAUSER	2	20	40
	10	SENSORES DE TEMPERATURA	2	21	42
	11	SENSORES DE NIVEL	2	21	42

En la ilustración 35, se observa la ubicación de los equipos de mezclas en la matriz de criticidad

Ilustración 34

Matriz de criticidad de equipos de mezclas



Fuente: Propia

En la tabla 53, se muestran los resultados del análisis de criticidad para los equipos del pasteurizador:

Tabla 53

Criticidad de equipos del pasteurizador

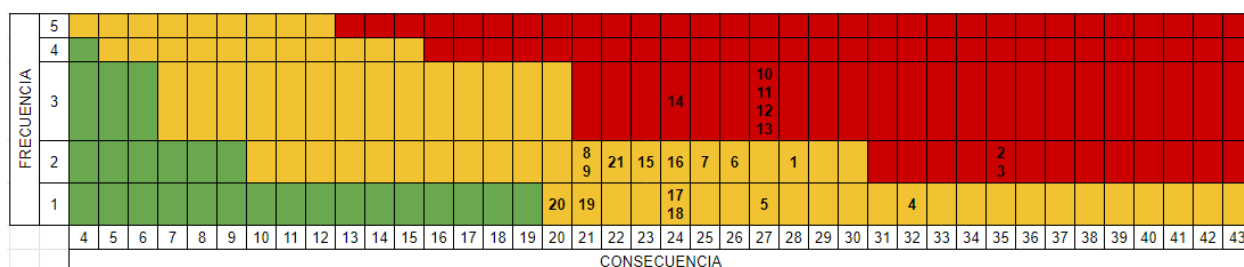
ÁREA	Nro.	EQUIPO	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
221 PASTEURIZADOR	1	HOMOGENIZADOR RANNIE 221XM4100	2	28	56
	2	INTERCAMBIADOR DE PLACAS PASTEURIZADOR APV	2	35	70
	3	INTERCAMBIADOR DE PLACAS PASTEURIZADOR APV DRAWING	2	35	70
	4	INTERCAMBIADOR TUBULAR PASTERIZADOR TECALSA 221OE4300	1	32	32
	5	INTERCAMBIADOR TUBULAR PASTERIZADOR TECALSA 221OE4400	1	27	27
	6	VALVULAS MODULADAS	2	26	52
	7	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4	2	25	50
	8	VÁLVULAS DE SEGURIDAD	1	21	21
	9	VÁLVULAS MANUALES	1	21	21
	10	BOMBA PASTEURIZADOR 221PU3101	3	27	81
	11	BOMBA PASTEURIZADOR 221PU3102	3	27	81
	12	BOMBA PASTEURIZADOR 221PU3104	3	27	81
	13	BOMBA PASTEURIZADOR	3	27	81

	221PU3108			
14	BOMBA PASTEURIZADOR 221PU4300	3	24	72
15	BOMBA PASTEURIZADOR 221PU4400	2	23	46
16	FLUJOMETROS PASTEURIZADOR ENDRESS HAUSER	2	24	48
17	SENSORES DE PRESIÓN.	1	24	24
18	SENSORES DE TEMPERATURA.	1	24	24
19	SENSORES DE NIVEL.	1	21	21
20	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS	1	20	20
21	SENSOR DE CONDUCTIVIDAD ENDRESS HAUSER 221CT3109	2	22	44

En la ilustración 36, se observa la ubicación de los equipos del pasteurizador en la matriz de criticidad

Ilustración 35

Matriz de criticidad de equipos del pasteurizador



Fuente: Propia

En la tabla 54, se muestran los resultados del análisis de criticidad para los equipos de fermentación:

Tabla 54

Criticidad de equipos de fermentación

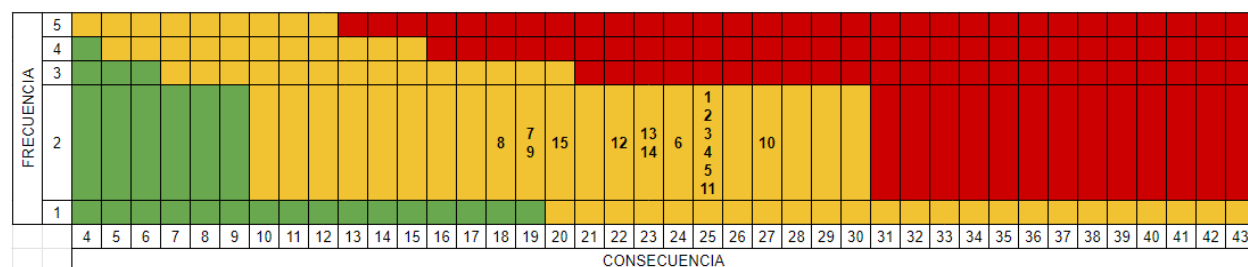
ÁREA	Nro.	EQUIPO	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
223 FERMENTACIÓN	1	TANQUE DE FERMENTACION 1 15000 LT	2	25	50
	2	TANQUE DE FERMENTACION 2 15000 LT	2	25	50
	3	TANQUE DE FERMENTACION 3 15000 LT	2	25	50
	4	TANQUE DE FERMENTACION 4 20000 LT	2	25	50

5	TANQUE DE FERMENTACION 5 20000 LT	2	25	50
6	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4	2	24	48
7	VÁLVULAS TOMAMUESTRA	2	19	38
8	VÁLVULAS MANUALES	2	18	36
9	VÁLVULAS DE SEGURIDAD	2	19	38
10	BOMBA ENFRIAMIENTO PCM 223PU1100	2	27	54
11	BOMBA CIP LINEA TANQUES FERMENTACION 223PU8010	2	25	50
12	SENSORES DE PRESIÓN.	2	22	44
13	SENSORES DE TEMPERATURA.	2	23	46
14	SENSORES DE NIVEL.	2	23	46
15	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS	2	20	40

En la ilustración 37, se observa la ubicación de los equipos de fermentación en la matriz de criticidad

Ilustración 36

Matriz de criticidad de equipos de fermentación



Fuente: Propia

En la tabla 55, se muestran los resultados del análisis de criticidad para los equipos de masa blanca:

Tabla 55

Criticidad de equipos de masa blanca

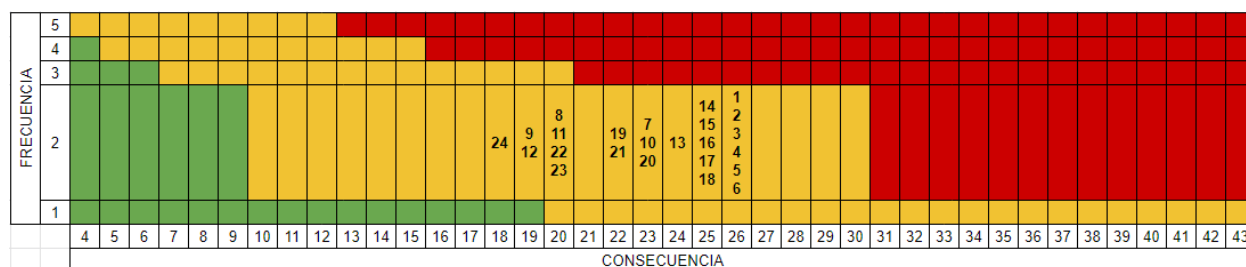
ÁREA	Nro.	EQUIPO	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
224 MASA BLANCA	1	TANQUE DE MASA BLANCA 1 15000 LT	2	26	52
	2	TANQUE DE MASA BLANCA 2 15000 LT	2	26	52
	3	TANQUE DE MASA BLANCA 3 15000 LT	2	26	52
	4	TANQUE DE MASA BLANCA 4 20000 LT	2	26	52

5	TANQUE DE MASA BLANCA 5 20000 LT	2	26	52
6	TANQUE DE MASA BLANCA 6 20000 LT	2	26	52
7	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4	2	23	46
8	ELECTROVÁLVULAS	2	20	40
9	VÁLVULAS TOMAMUESTRA	2	19	38
10	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN	2	23	46
11	VÁLVULAS MANUALES	2	20	40
12	VÁLVULAS DE SEGURIDAD	2	19	38
13	BOMBA PCM MASA BLANCA A ARCIL 1 224PU1100	2	24	48
14	BOMBA PCM MASA BLANCA A SOLPAK 224PU1200	2	25	50
15	BOMBA PCM MASA BLANCA A MZ1 224PU1300	2	25	50
16	BOMBA PCM MASA BLANCA A ARCIL 2 224PU1400	2	25	50
17	BOMBA PCM MASA BLANCA A DISEYCO 224PU1500	2	25	50
18	BOMBA PCM MASA BLANCA A MZ2224PU1600	2	25	50
19	BOMBA RETORNO CIP MASA BLANCA 224PU8010	2	22	44
20	FLUJOMETROS ENDRESS HAUSSER.	2	23	46
21	SENSORES DE PRESIÓN.	2	22	44
22	SENSORES DE TEMPERATURA.	2	20	40
23	SENSORES DE NIVEL.	2	20	40
24	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS	2	18	36

En la ilustración 38, se observa la ubicación de los equipos del área de masa blanca en la matriz de criticidad

Ilustración 37

Matriz de criticidad de equipos de masa blanca



Fuente: Propia

En la tabla 56, se muestran los resultados del análisis de criticidad para los equipos del cooler:

Tabla 56

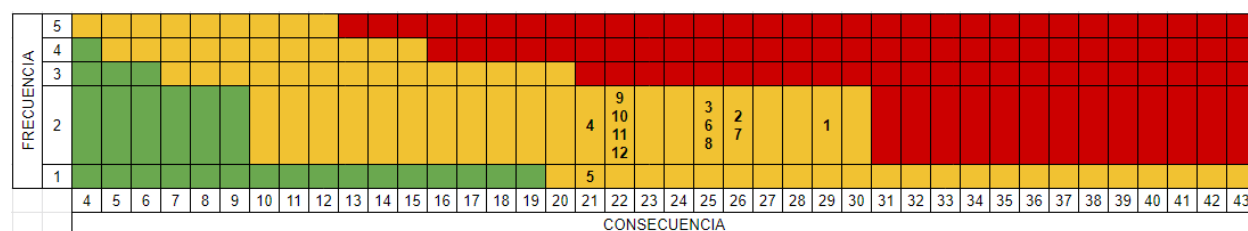
Criticidad de equipos del cooler

ÁREA	Nro.	EQUIPO	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
225 COOLER	1	INTERCAMBIADOR DE PLACAS COOLER APV	2	29	58
	2	VALVULAS MODULADAS	2	26	52
	3	VÁLVULAS AUTOMÁTICAS APV SW4	2	25	50
	4	VÁLVULAS TOMAMUESTRA	2	21	42
	5	VÁLVULAS MANUALES	1	21	21
	6	BOMBA COOLER 225PU0212	2	25	50
	7	TEXTURIZADOR YSTRAL COOLER 225PU1101	2	26	52
	8	BOMBA COOLER 225PU1102	2	25	50
	9	SENSORES DE PRESIÓN.	2	22	44
	10	SENSORES DE TEMPERATURA.	2	22	44
	11	SENSORES DE NIVEL.	2	22	44
	12	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS	2	22	44

En la ilustración 39, se observa la ubicación de los equipos del cooler en la matriz de criticidad

Ilustración 38

Matriz de criticidad de equipos del cooler



Fuente: Propia

En la tabla 57, se muestran los resultados del análisis de criticidad para los equipos de la estación de CIP:

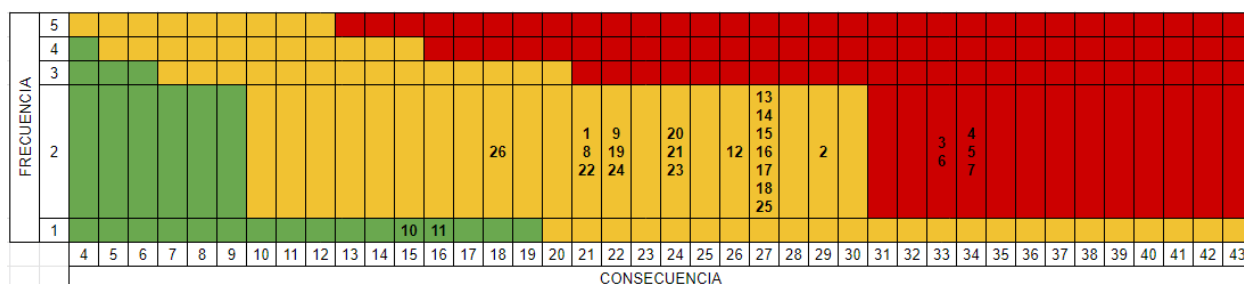
Tabla 57

Criticidad de equipos de la estación de CIP

ÁREA	Nro.	EQUIPO	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
------	------	--------	------------	--------------	------------

821 ESTACIÓN CIP	1	TANQUE RECEPCION ACIDO NITRICO 5000 LT	2	21	42
	2	TANQUE RECEPCION SODA CAUSTICA 5000 LT	2	29	58
	3	TANQUE AGUA FRESCA 15000 LT	2	33	66
	4	TANQUE ACIDO NITRICO 15000 LT	2	34	68
	5	TANQUE SODA CAUSTICA 15000 LT	2	34	68
	6	TANQUE AGUA RECUPERADA 15000 LT	2	33	66
	7	TANQUE AGUA CALIENTE 15000 LT	2	34	68
	8	VÁLVULAS MODULADAS.	2	21	42
	9	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4	2	22	44
	10	VÁLVULAS MANUALES.	1	15	15
	11	VÁLVULAS DE DRENAJE	1	16	16
	12	BOMBA CIP RECIRCULACION ACIDO 821PU2262	2	26	52
	13	BOMBA CIP SODA 821PU2362	2	27	54
	14	BOMBA CIP AGUA CALIENTE 821PU2562	2	27	54
	15	BOMBA CIP ENVIO LINEA 1 821PU8101	2	27	54
	16	BOMBA CIP ENVIO LINEA 2 821PU8201	2	27	54
	17	BOMBA CIP ENVIO LINEA 3 821PU8301	2	27	54
	18	BOMBA CIP ENVIO LINEA 4 821PU8401	2	27	54
	19	BOMBA CIP ENVIO LINEA 5 821PU8501	2	22	44
	20	BOMBA NEUMATICA ACIDO NÍTRICO 821PU9160	2	24	48
	21	BOMBA NEUMATICA SODA CAUSTICA 821PU9260	2	24	48
	22	FLUJOMETROS ENDRESS HAUSER.	2	21	42
	23	SENSORES DE TEMPERATURA.	2	24	48
	24	SENSORES DE NIVEL.	2	22	44
	25	SENSORES DE CONDUCTIVIDAD.	2	27	54
	26	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS	2	18	36

En la ilustración 40, se observa la ubicación de los equipos de la estación de CIP en la matriz de criticidad

Ilustración 39*Matriz de criticidad de equipos de la estación de CIP*

Fuente: Propia

En la tabla 58, se muestran los resultados del análisis de criticidad para los equipos de envasado:

Tabla 58*Criticidad de equipos de envasado*

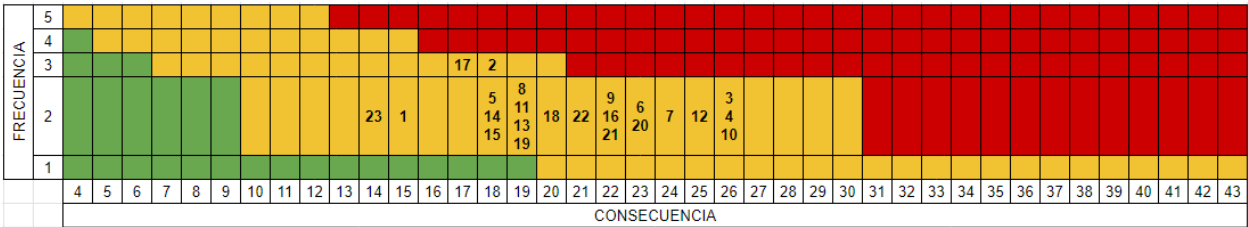
ÁREA	Nro.	EQUIPO	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
311 ENVASADO	1	BANDAS TRANSPORTADORAS.	2	15	30
	2	FECHADORES.	3	18	54
	3	BOMBA FRUTA ARCIL1 A 311PU1130	2	26	52
	4	BOMBA FRUTA ARCIL1 B 311PU1230	2	26	52
	5	BOMBA RETORNO CIP ARCIL1 311PU8110	2	18	36
	6	BOMBA RECIRCULACIÓN AGUA ARCIL1 311PU1501	2	23	46
	7	BOMBA FRUTA ARCIL 2 311PU1330	2	24	48
	8	BOMBA RETORNO CIP ARCIL2 311PU8510	2	19	38
	9	BOMBA RECIRCULACIÓN AGUA ARCIL2 311PU1502	2	22	44
	10	BOMBA FRUTA MZ1 311PU1430	2	26	52
	11	BOMBA RETORNO CIP MZ1 311PU8410	2	19	38
	12	BOMBA FRUTA MZ2 311PU1530	2	25	50
	13	BOMBA RETORNO CIP MZ2 311PU8610	2	19	38
	14	BOMBA RETORNO CIP SOLPACK 311PU8310	2	18	36
	15	BOMBA RETORNO CIP DISEYCO 311PU8710	2	18	36
	16	BOMBA PERISTALTICA SABOR Y COLOR WATSON MARLOW	2	22	44
	17	FORMADORA DE CAJAS MULTIBOX.	3	17	51
	18	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4	2	20	40
	19	VÁLVULAS MANUALES.	2	19	38
	20	FLUJOMETROS ENDRESS HAUSSER.	2	23	46
	21	SENSORES DE TEMPERATURA.	2	22	44

22	SENSORES DE NIVEL.	2	21	42
23	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS	2	14	28

En la ilustración 41, se observa la ubicación de los equipos del área de envasado en la matriz de criticidad

Ilustración 40

Matriz de criticidad de equipos de envasado



Fuente: Propia

En la tabla 59, se muestran los resultados del análisis de criticidad para las máquinas envasadoras:

Tabla 59

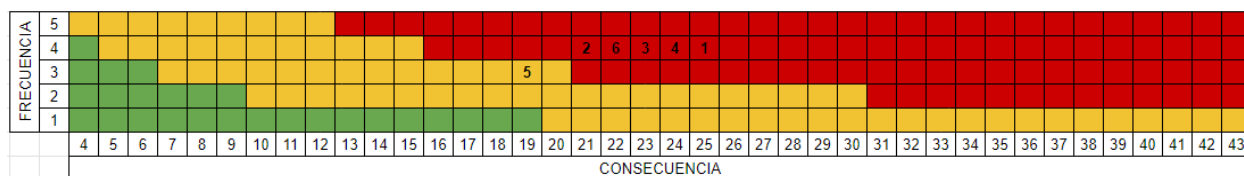
Criticidad de las máquinas envasadoras

ÁREA	Nro.	EQUIPO	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
MÁQUINAS ENVASADORAS	1	ENVASADORA ARCIL1	4	25	100
	2	ENVASADORA ARCIL2	4	21	84
	3	ENVASADORA MZ1	4	23	92
	4	ENVASADORA MZ2	4	24	96
	5	ENVASADORA DISEYCO	3	19	57
	6	ENVASADORA SOLPACK	4	22	88

En la ilustración 42, se observa la ubicación de las maquinas envasadoras en la matriz de criticidad

Ilustración 41

Matriz de criticidad de las máquinas envasadoras



Fuente: Propia

En la tabla 60, se muestran los resultados del análisis de criticidad para las máquinas llenadoras de sore copas:

Tabla 60

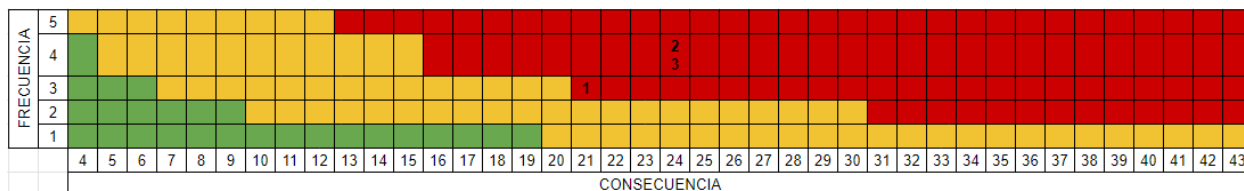
Criticidad de las máquinas llenadoras de sore copas

ÁREA	Nro.	EQUIPO	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
MÁQUINAS LLENADORAS DE SOBRECOPAS	1	LLENADORA DE COPAS INFRANHS	3	21	63
	2	LLENADORA DE COPAS PRIMO COLUSSI	4	24	96
	3	LLENADORA DE COPAS TECNOPACK	4	24	96

En la ilustración 43, se observa la ubicación de las máquinas llenadoras de sobrecopas en la matriz de criticidad

Ilustración 42

Matriz de criticidad de las máquinas llenadoras de sobrecopas



Fuente: Propia

3.8.5 Lista jerárquica de los equipos.

La lista de jerarquía está compuesta por dos de los códigos más significativos que son el que hace referencia a la ubicación técnica (el área), con la información de nombre del

equipo, la frecuencia de falla (FF), la consecuencia (CO) y el valor de criticidad. El orden de la lista corresponde a la clasificación en la que haya sido asignado cada equipo. En la tabla 61, se muestra la lista jerárquica de los equipos de servicios industriales.

Tabla 61

Lista jerárquica de equipos de servicios industriales

SERVICIOS INDUSTRIALES		ANÁLISIS DE CRITICIDAD PLANTA YOGURT			
ÁREAS	EQUIPOS.	FF	CO	CRITICIDAD	
AIRE COMPRIMIDO	COMPRESOR DE AIRE ATLASCOPCO ZT 75 VSD FF	2	36	72	
PLANTA DE FRIO	TINA AGUA HELADA MYCOM	2	31	62	
AGUA POTABLE	TANQUES ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE 250 M3	2	31	62	
AIRE COMPRIMIDO	COMPRESOR AIRE ATLASCOPCO ZT 55 FF	2	30	60	
PLANTA DE FRIO	COMPRESOR AMONIACO N. 1 MYCOM N160VMD T 200	2	29	58	
PLANTA DE FRIO	COMPRESOR AMONIACO N. 2 MYCOM N160VMD T 150	2	27	54	
PLANTA DE FRIO	COMPRESOR AMONIACO N. 3 MYCOM N160VMD T 150	2	26	52	
PLANTA DE FRIO	CONDENSADOR EVAPORADOR - EVAPCO	2	22	44	
PLANTA DE FRIO	CONDENSADOR EVAPORADOR - MYCOM	2	22	44	
AGUA POTABLE	MOTOBOMBA 1 AGUA POTABLE NOWA 080320 0	2	22	44	
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.	PLANTA ELÉCTRICA PERKINS	2	19	38	
PLANTA DE FRIO	MOTOBOMBA RECIRCULACION AGUA TINA DE HIELO NOWMB 3220	2	19	38	
PLANTA DE FRIO	MOTOBOMBA FABRICACIÓN HIELO NOWA 065130 0	2	19	38	
PLANTA DE FRIO	SENSORES DE TEMPERATURA.	2	19	38	
CUARTO FRIO	DIFUSORES	2	19	38	
AGUA POTABLE	MOTOBOMBA 2 AGUA POTABLE NOWA 080320 0	2	19	38	
PLANTA DE FRIO	MOTOBOMBA 1 AGUA FRIA PROCESO NOWA 050160 0	2	18	36	
PLANTA DE FRIO	MOTOBOMBA AGUA GLICOLADA 1 NOWA 050160 0	2	18	36	
PLANTA DE FRIO	MOTOBOMBA AGUA GLICOLADA 2 NOWA 050160 0	2	18	36	
PLANTA DE FRIO	MOTOBOMBA DESCONGELAMIENTO NOWA 4013 0	2	17	34	
PLANTA DE FRIO	MOTOBOMBA 2 AGUA FRIA PROCESO NOWA 050160 0	2	17	34	
PLANTA DE FRIO	SENSORES DE PRESIÓN.	2	17	34	
CUARTO FRIO	CELDA DE ENFRIAMIENTO	2	17	34	
AGUA POTABLE	MOTOBOMBA AGUA POTABLE STAND BY NOWA 032160 0	2	17	34	
PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	TANQUES PTAR	2	16	32	
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.	TRANSFORMADOR GENERAL	1	31	31	
PLANTA DE FRIO	MOTOBOMBA BAIPÁS A. SUBENFRIADA NOWA 050160 0	2	15	30	
PLANTA DE FRIO	INDICADOR DE PRESIÓN. MANOMETROS.	2	14	28	
PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	BOMBA 6, 7, 8. TANQUE INICIAL	2	14	28	
PLANTA TRATAMIENTO DE	SENSORES DE NIVEL	2	13	26	

AGUAS RESIDUALES				
SISTEMAS DE AGUAS LLUVIAS	BOMBA AGUAS LLUVIA 2 NOWA 080160 0	2	12	24
PLANTA DE FRIO	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFG (C2H2O2+H2O \ NH3)	1	23	23
PLANTA DE FRIO	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFG (H2O \ NH3)	1	22	22
PLANTA DE FRIO	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFG (H2O \ NH3)	1	22	22
PLANTA DE FRIO	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MK15-BWFG (H2O \ NH3)	1	22	22
CUARTO FRIO	SENSORES DE TEMPERATURA.	1	22	22
SISTEMAS DE AGUAS LLUVIAS	BOMBA AGUAS LLUVIA 1 NOWA 080160 0	2	11	22
SISTEMAS DE AGUAS LLUVIAS	TANQUE AMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS	2	10	20
SISTEMA DE VENTILACIÓN DE ENVASADO (UMA)	SISTEMA DE VENTILACION CLAUGER	1	16	16
SISTEMA DE VENTILACIÓN DE ENVASADO (UMA)	MOTOR SISTEMA DE VENTILACION ENVASADO CLAUGER	1	16	16
PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	BOMBA 1, 2, 3. TANQUE AZUL	1	13	13
PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	BOMBA 4, 5. TANQUE GRASAS	1	13	13
PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	VALVULAS MANUALES	1	11	11
PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS	1	9	9

En la tabla 62, se muestra la lista jerárquica de los equipos de procesos

Tabla 62

Lista jerárquica de equipos de procesos

PROCESOS		ANALISIS DE CITICIDAD PLANTA YOGURT			
ÁREAS	EQUIPOS.	FF	CO	CRITICIDAD	
230 PASTEURIZADOR	BOMBA PASTEURIZADOR 221PU3101	3	27	81	
231 PASTEURIZADOR	BOMBA PASTEURIZADOR 221PU3102	3	27	81	
232 PASTEURIZADOR	BOMBA PASTEURIZADOR 221PU3104	3	27	81	
233 PASTEURIZADOR	BOMBA PASTEURIZADOR 221PU3108	3	27	81	
234 PASTEURIZADOR	BOMBA PASTEURIZADOR 221PU4300	3	24	72	
222 PASTEURIZADOR	INTERCAMBIADOR DE PLACAS PASTEURIZADOR APV	2	35	70	
223 PASTEURIZADOR	INTERCAMBIADOR DE PLACAS PASTEURIZADOR APV DRAWING	2	35	70	
824 ESTACIÓN CIP	TANQUE ACIDO NITRICO 15000 LT	2	34	67	
825 ESTACIÓN CIP	TANQUE SODA CAUSTICA 15000 LT	2	34	67	
827 ESTACIÓN CIP	TANQUE AGUA CALIENTE 15000 LT	2	34	67	
823 ESTACIÓN CIP	TANQUE AGUA FRESCA 15000 LT	2	33	66	
826 ESTACIÓN CIP	TANQUE AGUA RECUPERADA 15000 LT	2	33	66	
225 COOLER	INTERCAMBIADOR DE PLACAS COOLER APV	2	29	58	
822 ESTACIÓN CIP	TANQUE RECEPCION SODA CAUSTICA 5000 LT	2	29	58	
221 PASTEURIZADOR	HOMOGENIZADOR RANNIE 221XM4100	2	28	56	
232 FERMENTACIÓN	BOMBA ENFRIAMIENTO PCM 223PU1100	2	27	54	
833 ESTACIÓN CIP	BOMBA CIP SODA 821PU2362	2	27	53	
834 ESTACIÓN CIP	BOMBA CIP AGUA CALIENTE 821PU2562	2	27	53	
835 ESTACIÓN CIP	BOMBA CIP ENVIO LINEA 1 821PU8101	2	27	53	
836 ESTACIÓN CIP	BOMBA CIP ENVIO LINEA 2 821PU8201	2	27	53	

837 ESTACIÓN CIP	BOMBA CIP ENVIO LINEA 3 821PU8301	2	27	53
838 ESTACIÓN CIP	BOMBA CIP ENVIO LINEA 4 821PU8401	2	27	53
845 ESTACIÓN CIP	SENSORES DE CONDUCTIVIDAD.	2	27	53
112 - 121 RECEPCION DE LECHE	TANQUE ALMACENAMIENTO RECEPCION LECHE 1 50000 LT	2	26	52
113 - 121 RECEPCION DE LECHE	TANQUE ALMACENAMIENTO RECEPCION LECHE 2 50000 LT	2	26	52
226 PASTEURIZADOR	VALVULAS MODULADAS	2	26	52
224 MASA BLANCA	TANQUE DE MASA BLANCA 1 15000 LT	2	26	52
225 MASA BLANCA	TANQUE DE MASA BLANCA 2 15000 LT	2	26	52
226 MASA BLANCA	TANQUE DE MASA BLANCA 3 15000 LT	2	26	52
227 MASA BLANCA	TANQUE DE MASA BLANCA 4 20000 LT	2	26	52
228 MASA BLANCA	TANQUE DE MASA BLANCA 5 20000 LT	2	26	52
229 MASA BLANCA	TANQUE DE MASA BLANCA 6 20000 LT	2	26	52
226 COOLER	VALVULAS MODULADAS	2	26	52
231 COOLER	TEXTURIZADOR YSTRAL COOLER 225PU1101	2	26	52
832 ESTACIÓN CIP	BOMBA CIP RECIRCULACION ACIDO 821PU2262	2	26	51
227 PASTEURIZADOR	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4	2	25	50
222 MODULO DE INYECCIÓN DE FERMENTOS	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4	2	25	50
223 FERMENTACIÓN	TANQUE DE FERMENTACION 1 15000 LT	2	25	50
224 FERMENTACIÓN	TANQUE DE FERMENTACION 2 15000 LT	2	25	50
225 FERMENTACIÓN	TANQUE DE FERMENTACION 3 15000 LT	2	25	50
226 FERMENTACIÓN	TANQUE DE FERMENTACION 4 20000 LT	2	25	50
227 FERMENTACIÓN	TANQUE DE FERMENTACION 5 20000 LT	2	25	50
233 FERMENTACIÓN	BOMBA CIP LINEA TANQUES FERMENTACION 223PU8010	2	25	50
237 MASA BLANCA	BOMBA PCM MASA BLANCA A SOLPAK 224PU1200	2	25	50
238 MASA BLANCA	BOMBA PCM MASA BLANCA A MZ1 224PU1300	2	25	50
239 MASA BLANCA	BOMBA PCM MASA BLANCA A ARCIL 2 224PU1400	2	25	50
240 MASA BLANCA	BOMBA PCM MASA BLANCA A DISEYCO 224PU1500	2	25	50
241 MASA BLANCA	BOMBA PCM MASA BLANCA A MZ224PU1600	2	25	50
227 COOLER	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4	2	25	50
230 COOLER	BOMBA COOLER 225PU0212	2	25	50
232 COOLER	BOMBA COOLER 225PU1102	2	25	50
211 MEZCLA	TANQUE DE MEZCLA 1 30000 LT	2	24	48
212 MEZCLA	TANQUE DE MEZCLA 2 30000 LT	2	24	48
219 MEZCLA	BOMBA BLENDER SILVERSON 211PU1103	2	24	48
220 MEZCLA	BOMBA BATCHING A PASTERIZADOR 211PU1200	2	24	48
221 MEZCLA	BOMBA BLENDER 211PU1430	2	24	48
223 MEZCLA	MEZCLADOR POR CIZALLAMIENTO SILVERSON	2	24	48
224 MEZCLA	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS MEZCLA	2	24	48
225 MEZCLA	SENSORES DE TEMPERATURA	2	24	48
236 PASTEURIZADOR	FLUJOMETROS PASTEURIZADOR ENDRESS HAUSER	2	24	48
226 MODULO DE INYECCIÓN DE FERMENTOS	SENSORES DE TEMPERATURA.	2	24	48
228 FERMENTACIÓN	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4	2	24	48
236 MASA BLANCA	BOMBA PCM MASA BLANCA A ARCIL 1 224PU1100	2	24	48
840 ESTACIÓN CIP	BOMBA NEUMATICA ACIDO NÍTRICO 821PU9160	2	24	48
841 ESTACIÓN CIP	BOMBA NEUMATICA SODA CAUSTICA	2	24	48

	821PU9260			
843 ESTACIÓN CIP	SENSORES DE TEMPERATURA.	2	24	48
214 MEZCLA	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4	2	23	46
235 PASTEURIZADOR	BOMBA PASTEURIZADOR 221PU4400	2	23	46
235 FERMENTACIÓN	SENSORES DE TEMPERATURA.	2	23	46
236 FERMENTACIÓN	SENSORES DE NIVEL.	2	23	46
230 MASA BLANCA	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4	2	23	46
233 MASA BLANCA	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN	2	23	46
243 MASA BLANCA	FLUJOMETROS ENDRESS HAUSER.	2	23	46
114 - 121 RECEPCION DE LECHE	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4	2	22	44
218 MEZCLA	BOMBA BATCHING 211PU1100	2	22	44
222 MEZCLA	BOMBA BATCHING 211PU8110	2	22	44
226 MEZCLA	SENSORES DE NIVEL	2	22	44
241 PASTEURIZADOR	SENSOR DE CONDUCTIVIDAD ENDRESS HAUSER 221CT3109	2	22	44
227 MODULO DE INYECCIÓN DE FERMENTOS	SENSORES DE NIVEL.	2	22	44
234 FERMENTACIÓN	SENSORES DE PRESIÓN.	2	22	44
242 MASA BLANCA	BOMBA RETORNO CIP MASA BLANCA 224PU8010	2	22	44
244 MASA BLANCA	SENSORES DE PRESIÓN.	2	22	44
233 COOLER	SENSORES DE PRESIÓN.	2	22	44
234 COOLER	SENSORES DE TEMPERATURA.	2	22	44
235 COOLER	SENSORES DE NIVEL.	2	22	44
236 COOLER	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS	2	22	44
829 ESTACIÓN CIP	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4	2	22	44
839 ESTACIÓN CIP	BOMBA CIP ENVIO LINEA 5 821PU8501	2	22	43
844 ESTACIÓN CIP	SENSORES DE NIVEL.	2	22	43
121 - 121 RECEPCION DE LECHE	SENSORES DE TEMPERATURA	2	21	42
122 - 121 RECEPCION DE LECHE	SENSORES DE NIVEL	2	21	42
228 MODULO DE INYECCIÓN DE FERMENTOS	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS	2	21	42
228 COOLER	VÁLVULAS TOMAMUESTRA	2	21	42
828 ESTACIÓN CIP	VÁLVULAS MODULADAS.	2	21	42
842 ESTACIÓN CIP	FLUJOMETROS ENDRESS HAUSER.	2	21	42
821 ESTACIÓN CIP	TANQUE RECEPCION ACIDO NITRICO 5000 LT	2	21	41
115 - 121 RECEPCION DE LECHE	VÁLVULA TOMAMUESTRA	2	20	40
120 - 121 RECEPCION DE LECHE	FLUJOMETROS ENDRESS HAUSER	2	20	40
213 MEZCLA	VALVULA MODULADA SAMSON 211MV0340	2	20	40
217 MEZCLA	BOMBA BATCHING CALENTADOR ENFRIADOR 211PU0210	2	20	40
237 FERMENTACIÓN	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS	2	20	40
231 MASA BLANCA	ELECTROVÁLVULAS	2	20	40
234 MASA BLANCA	VÁLVULAS MANUALES	2	20	40
245 MASA BLANCA	SENSORES DE TEMPERATURA.	2	20	40
246 MASA BLANCA	SENSORES DE NIVEL.	2	20	40
117 - 121 RECEPCION DE LECHE	BOMBA 112PU1100 W + 22/20 IMPELLER	2	19	38
227 MEZCLA	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS	2	19	38
223 MODULO DE INYECCIÓN DE FERMENTOS	VÁLVULA TOMAMUESTRA	2	19	38
224 MODULO DE INYECCIÓN DE FERMENTOS	VÁLVULAS MANUALES	2	19	38
225 MODULO DE INYECCIÓN DE FERMENTOS	VÁLVULAS DE SEGURIDAD	2	19	38
229 FERMENTACIÓN	VÁLVULAS TOMAMUESTRA	2	19	38
231 FERMENTACIÓN	VÁLVULAS DE SEGURIDAD	2	19	38
232 MASA BLANCA	VÁLVULAS TOMAMUESTRA	2	19	38
235 MASA BLANCA	VÁLVULAS DE SEGURIDAD	2	19	38
116 - 121 RECEPCION DE LECHE	VÁLVULAS MANUALES	2	18	36
118 - 121 RECEPCION DE LECHE	BOMBA ALM LECHE 121PU1200 W + 22/20	2	18	36

	IMPELLER			
119 - 121 RECEPCION DE LECHE	BOMBA LINEA ENVIO CIP 121PU8110 W + 22/20 105	2	18	36
215 MEZCLA	VÁLVULA TOMAMUESTRA	2	18	36
230 FERMENTACIÓN	VÁLVULAS MANUALES	2	18	36
247 MASA BLANCA	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS	2	18	36
846 ESTACIÓN CIP	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS	2	18	36
216 MEZCLA	VÁLVULAS MANUALES	2	17	34
224 PASTEURIZADOR	INTERCAMBIADOR TUBULAR PASTERIZADOR TECALSA 221OE4300	1	32	32
225 PASTEURIZADOR	INTERCAMBIADOR TUBULAR PASTERIZADOR TECALSA 221OE4400	1	27	27
237 PASTEURIZADOR	SENSORES DE PRESIÓN.	1	24	24
238 PASTEURIZADOR	SENSORES DE TEMPERATURA.	1	24	24
228 PASTEURIZADOR	VÁLVULAS DE SEGURIDAD	1	21	21
229 PASTEURIZADOR	VÁLVULAS MANUALES	1	21	21
239 PASTEURIZADOR	SENSORES DE NIVEL.	1	21	21
229 COOLER	VÁLVULAS MANUALES	1	21	21
240 PASTEURIZADOR	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS	1	20	20
831 ESTACIÓN CIP	VÁLVULAS DE DRENAJE	1	16	16
830 ESTACIÓN CIP	VÁLVULAS MANUALES.	1	15	15

En la tabla 63, se muestra la lista jerárquica de los equipos de envasado.

Tabla 63

Lista jerárquica de equipos de envasado

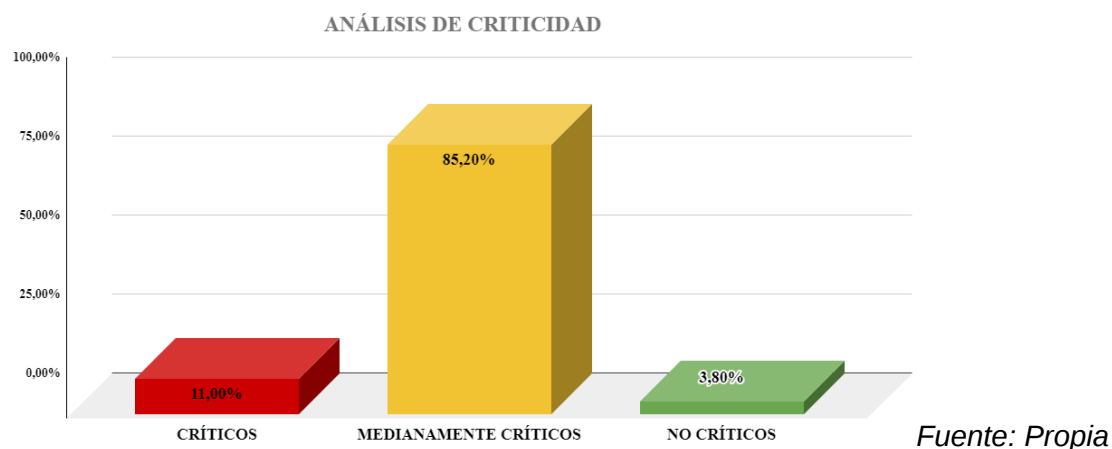
ENVASADO Y MULTIPACK		ANÁLISIS DE CRÍTICIDAD PLANTA YOGURT		
ÁREAS	EQUIPOS.	FF	CO	CRÍTICIDAD
MÁQUINAS ENVASADORAS	ENVASADORA ARCIL1	4	25	100
MÁQUINAS ENVASADORAS	ENVASADORA MZ2	4	24	96
MÁQUINAS LLENADORAS DE SOBRECOPAS	LLENADORA DE COPAS PRIMO COLUSSI	4	24	96
MÁQUINAS LLENADORAS DE SOBRECOPAS	LLENADORA DE COPAS TECNOPACK	4	24	96
MÁQUINAS ENVASADORAS	ENVASADORA MZ1	4	23	92
MÁQUINAS ENVASADORAS	ENVASADORA SOLPACK	4	22	86
MÁQUINAS ENVASADORAS	ENVASADORA ARCIL2	4	21	84
MÁQUINAS LLENADORAS DE SOBRECOPAS	LLENADORA DE COPAS INFRANHS	3	21	63
MÁQUINAS ENVASADORAS	ENVASADORA DISEYCO	3	19	57
312 ENVASADO	FECHADORES.	3	18	54
313 ENVASADO	BOMBA FRUTA ARCIL1 A 311PU1130	2	26	52
314 ENVASADO	BOMBA FRUTA ARCIL1 B 311PU1230	2	26	52
320 ENVASADO	BOMBA FRUTA MZ1 311PU1430	2	26	52
322 ENVASADO	BOMBA FRUTA MZ2 311PU1530	2	25	50
327 ENVASADO	FORMADORA DE CAJAS MULTIBOX.	3	17	50
317 ENVASADO	BOMBA FRUTA ARCIL 2 311PU1330	2	24	48
330 ENVASADO	FLUJOMETROS ENDRESS HAUSSER.	2	23	46
316 ENVASADO	BOMBA RECIRCULACIÓN AGUA ARCIL1 311PU1501	2	23	45
326 ENVASADO	BOMBA PERISTALTICA SABOR Y COLOR WATSON MARLOW	2	22	44
331 ENVASADO	SENSORES DE TEMPERATURA.	2	22	44
319 ENVASADO	BOMBA RECIRCULACIÓN AGUA ARCIL2 311PU1502	2	22	43

332 ENVASADO	SENSORES DE NIVEL.	2	21	41
328 ENVASADO	VÁLVULAS AUTOMATICAS APV SW4	2	20	40
318 ENVASADO	BOMBA RETORNO CIP ARCIL2 311PU8510	2	19	38
321 ENVASADO	BOMBA RETORNO CIP MZ1 311PU8410	2	19	38
323 ENVASADO	BOMBA RETORNO CIP MZ2 311PU8610	2	19	38
329 ENVASADO	VÁLVULAS MANUALES.	2	19	38
315 ENVASADO	BOMBA RETORNO CIP ARCIL1 311PU8110	2	18	36
324 ENVASADO	BOMBA RETORNO CIP SOLPACK 311PU8310	2	18	36
325 ENVASADO	BOMBA RETORNO CIP DISEYCO 311PU8710	2	18	36
311 ENVASADO	BANDAS TRANSPORTADORAS.	2	15	29
333 ENVASADO	INDICADORES DE PRESIÓN. MANOMETROS	2	14	27

Con el análisis de criticidad realizado se obtuvo que, de los 209 equipos evaluados, un 11,00% (23 equipos) se clasifican como críticos, un 85,20% (178 equipos) se clasifican como medianamente críticos y un 3,80% (8 equipos) se clasifican como no críticos. En la ilustración 44, la gráfica muestra el resultado global del análisis de criticidad.

Ilustración 43

Evaluación general de analisis de criticidad



Los equipos que se clasificaron como críticos corresponden a las maquinas envasadoras de yogurt, llenadoras de sobrecopas, equipos que hacen parte del área de pasteurización, estación de CIP y los compresores de aire comprimido.

4 CAPÍTULO IV

PPROPUESTA DE SISTEMA DE MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE FORMA AUTOMÁTICA

Hoy en día, la industria de alimentos se enfrenta a una serie de desafíos, las soluciones de comunicación digital moderna ayudan grandemente a superar alguna de estas dificultades. La elaboración de producto lácteos se ha convertido en una industria cada vez más compleja y aunque explote nuevas tecnologías incluyendo instrumentos automáticos, tecnologías de información y sistemas integrados que fortalecen los procesos de producción.

Ahorrar energía es una necesidad económica y un aporte a la gestión ambiental que es aplicable mediante el uso racional de la energía, la eficiencia energética se ha convertido en una actividad universal que muchas industrias en el mundo han acogido por las facilidades que brinda en las estrategias para la gestión de la energía.

Una herramienta de mucha utilidad y que hace parte del desarrollo de la eficiencia energética es la supervisión, ya que haciendo un seguimiento al consumo de energía eléctrica a través de sistemas de monitorización y supervisión nos brinda la información necesaria para planear actividades que mitiguen el consumo de la energía.

Los sistemas de automatización constan de componentes que realizan su actividad de forma conjunta con la finalidad de llevar el control de los procesos, en la planta de yogurt se requiere supervisar y registrar los recursos de energía eléctrica consumidos, que brinde información verídica del consumo y facilite al área de mantenimiento tomar decisiones basadas en datos reales apuntando a la eficiencia energética.

4.1 Importancia y propósito de un sistema automático de medición.

La medición del consumo de energía eléctrica en la planta de yogurt se realiza de forma manual por parte del personal de mantenimiento, la medición manual brinda el consumo diario

de energía, pero no proporciona como fue el comportamiento del consumo durante el día, además, involucra riesgos y significa tiempo y recursos.

Una medición o lectura automática de la energía permite la recopilación de datos que describen el consumo de la energía eléctrica y así mismo, la transferencia de estos a una base de datos central para el posterior análisis y compresión del consumo.

Un sistema de esta categoría permite obtener datos más precisos y fortalece la comprensión del consumo, reduce considerablemente los tiempos y recursos en la toma de lectura, evitando las revisiones periódicas a cada ubicación física para tomar los datos del consumo. Permite que el análisis se base en el consumo casi en tiempo real y no en estimaciones basadas en consumo previsto o anterior. La información recopilada con un sistema automático de medición ayuda a proyectar un mejor servicio, calidad y control, garantizando modalidades de consumo y producción sostenible.

El consumo y la producción sostenibles también favorecen en gran manera a la mitigación del efecto invernadero y a la transición hacia economías verdes y con bajas emisiones de carbono.

4.2 Objetivos de la propuesta.

Como objetivo general de la propuesta se pretende realizar la medición automática del consumo de energía eléctrica de la planta de yogurt. Abriendo camino hacia este propósito se plantea como objetivos específicos identificar los dispositivos con los que se pueden garantizar la medición automática del consumo; establecer comunicación de los dispositivos de medición y servidores principales; calibrar los dispositivos de medición; realizar SCADA que permita monitorear y adquirir las variables del proceso; y generar un histórico de comportamiento del consumo de energía.

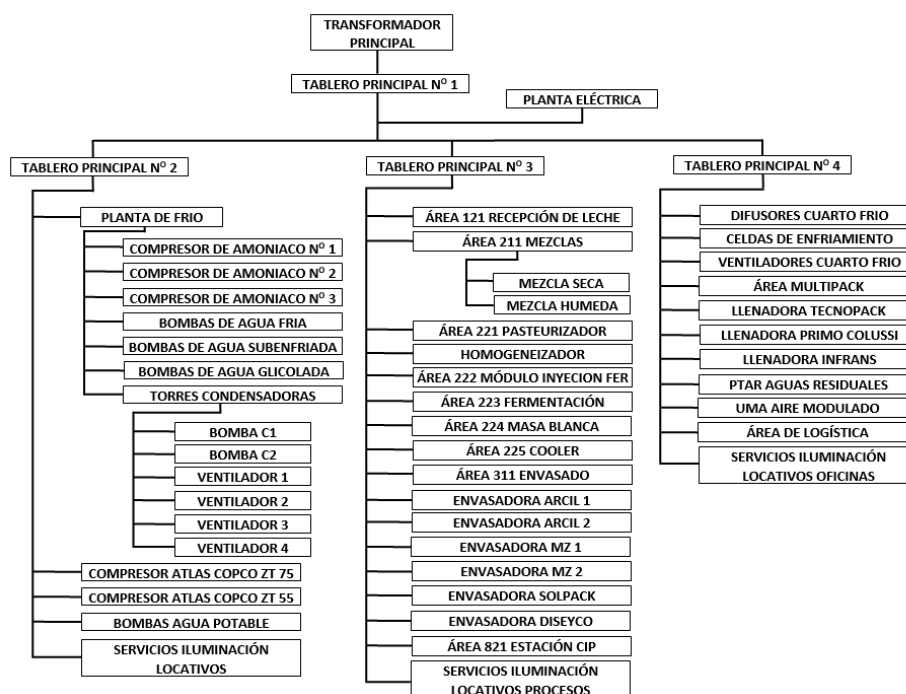
4.3 Distribución de las redes eléctricas de la planta de yogurt.

Haciendo un seguimiento a la distribución y consumo de energía eléctrica, nos va a permitir detectar falencias en el suministro eléctrico, observar el comportamiento del consumo eléctrico, identificar los equipos que impactan en dicho consumo y determinar el costo general de la planta de yogurt, de cada área, equipo y sistema que intervienen en los diferentes procesos de producción.

Para entender la distribución energética en la planta de yogurt en la ilustración 45 se muestra un bosquejo de las etapas generales del sistema de distribución de energía eléctrica de la planta.

Ilustración 44

Distribución de la red eléctrica



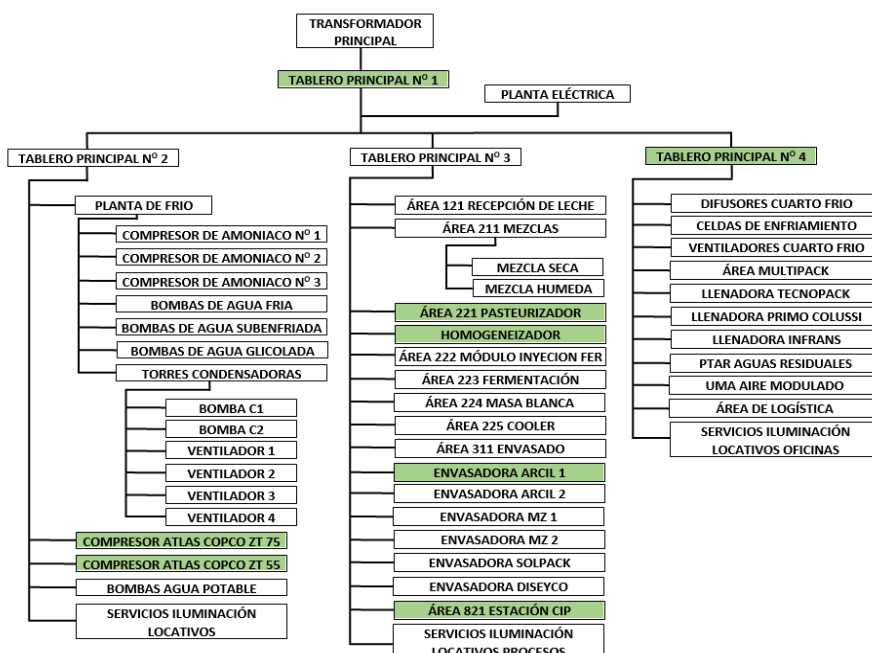
Fuente: Propia

Para garantizar una medición automatizada es necesario tener los dispositivos que permitan capturar, interpretar y enviar la información precisa de los datos, para ello la planta cuenta con medidores de energía SENTRON PAC 3200.

Conociendo el sistema de distribución de energía eléctrica de la planta y con una ilustración de esta, en la ilustración 46, se muestra la ubicación de los instrumentos de medición que podrán usarse para el sistema automático de medición.

Ilustración 45

Ubicación de los Sentron PAC 3200 en la red eléctrica



Fuente: Propia

Luego de saber la ubicación de los dispositivos de medición se procede a comprobar la correcta conexión y calibración, verificando con herramientas de medición manual o instrumento patrón de medición para comparar los datos de medidos.

4.4 Componentes del sistema.

La medición realizada mediante la instrumentación adecuada nos permite un análisis detallado del consumo y una planeación adecuada de las intervenciones que buscan la eficiencia energética. También garantiza aportes fundamentales a iniciativas que apuntan a la reducción de los costos energéticos.

La recopilación de la información del consumo de energía eléctrica de la planta de yogurt será posible gracias a los dispositivos de medición como los son los Sentron PAC 3200; los elementos de comunicación como las redes Ethernet y módulos de comunicación; los autómatas programables PLC S7 300, computadora de supervisión y el software de supervisión como los es el software WinCC.

Conociendo la naturaleza de los equipos actualmente instalados en la planta de yogurt se procede a la configuración y parametrización de la red.

4.4.1 Controlador. Siemens S7 300.

Un controlador lógico programable es el dispositivo que básicamente permite la automatización industrial y control de las maquinarias, gracias a que este dispositivo electrónico programable se puede adaptar a las necesidades de producción. Básicamente un PLC resuelve requerimientos de control de procesos y secuencias de maquinarias. El PLC Siemens S7 300 puede usarse para un sistema de medición de energía ya que cuentan con una variedad de herramientas para facilitar los procesos de control.

4.4.2 Instrumento de medición. Sentron PAC 3200.

El analizador de red Sentron PAC 3200 permite integrarse dentro de un cuadro eléctrico, aportar datos muy importantes que permiten saber cómo está funcionando una instalación y permite llevarlo un sistema de supervisión y control automático donde podemos observar el comportamiento y consumo en las instalaciones eléctricas. Ya que con este dispositivo se puede visualizar el valores energéticos y consumo en tiempo real, cuenta también con módulos de comunicación que permiten integrar al medidor de energía Siemens Sentron PAC3200 en sistemas de nivel superior.

En la configuración de este dispositivo, el ajuste de los parámetros básicos se fundamental para su funcionamiento, estos parámetros son entradas de tensión y entradas de corriente; en los parámetros de entrada de tensión se configuran según el tipo de conexión del

dispositivo y la instalación eléctrica; y para las entradas de corriente, como en la planta de yogurt se realiza a través de transformadores de corriente se hace necesario establecer los ajustes en el dispositivo, verificando la relación de transformación de estos. Para ello se ajusta la corriente primaria y secundaria en los campos correspondientes. En la ilustración 47 se observan las configuraciones para estos parámetros.

Ilustración 46

Parámetros básicos de configuración del Sentron PAC 3200



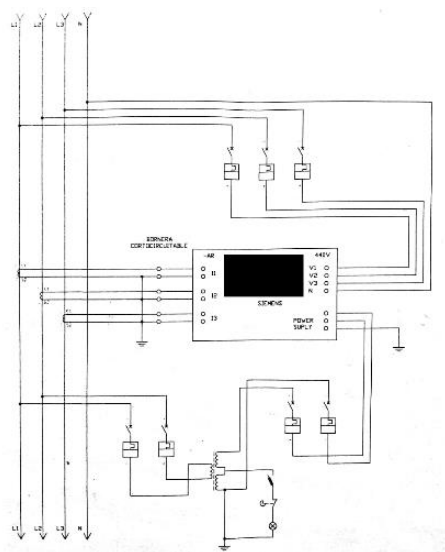
Fuente: (SIEMENS, 2008)

4.4.2.1 Transformadores de corriente y diagrama de conexión.

Los transformadores se utilizan como sensores de corriente que funcionan por inducción magnética, miden la corriente en sistemas eléctricos sin necesidad de abrir puntos del circuito. Estos transformadores de corriente cuentan con una ventana de uso de hasta 4.000 amperios en su devanado primario y de uno o cinco amperios en el secundario, operan en circuitos con tensión hasta de 600 voltios con una frecuencia nominal de 60 Hz. En la ilustración 48 se muestran los diagramas de conexión para este dispositivo.

Ilustración 47

Diagrama de conexión del Sentron PAC 3200.



Fuente: Planta yogurt

En el diagrama de conexión de Sentron PAC 3200, se ilustran las conexiones correctas que se deben hacer para el funcionamiento óptimo de este dispositivo.

4.4.3 La Comunicación.

Ya verificados los instrumentos de medición se procede a realizar la comunicación de estos con el servidor principal de la planta de yogurt, el protocolo de red Ethernet/IP está basado un protocolo de información y control, ofrece un sistema integrado completo desde las áreas de proceso de la planta de yogurt hasta la red central.

En la Planta de Yogurt existe una distancia mayor a 100 metros de los equipos de servicios industriales a los de las áreas de producción, esta distancia presenta problemas para la transmisión de la comunicación Ethernet/IP, como solución se plantea tender un cableado de fibra óptica, esto es posible gracias a un dispositivo llamado convertidor de medios de fibra.

Estableciendo la comunicación, ya se podrá transmitir la información de recopilada hasta el centro de control (PLC), con computadoras y periféricos se realiza el procesamiento de señales y presentación de los datos al operador.

4.5 Supervisión y monitoreo de la energía eléctrica.

Para la supervisión y el monitoreo de la energía eléctrica en la planta de yogurt es factible la implementación de un software de supervisión, el cual consta de procedimientos que mediante instrucciones brinda herramientas para monitorear los dispositivos de un sistema, su estado de operación y aplicación. WinCC flexible es el sistema de supervisión usado para la supervisión del desarrollo de los procesos automáticos que se realizan en la planta de yogurt.

4.5.1 Configuraciones de proyectos en WinCC.

Para la conexión debemos establecer una relación WinCC flexible con el PLC que admita el intercambio de información. Dentro de un proyecto de en el software WinCC flexible se encuentran opciones para configurar características de vínculos con el PLC que tendrá la pantalla del proyecto.

Seguido de esto, se debe configurar los elementos para determinar a qué PLC debemos conectarnos seleccionando el tipo de PLC que se tendrá en la red, ya que dependerá del tipo de PLC elegir las conexiones.

Continuando con la configuración se debe seleccionar el tipo de interfaz, para este parámetro existen dos opciones, IFB1 B que normalmente se usa entre conexiones de HMI y PLC S7 300 para comunicación en profibus; y Ethernet que se usa para conexiones tipo profinet que algunas CPU del PLC S7 300 tienen puertos habilitados para ello.

Finalmente, al estar configurada la interfaz se indica la dirección de cada elemento que hace parte de la red de conexiones del sistema.

4.5.2 Herramienta para análisis gráfico.

El software WinCC establece el medio para el desarrollo de un scada que permita la visualización y control de los procesos industriales en la planta, esta es una herramienta que permite diseñar los esquemas animados que se mostrarán es Graphic Designer, con esta

herramienta es posible suministrar un resumen del comportamiento de las variables, diseñando la apariencia y el comportamiento de las pantallas que aparecerán en la interfaz, ya que es posible graficar cada una de las variables medidas. La ilustración 22 es una visualización del entorno de desarrollo de la generación de frío de la planta de yogurt.

4.5.3 Registro historio del consumo de energía eléctrica.

Una de las principales herramientas de WinCC, que brinda la posibilidad de crear registros y bases de datos de las variables del sistema de supervisión es Tag Logging. Se pueden registrar históricos completos y también registros de intervalos específicos de tiempo. Cabe destacar que los informes de los registros con estas herramientas solo muestran el comportamiento de la variable en el tiempo mas no genera una tabla de datos.

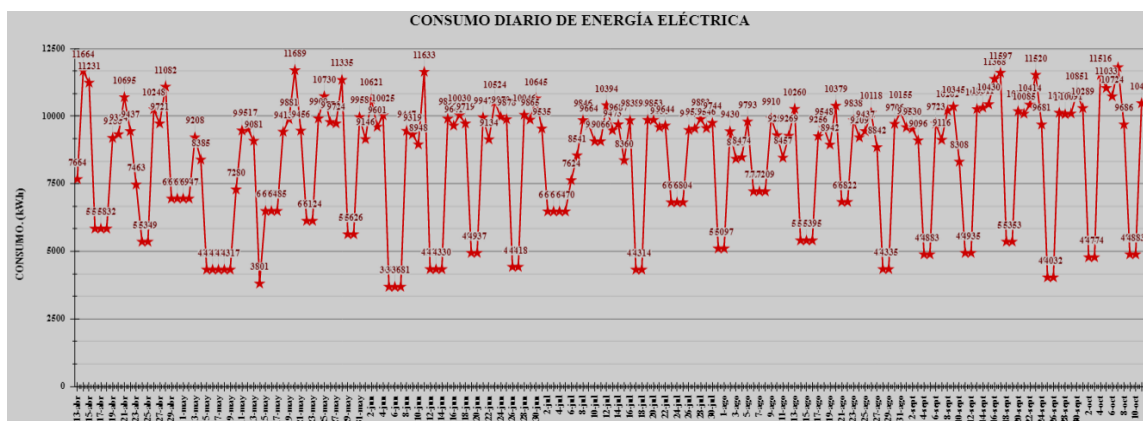
Para la planta de yogurt, es vital generar informes del consumo para los casos de estudio que se realizan en el área de mantenimiento, para ello se requiere la conexión e integración de la información con formatos previamente diseñados en Microsoft Excel, WinCC exporta tablas de datos adquiridos.

4.6 Proyección de resultados de un sistema de medición automático.

Con los datos que se obtuvieron en el sistema de medición alternativo del capítulo II, podemos hacer un estimado de como serían las gráficas que mostrarán el comportamiento del consumo de energía eléctrica al desarrollarse el sistema de medición automático. En la ilustración 49, se muestra el comportamiento de consumo general de energía eléctrica en la planta.

Ilustración 48

Gráfico del comportamiento del consumo general de energía eléctrica

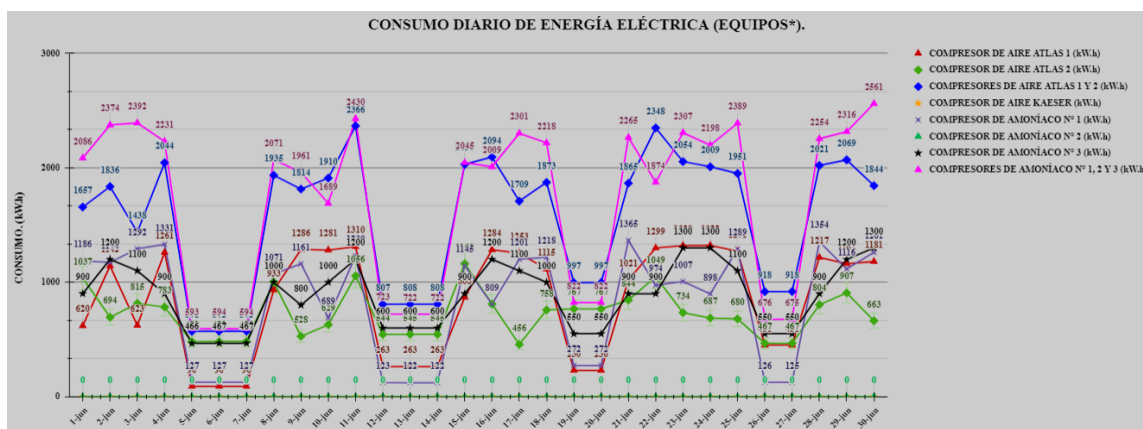


Fuente: Propia

En la ilustración 50, se observa el comportamiento del consumo de energía eléctrica en los equipos de mayor impacto en el consumo durante el mes de junio.

Ilustración 49

Gráfico del comportamiento del consumo de equipos pareto de energía eléctrica

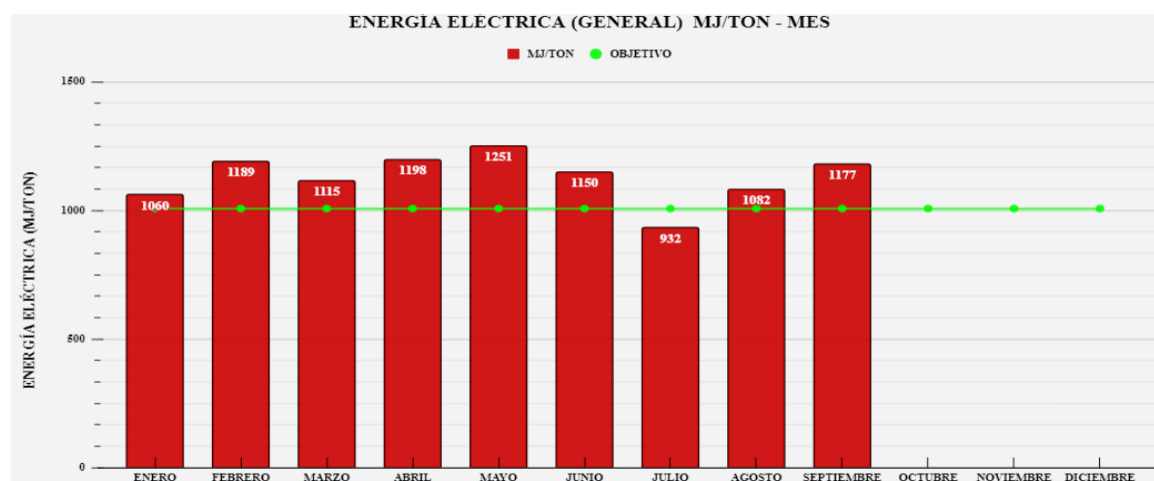


Fuente: Propia

En la ilustración 51, se observa como se comporta la relación del consumo y la producción frente a los objetivos propuestos por la planta.

Ilustración 50

Gráfico del comportamiento en cumplimiento de los indicadores de propuestos



Fuente: Propia

Al lograrse concretar la implementación del sistema de medición automático de energía eléctrica, la planta de yogurt podría adaptarse fácilmente al cumplimiento de los indicadores energéticos, ya que facilita la visualización de los impactos del consumo para poder realizar una mejora continua de la eficiencia energética.

4.7 Ampliación del rango de medida.

Con el sistema de medición automática y los dispositivos de medición Sentron PAC 3200 en la ubicación de medición actual, teniendo en cuenta el consumo durante el mes de junio, datos tomados del método alternativo de medición, en la tabla 64, se muestra los porcentajes de medición de estos dispositivos frente al consumo total.

Tabla 64

Rangos de medición de los Sentron PAC 3200

Nro.	EQUIPO	kW.h / MES	% MEDICIÓN
1	TP1	253434	100,00%
2	TP4	51570	20,35%
3	COMP ATLAS 1	25316	9,99%
4	COMP ATLAS 2	23888	9,43%
5	HOMOGENEIZADOR	21133	8,34%
6	CIP	7545	2,98%
7	PASTEURIZADOR	5430	2,14%

8	ARCIL 1	2960	1,17%
---	---------	------	-------

En esta tabla vemos que logramos obtener el consumo total de la planta de yogurt, y el dato del consumo correspondiente al tablero principal número cuatro. Estos son datos del consumo de varias áreas y equipos; los otros seis datos pertenecen a una sola área o equipo, es decir que con la ubicación actual de los dispositivos de medición se está midiendo un 34,05% correspondientes a áreas, sistemas o equipos.

Los datos recopilados correspondientes al mes de junio se muestran en la ilustración 52, donde se especifican los datos del consumo energía eléctrica, el impacto que representan cada uno de los equipos en el consumo y una clasificación de los equipos que más consumen.

Ilustración 51

Clasificación de equipos por consumo en el mes de junio

JUNIO -- 2021

ENERGÍA ELÉCTRICA											
MAYO 26 / JUNIO 25											
ENERGÍA ELÉCTRICA (GENERAL)		253434	COSTO kW.h		# DIAS	PROMEDIO					
TABLRO PRINCIPAL	CONSUMO	% CONSUMO	\$357		31	8175					
TP2	63257	24,96%									
TP4	51570	20,35%									
SERVICIOS INDUSTRIALES			SERVICIOS INDUSTRIALES								
EQUIPO	CONSUMO	% CONSUMO	EQUIPO	CONSUMO	27900						
COMP ATLAS 1	25316	9,99%	COMP AMONIACO 3	27900							
COMP ATLAS 2	23888	9,43%	COMP AMONIACO 1	25677							
COMP AMONIACO 1	25677	10,13%	COMP ATLAS 1	25316							
COMP AMONIACO 2	0	0,00%	COMP ATLAS 2	23888							
COMP AMONIACO 3	27900	11,01%	BOMBA AGUA GLICOLADA	11576							
BOMBA AGUA SUBENFRIADA	2762	1,09%	BOMBA AGUA POTABLE	5999							
BOMBA AGUA FRÍA	3878	1,53%	BOMBA AGUA FRÍA	3878							
BOMBA AGUA GLICOLADA	11576	4,57%	BOMBA AGUA SUBENFRIADA	2762							
BOMBA AGUA POTABLE	5999	2,37%	COMP AMONIACO 2	0							
PROCESO			PROCESO								
EQUIPO	CONSUMO	% CONSUMO	EQUIPO	CONSUMO	21133						
UPS	1418	0,56%	HOMOGENEIZADOR	21133							
CIP	7545	2,98%	CIP	7545							
PASTEURIZADOR	5430	2,14%	PASTEURIZADOR	5430							
HOMOGENEIZADOR	21133	8,34%	UPS	1418							
ENVASADO			ENVASADO			9504					
EQUIPO	CONSUMO	% CONSUMO	EQUIPO	CONSUMO							
ARCIL 1	2960	1,17%	UMA	9504							
ARCIL 2	1152	0,45%	ARCIL 1	2960							
DISEYCO	20,64	0,01%	ARCIL 2	1152							
SOLPACK	344	0,14%	MZ001	603							
MZ001	603	0,24%	PRIMO	392							
MZ002	236	0,09%	SOLPACK	344							
INFRANS	0	0,00%	MZ002	236							
PRIMO	392	0,15%	SCORPIONS	204							
SCORPIONS	203,52	0,08%	DISEYCO	20,64							
UMA	9504	3,75%	INFRANS	0							
LOGÍSTICA			LOGÍSTICA			14632					
EQUIPO	CONSUMO	% CONSUMO	EQUIPO	CONSUMO							
DIFUSORES	14632	5,77%	DIFUSORES	14632							
CARRO	305	0,12%	CARRO	305							
TOTAL 192874,52			76,10%								

Fuente: Propia

Con ayuda del esquema de la distribución de energía eléctrica de la planta de yogurt mostrado en la ilustración 46, y la información anterior se plantea una reubicación de los dispositivos de medición Sentron PAC 3200 con la finalidad de que los datos obtenidos con el sistema de medición automático representen un mayor porcentaje de la medición del consumo general. En la tabla 65, se muestran los rangos de medida actuales y los propuestos.

Tabla 65

Rango de medición actual y propuesta de reubicación

ACTUAL			PROPUESTA		
	EQUIPO	kW.h / MES % MEDICIÓN		EQUIPO	kW.h / MES % MEDICIÓN
1	TP1	253434 100,00%		TP1	253434 100,00%
2	TP4	51570 20,35%		TP4	51570 20,35%
3	COMP ATLAS 1	25316 9,99%		COMP ATLAS 1	25316 9,99%
4	COMP ATLAS 2	23888 9,43%		COMP ATLAS 2	23888 9,43%
5	HOMOGENEIZADOR	21133 8,34%		HOMOGENEIZADOR	21133 8,34%
6	CIP	7545 2,98%		TP3	50686,8 20,00%
7	PASTEURIZADOR	5430 2,14%		PASTEURIZADOR	5430 2,14%
8	ARCIL 1	2960 1,17%		TP2	136307 53,78%
	TOTAL	137842 54,40%			

En la tabla 66, se observa un aproximado de la capacidad de medida si se llevase a cabo la reubicación de los dispositivos de medición.

Tabla 66

Rango de medición aproximado con la reubicación

PROPUESTA		
	TABLERO PRINCIPAL	kW.h / MES % MEDICIÓN
1	TP1	253434 100,00%
2	TP4	51570 20,35%
3	TP3	50686,8 20,00%
4	TP2	136307 53,78%
	TOTAL	238563,8 94,13%
	EQUIPO	kW.h / MES % MEDICIÓN
1	COMP ATLAS 1	25316 9,99%
2	COMP ATLAS 2	23888 9,43%
3	HOMOGENEIZADOR	21133 8,34%
4	PASTEURIZADOR	5430 2,14%
	TOTAL	75767 29,90%

Con la reubicación planteada de los Sentron PAC 3200 se podrá medir el consumo total de los tableros principales, el tablero principal número uno representa el consumo total de la

planta de yogurt, con los tableros principales dos, tres y cuatro, la medición representa un 94,13%.

Los Sentron PAC 3200 se reubican teniendo en cuenta su impacto en la medición del consumo, en la tabla 64 se observa que CIP, pasteurizador y Arcil 1 representan un impacto de 2,98%, 2,14% y 1,17% respectivamente, estos por ser los menores impactos se plantean reubicar. Sin embargo, a pesar de que el CIP representan un impacto más alto que el del pasteurizador se hace la propuesta reubicando el Sentron PAC 3200 del CIP. Cabe resaltar que esto se debe a que el pasteurizador es un PCC de la planta de yogurt.

Un punto crítico de control (PCC) según Madrid salud (Página de salud pública del ayuntamiento de Madrid) “es un punto, operación o etapa que requiere un control eficaz para eliminar o minimizar hasta niveles aceptables un peligro para la seguridad alimentaria”.

4.8 Mejora continua en la gestión energética.

La norma ISO 50001 para el sistema de gestión energética organizacional, posee los requerimientos esenciales para conseguir la mejora continua, la no conformidad y la acción correctiva. La valoración del desarrollo de un sistema de gestión energética implica la puesta en marcha de la recolección de datos, con un posterior análisis que fomente estrategias para la gestión energética y la estimación en el desempeño ambiental. La expectativa de la mejora continua es plantear posibles soluciones con las que se pueda desarrollar un rendimiento óptimo para conseguir mejoras periódicas a lo largo del tiempo.

5 CONCLUSIONES

Con la implementación del método de medición alternativo se logró recopilar datos de las variables energéticas, con lo que se pudo observar el consumo energético de la planta, además, esta información reveló el comportamiento de estas variables y el impacto que genera en los indicadores propuestos; así mismo, se pudo identificar el consumo de energía eléctrica de la mayoría de los equipos de la planta, para ello, se realizó previamente, un reconocimiento de la ubicación, naturaleza e importancia de los equipos, sistemas e instalaciones.

Con la información recopilada, la identificación de los equipos e instalaciones, y basados en la norma ISO 50001, en busca de la mejora continua y la no conformidad se plantearon estrategias que apuntaron a la estabilización y mitigación del consumo de energía eléctrica, al cumplimiento de los indicadores energéticos de la planta y a establecer tendencias del uso racional de la energía.

En función del análisis de criticidad elaborado se estableció la jerarquización de los equipos, conociendo la clasificación entre los críticos, no críticos y medianamente críticos y su nivel de criticidad, nos facilitó la toma de decisiones en la inversión de recursos y a priorizar las intervenciones de mantenimiento.

La eficiencia energética es responsabilidad de todos, con la aplicación de un plan de gestión energética se garantizará mejoras en el desempeño energético, optimizando el consumo y disminuyendo el impacto ambiental. Con la estrategia de apagar frio que se implementó, se observaron resultados favorables en el consumo de energía eléctrica del sistema de refrigeración, así mismo, en busca de una mejora continua se planteo la estrategia modo económico en la que se proyecta el desarrollo de un sistema automático de suspender de forma intermitente el sistema de refrigeración de la planta.

Los compresores de aire comprimido son equipos de alto consumo energético, una iniciativa que apunte a la disminución del consumo de estos equipos tendrá favorables

resultados; la estrategia de cambiar las válvulas de accionamiento neumático en los difusores del cuarto frío permitirá que los compresores de aire disminuyan su tiempo de operación y de igual manera, el consumo energético.

Con el análisis de la información recopilada en el método alternativo de medición, se generó documentación básica del consumo, que permite la elaboración de un registro claro de la información, que se convierte en la base para la implementación de nuevas estrategias de gestión energética.

Conociendo la distribución de las instalaciones eléctricas de la planta y el reconocimiento de los dispositivos que permiten implementar un sistema automático de medición de energía eléctrica, se proyectó un sistema que permite la recopilación de información del consumo eléctrico en tiempo real, mejorando el servicio, calidad y control, y garantizando modalidades de consumo y producción sostenible. Así mismo, poder monitorear las variables energéticas y generar históricos para el análisis, documentación y mejoras del consumo de energía eléctrica.

6 Bibliografía

- ABB. (2020). *Variadores de frecuencia*. Obtenido de ABB: <https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador#:~:text=El%20variador%20de%20frecuencia%20regula,un%2020%20y%20un%2070%25>.
- Altmann, C. (2016). *El Mantenimiento y la Eficiencia Energética*. Obtenido de Releability: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-mantenimiento-y-la-eficiencia-energetica>
- Alvarez, G. E. (2019). *Modelado y optimización de sistemas interconectados de generación de energía eléctrica. Programación de la operación y del transporte*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.
- Arróliga, G. S., & Betanco, J. A. (2021). Eficiencia energética: una tarea para las universidades. *Revista Científica de FAREM-Estelí*. doi:<https://doi.org/10.5377/farem.v0i0.11617>
- Campos Avella, J. C. (2013). *Mantenimiento centrado en la eficiencia energética nueva gestión organizacional para reducir costos de mantenimiento y de energía*. Obtenido de 2E Energía Eficiente: <https://www.e2energiaeficiente.com/>
- Campos, A. J., Prías, C. O., Quispe, O. E., Vidal, M. J., & Lora, F. E. (2008). El MGIE, un modelo de gestión energética para el sector productivo nacional. *El Hombre y la Máquina*, 18-31.
- Carretero Peña, A., & García Sánchez, J. M. (2012). *Academia*. Obtenido de Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora.: https://www.academia.edu/19601317/6_aenor_50001?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page

- Castaño, S. R. (2004). *Redes de distribución de energía*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-09-23_12-50-29110587.pdf
- Castro Muñoz, J. A. (2013). *Diseño e implementación de un prototipo de red industrial basado en el estándar ASi (Actuator sensor interface) para el sistema de envasado del Laboratorio de Automatización Industrial FIE*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2820>
- Chávez Lemus, M. R. (2006). *Planta Procesadora de Lácteos en San José Pinula*. Obtenido de Academia: https://www.academia.edu/33852304/Planta_Procesadora_de_L%C3%A1cteos
- Congreso. (2007). *Ley 143 de 1994*. Obtenido de Minenergía: <https://www.minenergia.gov.co/>
- Delgado Rodríguez, S. L. (2018). *Práctica empresarial en Freskaleche SAA sede Bucaramanga*. Obtenido de Universidad Pontificia Bolivariana: <http://hdl.handle.net/20.500.11912/5701>
- Farina, A. L. (2018). Motores eléctricos trifásicos: características constructivas y tipos de arranques. *Ingeniería Eléctrica, Editores*, 82-87.
- Ganchozo L, e. C., & Corral Q, u. J. (2017). *Simulación y automatización de los sistemas de arranque para motores trifásicos de corriente alterna*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <file:///C:/Users/r-vil/Downloads/UPS-GT002022.pdf>
- Gómez de León, F. C. (1998). *Tecnología de mantenimiento industrial*. Murcia. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=bOrFC3532MEC&printsec=frontcover&dq=mantenimiento+en+la+industria&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiyqcXYldPwAhWiQTABHVurC4YQ6AEwBHoECAIQAg#v=onepage&q&f=false>

- González, J., Amendola, L., & Depool, T. (2008). *Modelo de criticidad operacional en generadores de parques eólicos*. Obtenido de Aeipro: <http://dspace.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/1779>
- Ingeniería Mecafenix . (2018). *Ingeniería Mecafenix. La enciclopedia de la ingeniería*. Obtenido de ¿Qué es y para qué sirve un PLC?: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/que-es-un-plc/>
- Intriago R, D. F. (2018). *Sistemas VLC Para Comunicaciones e Iluminación Indoor*. Obtenido de Universidad Politecnica de Valencia: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/112999/Intriago%20Rodriguez,%20Diego%20Fernando%20TFM.pdf?sequence=1>
- ISO. (2018). *ISO50001:2018 Gestión de la energía*. . Obtenido de ISO50001:2018 Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso: <https://www.iso.org/standard/69426.html>
- JD. (2020). *Suministro de materiales eléctricos*. Obtenido de Medidor de energía eléctrica: <https://jdelectricos.com.co/medidor-de-energia-electrica/>
- Kuzu SL. (2016). *La medición en el decoletaje de precisión*. Obtenido de La importancia de medir: <https://kuzudecoletaje.es/la-importancia-de-medir/>
- León Reyes, M. G., & Mora Mejía, J. L. (2011). Estudio y desarrollo de un sistema de supervisión y control de un generador eléctrico utilizando un equipo de medición Sentron PAC 3200. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/8361>
- Linares, P. (2009). *ResearchGate*. Obtenido de Eficiencia energética y medio ambiente: https://www.researchgate.net/publication/28312979_Eficiencia_energetica_y_medioambiente

- López Escobar, G. (2014). *Diseño de un proceso de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales de una industria de yogurt*. Obtenido de Red de Repositorios Latinoamericanos: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/2527>
- López, E. P. (2015). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Tecnología en Marcha*, 3-14.
- Meinsa. (2020). *Cómo la programación de sistemas de control de proceso industrial potencia la producción*. Obtenido de Meinsa: <https://meinsa.com/2020/02/programacion-de-sistemas-de-control-de-proceso-industrial/>
- Mendoza, R. H. (2000). El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. *Ingeniería Mecánica* 3.4, 13-19.
- Mora, L. A. (2000). *Mantenimiento planeación, ejecución y control*. (Alfaomega, Ed.) Obtenido de <https://books.google.es/books?id=TYc3DQAAQBAJ>
- Moreno, L. F. (2011). *Regulación Internacional de Las Energías Renovables y de la Eficiencia Energética*. Colombia: Universidad Externado de Colombia. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=8bwRYRJK55oC>
- Normanyo, E., Husinu, F., & Ofosu, R. A. (2014). Developing a Human Machine Interface (HMI) for Industrial Automated Systems using Siemens Simatic WinCC. *Revista de tendencias emergentes en informática y ciencias de la información*, 134-144.
- NQA. (2018). *ISO 50001:2018*. Obtenido de Organización de certificación global: <https://www.nqa.com/medialibraries/NQA/NQA-Media-Library/PDFs/Spanish%20QRFs%20and%20PDFs/NQA-ISO-50001-Guia-de-implantacion.pdf>
- Nunsys. (2017). *Automatización y control industrial*. Obtenido de Nunsys. Tu socio tecnologico: <https://www.nunsys.com/producto-automatizacion-industrial/>

ONUDI. (s.f.). *rganización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI)*.

Obtenido de Francia Diplomatica: <https://www.diplomatie.gouv.fr/es/politica-exterior/francia-en-naciones-unidas/organizaciones-economicas-y/instituciones-de-las-naciones/article/organizacion-de-las-naciones>

Oña Guanoquiza, H. P. (2019). *Universidad Tecnológica Indoamérica*. Obtenido de REDISEÑO

DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN LA PLANTA DE CONFECCIÓN
EN LA EMPRESA ROYALTEX SA:
<http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/1473/1/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACI%C3%93N%20HENRY%20PAUL%20O%C3%91A%20GUANOQUIZA.pdf>

Pacheco, J. (2017). *Optimización de procesos industriales: eficiencia con realismo*. Obtenido de

HEFLO: <https://www.heflo.com/es/blog/optimizacion-procesos/optimizacion-procesos-industriales/#:~:text=La%20optimizaci%C3%B3n%20de%20procesos%20industriales%20es%20el%20esfuerzo%20de%20la,de%20los%20costos%20de%20operaci%C3%B3n>

Padrón Ramos, J. O. (2011). *Diseño de sistema SCADA para la supervisión de grandes*

consumidores de energía eléctrica. Obtenido de Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas: <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/6882>

Palacios, F. I., & Pesantes, M. C. (2011). *Diseño e implementación de una red industrial e*

interfaz hombre-máquina para la adquisición y supervisión de datos para la eficiencia energética en la estación primaria del proceso de laminación de Acerías Nacionales Del Ecuador (ANDEC S.A.). Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1727>

- Ponce Ramírez, R. A. (2015). *Control de inventario y optimización en el consumo de agua, luz y combustible*. Obtenido de Universidad Pontificia Bolivariana: <http://hdl.handle.net/20.500.11912/7426>
- Quilumba T, o. R., & Quimbita T, e. B. (2021). *Desarrollo de un sistema scada para supervisión y adquisición de parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos*. Obtenido de Universidad Técnica de Cotopaxi: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8105>
- Quispe Oqueña, E. C. (2003). Una visión integral para el uso racional de la energía en la aplicación de motores eléctricos de inducción. *El Hombre y la Máquina*, 52-59.
- Repetto Trujillo, J. E. (2016). *¿Qué es mantenimiento?* Obtenido de Mantenimiento: <https://mantenimiento.win/>
- RETIE. (2013). *Reglamento técnico de instalaciones eléctricas*. Obtenido de Minenergía: <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+del+RETIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabedb13>
- Revista Electroindustria. (2016). *Controladores eficientes para la industria inteligente*. Obtenido de Revista eletro industria: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2942&ni=controladores-eficientes-para-la-industria-inteligente>
- Rodríguez, J. E., Posada, M. E., Díaz, B. Z., & Cano, J. A. (2018). Análisis de las redes de datos para empresas del sector público en la ciudad de Cúcuta- Colombia. *Espacios*, 30-35.
- Rojas Jar, J. A. (2008). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. Obtenido de Academia: https://www.academia.edu/9478461/MANTENIMIENTO_CENTRADO_EN_LA_CONFIABILIDAD_CONTENIDOS?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page

Ruiz Rivera, J., & Ramírez Matheus, A. (2009). Elaboración de yogurt con probióticos (*Bifidobacterium* spp. y *Lactobacillus acidophilus*) e inulina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 26(2), 223-242.

SIEMENS . (2003). *Configurar el sistema de automatización S7-300*. Obtenido de https://cache.industry.siemens.com/dl/files/415/15390415/att_41939/v1/S7-300_IHB_s.pdf

SIEMENS. (2008). *SETRON PAC3200*. Obtenido de https://cache.industry.siemens.com/dl/files/150/26504150/att_906556/v1/A5E01168664D-02_ES_122016_201612221316330094.pdf

Solé, C. A. (2009). *Instrumentos Industriales: Su Ajuste y Calibración*. Barcelona. Obtenido de <https://books.google.es/books?id=LSiU0piawq0C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>