



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL MÓDULO PM  
SAP HANA S/4, BASADO EN NORMA ISO 14224:2016 EN PLANTA TRANSFORMADORA  
DE HIDROCARBUROS DE LA EMPRESA ENERGÍA FLUIDA S. A.**

**Mauro Dubalier Salvador Chicoj**

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, febrero de 2022



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL MÓDULO PM  
SAP HANA S/4, BASADO EN NORMA ISO 14224:2016 EN PLANTA TRANSFORMADORA  
DE HIDROCARBUROS DE LA EMPRESA ENERGÍA FLUIDA S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**Mauro Dubalier Salvador Chicoj**  
ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2022



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Herbert Samuel Figueroa Avendaño
EXAMINADOR	Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL MÓDULO PM  
SAP HANA S/4, BASADO EN NORMA ISO 14224:2016 EN PLANTA TRANSFORMADORA  
DE HIDROCARBUROS DE LA EMPRESA ENERGÍA FLUIDA S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 24 de abril de 2019.



**Mauro Dubalier Salvador Chicoj**

Guatemala, 12 de febrero de 2021

Ingeniero  
Gilberto Enrique Morales Baiza  
Director de Escuela Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
USAC.

Ingeniero Morales:

Informo a usted que he asesorado y aprobado el trabajo de graduación del estudiante universitario de la carrera de Ingeniería Mecánica Mauro Dubalier Salvador Chicoj, registro académico 201114431 y CUI 2150207660101, con el título **“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL MÓDULO PM SAP HANA S/4, BASADO EN NORMA ISO 14224:2016 EN PLANTA TRANSFORMADORA DE HIDROCARBUROS DE LA EMPRESA ENERGÍA FLUIDA S.A.”**

Por lo anterior, extiendo la presente constancia de revisión y aprobación del trabajo de graduación, y recomiendo continuar sus aprobaciones para alcanzar el examen público de graduación.

Sin otro particular,

atentamente,



Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL  
Colegiado 3071

Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Ingeniero Mecánico Industrial  
Colegiado No. 3071

Ref.E.I.M.025.2021

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **PROUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL MÓDULO PM SAP HANA S/4, BASADO EN NORMA ISO 14224:2016 EN PLANTA TRANSFORMADORA DE HIDROCARBUROS DE LA EMPRESA ENERGÍA FLUIDA S.A.** presentado por el estudiante **Mauro Dubalier Salvador Chicoj**, CUI **2150207660101** y Reg. Académico No. **201114431** recomienda su aprobación.

**“Id y Enseñad a Todos”**



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Coordinador Área Complementaria  
Escuela de Ingeniería Mecánica

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

LNG.DIRECTOR.025.EIM.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL MÓDULO PM SAP HANA S/4, BASADO EN NORMA ISO 14224:2016 EN PLANTA TRANSFORMADORA DE HIDROCARBUROS DE LA EMPRESA ENERGÍA FLUIDA S. A.**, presentado por: **Mauro Dubalier Salvador Chicoj**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, febrero de 2022

Decanato  
Facultad de Ingeniería  
24189101- 24189102  
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.068.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPIUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL MÓDULO PM SAP HANA S/4, BASADO EN NORMA ISO 14224:2016 EN PLANTA TRANSFORMADORA DE HIDROCARBUROS DE LA EMPRESA ENERGÍA FLUIDA S. A.**, presentado por: **Mauro Dubalier Salvador Chicoj**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DECANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Decana

Guatemala, febrero de 2022

AACE/gaoc



## ACTO QUE DEDICO A:

<b>Dios</b>	Por ser una importante influencia en mi vida y en mi carrera.
<b>San Judas Tadeo</b>	Por ser la luz de esperanza en mi camino.
<b>Mis padres</b>	Mauro Salvador Higueros y Ana Ofelia Chicoj de Salvador: a mi madre por ser mi fortaleza en los momentos difíciles y a mi padre por enseñarme que nunca debo rendirme ante nada.
<b>Mis hermanos</b>	Christian Ademar, mi hermano mayor, y Josué Odhair Salvador Chicoj, mi hermano menor, por ser mi ejemplo para seguir y lo mejor que la vida me ha dado.
<b>Mi cuñada y sobrino</b>	Jackelin Elizabeth Rabanales Muñoz y Mauro Alberto Salvador Rabanales, por formar parte de mi vida y acompañarme en este sueño.
<b>Mi abuelo</b>	Maximiliano Chicoj, (q. e. p. d.), por inculcarme el amor por la ingeniería.
<b>Mis tíos</b>	María Narcisa Chicoj de Pérez y Juana Chicoj de Guerra, por apoyarme en mi etapa de adolescente. Gracias por su apoyo, tíos.



## AGRADECIMIENTOS A:

- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por darme la oportunidad de formarme como profesional y ser parte de esta prestigiosa casa de estudios.
- Facultad de Ingeniería** Por abrirme las puertas e inculcarme los conocimientos de ciencia y tecnología, y formarme como un profesional autodidacta.
- Mis amigos de la Facultad** Abiel Sarpec, Jaganath Carrascoza, Alejandro Pérez, Edy Juárez, Cesar Menocal, Alan Sinay, Cesar Escobar, Estefan Castro, Gustavo Zea, Ricardo Mauricio, Henry Monroy, Alejandro Rodas, Rodrigo Guerra, Miguel Rivera y Héctor Contreras por brindarme su amistad y por hacer esta etapa una vivencia inolvidable.
- Ing. Francisco Santos** Por darme la oportunidad y confiarne este proyecto.
- Ing. Carlos Pérez** Por brindarme sus conocimientos y ayuda para la elaboración de mi trabajo de graduación.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XIII
OBJETIVOS .....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....	1
1.1. Historia .....	1
1.2. Misión .....	2
1.3. Visión .....	2
1.4. Valores .....	2
1.5. Departamento de mantenimiento de la planta .....	2
1.5.1. Equipo de la planta .....	3
1.5.2. Plan de mantenimiento actual .....	3
1.6. Proceso que se realiza en la planta .....	4
2. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. Destilación atmosférica .....	5
2.2. Diagrama de flujo de proceso .....	9
2.2.1. Norma ISO 10628 .....	9
2.3. Áreas de planta .....	10
2.4. Equipo utilizado en las áreas de la planta .....	13
2.4.1. Columna de fraccionamiento .....	13
2.4.2. Intercambiador de calor .....	17

2.4.2.1.	De carcasa y tubos.....	18
2.4.2.2.	De tubos.....	18
2.4.3.	Calentador de fuego directo .....	19
2.4.4.	Caldera eléctrica .....	20
2.4.5.	Condensador.....	20
2.4.6.	Reboiler.....	21
2.4.7.	Evaporador .....	22
2.4.8.	Antorcha de seguridad .....	23
2.4.9.	Tanque agitador .....	24
2.4.10.	Tanques de sedimento .....	26
2.4.11.	Tanques de almacenamiento .....	28
2.4.12.	Filtros industriales .....	30
2.4.13.	Bombas.....	31
2.4.13.1.	Bombas dinámicas .....	31
2.4.13.1.1.	Bombas centrífugas.....	32
2.4.13.2.	Bombas de desplazamiento positivo .....	32
2.4.13.2.1.	Bombas de engranajes internos .....	33
2.4.13.2.2.	Bombas de paletas.....	33
2.4.13.3.	Bombas dosificadoras .....	35
2.5.	Norma ISO 14224:2016 .....	35
2.5.1.	Recopilación de la información del activo.....	36
2.5.2.	Taxonomía .....	37
2.5.2.1.	Datos específicos al equipo.....	38
2.6.	SAP S/4 HANA.....	39
2.7.	Descripción general del módulo PM de SAP .....	40
2.7.1.	Transacciones básicas en módulo PM.....	42
2.7.2.	Gestión de objetos técnicos .....	47
2.7.2.1.	Clase/características .....	48
2.7.2.2.	Ubicaciones técnicas.....	50

2.7.2.3.	Equipo.....	51
2.7.2.4.	Puestos de trabajo de mantenimiento .....	52
2.7.2.5.	Estrategia de mantenimiento .....	55
2.7.2.6.	Hoja de ruta.....	57
2.7.2.7.	Lista de materiales de mantenimiento .....	60
2.7.2.8.	Puntos de medición .....	61
2.7.2.9.	Documentos de medición .....	64
2.7.2.10.	Catálogos de fallas principales en equipos.....	65
2.7.2.11.	Planificación del mantenimiento .....	66
2.8.	Mantenimiento .....	67
2.8.1.	Mantenimiento correctivo.....	68
2.8.2.	Mantenimiento preventivo.....	68
3.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	71
3.1.1.	Levantamiento de equipo (PM05 SAP HANA).....	73
3.1.2.	Clasificación de las clases de equipos (PM02 SAP HANA) .....	76
3.1.3.	Ánálisis y asignación de características (PM01 SAP HANA) .....	78
3.1.4.	Asignación de puestos de trabajo (PM03 SAP HANA).....	82
3.1.5.	Creación de ubicaciones técnicas bajo taxonomía ISO 14224:2016 (PM04 SAP HANA) .....	86
3.1.6.	Creación de catálogos de fallas principales de los equipos (PM07 SAP HANA) .....	89

3.1.7.	Creación de hojas de ruta para equipos (PM08 SAP HANA) .....	95
3.1.8.	Asignación de repuestos (PM09 SAP HANA) .....	98
3.1.9.	Creación de puntos de medida (PM10 SAP HANA).....	101
3.1.10.	Creación de documentos de medida (PM11 SAP HANA).....	103
3.1.11.	Propuesta del plan de mantenimiento preventivo (basado en tiempo) simple (PM12 SAP HANA) ....	105
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	111
4.1.	Diagrama de flujo de proceso .....	111
4.2.	Implementación de equipos en el sistema (SAP HANA S/4)..	112
CONCLUSIONES.....		117
RECOMENDACIONES .....		119
BIBLIOGRAFÍA.....		121
APÉNDICE .....		123

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Plano de planta en general.....	4
2. Esquema básico de la destilación atmosférica de crudo .....	8
3. Diagrama de flujo .....	9
4. Area de evaporizacion.....	10
5. Área de control de presión.....	11
6. Área de lavado y filtración .....	12
7. Área de almacenamiento o descarga .....	13
8. Interior de columna fraccionaria industrial .....	14
9. Zona <i>flash</i> .....	15
10. Cabeza fraccionaria.....	16
11. Extracción de corrientes laterales.....	17
12. Intercambiador de calor de carcasa y tubos .....	18
13. Intercambiador de calor de tubos .....	19
14. Resistencia eléctrica industrial .....	20
15. Condensador .....	21
16. Reboiler .....	22
17. Evaporador .....	23
18. Antorcha industrial.....	24
19. Tanque agitador .....	26
20. Tanque de sedimentación horizontal.....	27
21. Tanque de sedimentación vertical .....	28
22. Tanque de almacenamiento .....	29
23. Filtro industrial .....	30

24.	Bomba de paletas .....	34
25.	Bomba de engranajes .....	34
26.	Bomba dosificadora .....	35
27.	Pirámide taxonómica Norma ISO 14224:2016 .....	38
28.	Módulos de SAP .....	40
29.	Estructura de catálogos en módulo PM .....	65
30.	Plantilla de equipos PM05.....	76
31.	Clases en equipo PM02 .....	77
32.	Plantilla de clases PM02 .....	78
33.	Plantillas de características PM01 .....	81
34.	Código de puestos de trabajo .....	82
35.	Plantilla para asignación de puesto de trabajo PM03 .....	85
36.	Estructura para un equipo sencillo .....	86
37.	Ubicación técnica de la empresa .....	87
38.	Ubicación técnica de planta transformadora de hidrocarburos .....	87
39.	Plantilla de ubicaciones técnicas PM04 .....	89
40.	Plantilla de catálogo de fallas (parte objeto B) .....	91
41.	Plantilla de catálogo de fallas (síntomas de avería C) .....	92
42.	Plantilla de catálogo de fallas (causa de avería 5) .....	93
43.	Plantilla de catálogo de fallas (acción correctiva 2).....	94
44.	Plantilla Hojas de ruta PM08 .....	98
45.	Plantilla para asignación de repuestos e insumos PM09 .....	100
46.	Plantilla de punto de medición PM10 .....	103
47.	Plantilla de documentos de medición PM11.....	105
48.	Estrategias de mantenimiento .....	106
49.	Tipo de ciclo de estrategia .....	106
50.	Frecuencia de mantenimiento intercambiadores de calor .....	107
51.	Descripción de niveles .....	107
52.	Plantilla de plan de mantenimiento preventivo simple (PM12).....	109

53.	<i>Block</i> de notas con equipos a carga.....	112
54.	Renovación de equipos .....	113
55.	Datos generales .....	114
56.	Bomba centrífuga dentro del sistema SAP .....	116

## TABLAS

I.	Intervalos de ebullición de fracciones destiladas de la columna atmosférica .....	5
II.	Aviso PM .....	43
III.	Órdenes de servicio de mantenimiento.....	43
IV.	Consultas de stock .....	43
V.	Puesto de trabajo de mantenimiento.....	44
VI.	Ubicación técnica .....	44
VII.	Equipo .....	44
VIII.	Lista técnica de mantenimiento .....	45
IX.	Estrategia de mantenimiento .....	45
X.	Lista de tareas de mantenimiento.....	45
XI.	Catálogos.....	46
XII.	Órdenes de servicio de mantenimiento.....	46
XIII.	Puntos de medida y documentos de medida.....	46
XIV.	Plan de mantenimiento .....	47
XV.	Código de colores .....	71
XVI.	Procesos de gestión .....	72
XVII.	Equipos PM05 .....	73
XVIII.	Clases PM02 .....	77
XIX.	Características de equipos PM01 .....	79
XX.	Definición de puesto de trabajo .....	82

XXI.	Puesto de trabajo PM03 .....	83
XXII.	Ubicación técnica PM04 .....	88
XXIII.	Parte objeto (B) PM07 .....	90
XXIV.	Síntoma de avería (C) PM07 .....	91
XXV.	Causas de avería (5) PM07 .....	93
XXVI.	Acción correctiva (2) PM07 .....	94
XXVII.	Hojas de ruta PM08 .....	95
XXVIII.	Repuestos e insumos PM09 .....	99
XXIX.	Puntos de medida PM10 .....	101
XXX.	Documentos de medición PM10 .....	104
XXXI.	Plan de mantenimiento preventivo PM11 .....	108
XXXII.	Procesos planta transformadora de hidrocarburos .....	111

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit

X

## GLOSARIO

<b>Avería</b>	Daño, rotura o fallo que impide o perjudica el funcionamiento del mecanismo de una máquina, una red de distribución u otra componente.
<b>Causa</b>	Motivo o razón para obrar de una manera determinada.
<b>Duración</b>	Tiempo en que se conserva un elemento en determinado estado, sin deteriorarse ni acabarse.
<b>Frecuencia</b>	Número de veces en que ocurre o se realiza una acción durante un período o un espacio determinados.
<b>Stock</b>	Conjunto de mercancías o productos que se tienen almacenados en espera de su venta o comercialización.
<b>SAP</b>	Software de planificación de recursos empresariales.



## **RESUMEN**

El trabajo de graduación se realizó con el fin de mejorar la vida útil de los equipos empleados en la planta transformadora de hidrocarburos de una empresa generadora de energía.

El objetivo principal del trabajo es proponer un plan de mantenimiento preventivo basado en la norma ISO 14424:2016 que puede gestionarse dentro del módulo PM del sistema SAP HANA S/4. Para poder relacionar la norma y el módulo, se utilizaron directrices de jerarquía de la norma y se realizó la recopilación de información necesaria que solita el módulo PM para poder gestionar un plan de mantenimiento preventivo.

Además, se estableció el proceso de la planta, mediante un diagrama de flujo de proceso de la norma ISO 10628 y se generaron registro de los equipos, con base en las especificaciones del fabricante y los requerimientos del módulo PM.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Proponer un plan de mantenimiento preventivo para el módulo PM SAP HANA S/4, basado en norma ISO 14224:2016 en planta transformadora de hidrocarburos de la empresa ENERGÍA FLUIDA S. A.

### **Específicos**

1. Definir el proceso de destilación atmosférica de la planta, mediante un diagrama de flujo de proceso.
2. Analizar las diferentes familias de equipo que están presentes en la planta bajo la pirámide taxonómica de la norma ISO 14224:2016.
3. Diseñar y elaborar los registros de mantenimiento para cada equipo, según las especificaciones que indica el módulo PM del sistema SAP HANA S/4.
4. Implementar los equipos en el módulo PM de SAP HANA.S/4.



## INTRODUCCIÓN

El mantenimiento es el conjunto de acciones de reparación de un equipo, antes de una falla o durante la presencia de la falla: la combinación de acciones técnicas y administrativas.

El mantenimiento preventivo es aquel que se ejecuta en intervalos predeterminados de acuerdo con criterios ya prescritos por el fabricante del equipo o por frecuencias de reparaciones definidas con anterioridad. Este tipo de mantenimiento se utiliza para reducir la probabilidad de falla del equipo.

El proceso de destilación atmosférica se lleva a cabo dentro de una planta transformadora de hidrocarburos; utiliza elevadas temperaturas y demanda de trabajo. El equipo de trabajo debe de encontrarse en óptimo estado para soportar las temperaturas que presentan aumentos de presión muy elevados.

El trabajo de graduación se encuentra dividido en cuatro capítulos en los que se explica con detalle el proceso que se realiza en la planta y el mantenimiento preventivo para los equipos. En el primer capítulo se detalla los requerimientos del módulo PM del sistema antes mencionado para poder planificar un mantenimiento preventivo.

El segundo capítulo se explica el proceso de destilación atmosférica de la planta, las áreas en las que se encuentra dividido el proceso dentro de la planta, el equipo que se utiliza para el proceso y la descripción del módulo PM del sistema SAP.

En el tercer capítulo se describe el desarrollo de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo, donde se especifica la forma en la que se debe de recopilar la información necesaria para la planificación de un plan de mantenimiento preventivo dentro del módulo PM.

En el cuarto capítulo se muestra cómo se implementó el equipo siguiendo los datos de la plantilla PM05, la cual corresponde al levantamiento de equipo de toda la planta. Además de esto se describe el diagrama de flujo de la planta.

## 1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

La empresa se dedica principalmente a la industria textil, pero dentro de ella existen varias plantas alternas una de ellas es la planta transformadora de hidrocarburos, la cual es una planta piloto.

### 1.1. Historia

Nuestros orígenes comerciales se remontan a 1956.

El talento y experiencia de los fundadores permite que el negocio evolucione desde una empresa comercializadora de telas, a una capaz de diseñar, producir y vender sus propios productos. Habiendo ya logrado abastecer el mercado local, en 1973 inauguran el mercado internacional a través de sus primeras exportaciones a Estados Unidos.

Mediante pasión y esfuerzo constante, se logra alcanzar el objetivo: transformarse en un “supermercado textil”. Transformada en una compañía capaz de producir y comercializar una amplísima gama de productos diversos – como hilo, tejido plano, tejido de punto, tejidos de hilo preteñido, tejidos estampados – llega a forjar una marca propia, bien reconocida en la industria textil. Cada paso y cada producto quedan plasmados con la exigencia y disciplina de altos estándares de calidad.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> LIZTEX. *Nuestra Historia*. <http://liztex.com/nuestra-historia/>. Consulta: 20 de diciembre de 2020.

## **1.2. Misión**

“Diferenciarnos mediante la innovación brindando a nuestros clientes un servicio con rapidez a través de la implementación de nuevas tecnologías, procesos sustentables y mejora continua”.<sup>2</sup>

## **1.3. Visión**

“De Guatemala al mundo, ser líderes globales en la industria textil”.<sup>3</sup>

## **1.4. Valores**

- “Integridad
- pasión y emprendimiento
- resolución de nuevos desafíos
- creatividad
- agilidad y diligencia”.<sup>4</sup>

## **1.5. Departamento de mantenimiento de la planta**

El departamento de mantenimiento de la planta está conformado por las siguientes personas:

- un supervisor general
- dos mecánicos industriales
- un ayudante

---

<sup>2</sup> LIZTEX. *Misión, visión y valores*. <http://liztex.com>. Consulta: 20 de diciembre de 2020.

<sup>3</sup> Ibíd.

<sup>4</sup> Ibíd.

El personal indicado anteriormente realiza las tareas de mantenimiento de toda la planta cumplen con las rutinas de inspección y lubricación, mantenimiento correctivo o reparaciones, servicios menores y mantenimiento preventivo a bombas, intercambiadores de calor, tanques, condensadores, otros.

El supervisor y los técnicos no tienen a su cargo determinados equipos cada uno cumple con diversas funciones de mantenimiento en diferentes equipos, además también tienen a su cargo el proceso de la planta.

Si es necesario soldar algún tipo de pieza o alguna reparación que involucre soldadura se debe de solicitar al ingeniero de producción que solicite este tipo de servicios a la empresa directamente, sucede lo mismo si se presenta algún problema de índole eléctrico en algún equipo.

#### **1.5.1. Equipo de la planta**

La planta cuenta con 107 equipos, de los cuales el 34,6 % fueron fabricados por los técnicos de la empresa, el otro 65,4 % lo constituyen los equipos adquiridos de forma comercial.

#### **1.5.2. Plan de mantenimiento actual**

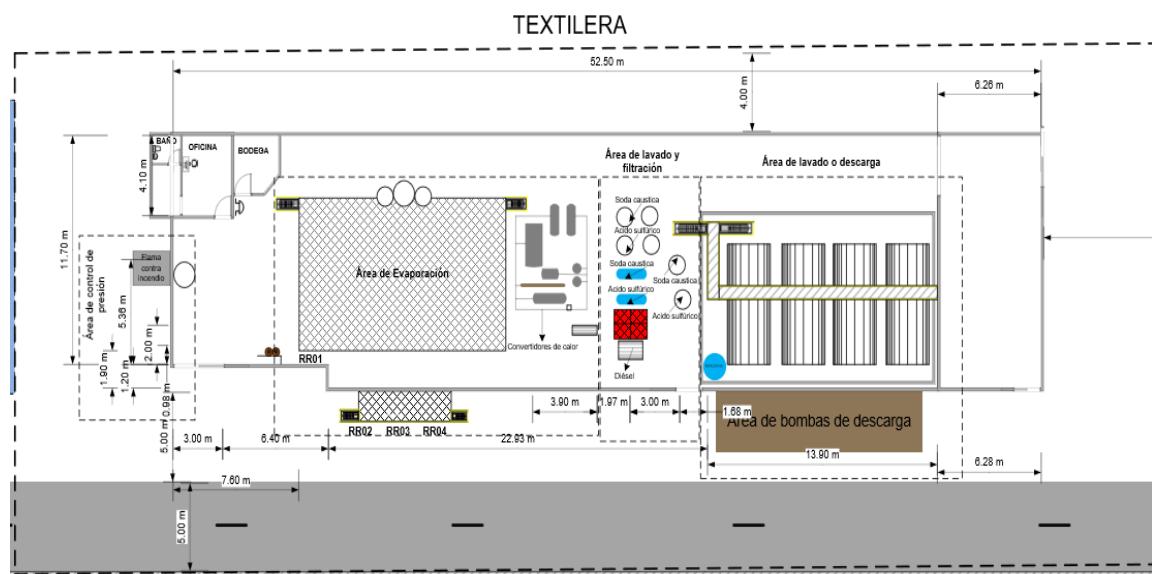
La empresa cuenta con un software de mantenimiento que genera funciones de mantenimiento que permite diferenciar la ubicación entre los equipos, el tipo de equipo, hojas de ruta del equipo, puestos de trabajo para el equipo, tipos de mantenimientos al equipo, otros. Debido a que la planta transformadora de hidrocarburos es una planta piloto no cuenta con ninguna de las funciones antes mencionadas.

El departamento de seguridad y salud ocupacional es el encargado de realizar las órdenes de mantenimiento para los equipos. El ciclo de mantenimiento está basado en históricos de mantenimientos realizados a los equipos anteriormente.

## 1.6. Proceso que se realiza en la planta

En la planta se realiza un proceso de destilación atmosférica, el cual se lleva a cabo a una presión cercana a la presión atmosférica. Este proceso se utiliza para extraer los hidrocarburos presentes de forma natural en el crudo, sin afectar a la estructura molecular de los componentes. El proceso no se encuentra definido en un diagrama de flujo de proceso (PFD), debido a que se han añadido y eliminado equipos anteriormente y las áreas de la planta han variado, es por ello por lo que no se cuenta con un PFD.

Figura 1. **Plano de planta en general**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Destilación atmosférica

La destilación atmosférica es un proceso en el que el crudo es sometido a elevadas temperaturas dentro de una columna fraccionada, la cual se encuentra a una presión muy cercana a la presión atmosférica. El crudo es separado en diferentes hidrocarburos, según su punto de ebullición. Debido a que esto se genera de una forma natural es posible que no se afecte la estructura molecular de cada componente.

En la columna atmosférica de la planta se obtienen las siguientes fracciones de destilación:

Tabla I. **Intervalos de ebullición de fracciones destiladas de la columna atmosférica**

Fracción	Intervalos de ebullición	
	Celsius (°C)	Fahrenheit (°F)
Gas (GLP)		
Nafta	40-160	104-320
Keroseno	160-220	320-428
Diésel	220-330	428-626
Residuo de crudo (Bunker)	330-425	626-797

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura podemos ver un diagrama de flujo de la torre de destilación atmosférica de crudo en la que están marcadas las diferentes partes de la operación de la torre con recuadros de diferente color y numeradas. El crudo

se bombea desde el almacenamiento y es precalentado en un tren de cambiadores por intercambio con las corrientes de destilado salientes de la unidad (1). A una temperatura entre 100 y 150 °C se inyecta agua y emulsiona el crudo tratándose en un desalador deshidratador (2). El crudo desalado se envía a un depósito de espera donde se separan una parte del agua no separada en la operación de desalado y una parte de los ligeros contenidos en el crudo enviándose esta corriente a la zona de expansión de la destilación (*Flash*) sin ser precalentada (3). Una bomba aspira el crudo y lo envía al horno tras pasar por el resto de los intercambiadores donde enfriá las corrientes que abandonan la destilación (4).

El crudo calentado en el horno se vaporiza parcialmente al entrar en la torre. Para garantizar una corriente de reflujo suficiente en la destilación se suele vaporizar aproximadamente entre un 3 y un 5 % más del requerido por balance para garantizar la producción de destilados. El crudo entra en la zona inferior de *flash* de la torre. La fracción líquida de la alimentación abandona la destilación por fondos de la torre tras someterse a un *stripping* con vapor (5), mientras que los vapores ascienden en contracorriente con el reflujo frío promoviendo el contacto íntimo entre ambas corrientes por medio de una serie de platos de campanas de borboteo.

Los destilados se recuperan en diferentes platos, tratándose estas corrientes en diferentes strippers laterales para eliminar ligeros enviando el producto al almacenamiento o introduciéndolo en otra operación de la refinería, y los ligeros y el vapor de agua es reintroducido en la torre por encima del plato de extracción (6).

Las columnas de líquido no utilizan hervidores, generalmente se incorporan varios platos por debajo de la zona de alimentación, introduciéndose vapor por

debajo del plato de cola para separar cualquier gasóleo residual del líquido en la zona de alimentación y dar lugar a residuos con un alto punto de inflamación. El vapor reduce la presión parcial de los hidrocarburos rebajando así la temperatura requerida para la vaporización.

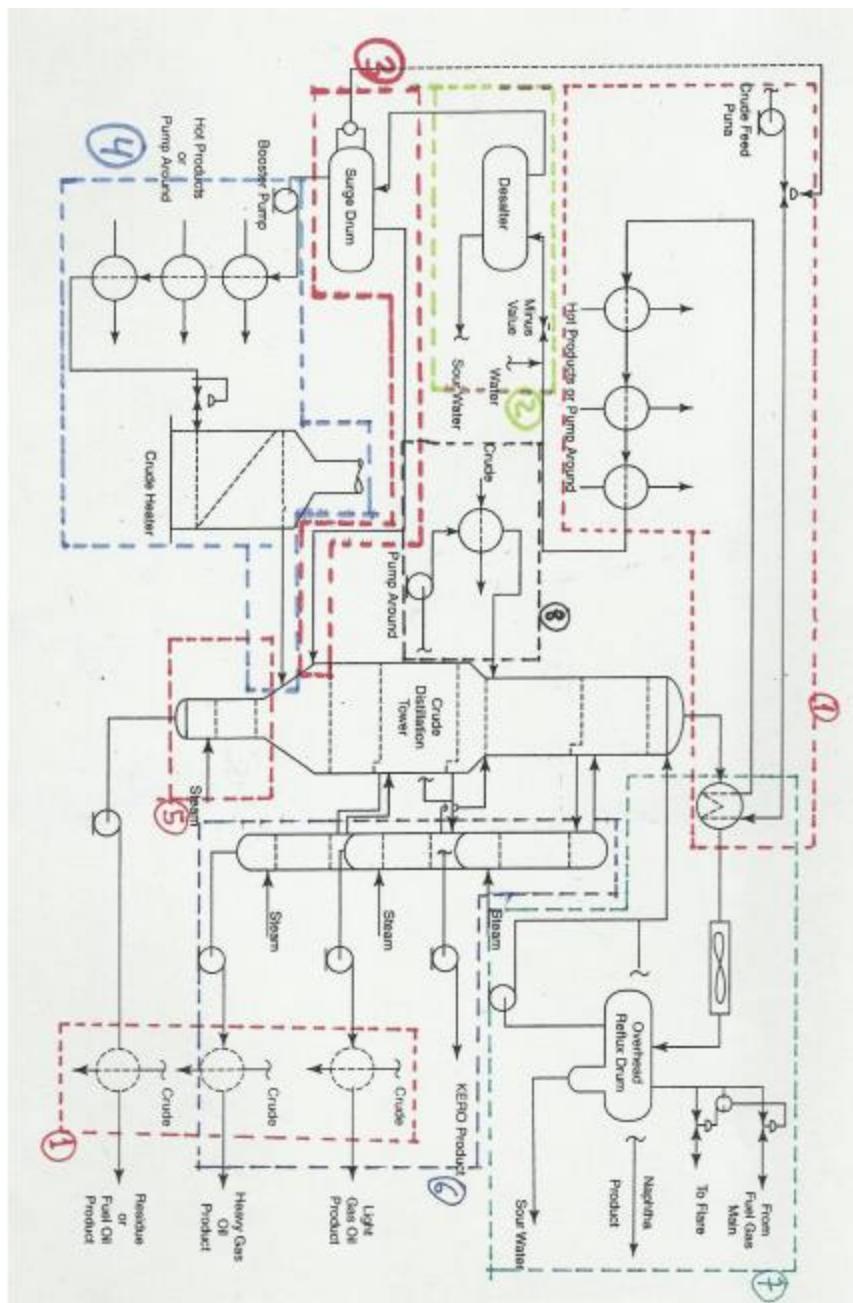
La corriente de productos más ligeros (LPG y naftas) abandonan la torre por la parte superior condensados y recogidos en el depósito de reflujo de cabeza, utilizándose una parte como reflujo mientras que la restante se envía a la unidad de ligeros para su posterior estabilización y destilación (7).

Un sistema de bombeo y enfriamiento (Pump Around) garantiza el reflujo en la zona de *flash* condensando una fracción de la corriente de vapor justo en el plato de extracción de gasoil ligero (8).<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> GARCÍA GALLEGO, Miguel Ángel. *Proyecto fin de carrera: Aplicación HYSYS. Destilación atmosférica de crudo petrolífero.* <https://www.scribd.com/document/350034856/Hysys-Destilacion-Atmosferica-de-crudo-Petrolifero-pdf>. Universidad de Sevilla, Departamento de ingeniería química y ambiental, Sevilla, 2012.

Figura 2. Esquema básico de la destilación atmosférica de crudo



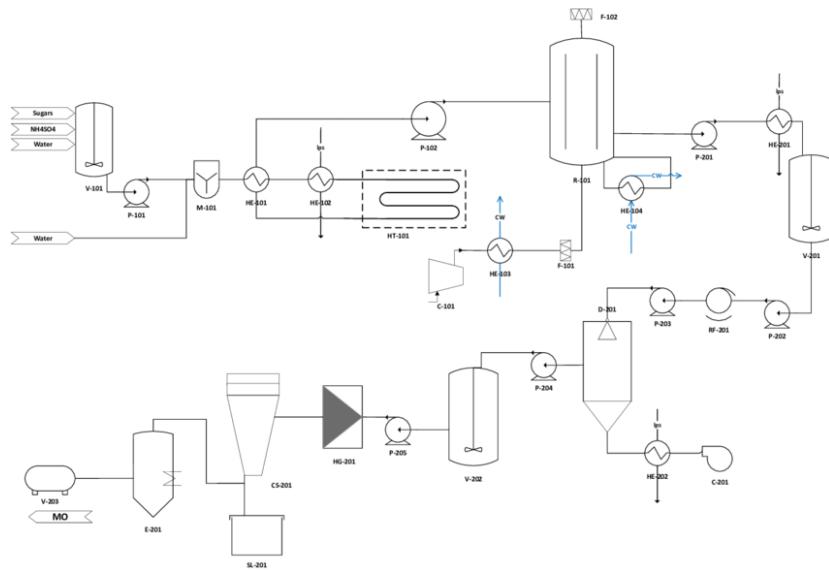
Fuente: GARCÍA GALLEGOS, Miguel Ángel. *Proyecto fin de carrera: aplicación HYSYS*.

*Destilación atmosférica de crudo petrolífero. Esquema básico de la destilación atmosférica de crudo. p. 26.*

## 2.2. Diagrama de flujo de proceso

Un diagrama de flujo de proceso (PFD) es un diagrama comúnmente utilizado en ingeniería química y de procesos para indicar el flujo general de los procesos y equipos de la planta. El PFD muestra la relación entre el equipo principal de las instalaciones de una planta y no muestra detalles menores, como detalles de tuberías y designaciones. Otro término comúnmente usado para un PFD es una hoja de flujo.

Figura 3. **Diagrama de flujo**



Fuente: Researchgate. *Diagrama de flujo del proceso (PFD) para la producción de lípidos microbianos.* [https://www.researchgate.net/figure/Process-Flow-Diagram-PFD-for-the-production-of-microbial-lipids\\_fig1\\_343093507](https://www.researchgate.net/figure/Process-Flow-Diagram-PFD-for-the-production-of-microbial-lipids_fig1_343093507). Consulta: 10 de enero de 2022.

### 2.2.1. Norma ISO 10628

La norma ISO 10628 es una norma internacional que indica cuales son las directrices para la elaboración de diagramas de flujo para las plantas de

proceso. Estos tipos de diagramas son utilizados en las industrias químicas, petroquímicas, petroleras, farmacéuticas, alimenticias y de medio ambiente. También pueden utilizarse en otras industrias como la minera o metalúrgica.

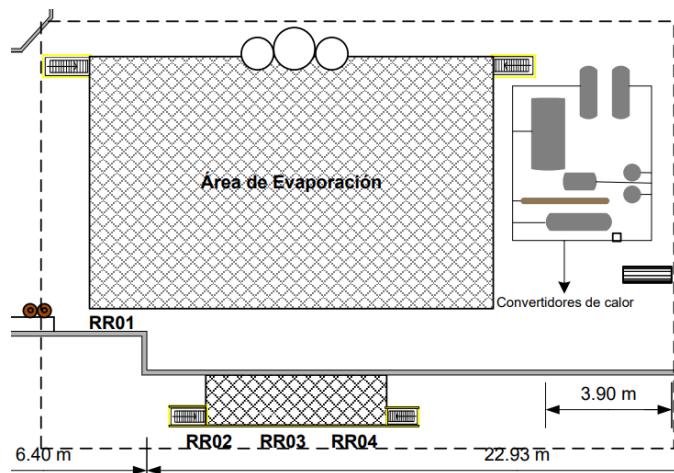
### 2.3. Áreas de planta

La planta está conformada por cuatro áreas. Cada una tiene una función específica en el proceso de destilación. Las áreas serían las siguientes:

- Área de evaporación

Esta área está conformada por todos los equipos que se utilizan en el precalentado, calentado y destilado del crudo, también los quipos que se utilizan para transportar el crudo desde el tanque de almacenamiento hasta el primer punto de precalentado.

Figura 4. **Área de evaporación**

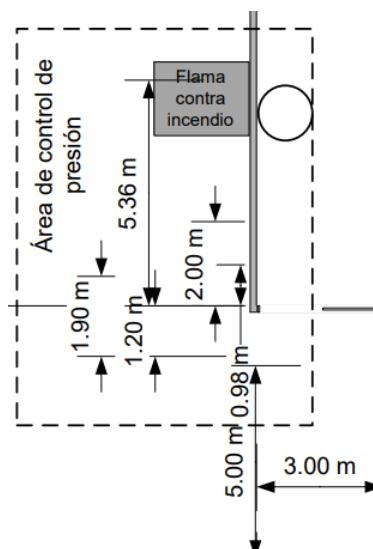


Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio.

- Área de control de presión

Esta área está conformada por los equipos que regulan los gases que generan altas presiones de trabajo en el proceso.

Figura 5. **Área de control de presión**

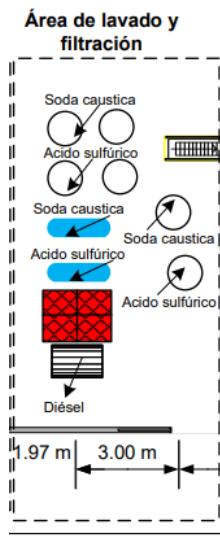


Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio.

- Área de lavado y filtración

Esta área está conformada por los equipos que añaden aditivos a las destilaciones obtenidas en el área de evaporación. También por los equipos que filtran impureza obtenidas en el proceso.

Figura 6. **Área de lavado y filtración**

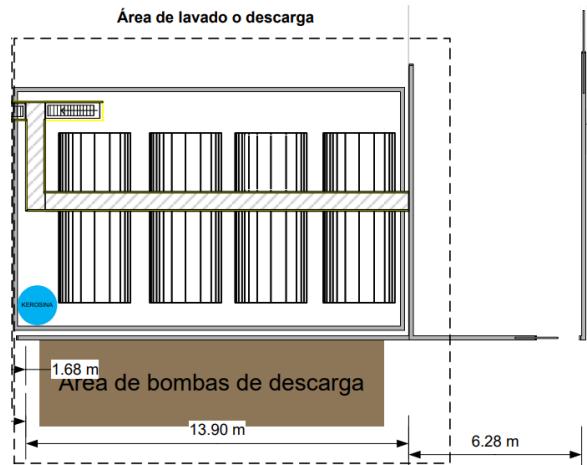


Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio.

- **Área de almacenamiento y descarga**

Esta área está conformada por los tanques de almacenamiento y por el sistema de bombas de descarga. Esta área se encuentra reforzada con muros de hormigón.

Figura 7. **Área de almacenamiento o descarga**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio.

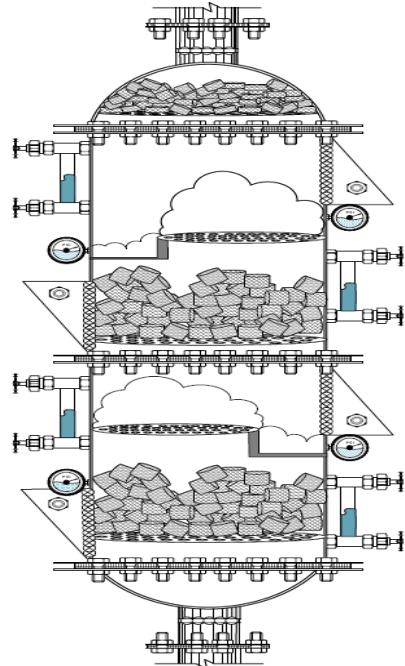
## 2.4. **Equipo utilizado en las áreas de la planta**

Cada área cuenta con diferentes equipos, los cuales son empleados en el proceso de destilación. Algunos equipos fueron fabricados por el personal de la planta y no cuenta con especificaciones.

### 2.4.1. **Columna de fraccionamiento**

Una columna de fraccionamiento es un elemento esencial utilizado en la destilación de mezclas líquidas para separar la mezcla en sus partes componentes o fracciones, en función de las diferencias en las volatilidades. Las columnas de fraccionamiento se utilizan en destilaciones de laboratorio a pequeña escala, así como para destilaciones industriales a gran escala.

Figura 8. **Interior de columna fraccionaria industrial**



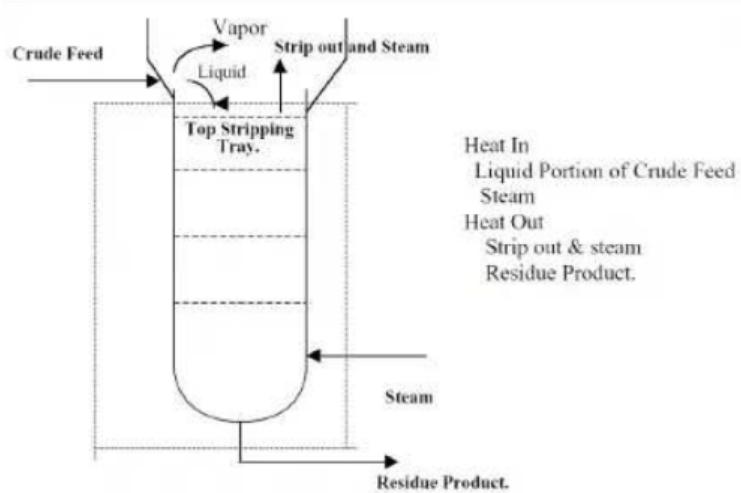
Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio.

La columna fraccionaria se encuentra dividida en tres secciones. Cada una de estas secciones es de suma importancia para que el proceso de destilación cuente con la calidad necesaria. Estas secciones son las siguientes:

- *Zona flash*

Esta zona se encuentra ubicada por debajo de las etapas de fraccionamiento en la parte baja de la columna. Cuenta con una temperatura constante adecuada para que el grado de evaporación sea el correcto. Esta zona también es la encargada de evaporizar el reflujo proveniente de la cabeza de la columna. La temperatura de esta zona en la columna de destilación de la planta es de 330 a 425 °C.

Figura 9. **Zona flash**



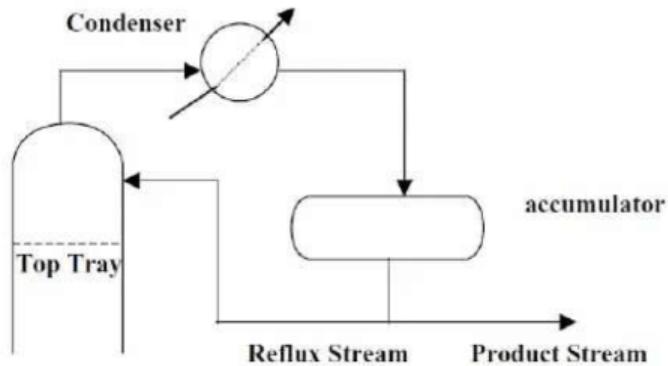
Fuente: GARCÍA GALLEGOS, Miguel Ángel. *Esquema de la zona flash y la parte inferior de la torre. Proyecto fin de carrera: aplicación HYSYS. Destilación atmosférica de crudo petrolífero.*

p. 28.

- Cabeza fraccionaría

En esta sección de la columna los vapores salen en su punto de roció, los vapores se dirigen a un condensador de carcasa y tubos, luego los vapores se dirigen a un bidón de condensado para que los hidrocarburos sean separados del agua. Una fracción del condesando es enviada al reflujo de la columna que se encuentra en la parte superior. El reflujo que entra a la columna pasa a través de un sistema de rociadores para que la distribución sea la correcta en la primera bandeja de la columna.

Figura 10. **Cabeza fraccionaria**



Fuente: GARCÍA GALLEGOS, Miguel Ángel. *Esquema de la parte superior de la torre y sistema de condensación. Proyecto fin de carrera: aplicación HYSYS. Destilación atmosférica de crudo petrolífero.* p. 29.

- Corrientes laterales y reflujo intermedio

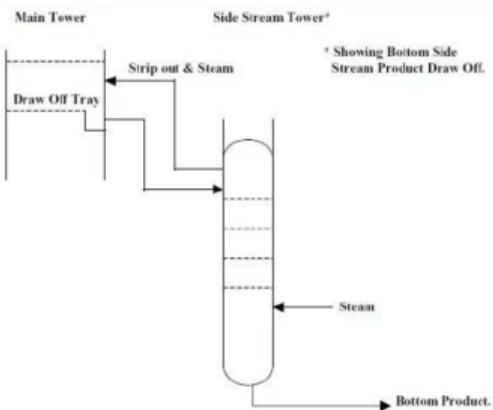
En una columna fraccionaria de destilación atmosférica, existen tres corrientes laterales, la corriente de keroseno, gasoil ligero y gasoil pesado. Ante la presencia de estas tres corrientes tiene que existir por lo menos dos sistemas de bombeo y enfriamiento *pump around* que tenga el objetivo de garantizar el reflujo interno en la sección inmediata al plato de extracción *draw off tray*.

El reflujo es tomado por una fracción del destilado y es bombeado así un intercambiador de calor que enfriá el destilado, para luego introducirlo a la columna. El líquido al introducirse en la columna en descenso actúa como un condensador interno de contacto directo.

Las corrientes laterales son introducidas por la cabeza del stripper a través de un plato distribuidor que posee un control de nivel. El producto abandona el stripper por los fondos y es bombeado al almacenamiento. El bombeo se controla

por el nivel del producto en el fondo del stripper. La planta cuenta con dos *stripers* uno para el keroseno y el otro para el gasoil ligero o diésel.

Figura 11. **Extracción de corrientes laterales**



Fuente: GARCÍA GALLEGOS, Miguel Ángel. *Esquema extracción y stripping de una corriente lateral. Proyecto fin de carrera: aplicación HYSYS. Destilación atmosférica de crudo petrolífero.*

p. 30.

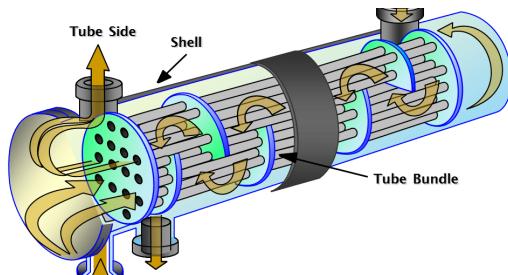
#### 2.4.2. **Intercambiador de calor**

Un intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor entre 2 fluidos o entre un fluido y un sólido que está en contacto con dos fluidos. Son elementos fundamentales en los sistemas de calefacción, refrigeración, acondicionamiento de aire, producción de energía, procesamiento químico, además de en aparatos de la vida cotidiana como calentadores, frigoríficos, calderas, ordenadores, el radiador del motor de un automóvil, otros.

#### 2.4.2.1. De carcasa y tubos

Los intercambiadores de calor de carcasa y tubos están compuestos por tubos cilíndricos, montados dentro de una carcasa también cilíndrica, con el eje de los tubos paralelos al eje de la carcasa. Un fluido circula por dentro de los tubos, y el otro por el exterior (fluido del lado de la carcasa). Son el tipo de intercambiadores de calor más usado en la industria.

Figura 12. **Intercambiador de calor de carcasa y tubos**



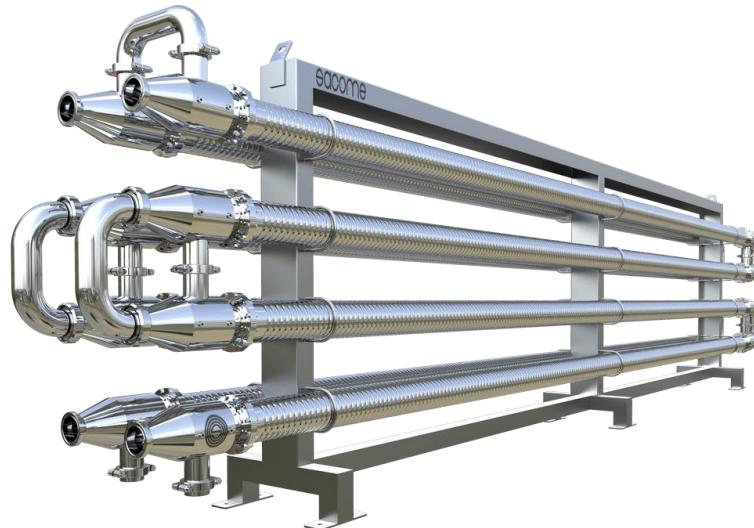
Fuente: Fundamentos de intercambiadores de C&T. *Intercambio de calor de carcasa y tubos*.

<https://arvengtraining.com/wp-content/uploads/2016/07/03.-Basics-of-Shell-Tube-Heat-Exchangers.png>. Consulta: 10 de enero de 2022.

#### 2.4.2.2. De tubos

En ellos la separación entre los fluidos es siempre la pared de un tubo cilíndrico, por cuyo interior circula uno de ellos, mientras el otro lo hace por el exterior. De los diversos tipos de intercambiadores de calor es el más utilizado en las plantas químicas y refinerías en general porque: proporciona flujos de calor elevados en comparación con su relación peso/volumen, es relativamente fácil de construir, fácil de limpiar y de reparar, es versátil.

Figura 13. **Intercambiador de calor de tubos**



Fuente: Sacome. *Dimensionamiento de intercambiadores de calor tubulares*.  
<https://www.sacome.com/calcu...-tubulares/>. Consulta: 25 de diciembre de 2020.

#### 2.4.3. **Calentador de fuego directo**

Se denominan así a los que se usan para suministrar calor a la corriente de proceso para calentarla, evaporar una parte o toda la carga sin que haya cambios químicos. Por ejemplo: calentadores de carga al reactor, rehervidores de columnas, sobrecalentadores de vapor, calentadores de gas, por mencionar algunos<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> PEMEX. *NRF-089-PEMEX-2004*. <http://www.oilproduction.net/files/CalentadoresFuegoDirecto.pdf>.

#### **2.4.4. Caldera eléctrica**

Las calderas eléctricas son generadoras de calor que utilizan como fuente de alimentación la electricidad. Este tipo de calderas por lo general están constituidas por una resistencia eléctrica dentro de ellas. El vapor que se genera dentro de ellas se maneja a una presión constante, y cuenta con un equipo de válvulas e indicadores de presión que señalan el comportamiento del vapor dentro de ellas.

Figura 14. **Resistencia eléctrica industrial**



Fuente: Technoinjection. *Resistencias industriales para calentamiento.*

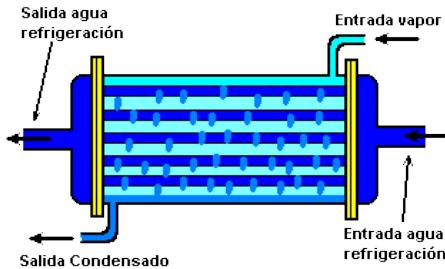
[https://www.technoinjectiontools.com/wp-content/uploads/2016/12/resistencias-inmersion-1.jpg.](https://www.technoinjectiontools.com/wp-content/uploads/2016/12/resistencias-inmersion-1.jpg)

Consulta: 25 de diciembre de 2020.

#### **2.4.5. Condensador**

La función principal del condensador en una central térmica es ser el foco frío o sumidero de calor dentro del ciclo termodinámico del grupo térmico. Por tanto, su misión principal es condensar el vapor que proviene del escape de la turbina de vapor en condiciones próximas a la saturación y evacuar el calor de condensación (calor latente) al exterior mediante un fluido de intercambio (aire o agua).

Figura 15. **Condensador**



Fuente: Blogspot. *Condensador*. [http://2.bp.blogspot.com/-vxJImcS0EpAs/UzXQ\\_lppQgI/AAAAAAAABEc/lnYeEylJlGk/s1600/condensador\\_01.gif](http://2.bp.blogspot.com/-vxJImcS0EpAs/UzXQ_lppQgI/AAAAAAAABEc/lnYeEylJlGk/s1600/condensador_01.gif)

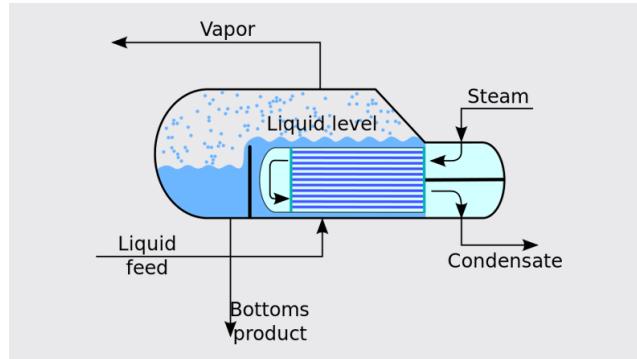
Consulta: 25 de diciembre de 2020

## 2.4.6. Reboiler

Un reboiler o rehervidor es un intercambiador de calor que se emplea para calentar el líquido de interés. Normalmente se emplea vapor de agua como flujo que cede calor al fluido a calentar. Este se hace pasar por los tubos y la temperatura de salida de la corriente de líquido al que se ha transferido calor se suele controlar con una sonda. El caudal del vapor se regulará en función de que la temperatura sea inferior o superior a la deseada. En las torres de destilación los reboilers se sitúan en los fondos para calentar la mezcla líquida que va a ser destilada<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> BARDES, Antonio Valiente. *Ingeniería del calor*. p: 325.

Figura 16. **Reboiler**



Fuente: Rccostello. *Un rehervidor tipo hervidor.*

<https://rccostello.com/wordpress/wp-content/uploads/2016/11/reboiler.png>

Consulta: 25 de diciembre de 2020.

#### 2.4.7. **Evaporador**

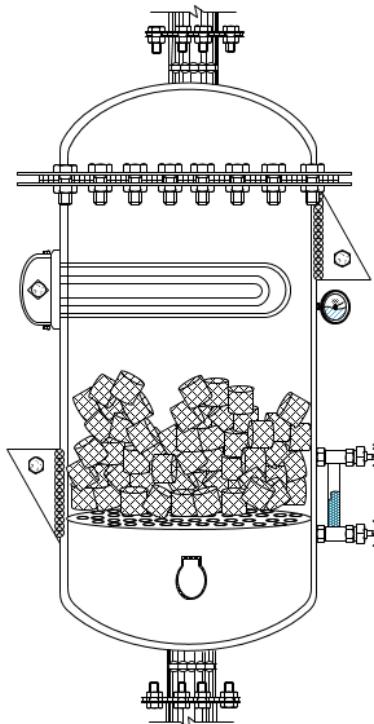
El evaporador está constituido por la cámara de calefacción y la cámara de evaporación. La cámara de calefacción muchas veces está constituida por un haz de tubos y la cámara de evaporación es el cuerpo cilíndrico del evaporador.

En algunas ocasiones el interior no se encuentra constituido por un haz de tubos, si no por una resistencia eléctrica o por un plato de válvulas. En los evaporadores de la planta la cámara de calefacción está constituida por un plato de válvulas y por una resistencia. Estos evaporadores cumplen la función de un stripper, ya que ambos están montados en las partes laterales de la columna, y son los encargados de evaporar las corrientes laterales de la columna.

En la parte inferior del evaporador entran las corrientes laterales que salen de la columna. Las corrientes pasan por la cámara de calefacción y son

evaporadas nuevamente. El condensado de estas corrientes vuelve a ingresar a la columna. Al ingresar el condesado a la columna cumple la función de reflujo.

Figura 17. **Evaporador**



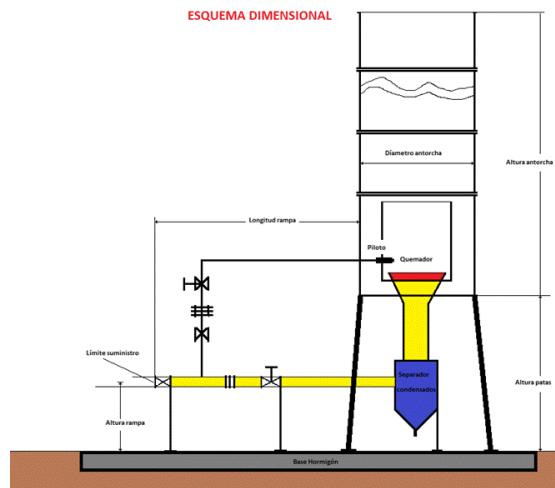
Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio.

#### **2.4.8. Antorcha de seguridad**

Las antorchas de seguridad son utilizadas para liberar la presión en situaciones puntuales. Las antorchas se encuentran monitoreadas de una forma permanente, en las que verifican el caudal que entra, la temperatura, apariencia de la llama y la presión, además de inspeccionar todos sus instrumentos como manómetros, termocuplas y válvulas.

Una de las funciones principales de la antorcha es liberar la presión proveniente de los gases que se generan en los diversos procesos. Estos gases antes de llegar a la antorcha pasan por un sistema de tanques de sedimento en el cual separan al gas de partículas de agua para que el gas ingrese lo más filtrado posible. En la planta se cuenta con una antorcha que cuenta con un sistema de dos tanques de sedimentos uno vertical y el segundo horizontal que cumplen con la función antes mencionada.

**Figura 18. Antorcha industrial**



Fuente: Emison. *Antorcha para quema de GLP.*

[https://www.emison.com/antorchas%20GLP\\_archivos/image005.gif.](https://www.emison.com/antorchas%20GLP_archivos/image005.gif)

Consulta: 10 de enero de 2022.

#### **2.4.9. Tanque agitador**

Los tanques agitadores son utilizados en los procesos para realizar la mezcla de fases homogéneas y heterogéneas con y sin reacción química, cuando dentro del tanque ocurre una reacción química estos tanques se suelen llamar reactores.

Usualmente estos tanques tienen una forma cilíndrica y pueden ser agitados por un motor o en forma manual.

- Tanques agitados en forma manual

Estos tipos de tanques utilizan un agitador manual frecuentemente este agitador es neumático con una presión de trabajo no muy alta. Es necesaria la presencia del personal para controlar el agitador físicamente.

Son utilizados para agitar, homogeneizar y disolver, por ejemplo, en preparados acuosos, galvanotecnia, industria química, de bebidas y cosméticos.

- Tanques agitados por motor

El agitador del tanque es accionado por un motor eléctrico o neumático.

El agitador está constituido por una hélice o impulsor en el extremo o a lo largo de una fecha que se ubica en el centro del tanque. Un agitador puede estar constituido de una, dos o más flechas.

La velocidad en estos equipos depende de lo que se desea mezclar, para mezclar dos líquidos miscibles de baja viscosidad es necesario un esfuerzo cortante mucho menor que el que se necesita para dispersar un líquido de alta viscosidad en otro de media viscosidad.

Figura 19. **Tanque agitador**



Fuente: Inteempresas. Net Agitadores verticales: para la industria química, petroquímica farmacéutica, cosmética. <https://img.interempresas.net/FotosArtProductos/P173621.jpg>.

Consulta: 10 de enero de 2022.

#### **2.4.10. Tanques de sedimento**

Los tanques de sedimento son utilizados para el asentamiento y remoción de partículas suspendidas. La sedimentación ocurre por la poca velocidad que tiene el flujo dentro de los tanques y esto permite que las partículas se sedimenten en el fondo del tanque.

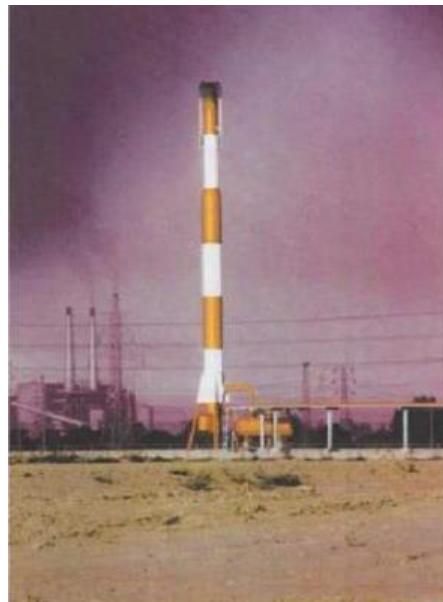
Los tanques de sedimentación se pueden incorporar a un sistema de antorcha de seguridad para eliminar partículas en el gas que entra a la antorcha. Este tipo de tanques pueden ser:

- Tanque de sedimentación horizontal

Los tanques de sedimentación horizontales son grandes tanques en los que las gotas de agua se separan del gas por gravedad. La API RP-5215 proporciona directrices detalladas para el diseño de este tipo de tanques.

Los tanques de este tipo son particularmente útiles para la eliminación de líquidos dentro o cerca de las unidades de proceso que pueden enviar líquidos a la antorcha. Es común que el nivel máximo de líquido dentro del tanque sea del 50 %.

Figura 20. **Tanque de sedimentación horizontal**



Fuente: ZINK, Jhon. *The Jhon Zink Combustion Handbook*. p. 618.

- Tanques de sedimentación vertical

Los tanques de sedimentación verticales funcionan de una manera similar a los tanques horizontales. Se debe de tener un cuidado especial en el diseño de estos tanques debido a que la velocidad de la gota nos indicara el diámetro del tanque. El volumen disponible del tanque está limitado por la elevación de la tubería de la parte superior de la antorcha.

Figura 21. **Tanque de sedimentación vertical**



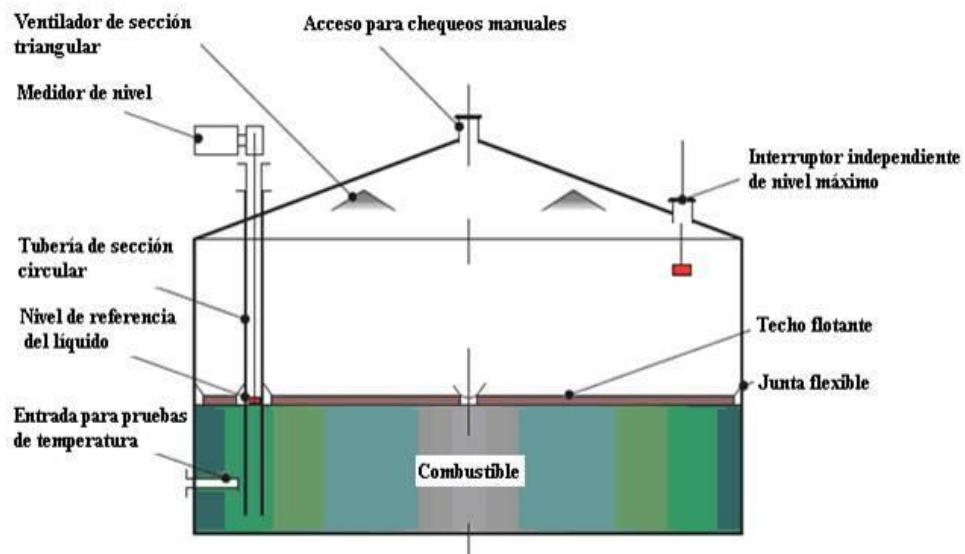
Fuente: ZINK, Jhon. *The Jhon Zink Combustion Handbook*. p. 618.

#### 2.4.11. **Tanques de almacenamiento**

Los tanques de almacenamiento son depósitos de acero diseñados para contener o procesar fluidos (hidrocarburos), generalmente a presión atmosférica o presión interna relativamente baja. El combustible llega a los tanques a través de tuberías de llenado y es expedido por tuberías de despacho hacia contenedores vecinos o camiones cisterna.

Los diámetros de los diferentes tanques variaban entre 10 m y 20 m y sus alturas variaban entre unos 5 m a 20 m. Los tanques contenían en su interior techos flotantes con cierre hermético y flexible suspendidos sobre el combustible para evitar la formación de vapores. Además, contaban con un conjunto de sensores de temperatura y niveles de llenado para mantener el control, teniendo varios ventiladores de sección triangular o circular para permitir flujo de aire en el techo.<sup>8</sup>

**Figura 22. Tanque de almacenamiento**



Fuente: Lef. Uprm. *Tanques de almacenamiento*.

<http://lef.uprm.edu/Tank%20failure%20under%20fire/images/tanque.jpg>. Consulta: 26 de diciembre de 2020.

<sup>8</sup> Lef. Uprm. *Falla en tanques de almacenamiento de petróleo expuestos al fuego*. <http://lef.uprm.edu/Tank%20failure%20under%20fire/tanques.html>. Consulta: 26 de diciembre de 2020.

#### 2.4.12. Filtros industriales

Los filtros industriales están compuestos por un cuerpo envolvente que por lo general es de una forma cilíndrica, dentro de esta estructura poseen un mecanismo de proceso de separación unitaria de sólidos en suspensión. En el proceso de separación los sólidos quedan suspendidos a través de un mecanismo poroso, llamado tamiz, criba, cedazo o filtro.

El mecanismo poroso suele estar hecho de diversos materiales, dependiendo del proceso que se esté filtrado así será el material. En la planta se cuenta con filtros de grava, carbón activado y arcilla. Cada filtro cumple con diversas funciones. El filtro de carbón activado es utilizado para remover olores y gases irritantes. Los filtros de grava y arcilla se utilizan para remover aditivos en exceso.

Figura 23. **Filtro industrial**



Fuente: Thumbs. *Filtro industrial de la pieza del ejemplo 3d.* <https://thumbs.dreamstime.com/z/filtro-industrial-de-la-pieza-del-ejemplo-d-114521766.jpg>. Consulta: 26 de diciembre de 2020.

#### **2.4.13. Bombas**

Una bomba es una máquina generadora que transforma la energía con la que es accionada (generalmente energía mecánica) en energía del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión a otra de mayor presión.

La planta cuenta con 20 bombas de diferentes tipos y marcas. Estas están divididas en bombas dinámicas (centrífugas), bombas de desplazamiento positivo (engranajes y paletas) y bombas dosificadoras. Cada una de estas bombas constituye partes importantes en el traslado de los destilados salientes, ingreso del crudo y adición de aditivos a los destilados salientes.

##### **2.4.13.1. Bombas dinámicas**

Las bombas dinámicas están basadas en el principio de incremento en la cantidad de movimiento angular del líquido, es decir que se encargan de incrementar fuertemente la energía cinética del líquido, para transformar esa energía cinética en energía de presión mediante la disminución de la velocidad del líquido.

#### **2.4.13.1.1. Bombas centrífugas**

Las bombas centrífugas son bombas rotodinámicas que están conformadas por un impulsor giratorio que aumenta la presión del fluido. Estas bombas tienen una carcasa con forma de voluta.

En la planta las bombas centrífugas son utilizadas para trasladar el destilado saliente de columna hacia el área de lavado y filtración. También son utilizadas en el área de almacenamiento y distribución.

#### **2.4.13.2. Bombas de desplazamiento positivo**

Las bombas de desplazamiento positivo mueven los volúmenes atrapados de fluido mecánicamente a través del sistema. En el lado de admisión (succión) el volumen se expande, mientras que en el lado de salida (descarga) el volumen se contrae. Por lo tanto, el volumen por revolución es fijo y teóricamente constante, independientemente de la presión de salida, el vacío de entrada o las propiedades del fluido. Las bombas de desplazamiento positivo también son autocebantes, creando fuertes vacíos en la entrada. Esto puede simplificar el diseño general del sistema y permitir el mantenimiento sin necesidad de volver a cavar manualmente.

El comportamiento de las bombas de desplazamiento positivo es considerablemente diferente al de las bombas centrífugas, que dependen del momento en que el fluido acelerado proporciona el flujo a presión y son muy sensibles a los cambios de presión.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Dienerprecisionpumps. *Bombas de desplazamiento positivo*. <https://www.dienerprecisionpumps.com/es/bombas-de-desplazamiento-positivo.html>. Consulta: 1 de enero de 2021.

#### **2.4.13.2.1. Bombas de engranajes internos**

Este tipo de bombas son utilizados en un amplio rango de viscosidades, debido a su baja velocidad de operación. Por cada revolución que dan los engranajes, estos permanecen unidos por un tiempo considerado, con esta función los espacios entre los dientes se llenan de líquido, impidiendo la formación de cavidades. Estas bombas pueden bombear con éxito viscosidades sobre 1,300,000 ST dependiendo del fabricante de la bomba.

Estas bombas pueden funcionar en seco, debido a que en estas bombas solo funcionan dos partes móviles. Pueden trabajar en un rango amplio de direcciones, son muy confiables y fáciles de mantener.

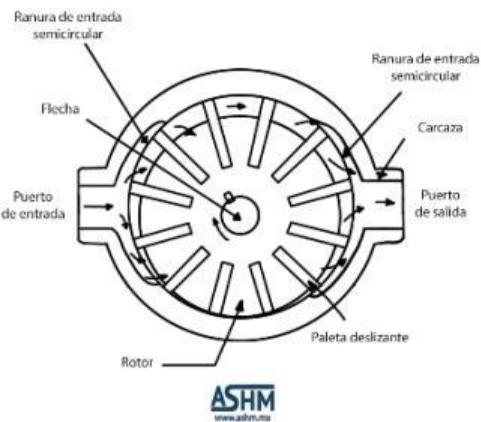
#### **2.4.13.2.2. Bombas de paletas**

En este tipo de bombas el rotor está acoplado a la flecha y es girado por ella. Las paletas se ajustan precisamente con las ranuras del rotor, son acarreadas por él y se mantienen en contacto continuo con la superficie de la leva. Como con los otros tipos de bombas la presión no se produce a menos que exista resistencia al flujo. El desplazamiento se expresa en C.I.R (pulgadas cúbicas por revolución) y la velocidad de la flecha generalmente se expresa en R.P.M. (revoluciones por minuto). La presión se expresa en PSI y es directamente proporcional a la carga o a la resistencia del flujo.<sup>10</sup>

---

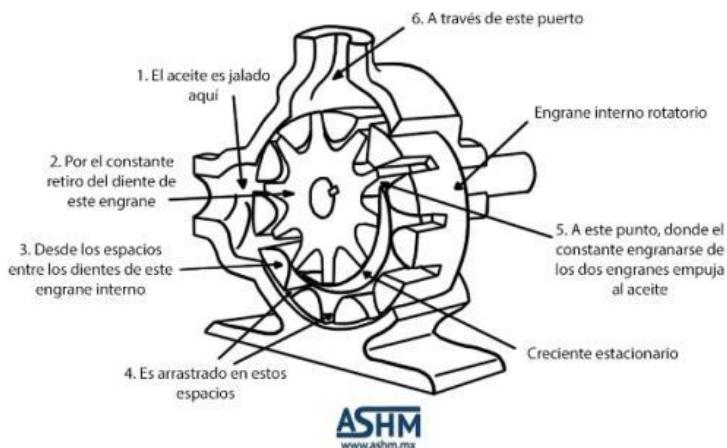
<sup>10</sup> Ashm.mx. *Bombas hidráulicas de paletas*. <http://www.ashm.mx/blog/bombas-hidraulicas-de-paletas/>. Consulta: 1 enero de 2021.

Figura 24. **Bomba de paletas**



Fuente: Aceros y Sistemas Hidráulicos de México S. A. *Principio de bomba de paletas*.  
<http://www.ashm.mx/blog/bombas-hidraulicas-de-paletas/>. Consulta: 1 de enero de 2021.

Figura 25. **Bomba de engranajes**



Fuente: Aceros y Sistemas Hidráulicos de México S. A. *Bomba de engranes internos*.  
<http://www.ashm.mx/blog/variaciones-de-bombas-de-engranes/>. Consulta: 1 de enero de 2021.

#### 2.4.13.3. Bombas dosificadoras

Es un tipo de bomba diseñada para inyectar un químico líquido en el seno de un fluido, en pequeña cantidad, y de la cual se requiere de un control preciso del volumen añadido por sus efectos en el proceso y o costo del químico<sup>11</sup>

Figura 26. **Bomba dosificadora**



Fuente: Técnicafluidos. *Bombas dosificadoras*.

[https://www.tecnicafluidos.es/images/tecnologias\\_productos/th\\_crop\\_1519831315bombas-membrana-tecnica-fluidos.png](https://www.tecnicafluidos.es/images/tecnologias_productos/th_crop_1519831315bombas-membrana-tecnica-fluidos.png). Consulta: 1 de enero de 2021.

#### 2.5. Norma ISO 14224:2016

La norma ISO 14224:2016 es una norma mundial, la cual se encuentra basada en los principios básicos para de recolección de datos en confiabilidad y mantenibilidad. Esta norma es utilizada en industrias de petróleo, petroquímica y

---

<sup>11</sup> Sumiowater. *Bomba Dosificadora Lo Básico que Debes Saber*. <https://sumiowater.com/bomba-dosificadora/>. Consulta: 1 de enero de 2021.

gas industrial, ya que los equipos necesitan una atención mayor en la seguridad, disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

Los datos que son recolectados por medio del estándar de la norma permiten al usuario tener gestores de mantenimiento, cuantificar la confiabilidad de equipos y comparar la confiabilidad de equipos con características similares. Analizando datos recolectados, los parámetros de confiabilidad se determinarán para el uso en diseño, operación y mantenimiento.

### **2.5.1. Recopilación de la información del activo**

Es indispensable la recopilación de información del activo que servirá como insumo. Este tipo de información puede estar constituida por planos, diagramas, manuales, bitácoras de operación/mantenimiento, documentos como el contexto operativo, también es de suma importancia la entrevista al personal de operación, producción y mantenimiento para extraer la información sobre el desempeño deseado o problemas actuales que estén presentes en el insumo.

La norma ISO 14224 proporciona una base sólida para la recopilación y estructuración de los datos de confiabilidad y mantenimiento para equipos de instalaciones en industrias de petróleo, gas natural y petroquímica, estos datos sirven para la gestión de los activos durante su ciclo de vida. Debido a que aborda equipos comunes en las instalaciones industriales, esta norma puede ser fácilmente adaptada para su aplicación en cualquier industria que tenga activos físicos en los procesos, de esta forma se puede utilizar esta norma al recopilar la

información del activo.<sup>12</sup>

### **2.5.2. Taxonomía**

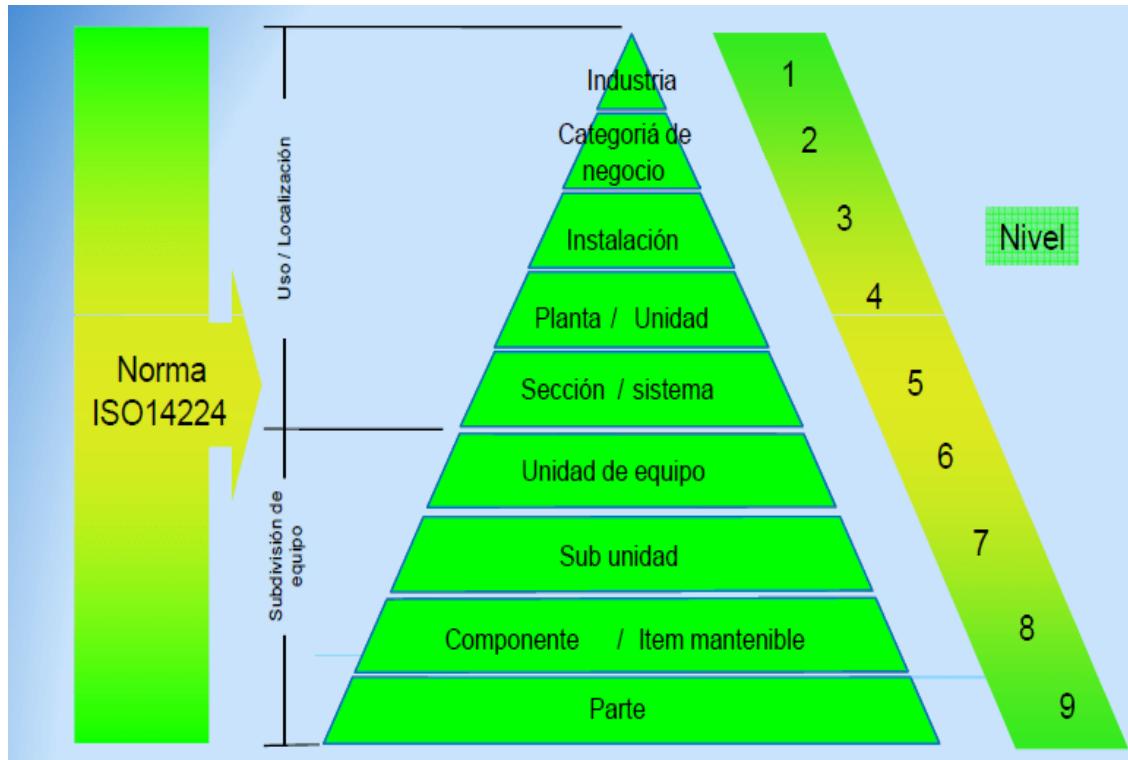
La taxonomía está definida por la norma ISO 14224:2016 como la clasificación sistemática de equipos en grupos genéricos basándose en factores posiblemente comunes con otros equipos (ubicación, uso, subdivisión de equipos, otros.). La clasificación de estos datos relevantes a recolectar con Estándar Internacional se encuentra conformados por categorías principales dentro de una pirámide que está constituida por nueve niveles taxonómicos, dicha pirámide esta subdividida en dos categorías que son: Datos de uso/ubicación y datos de subdivisión de equipos.

Los datos de uso/ubicación se encuentran conformados por los primeros cinco niveles taxonómicos de forma descendente de la pirámide y los datos de subdivisión por los cuatro niveles restantes. Cada nivel cuenta con una jerarquía de taxonomía y una definición específica.

---

<sup>12</sup> Redalyc. *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos.* [37](https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/html/index.html#:~:text=La%20norma%20ISI%2014224%20%5B14%5D%20define%20la%20taxonom%C3%ADA%20como%20la,se%20observ%20en%20la%20Fig. Consulta: 1 de enero de 2021.</a></p></div><div data-bbox=)

Figura 27. Pirámide taxonómica Norma ISO 14224:2016



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio.

#### 2.5.2.1. Datos específicos al equipo

Esta información se debe utilizar para identificar los datos que se requieren recolectar para cada ejemplo de equipo presentado, y para definir la estructura de una base de datos para los elementos taxonómicos relevantes. Muchos de los parámetros recomendados pueden ser comunes entre muchas clases de equipo (ej. capacidad, velocidad de rotación). Los ejemplos presentados no se deberán

considerar como una lista exhaustiva. Los datos específicos del equipo pueden ser estáticos o dependientes del tiempo.<sup>13</sup>

Estos datos deben de tener descripciones detalladas de: Clasificación de tipo de equipo, definiciones de límites, subdivisión en niveles jerárquicos menores y datos específicos al equipo.

Para definir la estructura de la clase y la ubicación técnica de los equipos de la planta se utilizarán el anexo A de la norma ISO 14224:2016 específicamente la tabla A.4 secciones A.2.2 a A.2.12. y la tabla A.5 secciones A.2.2 a A.2.12.

## 2.6. SAP S/4 HANA

SAP S/4 HANA es un software de planificación de recursos empresariales (ERP). Los recursos empresariales son sistemas de gestión de información que automatizan muchas de las prácticas de negocio asociadas con los aspectos operativos o productivos de una empresa.

SAP S/4 HANA se encuentra definido en 10 líneas de negocios, de las cuales únicamente nos basaremos en la línea de SAP S/4 HANA Asset Management (gestión de activos) debido a que dentro de esta línea se encuentran los módulos AM y PM, más otras aplicaciones de SAP.

La propuesta está basada únicamente en el módulo PM de SAP S/4 HANA, debido a esto solo tomaremos en cuenta este módulo.

---

<sup>13</sup> PUBLICACIÓN DE ESTÁNDARES BSI. *Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural — recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos (ISO 14224:2016)*. 2016.

Figura 28. **Módulos de SAP**



Fuente: Sistemasap. *Módulos de SAP ERP*. <https://sistemasap.com/wp-content/uploads/2019/12/modulos-de-SAP.jpg>. Consulta: 5 de enero de 2021.

## 2.7. Descripción general del módulo PM de SAP

El módulo Plant Maintenance (PM) es parte de los módulos de gestión de activos en SAP. Este módulo PM, por sus siglas en inglés, está dedicado al mantenimiento o gestión de mantenimiento. El módulo permite la planificación, el procesamiento y la finalización de tareas de mantenimiento de una planta facilitando con ello la toma de decisiones.

Este módulo se encuentra dividido en varios submódulos algunos de estos módulos son:

- PM-PRM: Mantenimiento preventivo

El submódulo PM-PRM tiene como función programar y realizar las tareas de mantenimiento preventivo. Dichas tareas tienen como objetivo evitar un colapso en la productividad de la organización.

La labor de este submódulo tiene que ver con procesos de inspección y reparación al equipo. Dicha labor la realiza asignando un plan de mantenimiento a cada equipo, el plan contiene una hoja específica de tareas a realizar y fecha en la que se debe realizar las tareas asignada al equipo por el plan.

- PM-WOC: Órdenes de mantenimiento

El submódulo PM-WOC tiene como función realizar las notificaciones al momento de realizar las actividades de mantenimiento. Este submódulo maneja dos tipos de órdenes las órdenes de mantenimiento preventivo las cuales indican de una interrupción en el sistema de productividad y las órdenes de mantenimiento correctivo las cuales implican una reparación de mayor envergadura en un equipo o sistema. Este submódulo permite la optimización de los recursos al momento de realizar mantenimientos, ya que ayuda a establecer un orden correcto de revisión.

- PM-PRO: Proyectos de mantenimiento

El submódulo PM-PRO tiene a su cargo tareas de mayor envergadura que permiten atender reparaciones o fallos en los equipos a una escala mayor. Estos proyectos de mantenimiento son conocidos como “Paros de Planta”. Este tipo de proyectos conllevan una inversión de tiempo, dinero y personal bastante amplio.

La labor del módulo ante estas peticiones es organizar las tareas del proyecto por secciones, de esta forma se pueden coordinar las tareas de mantenimiento de distintos equipos que contengan las mismas tareas afín y llevar el control de horas hombre, registros de material, servicios utilizados y demás recursos de la empresa.

- PM-SM: gestión del servicio

El submódulo PM-SM tiene con función el control de los servicios destinados a ser utilizados por el cliente. Esto permite activar las funciones encargadas de realizar y producir órdenes de servicio. Otra de las funciones de este submódulo está el establecimiento de prioridades mediante la aprobación de los presupuestos de los clientes.

- PM-EQM: Gestión de objetos técnicos

El submódulo PM-EQM se encarga de la gestión de los objetos técnicos, definiendo todos los elementos básicos necesarios para el módulo PM de SAP.

### **2.7.1. Transacciones básicas en módulo PM**

Las transacciones básicas en dicho módulo pueden estar divididas en aviso PM, órdenes de servicio de mantenimiento, consultas de stock, puesto de trabajo de mantenimiento, ubicación técnica, equipo, lista técnica de mantenimiento, estrategia de mantenimiento, lista de tareas de mantenimiento, catálogos, órdenes de servicio de mantenimiento, puntos de medida y plan de mantenimiento.

Cada una de esta transacción cuenta con un funcionamiento específico las cuales van desde notificación de órdenes de trabajo hasta solicitud de pedidos.

Las tablas II y XIV muestran las transacciones básicas y una breve descripción de su funcionalidad en el módulo.

Tabla II. **Aviso PM**

Transacción	Descripción
IW21	Crear aviso pm
IW22	Modificar aviso pm
IW23	Consulta de aviso pm
IW29	Reportes de procesamiento de listas de aviso
IW69	Reportes de lista de ítems del aviso

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Órdenes de servicio de mantenimiento**

Transacción	Descripción
IW31	Crear órdenes de servicio de mantenimiento
IW32	Modificar órdenes de servicio de mantenimiento
IW33	Consulta de órdenes de servicio de mantenimiento
IW41	Notificar tiempos de mantenimiento
IW39	Reporte de órdenes de servicio de mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Consultas de stock**

Transacción	Descripción
MB52	Exhibir stocks en depósito del material
MMBE	Síntesis de los stocks
MB1A	Consumo de materiales stock
KOB1	Validación de documentos
KO88	Anular documentos de liquidación
MBST	Anular consumo de materiales de stock
MB1C	Anular consumo de materiales de stock
ME52N	Anular solicitudes de compra
MB23	Anular reserva de materiales

Fuente: elaboración propia.

**Tabla V. Puesto de trabajo de mantenimiento**

<b>Transacción</b>	<b>Descripción</b>
IR01	Crear puestos de trabajo de mantenimiento
IR02	Modificar puesto de trabajo de mantenimiento
IR03	Consulta de puesto de trabajo de mantenimiento
CR05	Reportes de puesto de trabajo de mantenimiento
KO88	Anular documentos de liquidación
MBST	Anular consumo de materiales de stock
MB1C	Anular consumo de materiales de stock
ME52N	Anular solicitudes de compra
MB23	Anular reserva de materiales

Fuente: elaboración propia.

**Tabla VI. Ubicación técnica**

<b>Transacción</b>	<b>Descripción</b>
IL01	Crear ubicación técnica
IL02	Modificar ubicación técnica
IL03	Consulta de ubicación técnica
IH06	Reportes de ubicación técnica
IH01	Representación estructural de las ubicaciones técnicas

Fuente: elaboración propia.

**Tabla VII. Equipo**

<b>Transacción</b>	<b>Descripción</b>
IE01	Crear equipo
IE02	Modificar equipo
IE03	Consulta de equipo
IH08	Reportes de equipos
IH03	Representación estructural equipos

Fuente: elaboración propia.

**Tabla VIII. Lista técnica de mantenimiento**

<b>Transacción</b>	<b>Descripción</b>
IB11	Crear lista técnica de ubicación técnica
IB12	Modificar lista técnica de ubicación técnica
IB13	Consultar lista técnica de ubicación técnica
IB01	Crear lista técnica de equipos
IB02	Modificar lista técnica de equipos
IB03	Consultar lista técnica de equipos
CS01	Crear lista técnica de material
CS02	Modificar lista técnica de material
CS03	Visualizar lista técnica de material
CS15	Utilización de materiales en listas técnicas
IH04	Representación estructural listas técnicas de equipo
IH12	Representación estructural listas técnicas de ubicación técnica

Fuente: elaboración propia.

**Tabla IX. Estrategia de mantenimiento**

<b>Transacción</b>	<b>Descripción</b>
IP11	Crear estrategia de mantenimiento
IP12	Consulta de estrategia de mantenimiento
IP14	Reporte de utilización de la estrategia de mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

**Tabla X. Lista de tareas de mantenimiento**

<b>Transacción</b>	<b>Descripción</b>
IA11	Crear lista de tareas de ubicación técnica
IA12	Modificar lista de tareas de ubicación técnica
IA13	Consulta de lista de tareas de ubicación técnica
IA09	Reporte de lista de tarea de ubicaciones técnicas
IA01	Crear lista de tareas de equipo
IA02	Modificar lista de tareas de equipo
IA03	Consulta de lista de tarea de equipo
IA09	Reporte de lista de tarea de equipo

Continuación tabla X.

<b>Transacción</b>	<b>Descripción</b>
IA05	Crear lista de tarea de instrucción general
IA06	Modificar lista de tarea de instrucción general
IA07	Consulta de lista de tarea de instrucción general
IA09	Reporte de lista de tarea de instrucción general

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XI. Catálogos**

<b>Transacción</b>	<b>Descripción</b>
QS41	Crear catálogos
QS41	Modificar catálogos
QS42	Consultar catálogos
QS49	Reporte de catálogos

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XII. Órdenes de servicio de mantenimiento**

<b>Transacción</b>	<b>Descripción</b>
IW31	Crear órdenes de servicio de mantenimiento
IW32	Modificar órdenes de servicio de mantenimiento
IW33	Consulta de órdenes de servicio de mantenimiento
IW41	Notificar tiempos de mantenimiento
IW39	Reporte de órdenes de servicio de mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XIII. Puntos de medida y documentos de medida**

<b>Transacción</b>	<b>Descripción</b>
IK01	Crear órdenes de servicio de mantenimiento
IK02	Modificar punto de medida
IK03	Consulta de punto de medida

Continuación tabla XIII.

Transacción	Descripción
IK07	Reportes de puntos de medida
IK11	Crear documento de medida
IK12	Modificar documento de medida
IK13	Consulta de documento de medida
IK17	Reportes de documentos de medida

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Plan de mantenimiento**

Transacción	Descripción
IP41	Crear plan de mantenimiento - ciclo individual
IP42	Crear plan de mantenimiento -estrategia
IP02	Modificar plan de mantenimiento
IP03	Consulta de planes de mantenimiento
IP10	Programar plan de mantenimiento
IP30	Monitorear plan de mantenimiento (transacción para planeación masiva)
IP16	Reportes de planes de mantenimiento
IP31	Reportes de costos por planes de mantenimiento
IP24	Reportes de síntesis de fechas por planes de mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

### **2.7.2. Gestión de objetos técnicos**

Para que el módulo PM de SAP funcione correctamente es necesario tener datos maestros de trabajo y estructuras organizativas de la planta.

Los elementos básicos necesarios para el módulo PM son los siguientes:

- Clase/características

- Ubicaciones técnicas
- Equipos
- Puestos de trabajo de Mantenimiento
- Estrategias de mantenimiento
- Hojas de ruta
- Lista de materiales de mantenimiento
- Puntos de medición/contador
- Documentos de medición

Al completar los elementos básicos del módulo, podemos realizar cualquier acción de mantenimiento como la generación de planes de mantenimiento.

#### **2.7.2.1. Clase/características**

La clase es el conjunto de todas las particularidades que puede tener un equipo dentro de un entorno. La función de la clase es agrupar todos los equipos que tienen características similares. Las características son las cualidades propias que definen a un equipo de otro de su misma clase.

Para crear una clase es necesario tener los siguientes datos:

- Denominación

Es la asignación que se le dará a la clase, ejemplo: bomba, compresor, montacargas, motor eléctrico, otros.

- Fecha de inicio y fecha final

Es el rango de validez que se le dará a la clase.

- Característica

Es la relación que se le dará a la clase con las características del equipo.

Para crear una característica es necesario tener los siguientes datos:

- Característica

Es el código que se le asignara a la característica.

- Denominación

La denominación es el nombre que se asignara a la característica para distinguirla de las demás.

- Tipo de datos

Es el formato que se le asigna a la característica, puede ser un formato numérico, texto, tiempo, fecha y moneda.

- Cantidad de posiciones

Es el número total de posiciones que se puede indicar en la valoración de la característica. Este número incluye los decimales.

- Numero de decimales

Es el número de decimales que están a disposición en la valoración de la característica.

- Unidad de Medida

Es unidad en la que se indica un valor de la característica.

#### **2.7.2.2. Ubicaciones técnicas**

Las ubicaciones técnicas se crean de forma jerárquica, permitiendo tener una estructura jerárquica de la instalación, en la que a cada nodo de la estructura se puede asignar equipos.

Dicha estructura jerárquica permite que cualquier modificación que se realice de los datos en niveles superiores, también se realice para los niveles inferiores por transferencia jerárquica de datos<sup>14</sup>.

Para definir los datos de la ubicación técnica es necesario tener los siguientes datos:

- Ubicación técnica

La ubicación técnica es la forma jerárquica en la que se creara la estructura de la instalación. En la propuesta se tomará la estructura jerárquica de un equipo sencillo según la norma ISO 14224:2016, para crear las ubicaciones técnicas.

- Centro de coste

El centro de conste es el departamento al que se le asigna el control del costo económico de la ubicación técnica.

---

<sup>14</sup> MATAS AGUILAR, Antonio Javier. *Desarrollo y puesta en marcha del mantenimiento preventivo, mediante SAP PM, en una empresa de distribución de productos farmacéuticos*.

- Centro de planificación

El centro encargado de la gestión del mantenimiento.

- Grupo de planificación

Es la nomenclatura asociada al centro de planificación.

- Puesto de trabajo

Es el técnico encargado de realizar las actividades de mantenimiento dentro del centro de planificación seleccionado.

La ubicación técnica nos permite visualizar los equipos montados en las ubicaciones indicadas, en forma de un listado desde el nivel superior al nivel inferior.

#### **2.7.2.3. Equipo**

Un equipo se define como un objeto individual y físico que pretende un histórico de mantenimiento independiente. Dicho equipo puede montarse en una ubicación técnica y puede reubicarse de ubicación a lo largo del tiempo en caso sea necesario.

Los datos principales que necesitan los equipos son:

- Datos generales del equipo

Son los datos que facilita el fabricante del equipo como el peso, año de fabricación, modelo, serie, otros. En estos datos va incluía la clase de equipo.

Debido a que la propuesta de plan de mantenimiento se basa en la asignación de clase por medio de la norma ISO 14224:2016 se utilizar la abreviación correspondiente a cada equipo con indica la norma. Estos datos son permanentes, es decir, no cambian a lo largo del tiempo.

- Datos de organización

Estos datos hacen referencia a la imputación y la responsabilidad del equipo. En la parte de la imputación se tienen datos como la sociedad, división, centro coste y activo fijo. En la responsabilidad del equipo se tiene datos como centro de planificación, grupo de planificación, puesto de trabajo responsable y perfil catálogo.

- Datos de emplazamiento

En estos datos se encuentra la parte de emplazamiento físico del equipo como su centro de emplazamiento, emplazamiento, área de empresa, puesto de trabajo, indicador ABC y campo de clasificación.

- Datos de estructura

En los datos de estructura se encuentra la ubicación técnica que hemos asignado al equipo, en esta parte únicamente debe de seleccionar la ubicación técnica asignada.

#### **2.7.2.4. Puestos de trabajo de mantenimiento**

El puesto de trabajo especifica exactamente un centro de coste o la unidad organizativa en la que se realiza una operación.

Para crear un puesto de trabajo de mantenimiento se necesitan los siguientes datos:

- Centro

Es el centro en el que estará ubicado el puesto de trabajo

- Puesto de trabajo

Se coloca el código que se le asignara al puesto de trabajo

- Clase de puesto de trabajo

En la clase de puesto que se le asignara al trabajo. Como es mecánico se debe de marcar el número 5.

- Utilización de hoja de ruta

Es el tipo de hoja de ruta que se utilizara, debido a que existen diferentes hojas de ruta (inspección, insumos, ubicaciones técnicas, otros.) se debe de seleccionar todos los tipos de hoja de ruta que es 009.

- Clave de control

En clave de referencia, se debe de colocar PM01, que es la referencia que SAP le asigna a la mano interna.

- Clase de capacidad

Es la denominación que se le asigna a la clase de capacidad. Se debe de seleccionar 002 que es el referente a mano de obra.

- Unidad de medida base

Es la unidad de trabajo que se le asigna a la clase de capacidad.

- Hora de inicio/pausas/final

Es la hora en la que la clase de capacidad funciona y se divide en: inicia, pausa y finaliza. Es referente de la jornada laboral diaria.

- Grado de utilización/cantidad de capacidad individual

El grado de utilización es el rendimiento de la clase de capacidad, y la cantidad de capacidad individual es el número de personas que forman la jornada laboral diaria.

- Capacidad / sobre carga

La capacidad es el tiempo que dura la jornada laboral, este tiempo varía según la empresa en la que se esté implementando el mantenimiento, en capacidad únicamente se debe de colocar la cantidad con la que se está trabajando. La sobre carga es el trabajo adicional que se le asignara al personal ajeno a la tarea asignada con anterioridad.

- Centro de coste

El centro de conste es el departamento al que se le asigna el control del costo económico del puesto de trabajo.

#### **2.7.2.5. Estrategia de mantenimiento**

La estrategia de mantenimiento es la frecuencia con la que se realizan las tareas de mantenimiento en los equipos. La frecuencia de mantenimiento la proporcionan los fabricantes de los equipos, el historial de mantenimientos anteriores y por la experiencia del técnico a cargo del equipo.

Para crear una estrategia de mantenimiento es necesario obtener los siguientes datos:

- Nombre

Es la denominación de la estrategia.

- Denominación

Es el detalle de la estrategia, un ejemplo es ESTTMR = Estrategia de tiempo LIZTEX.

- Indicador programación

El indicador programación es el tipo de actividad con la cual está relacionada la estrategia creada. Si la estrategia es de tiempo se deberá seleccionar “Tmpo”.

- Unidad estrategia

Es la unidad de medida de la estrategia.

- Horizonte de apertura

Expresa en un porcentaje cuánto tiempo antes de la fecha de mantenimiento calculada debe crearse el aviso de mantenimiento correspondiente. Por ejemplo, si el mantenimiento se realiza cada mes y se desea que el aviso sea tres días antes del mantenimiento se debe de colocar un horizonte de apertura del 90 %.

- Número de paquete

Es la posición que tendrá la frecuencia dentro de la estrategia de mantenimiento.

- Duración de ciclo

Número de frecuencia.

- Texto ciclo mantenimiento

Denominación de la frecuencia.

- Unidades

Es la unidad a la que se le asignó la frecuencia.

- Texto breve

Denominación breve de la frecuencia.

#### **2.7.2.6.      Hoja de ruta**

Las hojas de ruta describen una secuencia de paso que se deben de realizar para hacer un mantenimiento, cada equipo cuenta con una hoja de ruta distinta. Las hojas de ruta pueden estar compuestas de las siguientes actividades inspección, operaciones de mantenimiento (lubricación, calibración, otros.) y reparaciones (menor, medianas y mayores).

Las hojas de ruta se pueden clasificar de tres formas hoja de ruta para equipo, hoja de ruta para ubicación técnica y hoja de ruta como instrucción de mantenimiento.

Para crear una hoja de ruta son necesarios los siguientes datos:

- Selección de estrategia

Se debe de seleccionar la estrategia adecuada a la hoja de ruta que se va a crear. La estrategia es el plan de mantenimiento, este puede ser en días, horas, meses, años, otros.

- Contador de grupo de hoja de ruta

El contador me va a indicar el tipo de hoja de ruta de mantenimiento que se va a utilizar. Esto es de suma importancia debido a que en un equipo se le pueden realizar varias actividades de mantenimiento con diferentes hojas de ruta, un ejemplo sería el mantenimiento a un contador de galones por la parte de calibración y su mantenimiento por medio de la parte eléctrica.

- Centro de planificación

Es el centro que se encarga de la gestión del mantenimiento al equipo.

- Puesto de trabajo

El personal a cargo en realizar las actividades de mantenimiento al equipo.

- Utilización

La utilización es la estructura que tendrá la hoja de ruta dentro del módulo, en este caso es el 4, este número indica mantenimiento.

- Grupo de planificación

Es la nomenclatura que está asociada al centro de planificación.

- Estatus

Es la situación en la que se encuentra la hoja de ruta dentro de la estrategia de mantenimiento, en este caso se debe de seleccionar el 4, este número indica una liberación general, y con esto la hoja de ruta que libre dentro del sistema para utilizarse en la estrategia seleccionada.

- Estado instalación

Es la forma en la que se puede realizar el mantenimiento. Estas formas pueden variar, debido que los mantenimientos en los equipos se pueden realizar con el equipo en funcionamiento o fuera de servicio. En el módulo se puede seleccionar entre 0 (fuera de servicio) o 1 (en funcionamiento).

Al finalizar la recolección de estos datos, se necesita colocar el cuerpo de instrucción de la hoja y para ello necesitamos de más datos los cuales son:

- Descripción de operación

Es la estrategia de mantenimiento que seleccionó para la hoja de ruta.

- Texto

En esta sección se coloca el texto de las actividades que estas en asociadas a la hoja de ruta.

- Unidad

Es la unidad en la que está trabajando la estrategia de mantenimiento seleccionada.

- Cantidad de personas

La cantidad de personas que se va a utilizar para la actividad de mantenimiento.

- Duración

El tiempo en que se llevará a cabo la actividad de mantenimiento.

#### **2.7.2.7. Lista de materiales de mantenimiento**

La lista de materiales está definida como la estructura de los distintos componentes que forman parte de un equipo. Previo a crear la lista de materias el material ya debe de estar creado por el módulo MM de SAP. La función de esta sección del módulo PM es seleccionar los materiales ya listados en el módulo MM y generar una lista con la cantidad de materiales a utilizar en el uso del mantenimiento al equipo seleccionado.

La cantidad de materiales por utilizar se consiguen mediante la hoja de ruta del equipo, debido a esto se crea un enlace entre la hoja de ruta y la lista de materiales. Este enlace se crea asignando el equipo a las listas de materiales de mantenimiento, y como cada equipo tiene una hoja de ruta a seguir, se crea un enlace entre ambas, planificando los materiales a utilizar en cada hoja de ruta.

Para crear la lista de materiales se necesitan los siguientes datos:

- Equipo

Es el código que SAP genera al implementar el equipo al sistema. Es necesario digitar el código del equipo al que se le creara la lista de materiales correspondiente.

- Centro

El centro que es al departamento que se le asignara el control económico de la lista de materiales.

- Utilización

La utilización que será el 4, ya que este número dentro de las utilizaciones: indica mantenimiento.

- Tipo de posición

Se utiliza para tratar a un material de forma diferente en cada clase de hoja de ruta. Se debe de digitar la letra asociada a almacén en este caso es la letra L, debido a que todos los repuestos siempre están asociados a almacén.

- Componente

Es el código del repuesto o refacción que se necesita para la nuestra hoja de ruta.

- Cantidad

Es el número de repuestos por utilizar en la acción de mantenimiento para el equipo.

#### **2.7.2.8. Puntos de medición**

Los puntos de medida describen condiciones del equipo. Dichos puntos se encuentran en objetos técnicos, equipos o ubicaciones técnicas. Los valores medidos de un determinado punto describen las condiciones de la instalación en

un momento determinado. Los valores que presentan dichas condiciones son introducidos al sistema mediante un documento de medición. Los valores pueden ser de forma cuantitativa, mediante características expresamente definidas, de tipo número y asociadas a una unidad concreta, de forma cualitativa, empleando el uso de un código de valoración o por medio de una combinación de ambas valoraciones, introduciendo el valor medio y el código correspondiente.

Cada punto de medición tiene un límite de alarma y avería. De tal forma que al crear un límite y sobre pasarlo nos indicara que existe una avería.

Las magnitudes físicas que se deben de documentar en los equipos o ubicaciones técnicas pueden ser horas de trabajo, temperatura, kilómetros, presión, densidad, otros. Si la estrategia de mantenimiento está basada en horas, el punto de medición es un contador. Un equipo puede tener más de un punto de medición.

Para generar puntos de medición es necesario tener los siguientes datos:

- Objeto punto de medida

En el objeto de punto de medida es la restricción que se le asigna al punto de medida. Se debe de seleccionar la opción de IEQ que corresponde a equipo.

- Equipo

El equipo es el código que genera el módulo PM de SAP al implementar la lista de equipos en el sistema. El equipo ya cuenta con sus respectivas características, ubicación técnica, emplazamiento, otros.

- Denominación

La denominación es el nombre del equipo, por ejemplo: bomba centrífuga de carga FO B17.

- Tipo objeto

Es el tipo de clase que se le asigna al equipo bajo la norma ISO 14224:2016.

- Punto de medida

Es el número que se le asigna al punto de medida, si el punto de medida está bajo parámetros de tiempo como minutos, horas, días, semanas, meses y años es necesario que se coloque como contador.

- Característica

Las características son las descripciones del tipo de punto de medición. Estas características tienen relación con las unidades del sistema que se esté trabajando y el número de decimales que deben de llevar las unidades.

- Actividad anual

Es la relación de trabajo del equipo en el proceso, un ejemplo de esto sería si dicho equipo trabaja las 24 horas, toda la semana. El equipo tendrá una actividad anual de 8,760 horas.

### **2.7.2.9. Documentos de medición**

Los documentos de medición los utilizamos para indicar la actividad de un equipo o de una ubicación técnica.

Para crear un documento de medición es necesario tener los siguientes datos:

- Punto de medida.

Es el número asociado al punto de medida creado, a dicho punto se le asociara el documento de medición a crear.

- Fecha de medición

Es la fecha en la que se creó el documento de medición. Debe tener el formato DD.MM.AAAA o DD/MM/AAAA.

- Hora medición.

Es la hora en la que se realizó el documento de medición. Debe tener el formato HH:MM:SS o HH.MM.SS.

- Valor medido o diferencia.

Es el valor cuantificable del punto de medición.

Los documentos de medición se deben de actualizar diariamente en el módulo del sistema.

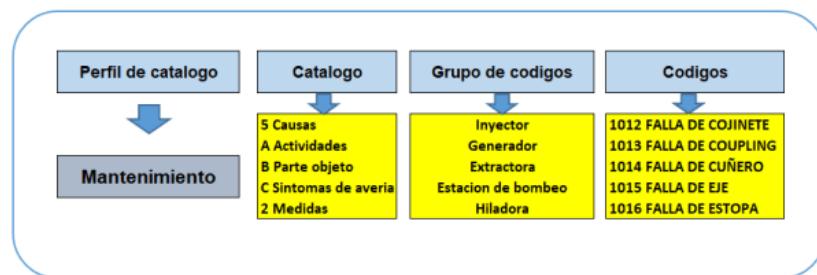
### 2.7.2.10. Catálogos de fallas principales en equipos

Podemos definir un catálogo de fallas como la interfase entre el hombre y la máquina, esto permite al hombre reflejar en el sistema de gestión de mantenimiento lo que está sucediendo con el equipo.

En el módulo PM de SAP la estructura de un catálogó de fallas debe de contener los siguientes datos:

- Parte objeto
- Síntomas de averías
- Causas de averías
- Medidas

Figura 29. Estructura de catálogos en módulo PM



Fuente: elaboración propia.

Es importante hacer notar la estructura de la información del catálogo. La jerarquía de información se enumera a continuación.

Categoría de catálogo – categorías principales de información de mantenimiento, como causas de averías.

Grupo de códigos – agrupaciones de códigos individuales que tienen características similares. Por ejemplo, el sistema agrupa todas las fallas relacionadas con bombas en un mismo grupo de códigos.

Códigos – códigos individuales representan el nivel más detallado de información de catálogos de mantenimiento. Por ejemplo, una arandela dañada puede describir una avería de un motor.<sup>15</sup>

#### **2.7.2.11. Planificación del mantenimiento**

La planificación del mantenimiento consiste en preparar adecuadamente la ejecución de las tareas de mantenimiento realizando estrategias, objetivos, métodos y recursos necesarios para la ejecución. La planificación del mantenimiento es la base para la optimización de las acciones operativas, acciones de procesos y acciones de producción.

Por medio de la planificación del mantenimiento podemos obtener las directrices de una visión a futuro para las actividades de mantenimiento como para las operaciones de producción.

Un plan de mantenimiento dentro del módulo PM de SAP, se describe de la siguiente forma:

- Cabecera del plan

La cabecera contiene toda la información relativa a la programación del plan de mantenimiento.

- Posiciones de mantenimiento

---

<sup>15</sup> PINEDA CASTILLO, Jairo Alexander. *Catálogos de mantenimiento*. p.5.

Son las posiciones que se asocian con el equipo, la ubicación técnica y hojas de ruta de mantenimiento. A cada posición se le asigna una hoja de ruta diferente.

Para crea un plan de mantenimiento necesitamos los siguientes datos:

- Plan de mantenimiento preventivo.

Es el nombre que se le asignara al plan de mantenimiento

- Tipo de plan mantenimiento

En este apartado se debe de seleccionar la opción de orden de mantenimiento.

- Estrategia

La estrategia es el tipo de estrategia creada, un ejemplo es ESTTMR = Estrategia de tiempo LIZTEX.

## **2.8. Mantenimiento**

Según la norma UNE-EN 13306 el mantenimiento es la “Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y gerenciales durante el ciclo de vida

de un ítem con el fin de mantenerlo, o restaurarlo, a un estado en el cual pueda desempeñar la función requerida”.<sup>16</sup>

### **2.8.1. Mantenimiento correctivo**

Según la norma UNE-EN 13306 el mantenimiento correctivo es el “Mantenimiento ejecutado después del reconocimiento de una avería, y destinado a llevar un elemento a un estado en el que pueda desarrollar una función requerida”.<sup>17</sup>

En la planta únicamente se realizan mantenimientos correctivos, dichos mantenimiento no se encuentran registrados en el sistema SAP, debido a que el equipo no cuenta con una ubicación técnica dentro del sistema. El registro de cada mantenimiento correctivo se lleva en una hoja de electrónica, la cual está a cargo del supervisor de la planta.

Para generar un mantenimiento correctivo en SAP se debe de realizar un aviso sobre la avería ocurrida. Las etapas para crear un aviso de incidencia en SAP son las siguientes:

- Equipo u objeto técnico con la incidencia/avería.
- Denominación del equipo.
- Fecha en la que ocurre la incidencia/avería.
- Descripción de la avería.

### **2.8.2. Mantenimiento preventivo**

---

<sup>16</sup> AENOR. *Terminología del mantenimiento*. UNE-EN 13306. Madrid: AENOR, 2013.

<sup>17</sup> Ibíd.

Según la norma UNE-EN 13306 mantenimiento preventivo está definido como el “Mantenimiento ejecutado a intervalos predeterminados o de acuerdo con unos criterios prescritos, y destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación de funcionamiento de un elemento”.<sup>18</sup>

El módulo PM de SAP de la empresa en general cuenta con varios niveles de mantenimiento, para la propuesta no centraremos en los niveles de equipos y ubicaciones técnicas.

- Nivel de equipos:

En este nivel se puede asignar operaciones y planificaciones de mantenimiento a cada uno de los equipos existente en la planta que funcionen independientemente unos de otros.

- Ubicaciones técnicas

En este nivel se realiza la planificación del mantenimiento para una zona de la planta, la cual comprende a varios equipos.

El mantenimiento preventivo se puede dividir en tres tipos de mantenimiento diferentes los cuales son:

- Mantenimiento preventivo por tiempo

La estrategia de mantenimiento está basada en un ciclo de unidades de tiempo (días, semanas, meses, años, otros.). La orden de mantenimiento genera

---

<sup>18</sup> AENOR. Terminología del mantenimiento. UNE-EN 13306. Madrid: AENOR, 2013.

un aviso según el horizonte de apertura que se le asignó a la estrategia de mantenimiento.

- Mantenimiento preventivo por actividad

La estrategia de mantenimiento está basada en un ciclo de actividad medible (número de operaciones realizadas, número de unidades producidas, número de vueltas de un motor, otros.). La orden de mantenimiento genera un aviso al superar el valor del contador que se le ha asignado al equipo en la estrategia de mantenimiento.

- Mantenimiento preventivo por estado

La estrategia de mantenimiento está basada por una combinación de ciclos en el que varios contadores generan diferentes valores. La orden de mantenimiento genera un aviso cada vez que se almacenen los valores de los contadores, es decir, con cada almacenamiento se dispara el ciclo.

### 3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Para el desarrollo de la propuesta se utilizaron hojas electrónicas de Microsoft Excel con todos los datos correspondientes que los procesos del módulo PM indican. Se proporcionaron las transacciones y rutas de SAP para programar el mantenimiento en la planta. Al no contar con un usuario dentro del sistema toda la información recopilada junto con el plan propuesto se le entregó al ingeniero encargado del mantenimiento general de la empresa, para su verificación e implementación en el sistema.

Se creó un criterio de código de colores para colocar los datos que son necesarios, los datos opciones y los datos incensarios. El código de colores es aplicado a las columnas de las hojas electrónicas.

Tabla XV. **Código de colores**

<b>Código de colores</b>	
	Datos necesarios
	Datos opcionales
	Datos no requeridos

Fuente: elaboración propia.

EL departamento de mantenimiento utilizará los siguientes procesos para gestionar el módulo PM de SAP en la planta.

Tabla XVI. Procesos de gestión

Clave de proceso	Denominación	Descripción
PM01	Asignación de características	Diferencia entre los equipos de una misma clase.
PM02	Asignación de clases de equipos	Agrupación de equipos que contengas las mismas características.
PM03	Puestos de trabajo	Asigna un centro de coste o la unidad organizativa en la que se realiza una operación.
PM05	Levantamiento de equipo	Datos específicos del equipo (datos del fabricante), como clase y característica.
PM04	Ubicaciones técnicas bajo taxonomía ISO 14224:2016	Estructura jerárquica de la planta por medio de la taxonomía ISO 14424:2016.
PM07	Catálogos de fallas principales de los equipos	Describe las principales causas de fallas en los equipos y proporcionar una acción de corrección para cada falla.
PM08	Hojas de ruta	Describe una secuencia de paso que se deben de realizar para hacer un mantenimiento.
PM09	Lista de materiales de mantenimiento	Describe los insumos, repuestos y servicios necesarios para el equipo.
PM10	Puntos de medida	Describen las condiciones del equipo.
PM11	Documentos de medida	Documentan la descripción de las condiciones de los equipos.

Continuación tabla XVI.

Clave de proceso	Denominación	Descripción
PM12 / PM13	Plan de mantenimiento preventivo basado en tiempo y combinados	Planifica el mantenimiento de cada equipo por medio de ciclos simples o ciclos combinados.

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1. Levantamiento de equipo (PM05 SAP HANA)

Los equipos se encuentran montados sobre las ubicaciones técnicas. Para crear una ubicación técnica de los equipos en SAP se debe de utilizar la transacción IE01 o seguir la ruta menú SAP -> Gestión de objetos técnicos -> Equipos -> Crear equipo.

Como se indicó anteriormente, para realizar el levantamiento de equipo en el sistema se necesitan los datos generales del equipo, datos de organización, datos de emplazamiento y datos de estructura.

Para la recopilación de datos, se diseñó una hoja electrónica en Excel, con la estructura que muestra la tabla número XVII. La tabla muestra el rango de columnas utilizadas, campo, descripción del campo y longitud de caracteres.

Tabla XVII. **Equipos PM05**

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
A	Equipo	Código del equipo, según la definición del BBP.	8
B	Válido de	Fecha a partir de la cual será válido el equipo.	8

Continuación tabla XVII.

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
C	Tipo de equipo	Tipo al cual pertenece el equipo. Clave para distinguir objetos técnicos individuales en función de su utilización.	1
D	Denominación	Texto breve que identifica al equipo.	40
E	Número de clase	Número de clase asociada al equipo. Esto es para equipos con características adicionales.	18
F	Clase de objeto	Clase de objeto (familia) a la que pertenece el equipo.	10
G	Fabricante	Empresa fabricante del equipo	30
H	País productor	País en el que se fabricó el equipo.	3
I	Denominación tipo	Modelo del equipo.	20
J	Año	Año en el que se fabricó el equipo.	4
K	Mes	Mes en el que se fabricó el equipo	2
L	Centro emplazamiento	Centro en el cual se encuentran ubicados los equipos sujetos a mantenimiento.	4
M	Emplazamiento	Área en la cual se encuentran ubicados los equipos sujetos a mantenimiento.	10
N	Área de empresa	Persona contacto por emplazamiento, en el cual se encuentran ubicados los equipos.	3
O	Indicador ABC	Grado de criticidad del equipo	3
P	Puesto de trabajo	Puesto de trabajo de producción homólogo con el equipo. NO LLENAR.	8
Q	Sociedad	Sociedad financiera a la que pertenece el equipo.	4
R	Activo fijo	Activo Fijo asociado al equipo en el módulo de finanzas.	12
S	Subnúmero de activo fijo	Subnúmero de activo fijo asociado al equipo en el módulo de finanzas.	4

Continuación tabla XVII.

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
T	Centro de costo	Centro de costo, al que pertenece el equipo.	10
U	Centro planificación	Centro encargado de la planificación del mantenimiento del equipo.	4
V	Grupo planificación	Grupo encargado de la planificación del equipo.	3
W	Puesto de trabajo responsable	Puesto de trabajo de mantenimiento responsable del equipo.	8
X	Centro de planificación de puesto de trabajo	Centro en el cual se encuentra el puesto de trabajo responsable entrado.	4
Y	Perfil de catálogo	Perfil de catálogo a asociar al equipo (homólogo con la familia del equipo).	9
Z	Ubicación técnica	Ubicación técnica en la que está instalado el equipo.	30
AA	Equipo superior	Equipo superior en el que está instalado el equipo (si es un subequipo).	18
AB	Número de identificación técnica	Código o número actual del equipo, u otra identificación que requiera.	25
AC	Material	Código de material que identifica el número de pieza del fabricante.	18
AD	Número de serie	Número que identifica el número de serie, según el fabricante.	18

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. Plantilla de equipos PM05

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.2. Clasificación de las clases de equipos (PM02 SAP HANA)

Para crear una clase en SAP, se debe de utilizar la transacción CL02 o seguir la ruta Menú SAP -> Logística -> Mantenimiento -> Gestión de Objetos Técnicos -> Entorno -> Clases -> Datos Maestros -> Gestión de Clases.

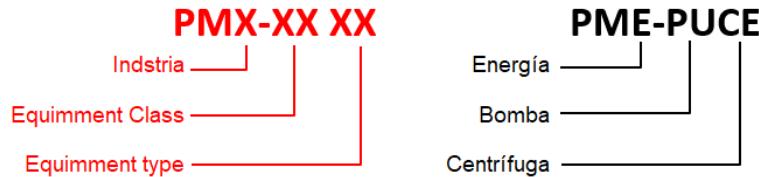
Como se indicó anteriormente, para la creación de las clases de nuestros equipos utilizamos el anexo A de la norma ISO 14224:2016 la tabla A.4 secciones A.2.2 a A.2.12. y la tabla A.5 secciones A.2.2 a A.2.12.

La figura 30 muestra la forma en la que los equipos están clasificados:

Figura 31. Clases en equipo PM02

Usar el mismo código de la Clase (norma ISO-14224)

Ejemplo Energía:



Fuente: elaboración propia.

Para la recopilación de datos, se diseñó una hoja electrónica en Excel, con la estructura que muestra la tabla número XVIII. La tabla muestra el rango de columnas utilizadas, campo, descripción del campo y longitud de caracteres.

Tabla XVIII. Clases PM02

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
A	Clase	Nombre que identifica inequívocamente una clase para las clases de Energía tienen que comenzar con PME_.	30
B	Descripción de clase	Descripción de la clase	40
C	Grupo de características	El grupo de clases se pueden agrupar clases del mismo tipo la misma clase. Este grupo se utiliza para facilitar la búsqueda de clases.	3

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. Plantilla de clases PM02

A	B	C
Clase	Descripción Clase	Grupo Clase
1	CARACTER (30)	CARACTER (45)
2	3	ACTUADOR
4	4	VENTILADOR
5	5	MOTOR
6	6	MOTOR
7	7	COMPRESOR
8	8	FUENTE
9	9	CARGADOR
10	10	FUENTE
11	11	GENERADOR
12	12	MOTOR
13	13	FIREX
14	14	SECCIONADOR
15	15	ESHS
16	16	INTERRUPTOR DE DISTRIBUCIÓN
17	17	TRANSFORMADOR DE SERVICIO
18	18	TRANSFORMADOR PUESTA A TIERRA
19	19	TRANSFORMADOR DE POTENCIA
20	20	TRANSFORMADOR DE TENSIÓN
21	21	EXTINGUIDOR
22	22	HIDRANTE
23	23	HIDRANTE
24	24	MEDIDOR
25	25	DETECTOR
26	26	ALUMBRADO
27	27	ESTACIÓN
28	28	EQUIPO
29	29	FILTRADO DE CARTUCHO
30	30	FILTRADO SOLIDOS
31	31	FILTRADO AUTOMATICO
32	32	FILTRADO DE ARENA
33	33	APARATO
34	34	RESISTENCIA
35	35	CALDERA
36	36	COMPUTADORA
37	37	INTERCAMBIADOR AIRE
38	38	INTERCAMBIADOR DE PLACAS
39	39	INTERCAMBIADOR DE RESISTENCIA
40	40	INTERCAMBIADOR CONCHA + TUBO
41	41	SOFORT
42	42	CALENTAMIENTO RESISTIVO
43	43	CALENTADOR
44	44	AIRE ACONDICIONADO
45	45	AIRWASH

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.3. Análisis y asignación de características (PM01 SAP HANA)

Para crear una característica en SAP, se debe de utilizar la transacción CT04 o seguir la ruta Menú SAP -> Logística > Mantenimiento > Gestión de objetos técnicos > Entorno > Clases > Datos maestros > Gestión de características.

Para la recopilación de datos, se diseñaron dos hojas electrónicas en Excel, la hoja número uno representa las características de los equipos y la estructura de dicha hoja lo muestra la tabla número XIX. La hoja numero dos representa el

valor de la característica y su estructura lo muestro la tabla número XXI. Las tablas muestran el rango de columnas utilizadas, campo, descripción del campo y longitud de caracteres.

**Tabla XIX. Características de equipos PM01**

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
A	Nomenclatura de característica	Nombre que identifica inequívocamente una característica.	30
B	Descripción de característica	Descripción de las características.	30
C	Grupo de características	Con el grupo de características se pueden agrupar características de la misma clase. Este grupo se utiliza para facilitar la búsqueda de características.	10
D	Tipo de datos	<p>El tipo de datos especifica una característica e indica el formato con que se deben indicar los valores de característica.</p> <p>Están disponibles los siguientes tipos de datos definidos previamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formato carácter (char): para valores de característica compuestos de una serie de caracteres</li> <li>- Formato numérico (num): para valores de característica numéricos</li> <li>- Formato de fecha (date): para valores de</li> </ul>	18

Continuación tabla XIX.

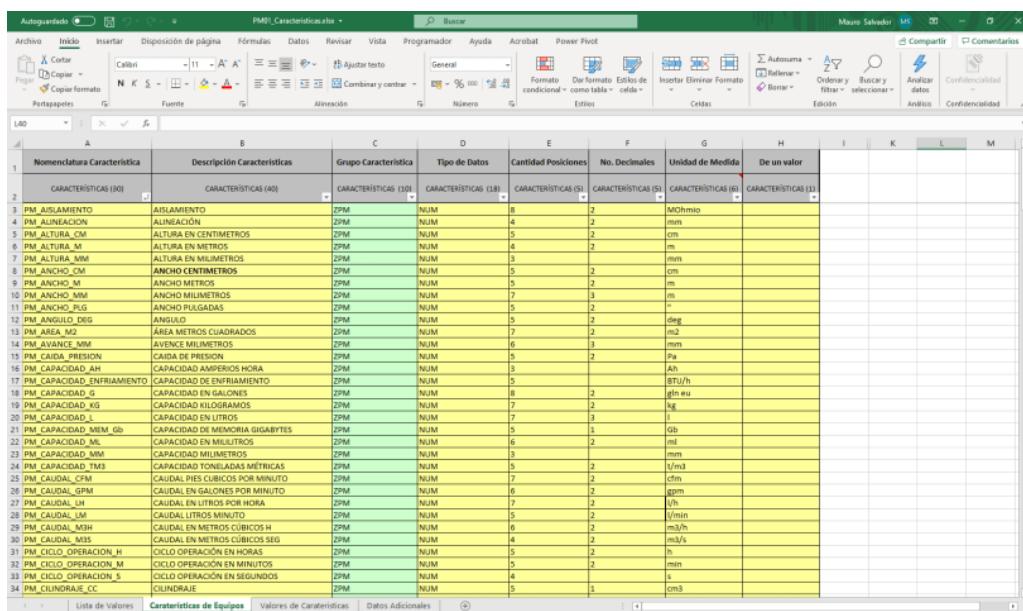
Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- característica que indican una fecha</li> <li>- Formato de tiempo (time): para valores de característica que indican tiempo</li> <li>- Formato de moneda (curr): para valores de característica que se indican en monedas”.</li> </ul>	
E	Cantidad de posiciones	<p>Número total de posiciones que se puede indicar en la valoración de la característica. Este número incluye los decimales.</p> <p>Los caracteres separadores de decimales y los signos +/- no cuentan.</p> <p>Nota adicional: en las características de clases de datos de formato carácter, (char) se puede actualizar, en los valores, un indicador dependiente de idioma. Este indicador puede tener hasta 30 caracteres independientemente de las indicaciones.</p>	5
F	Número de decimales	Número de decimales que están a disposición en la valoración de la característica. El número de los lugares decimales tiene que ser menor que el número de dígitos disponibles.	5

Continuación tabla XIX.

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
G	Unidad de medida	Unidad en la que se indica un valor de característica numérico. En la valoración de una característica puede indicar unidades divergentes, si la unidad indicada en la actualización de característica es convertible. La dimensión (longitud, volumen, otros.). Decide en qué otras unidades se puede convertir una unidad de medida.	6
D	De un valor	Indicador que controla la característica.	1

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Plantillas de características PM01



1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M
2	NOMENCLATURA CARACTERISTICA	DESCRIPCION CARACTERISTICA	GRUPO CARACTERISTICA	TIPO DE DATOS	CANTIDAD POSICIONES	NO. DECIMALES	UNIDAD DE MEDIDA	DE UN VALOR				
3	CARACTERISTICAS (30)	CARACTERISTICAS (40)	CARACTERISTICAS (10)	CARACTERISTICAS (18)	CARACTERISTICAS (5)	CARACTERISTICAS (5)	CARACTERISTICAS (5)	CARACTERISTICAS (5)				
4	PM_AIRLAMIENTO	AIRLAMIENTO	ZPM	NUM	8	2	M0Hmio					
5	PM_ALINEACION	ALINEACION	ZPM	NUM	4	2	mm					
6	PM_ALTO_CM	ALTO EN CENTIMETROS	ZPM	NUM	5	2	cm					
7	PM_ANCHO_MM	ANCHO EN MILIMETROS	ZPM	NUM	4	2	m					
8	PM_ANCHO_CM	ANCHO CENTIMETROS	ZPM	NUM	5	2	cm					
9	PM_ANCHO_M	ANCHO METROS	ZPM	NUM	5	2	m					
10	PM_ANCHO_MM	ANCHO MILIMETROS	ZPM	NUM	7	3	m					
11	PM_ANCHO_PLG	ANCHO PULGADAS	ZPM	NUM	5	2	"					
12	PM_ANGULO_DEG	ANGULO	ZPM	NUM	5	2	deg					
13	PM_AREA_MM2	AREA METROS CUADRADOS	ZPM	NUM	7	2	m2					
14	PM_AREA_MM	AREA EN MILIMETROS	ZPM	NUM	6	2	mm					
15	PM_CAJAS_PRESION	CAJAS DE PRESION	ZPM	NUM	5	2	Pa					
16	PM_CAPACIDAD_AH	CAPACIDAD AMPERIOS HORA	ZPM	NUM	3	0	Ah					
17	PM_CAPACIDAD_ENFRIAMIENTO	CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO	ZPM	NUM	5	0	BTU/h					
18	PM_CAPACIDAD_G	CAPACIDAD EN GALONES	ZPM	NUM	8	2	gal/w					
19	PM_CAPACIDAD_KG	CAPACIDAD KILOGRAMOS	ZPM	NUM	7	2	kg					
20	PM_CAPACIDAD_L	CAPACIDAD EN LITROS	ZPM	NUM	7	3	l					
21	PM_CAPACIDAD_MM3_Gb	CAPACIDAD EN GIGABYTES	ZPM	NUM	5	3	gb					
22	PM_CAPACIDAD_ML	CAPACIDAD EN MILILITROS	ZPM	NUM	6	2	ml					
23	PM_CAPACIDAD_MM	CAPACIDAD MILIMETROS	ZPM	NUM	3	0	mm					
24	PM_CAPACIDAD_TM3	CAPACIDAD TONELADAS METRICAS	ZPM	NUM	5	2	t/m3					
25	PM_CAUDAL_CFM	CAUDAL PIÉS CUBICOS POR MINUTO	ZPM	NUM	7	2	cfm					
26	PM_CAUDAL_GPM	CAUDAL EN GALONES POR MINUTO	ZPM	NUM	6	2	gpm					
27	PM_CAUDAL_LH	CAUDAL EN LITROS POR MINUTO	ZPM	NUM	7	2	l/h					
28	PM_CAUDAL_LM	CAUDAL EN LITROS POR MINUTO	ZPM	NUM	5	2	l/min					
29	PM_CAUDAL_M3H	CAUDAL EN METROS CUBICOS H	ZPM	NUM	6	2	m3/h					
30	PM_CAUDAL_M3S	CAUDAL EN METROS CUBICOS SEG	ZPM	NUM	4	2	m3/s					
31	PM_CICLO_OPERACION_H	CICLO OPERACION EN HORAS	ZPM	NUM	5	2	h					
32	PM_CICLO_OPERACION_M	CICLO OPERACION EN MINUTOS	ZPM	NUM	5	2	min					
33	PM_CICLO_OPERACION_S	CICLO OPERACION EN SEGUNDOS	ZPM	NUM	4	1	s					
34	PM_CIUDRRAJE_CC	CIUDRRAJE	ZPM	NUM	5	3	cm3					

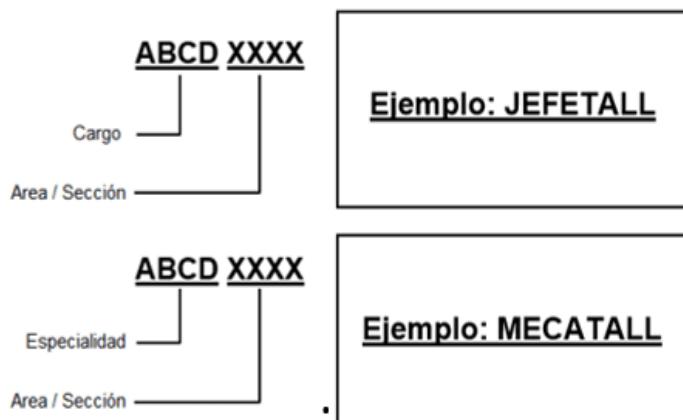
Fuente: elaboración propia.

### 3.1.4. Asignación de puestos de trabajo (PM03 SAP HANA)

Para crear un puesto de trabajo en SAP, se debe de utilizar la transacción IR01 o seguir la ruta Menú SAP -> Logística -> Mantenimiento -> Mantenimiento planificado->Planificación de trabajo > Entorno -> Puesto de trabajo-> Crear.

Para la asignación de puestos de trabajo, se utilizó el código que muestra la figura 33 y las definiciones de la tabla XX.

Figura 34. Código de puestos de trabajo



Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Definición de puesto de trabajo

Código de puestos de trabajo	
Primer nivel	Los cuatro primeros caracteres alfabéticos (ABCD) se definieron para identificar el cargo del puesto de trabajo. (jefe o encargado quien supervisa los puestos de trabajo de segundo nivel).
	Los últimos caracteres alfabéticos (XXXX) se definieron para identificar la planta/área que supervisa el jefe o encargado. Utilización: equipos y cabeceras de hojas de ruta.

Continuación tabla XX.

<b>Código de puestos de trabajo</b>	
<b>Segundo nivel</b>	
Los cuatro primeros caracteres alfabéticos (ABCD) se definieron para identificar la especialidad del puesto de trabajo.	
Los últimos caracteres alfabéticos (XXXX) se definieron para identificar la planta/área donde se desempeñan el puesto de trabajo. Para puesto de trabajo de nivel 2 (personas que realizan labores de mantenimiento).	
Utilización: operaciones de hojas de ruta.	

Fuente: elaboración propia.

Para la recopilación de datos, se diseñó una hoja electrónica en Excel, con la estructura que muestra la tabla número XXI. La tabla muestra el rango de columnas utilizadas, campo, descripción del campo y longitud de caracteres.

**Tabla XXI. Puesto de trabajo PM03**

<b>Columna</b>	<b>Campo</b>	<b>Descripción del campo</b>	<b>Longitud</b>
A	Centro	Es el centro en el que estará ubicado el puesto de trabajo.	4
B	Puesto de trabajo	Código de puesto de trabajo según el nivel de la persona seleccionada; por ejemplo: JEFEREFI, constituye el primero nivel dentro del código de trabajo.	8
C	Clase de puesto de trabajo	Las clases de puesto se dividen en varias partes, únicamente se tomó en cuenta el número cinco ya que este constituye la actividad mecánica.	1
D	<i>Global talent</i>	Descripción del puesto de trabajo.	30

Continuación tabla XXI.

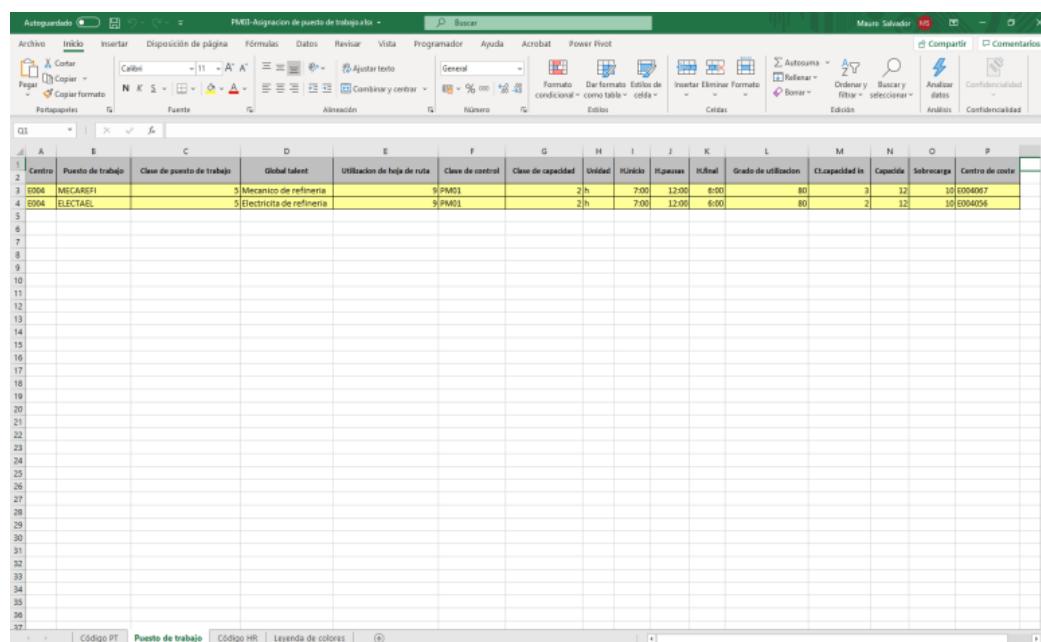
Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
E	Utilización de hoja de ruta	Es el tipo de hoja de ruta que se utilizará, debido a que existen diferentes hojas de ruta (inspección, insumos, ubicaciones técnicas, otros.): Se seleccionó la hoja de ruta que incluye todos los tipos, esta corresponde al número 009.	3
F	Clave de control	Es la referencia que SAP le asigna a la mano interna y corresponde a PM01	4
G	Clase de capacidad	Es la referencia que se le asigna a la mano de obra y corresponde a 002.	3
H	Unidad	Unidad en la que se indica un valor de característica numérico. En la valoración de una característica puede indicar unidades divergentes, si la unidad indicada en la actualización de característica es convertible. La dimensión (longitud, volumen, otros.) decide en qué otras unidades se puede convertir una unidad de medida.	6
I	Hora de inicio	Inicio de jornada laboral.	8
J	Hora pausas	Pausas programadas dentro de la jornada laboral como la hora de comida.	8
K	Hora final	Fin de jornada laboral.	8
L	Grado de utilización	Rendimiento que se le denomina a la clase.	3
M	<i>Ct.capacidad in</i>	Es la cantidad de personal que se encuentran incluidas	4

Continuación tabla XXI.

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
		en la jornada laboral.	
N	Capacidad	Es el tiempo que dura la jornada laboral de cada colaborador. La jornada depende del tipo de empresa en la que se encuentren.	3
O	Sobrecarga	Cantidad de trabajo adicional que se le asigna a un colaborador dentro de la jornada laboral	3
P	Centro de coste	Centro de costo al que pertenece el equipo.	10

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. Plantilla para asignación de puesto de trabajo PM03



Centro	Puesto de trabajo	Clase de puesto de trabajo	Global talent	Utilización de hoja de ruta	Clave de control	Clase de capacidad	Unidad	Hora inicio	Hora fin	Grado de utilización	Cl.Capacidad in	Capacidad	Sobrecarga	Centro de coste
3 E0044	MECAREFI	3 Mecánico de refinería	5 PM03		2 h	7:00	12:00	6:00		80	3	12	10 E004007	
4 E0044	ELECTAEL	3 Electricista de refinería	5 PM03		2 h	7:00	12:00	6:00		80	2	12	10 E004056	
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														

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.5. Creación de ubicaciones técnicas bajo taxonomía ISO 14224:2016 (PM04 SAP HANA)

Para crear la ubicación técnica en SAP, se debe de utilizar la transacción IL01 o seguir la ruta Menú SAP > Logística -> Mantenimiento -> Gestión de objetos técnicos -> Ubicación técnica -> Crear.

Para crear las ubicaciones técnicas de la planta, se utilizó la pirámide taxonómica de la norma ISO 14421:2016. Se utilizó los primeros cinco niveles de la pirámide para crear una estructura de ubicación técnica sencilla para los equipos.

La estructura está conformada por cinco niveles jerárquicos, los cuales pertenecen al uso y localización dentro de la pirámide taxonómica. La longitud de caracteres es de catorce.

Las figuras 35 y 36 muestran un ejemplo de la estructura jerárquica dentro de la empresa en general.

Figura 36. **Estructura para un equipo sencillo**



Fuente: elaboración propia.

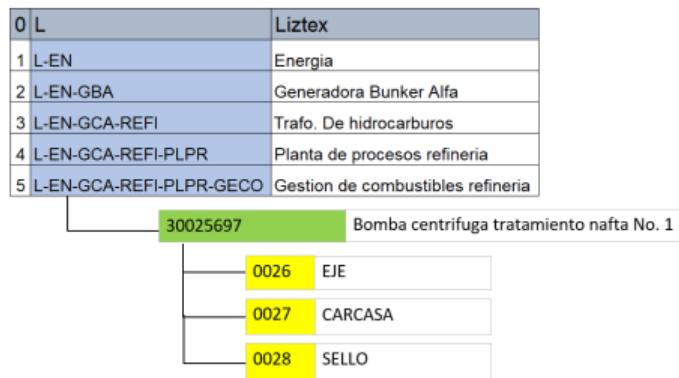
Figura 37. Ubicación técnica de la empresa



Fuente: elaboración propia.

La ubicación técnica creada en la que se trabajó dentro del módulo está representada en la figura 37.

Figura 38. Ubicación técnica de planta transformadora de hidrocarburos



Fuente: elaboración propia.

Para la recopilación de datos, se diseñó una hoja electrónica en Excel, con la estructura que muestra la tabla número XXII. La tabla muestra el rango de columnas utilizadas, campo, descripción del campo y longitud de caracteres.

**Tabla XXII. Ubicación técnica PM04**

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
A	Ubicación técnica. Maestra.	Es la ubicación general de la planta en la que se implementaran los equipos con sus respectivos mantenimientos.	14
B	Denominación	Corresponde al nombre que se le dará a la ubicación técnica.	30
C	Ubicación técnica	Es la estructura que se asignara a la ubicación según el orden jerárquico de la norma ISO 14424:2016.	14
D	Centro de coste	Departamento al que se le asigna el control del costo económico de la ubicación técnica.	8
E	Centro de planificación	El centro encargado de la gestión del mantenimiento.	4
F	Grupo de planificación	Es la nomenclatura asociada al centro de planificación.	3
G	Puesto de trabajo	Técnico encargado de realizar las actividades de mantenimiento dentro del centro de planificación seleccionado.	8

Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Plantilla de ubicaciones técnicas PM04**

	Denominación	Ubicación técnica	Centro de coste	Centro de planificación	Grupo de planificación	Puesto de trabajo
1	L-EN-GCA-REFI	ÁREA DE CARGA Y DESCARGA REFI	E-004166	E004	MECAREFI	
2	L-EN-GCA-REFI	GESTIÓN DE COMBUSTIBLES REFI	E-004167	E004	OPRE	MECAREFI
3	L-EN-GCA-REFI	GESTIÓN LUBRICANTES REFI	E-004168	E004	OPRE	MECAREFI
4	L-EN-GCA-REFI	SERVICIOS GENERALES E INFRAESTRUCT REFI	E-004169	E004	OPRE	MECAREFI
5	L-EN-GCA-REFI	SISTEMA ELECTRICO GENERAL REFI	E-004170	E004	OPRE	MECAREFI
6	L-EN-GCA-REFI	SISTEMA DE LOGOS REFI	E-004171	E004	OPRE	MECAREFI
7	L-EN-GCA-REFI	SISTEMA PRECALENTAMIENTO HFO REFI	E-004172	E004	OPRE	MECAREFI
8	L-EN-GCA-REFI	SEGURIDAD Y CONTROL REFI	E-004173	E004	OPRE	MECAREFI
9	L-EN-GCA-REFI	OFICINA PLANTA PROCESADORA REFI	E-004174	E004	OPRE	MECAREFI
10	L-EN-GCA-REFI	SERVICIOS GENERALES E INFRAESTRUCT REFI	E-004175	E004	OPRE	MECAREFI
11	L-EN-GCA-REFI	SEGURIDAD Y CONTROL REFI	E-004176	E004	OPRE	MECAREFI
12	L-EN-GCA-REFI	PLANTA DE PROCESOS REFI	E-004177	E004	OPRE	MECAREFI
13	L-EN-GCA-REFI	EQUIPOS AUXILIARES REFI	E-004178	E004	OPRE	MECAREFI
14	L-EN-GCA-REFI	GESTIÓN DE COMBUSTIBLES REFI	E-004179	E004	OPRE	MECAREFI
15	L-EN-GCA-REFI	GESTIÓN LUBRICANTES REFI	E-004180	E004	OPRE	MECAREFI
16	L-EN-GCA-REFI	SISTEMA DE AIRE DE ALTA PRESIÓN REFI	E-004181	E004	OPRE	MECAREFI
17	L-EN-GCA-REFI	SERVICIOS GENERALES E INFRAESTRUCT REFI	E-004182	E004	OPRE	MECAREFI
18	L-EN-GCA-REFI	SISTEMA ELECTRICO GENERAL REFI	E-004183	E004	OPRE	MECAREFI
19	L-EN-GCA-REFI	SISTEMA FILTRADO Y CENTRÍFUGADO HFO REFI	E-004184	E004	OPRE	MECAREFI
20	L-EN-GCA-REFI	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA REFI	E-004185	E004	OPRE	MECAREFI
21	L-EN-GCA-REFI	SEGURIDAD Y CONTROL REFI	E-004186	E004	SSO	MECAREFI
22	L-EN-GCA-REFI	SISTEMA DE FILTRADO Y CENTRÍFUGADO HFO REFI	E-004187	E004	SSO	MECAREFI
23	L-EN-GCA-REFI	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA REFI	E-004188	E004	SSO	MECAREFI
24	L-EN-GCA-REFI	SEGURIDAD Y CONTROL TRAFICO DE HIDROCAR.	E-004189	E004	SSO	MECAREFI
25	L-EN-GCA-REFI	SUBESTACION 05	E-004190	E004	SSO	MECAREFI
26	L-EN-GCA-REFI	GESTIÓN ADMINISTRATIVA	E-004191	E004	SSO	MECAREFI
27	L-EN-GCA-REFI	SUBESTACION ELECTRICA SUBS	E-004192	E004	SSO	MECAREFI
28	L-EN-GCA-REFI	SERVICIOS GENERALES E INFRAESTRUCT SUBS	E-004193	E004	SSO	MECAREFI
29	L-EN-GCA-REFI	SISTEMA ELECTRICO GENERAL SUBS	E-004194	E004	SSO	MECAREFI
30	L-EN-GCA-REFI	SEGURIDAD Y CONTROL SUBS	E-004195	E004	SSO	MECAREFI
31	L-EN-GCA-REFI	TANQUE DE ALTA PRESION REFINERIA	E-004196	E004	SSO	MECAREFI
32	L-EN-GCA-REFI	GESTIÓN DE COMBUSTIBLES REFI	E-004197	E004	SSO	MECAREFI
33	L-EN-GCA-REFI	GESTIÓN LUBRICANTES REFI	E-004198	E004	ELE	ELECTAEL
34	L-EN-GCA-REFI	SERVICIOS GENERALES E INFRAESTRUCT REFI	E-004199	E004	ELE	ELECTAEL
35	L-EN-GCA-REFI	SISTEMA ELECTRICO GENERAL REFI	E-004200	E004	ELE	ELECTAEL
36	L-EN-GCA-REFI	SISTEMA DE LOGOS REFI	E-004201	E004	ELE	ELECTAEL

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.6. Creación de catálogos de fallas principales de los equipos (PM07 SAP HANA)

Para crear catálogos en SAP, se debe de utilizar la transacción QS41 o seguir la ruta Menú SAP > Logística -> Mantenimiento -> Gestión de mantenimientos -> Entorno -> Catálogo > Tratar.

Para el desarrollo de la propuesta, se utilizaron los catálogos de parte objeto (B), síntoma de averías (C), causa de avería (5) y acción correctiva (2). El sistema SAP le asigna a cada Catálogo una letra o un carácter número.

Para la recopilación de los datos del catálogo de fallas, se diseñaron cuatro hojas electrónicas en Excel, con la estructura que muestran las tablas XXIII, XXIV, XXV y XXVI.

**Tabla XXIII. Parte objeto (B) PM07**

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
A	Catálogo	Corresponde al tipo de catálogo a crear. Este será un catálogo de partes objetos, se debe de seleccionar el tipo de catálogo B.	1
B	Perfil	Es la clase a la cual pertenece la parte objeto del equipo.	8
C	Descripción	Descripción de la clase a la cual se le asignaran las partes objetos.	40
D	ID	Es el número con el cual se identificará la pieza.	8
E	Código	Es el número con el que se identificará a la parte o pieza dentro del sistema SAP.	8
F	Parte objeto	Nombre de la parte o pieza que pertenece a la clase.	40
G	Nombre del perfil	Nombre de la clase a la que se le asignaron las partes objetos.	8

Fuente: elaboración propia.

Figura 40. Plantilla de catálogo de fallas (parte objeto B)

A	B	C	D	E	F	G	H	I
CATALOGO	PERFIL	DESCRIPCIÓN	ID	CÓD.	PARTE OBJETO	NOM. PERF.	Fecha actualizació	Solicitanti
2	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	79	0079	BARRA	PME_ACCEL	
3	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	437	0437	EJE DE TRANSMISIÓN	PME_ACCEL	
4	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	474	0474	ENGRANAJE DE BOMBA DE ACCIONAMIENTO	PME_ACCEL	
5	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	478	0478	ENGRANAJE RALENTÍ DE LA BOMBA	PME_ACCEL	
6	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	562	0562	IMÁN	PME_ACCEL	
7	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	716	0716	OTROS	PME_ACCEL	
8	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	718	0718	PALANCA DE ACCIONAMIENTO	PME_ACCEL	
9	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	735	0735	PASADOR	PME_ACCEL	
10	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	755	0755	PIEZA DE PUENTE	PME_ACCEL	
11	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	761	0761	PISTÓN ACUMULADOR	PME_ACCEL	
12	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	762	0762	PISTÓN DE PODER	PME_ACCEL	
13	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	763	0763	PISTÓN DE SALIDA COMBUSTIBLE 2DA ETAPA	PME_ACCEL	
14	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	876	0876	RESORTE DE RETROALIMENTACIÓN	PME_ACCEL	
15	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	888	0888	ROTOR	PME_ACCEL	
16	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	890	0890	ROTOR DE ENGRANAJE	PME_ACCEL	
17	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	957	0957	SELENOIDE DE PARADA	PME_ACCEL	
18	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	1098	1098	UNIÓN	PME_ACCEL	
19	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	1102	1102	VÁLVULA CHEQUE	PME_ACCEL	
20	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	1111	1111	VÁLVULA DE CIERRE DE MUELLE DE RETORNO	PME_ACCEL	
21	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	1143	1143	VÁLVULA PILOTO 2DA ETAPA	PME_ACCEL	
22	B	ACELO010	PARTE OBJETO ACTUADOR	1153	1153	VARILLA DE EMPUJE	PME_ACCEL	
23	B	ACMO0010	PARTE OBJETO ACTUADOR MOTORIZADO	210	0210	CAJA DE ENGRANAJES	PME_ACMO	
24	B	ACMO0010	PARTE OBJETO ACTUADOR MOTORIZADO	689	0689	MOTOR	PME_ACMO	
25	B	ACMO0010	PARTE OBJETO ACTUADOR MOTORIZADO	716	0716	OTROS	PME_ACMO	
26	B	ACMO0010	PARTE OBJETO ACTUADOR MOTORIZADO	1014	1014	TARJETA UNIDAD PROCESADORA DE CONTROL	PME_ACMO	
27	B	AZAZ0010	PARTE OBJETO AZUD	375	0375	CUENCA	PME_AZAZ	
28	B	AZAZ0010	PARTE OBJETO AZUD	716	0716	OTROS	PME_AZAZ	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. Síntoma de avería (C) PM07

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
A	Catálogo	Corresponde al tipo de catálogo a crear. Este será un catálogo de síntomas de avería, se debe de seleccionar el tipo de catálogo C.	1
B	Perfil	Es la clase a la cual pertenece el síntoma de aviaría.	8
C	Descripción	Descripción de la clase a la cual se le asignaran el síntoma de avería.	40
D	ID	Es el número con el cual se identificará al síntoma de avería.	8

Continuación tabla XXIV.

E	Código	Es el número con el que se identificará al síntoma de avería dentro del sistema SAP.	8
F	Síntoma de avería	Nombre del síntoma de avería.	40
G	Nombre del perfil	Nombre de la clase a la que se le asignaron los síntomas de avería.	8

Fuente: elaboración propia.

Figura 41. Plantilla de catálogo de fallas (síntomas de avería C)

CATÁLOGO	PERF.	DESCRIPCIÓN	ID	CÓD.	SÍNTOMA/AVERÍA	NOM. PERF.	FECHA ACTUALIZADO	Solicitante				
									L	M	N	O
2	C	AC1L0010	PARTÉ OBJETO ACTUADOR	472	0472	FUGA EXTERNA	PME_AC1C					
3	C	AC1L0010	PARTÉ OBJETO ACTUADOR	598	0598	NO FUNCIONA / ACTIVA	PME_AC1C					
4	C	AC1L0010	PARTÉ OBJETO ACTUADOR	642	0542	NO REGULA	PME_AC1C					
5	C	AC1L0010	PARTÉ OBJETO ACTUADOR	671	0671	OTROS	PME_AC1C					
6	C	AC1L0010	PARTÉ OBJETO ACTUADOR	678	0678	PERDIDA DE ACEITE	PME_AC1C					
7	C	AC1L0010	PARTÉ OBJETO ACTUADOR	684	0684	PERDIDA DE PRESIÓN	PME_AC1C					
8	C	AC1L0010	PARTÉ OBJETO ACTUADOR	731	0731	RUIDO	PME_AC1C					
9	C	AC1L0010	PARTÉ OBJETO ACTUADOR	778	0778	VARIACIÓN DE CARGA	PME_AC1C					
10	C	AC1L0010	PARTÉ OBJETO ACTUADOR	784	0784	VARIACIÓN DE REVOLUCIONES	PME_AC1C					
11	C	ACM000010	PARTÉ OBJETO ACTUADOR MOTORIZADO	466	0466	FUGA EN EJE	PME_ACMO					
12	C	ACM000010	PARTÉ OBJETO ACTUADOR MOTORIZADO	469	0469	FUGA EN SELLO	PME_ACMO					
13	C	ACM000010	PARTÉ OBJETO ACTUADOR MOTORIZADO	563	0563	NO ABRE / NO CIERRA	PME_ACMO					
14	C	ACM000010	PARTÉ OBJETO ACTUADOR MOTORIZADO	671	0671	OTROS	PME_ACMO					
15	C	AZ420010	PARTÉ OBJETO AZUD	666	0666	OBSTRUCCIÓN / RESTRICCIÓN	PME_AZAZ					
16	C	AZ420010	PARTÉ OBJETO AZUD	671	0671	OTROS	PME_AZAZ					
17	C	BLAX0010	PARTÉ OBJETO VENTILADOR AXIAL	78	0078	ALTA TEMPERATURA	PME_BLAX					
18	C	BLAX0010	PARTÉ OBJETO VENTILADOR AXIAL	162	0162	COLAPSO	PME_BLAX					
19	C	BLAX0010	PARTÉ OBJETO VENTILADOR AXIAL	251	0251	DISPARO DE MOTOR	PME_BLAX					
20	C	BLAX0010	PARTÉ OBJETO VENTILADOR AXIAL	671	0671	OTROS	PME_BLAX					
21	C	BLAX0010	PARTÉ OBJETO VENTILADOR AXIAL	731	0731	RUIDO	PME_BLAX					
22	C	BLAX0010	PARTÉ OBJETO VENTILADOR AXIAL	798	0786	VARIACIÓN DE VELOCIDAD	PME_BLAX					
23	C	BLAX0010	PARTÉ OBJETO VENTILADOR AXIAL	791	0791	VIBRACIÓN EXCESIVA	PME_BLAX					
24	C	BLAX0010	PARTÉ OBJETO VENTILADOR AXIAL	756	0756	SUCIEDAD	PME_BLAX					
25	C	B55C0010	PARTÉ OBJETO BASCULA DE BACHEO	182	0182	COLAPSO	PME_B5SC					
26	C	B55C0010	PARTÉ OBJETO BASCULA DE BACHEO	191	0191	DEFICIENCIA ESTRUCTURAL	PME_B5SC					
27	C	B55C0010	PARTÉ OBJETO BASCULA DE BACHEO	388	0388	FAILA EN EL ARRANQUE	PME_B5SC					
28	C	B55C0010	PARTÉ OBJETO BASCULA DE BACHEO	394	0394	FALSA PARADA	PME_B5SC					
29	C	B55C0010	PARTÉ OBJETO BASCULA DE BACHEO	475	0475	FUGA EXTERNA – MEDIO DE SERVICIO	PME_B5SC					
30	C	B55C0010	PARTÉ OBJETO BASCULA DE BACHEO	523	0523	LECTURA INCORRECTA	PME_B5SC					
31	C	B55C0010	PARTÉ OBJETO BASCULA DE BACHEO	546	0546	MEDICIÓN DE PESO INCORRECTO	PME_B5SC					
32	C	B55C0010	PARTÉ OBJETO BASCULA DE BACHEO	564	0564	NO ABRE Y NO CIERRA EL CILINDRO / TARA	PME_B5SC					
33	C	B55C0010	PARTÉ OBJETO BASCULA DE BACHEO	626	0626	NO GIRA LA BANDA	PME_B5SC					
34	C	B55C0010	PARTÉ OBJETO BASCULA DE BACHEO	635	0635	NO PARA	PME_B5SC					
35	C	B55C0010	PARTÉ OBJETO BASCULA DE BACHEO	671	0671	OTROS	PME_B5SC					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Causas de avería (5) PM07

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
A	Catálogo	Corresponde al tipo de catálogo a crear. Este será un catálogo de causa de avería, se debe de seleccionar el tipo de catálogo 5.	1
B	Perfil	Es la clase a la cual pertenece la causa de avería.	8
C	Descripción	Descripción de la clase a la cual se le asignaran la causa de avería.	40
D	ID	Es el número con el cual se identificará la causa de avería.	8
E	Código	Es el número con el que se identificará la causa de avería dentro del sistema SAP.	8
F	Causa de avería	Nombre de la causa de avería.	40
G	Nombre del perfil	Nombre de la clase a la que se le asignaron las causas de avería.	8

Fuente: elaboración propia.

Figura 42. Plantilla de catálogo de fallas (causa de avería 5)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
CATALOGO	PERFIL	DESCRIPCION	ID	CÓD.	CAUSA AVERIA	NOM. PERFIL	FECHA ACTUALIZACION	Sustituye					
2	5	ACEL0010	PARTE OBJETO ACTUADOR	75	0075	CORTADO EN EXTRUZNAE	PME_ACEL						
3	5	ACEL0000	PARTE OBJETO ACTUADOR	103	0113	DESESTE EN EXTRUZNAE	PME_ACEL						
4	5	ACEL0010	PARTE OBJETO ACTUADOR	259	0159	FALLA DE BOOSTER	PME_ACEL						
5	5	ACEL0010	PARTE OBJETO ACTUADOR	267	0267	FALLA DE CABLE	PME_ACEL						
6	5	ACEL0010	PARTE OBJETO ACTUADOR	296	0296	FALLA DE COMPIERTA	PME_ACEL						
7	5	ACEL0010	PARTE OBJETO ACTUADOR	304	0304	FALLA DE CONTROLADOR	PME_ACEL						
8	5	ACEL0010	PARTE OBJETO ACTUADOR	326	0326	FALLA DE EJE	PME_ACEL						
9	5	ACEL0010	PARTE OBJETO ACTUADOR	333	0333	FALLA DE ENGRANAJE	PME_ACEL						
10	5	ACEL0010	PARTE OBJETO ACTUADOR	413	0413	FALLA DE REPUESTO	PME_ACEL						
11	5	ACEL0010	PARTE OBJETO ACTUADOR	423	0423	FALLA DE ROTOR	PME_ACEL						
12	5	ACEL0010	PARTE OBJETO ACTUADOR	425	0425	FALLA DE SENSOR	PME_ACEL						
13	5	ACEL0010	PARTE OBJETO ACTUADOR	464	0464	FALLA DE TUBERIA	PME_ACEL						
14	5	ACEL0010	PARTE OBJETO ACTUADOR	581	0581	INCORRECTA CALIBRACION	PME_ACEL						
15	5	ACM00010	PARTE OBJETO ACTUADOR MOTORIZADO	8	0008	ALINEACION INCORRECTA	PME_ACMO						
16	5	ACM00010	PARTE OBJETO ACTUADOR MOTORIZADO	197	0197	ERROR DE ACTIVACION DE TORQUE	PME_ACMO						
17	5	ACM00010	PARTE OBJETO ACTUADOR MOTORIZADO	232	0232	FALLA DE ALIMENTACION	PME_ACMO						
18	5	ACM00010	PARTE OBJETO ACTUADOR MOTORIZADO	274	0274	FALLA DE CAJA	PME_ACMO						
19	5	ACM00010	PARTE OBJETO ACTUADOR MOTORIZADO	383	0383	FALLA DE MOTOR	PME_ACMO						
20	5	ACM00010	PARTE OBJETO ACTUADOR MOTORIZADO	433	0433	FALLA DE SEÑAL DE MANDO	PME_ACMO						
21	5	ACM00010	PARTE OBJETO ACTUADOR MOTORIZADO	446	0446	FALLA DE TARJETA DE CONTROL	PME_ACMO						
22	5	AZA20010	PARTE OBJETO AZUD	19	0019	AUSTE INCORRECTO	PME_AZAZ						
23	5	AZA20010	PARTE OBJETO AZUD	24	0024	ALINEACION INCORRECTA	PME_AZAZ						
24	5	AZA20010	PARTE OBJETO AZUD	42	0042	ARRANCO INCORRECTO	PME_AZAZ						
25	5	AZA20010	PARTE OBJETO AZUD	68	0068	BALANCEO INCORRECTO	PME_AZAZ						
26	5	AZA20010	PARTE OBJETO AZUD	73	0073	CAMBIO INCORRECTO	PME_AZAZ						
27	5	AZA20010	PARTE OBJETO AZUD	101	0101	CORTADO	PME_AZAZ						
28	5	AZA20010	PARTE OBJETO AZUD	129	0129	DESEMBRADO INCORRECTO	PME_AZAZ						
29	5	AZA20010	PARTE OBJETO AZUD	142	0142	DESCARGA INCORRECTA	PME_AZAZ						
30	5	AZA20010	PARTE OBJETO AZUD	144	0144	DESCONECTADO	PME_AZAZ						
31	5	AZA20010	PARTE OBJETO AZUD	171	0171	DESINSTALACION	PME_AZAZ						

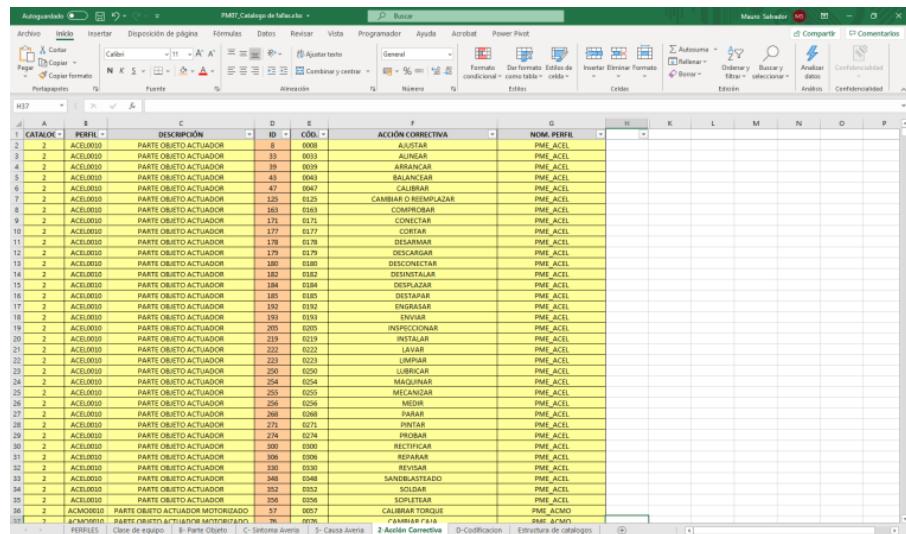
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Acción correctiva (2) PM07

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
A	Catálogo	Corresponde al tipo de catálogo a crear. Este será un catálogo de acción correctiva, se debe de seleccionar el tipo de catálogo 2.	1
B	Perfil	Es la clase a la cual pertenece la acción correctiva.	8
C	Descripción	Descripción de la clase a la cual se le asignaran la acción correctiva.	40
D	ID	Es el número con el cual se identificará la acción correctiva.	8
E	Código	Es el número con el que se identificará la acción correctiva dentro del sistema SAP.	8
F	Causa de avería	Nombre de la acción correctiva.	40
G	Nombre del perfil	Nombre de la clase a la que se le asignaron las acciones correctivas.	8

Fuente: elaboración propia.

Figura 43. Plantilla de catálogo de fallas (acción correctiva 2)



CATEGORÍA	ID	DESCRIPCIÓN	ID	CÓDIGO	ACIÓN CORRECTIVA	NOMBRE PERFIL
2	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	30	0000	ANSTAR	PMF_ACEL
3	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	31	0033	ALINEAR	PMF_ACEL
4	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	39	0039	ABRIRCAR	PMF_ACEL
5	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	41	0043	BALANCEAR	PMF_ACEL
6	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	43	0040	BLANQUEAR	PMF_ACEL
7	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	125	0125	CAMBiar o REEMPLAZAR	PMF_ACEL
8	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	163	0163	CAMBIAR o REEMPLAZAR	PMF_ACEL
9	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	171	0171	CONECTAR	PMF_ACEL
10	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	177	0175	DESEMPAÑAR	PMF_ACEL
11	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	178	0176	DESARMAR	PMF_ACEL
12	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	179	0179	DESCARGAR	PMF_ACEL
13	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	180	0180	DESCONECTAR	PMF_ACEL
14	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	181	0181	DESEMPAÑAR	PMF_ACEL
15	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	182	0182	DESPALZAR	PMF_ACEL
16	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	185	0185	DESTAPAR	PMF_ACEL
17	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	192	0192	ENGRASAR	PMF_ACEL
18	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	193	0193	ENVIAR	PMF_ACEL
19	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	200	0200	INFORMAR	PMF_ACEL
20	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	219	0215	INSTALAR	PMF_ACEL
21	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	222	0222	LAVAR	PMF_ACEL
22	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	223	0223	LIJAR	PMF_ACEL
23	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	229	0259	USCIR	PMF_ACEL
24	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	254	0254	MAQUINAR	PMF_ACEL
25	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	255	0255	MECANIZAR	PMF_ACEL
26	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	256	0256	MEDIR	PMF_ACEL
27	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	269	0269	PARAR	PMF_ACEL
28	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	273	0273	PHYRAR	PMF_ACEL
29	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	274	0274	PROBAR	PMF_ACEL
30	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	300	0300	RECTIFICAR	PMF_ACEL
31	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	300	0300	REPARAR	PMF_ACEL
32	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	330	0330	REVISAR	PMF_ACEL
33	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	348	0348	SANDBLASTEADO	PMF_ACEL
34	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	352	0352	SOLDAR	PMF_ACEL
35	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	355	0356	SOPLTEAR	PMF_ACEL
36	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	356	0357	TRABAJAR	PMF_ACEL
37	2	PARTE OBJETO ACTUADOR	370	0367	GRABAR	PMF_ACEL
		ACLM0010 PARTE OBJETO ACTUADOR ACTUADORES	76	0676	PMF_ACMO	

Fuente: elaboración propia.

### **3.1.7. Creación de hojas de ruta para equipos (PM08 SAP HANA)**

Para crear hojas de ruta en SAP, se debe de utilizar la transacción IA05 o seguir la ruta Menú SAP > logística -> mantenimiento -> mantenimiento planificado -> hoja de ruta -> para equipo > crear.

Para poder crear las hojas de ruta, se creó anteriormente los procesos PM01, PM02, PM03, PM04, PM05 y PM07.

Para la recopilación de datos, se diseñó una hoja electrónica en Excel, con la estructura que muestra la tabla número XXVII. La tabla muestra el rango de columnas utilizadas, campo, descripción del campo y longitud de caracteres.

**Tabla XXVII. Hojas de ruta PM08**

<b>Columna</b>	<b>Campo</b>	<b>Descripción del campo</b>	<b>Longitud</b>
A	Selección de estrategia	Estrategia es el plan de mantenimiento, este puede estar dividida en actividad de: tiempo, cantidad operacional y kilómetros.  Ejemplo:  ESTHRO= ESTRATEGIA HORA LIZTEX	6
B	Contador de grupo de hoja de ruta	Indica el tipo de hoja de ruta que se utilizará, debido a que en un equipo se pueden realizar diversos mantenimientos, el contador indicará cuál de estos mantenimientos se encontrara en acción.	40

Continuación tabla XXVII.

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
		Ejemplo:  El mantenimiento a un contador de galones por la parte de calibración y su mantenimiento por medio de la parte eléctrica.	
C	Centro de planificación	Centro que se encarga de la gestión del mantenimiento al equipo.	4
D	Puesto de trabajo	Personal a cargo en realizar las actividades de mantenimiento al equipo.	8
E	Utilización	Es la estructura que tendrá la hoja de ruta dentro del módulo, en este caso es el número 4, este número indica mantenimiento.	1
F	Grupo de planificación	Nomenclatura que está asociada al centro de planificación.	3
G	Estatus	Situación en la que se encuentra la hoja de ruta dentro de la estrategia de mantenimiento, en este caso se debe de seleccionar el número 4, este número indica una liberación general, y con esto la hoja de ruta que libre dentro del sistema para utilizarse en la estrategia seleccionada.	1
H	Estado instalación	Es la forma en la que se puede realizar el mantenimiento. Estas formas pueden variar,	1

Continuación tabla XXVII.

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
		debido que los mantenimientos en los equipos se pueden realizar con el equipo en funcionamiento o fuera de servicio. En el módulo se puede seleccionar entre 0 que es fuera de servicio o 1 que es en funcionamiento.	
I	Descripción de operación	Es el nombre del tipo de mantenimiento que se le realizará al equipo seleccionado.	40
J	Texto	Son los pasos detallados que describen la operación de mantenimiento seleccionada. Dentro del texto se pueden colocar imágenes, manuales, otros.	No definido
K	Unidad	La unidad en la que está trabajando la estrategia de mantenimiento seleccionada.	3
L	Cantidad de personas	Cantidad de personas que se va a utilizar para la actividad de mantenimiento	3
M	Duración	Tiempo individual que se tomara cada técnico en realizar la tarea de mantenimiento asignada. La duración se obtiene al dividir el número de personas dentro del trabajo.	3
N	Trabajo	Tiempo en que se llevará	

Continuación tabla XXVII.

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
		a cabo la actividad de mantenimiento.	

Fuente: elaboración propia.

Figura 44. Plantilla Hojas de ruta PM08

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.8. Asignación de repuestos (PM09 SAP HANA)

Para crear una lista de repuestos en SAP, se debe de utilizar la transacción IB01 o seguir la ruta Menú SAP -> logística > mantenimiento > gestión de objetos técnicos > lista de materiales > lista de materiales para equipo > crear.

El número de componente de cada repuesto es generado por medio del módulo MM del sistema SAP. Al realizar la lista de repuestos se utilizó el número de componente que ya se ha genera posteriormente por dicho módulo.

Para la recopilación de datos, se diseñaron treinta hojas electrónicas en Excel. La estructura de cada hoja es la misma que se representa en la tabla número XXVII. La tabla muestra el rango de columnas utilizadas, campo, descripción del campo y longitud de caracteres.

**Tabla XXVIII. Repuestos e insumos PM09**

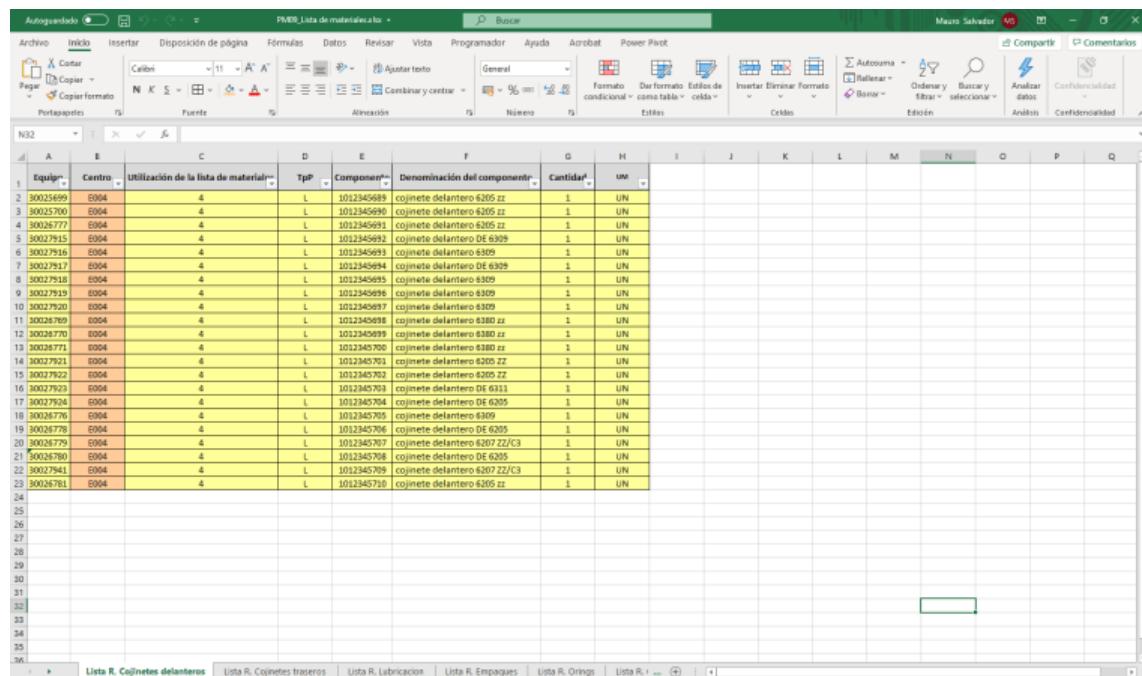
Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
A	Equipo	Es el número que el sistema SAP le asigna al equipo.	8
B	Centro	Es el centro al que se le relacionara los repuestos e insumos.	4
C	Utilización de la lista de materiales	Se debe ingresar el número 4, este número está relacionado con el área de mantenimiento.	1
D	Tipo de posición (TpP)	En tipo de posición se debe de ingresar la letra L. La letra L está relacionada al área de almacén dentro del sistema SAP.	1
E	Componente	Es el número de material que el sistema SAP le asigna al material. El número de material lo general el módulo MM de SAP.	8
F	Denominación componente	Contiene una breve descripción del material.	40

Continuación tabla XXVIII.

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
G	Cantidad	La cantidad de repuestos que se utilizarán.	6
G	Unidad de medida (UM)	Unidad de medida del componente. Ej. UN (unidades), GL (galón), otros.	2

Fuente: elaboración propia.

Figura 45. Plantilla para asignación de repuestos e insumos PM09



Equipo	Centro	Utilización de la lista de materiales	TpP	Componente	Denominación del componente	Cantidad	UM
2 30035499	E004	4	L	10123405699	cojinete delantero 6305 zz	1	UN
3 30035700	E004	4	L	10123405699	cojinete delantero 6305 zz	1	UN
4 30036777	E004	4	L	10123405691	cojinete delantero 6305 zz	1	UN
5 30027915	E004	4	L	10123405693	cojinete delantero DE 6309	1	UN
6 30027916	E004	4	L	10123405693	cojinete delantero 6309	1	UN
7 30027917	E004	4	L	10123405694	cojinete delantero DE 6309	1	UN
8 30027918	E004	4	L	10123405693	cojinete delantero 6309	1	UN
9 30027919	E004	4	L	10123405694	cojinete delantero 6309	1	UN
10 30027920	E004	4	L	10123405697	cojinete delantero 6309	1	UN
11 30028769	E004	4	L	10123405698	cojinete delantero 6300 zz	1	UN
12 30028770	E004	4	L	10123405699	cojinete delantero 6300 zz	1	UN
13 30028771	E004	4	L	1012340700	cojinete delantero 6300 zz	1	UN
14 30027921	E004	4	L	1012340701	cojinete delantero 6205 zz	1	UN
15 30027922	E004	4	L	1012340702	cojinete delantero 6205 zz	1	UN
16 30027923	E004	4	L	1012340703	cojinete delantero DE 6311	1	UN
17 30027924	E004	4	L	1012340704	cojinete delantero DE 6305	1	UN
18 30036776	E004	4	L	1012340705	cojinete delantero 6309	1	UN
19 30036778	E004	4	L	1012340706	cojinete delantero DE 6305	1	UN
20 30036779	E004	4	L	1012340707	cojinete delantero 6207 22/C3	1	UN
21 30026780	E004	4	L	1012340708	cojinete delantero DE 6205	1	UN
22 30027941	E004	4	L	1012340709	cojinete delantero 6207 22/C3	1	UN
23 30026781	E004	4	L	1012340710	cojinete delantero 6305 zz	1	UN

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.9. Creación de puntos de medida (PM10 SAP HANA)

Para crear puntos de medida en SAP, se debe de utilizar la transacción IK01 o seguir la ruta Menú SAP -> Gestión de Objetos técnicos -> Contadores/Puntos medida -> Crear.

En la creación de puntos de medida en el apartado de Obj.pto.medida, se tomó únicamente la sección de IEQ, la cual pertenece a la denominación de equipo. Existe también la sección de IFL, la cual pertenece a la denominación de equipo por ubicación técnica.

Para la recopilación de datos, se diseñó una hoja electrónica en Excel, con la estructura que muestra la tabla número XXIX. La tabla muestra el rango de columnas utilizadas, campo, descripción del campo y longitud de caracteres.

Tabla XXIX. Puntos de medida PM10

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
A	Ob.pto. medida	Es la restricción que se le asignara al punto de medida; en nuestro caso se seleccionara la sección IEQ, la cual hace referencia a equipo.	3
B	Equipo	Es la denominación o código que SAP le asigna al equipo dentro del módulo PM,	8
C	Denominación	Nombre del equipo seleccionado.	40
D	Tp.objeto	Hace referencia a la asignación de clase que tiene el equipo dentro de SAP.	6

Continuación tabla XXIX.

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
E	Punto de medida	Número que se le asigna al punto de medida, si el punto de medida está bajo parámetros de tiempo como minutos, horas, días, semanas, meses y años es necesario que se coloque como contador,	5
F	Posición de medida	Corresponde al lugar o equipo al que se le realizar la medición.	40
G	Característica	Son las descripciones del tipo de punto de medición. Estas características tienen relación con las unidades del sistema que se esté trabajando y el número de decimales que deben de llevar las unidades.	40
H	Actividad Anual	Es la relación de trabajo del equipo en el proceso, un ejemplo de esto sería si dicho equipo trabaja las 24 horas al día los 7 días de la semana. El equipo tendrá una actividad anual de 8,760 horas.	4
I	Unidad	Unidad en la que se indica un valor de característica numérica.	6
J	Decimales	Unidad de decimales que tendrá la unida.	2

Fuente: elaboración propia.

Figura 46. Plantilla de punto de medición PM10

Objeto.medida	Equipo	Denominación	Tp.objeto	Punto de medida	Posición de medida	Denominación	Características	Actividad an	Unid	Decimales
2 IEQ 30026725	BOMBA CENTRIFUGA CARGA FO B17	PME_PU	84	BOMBA CENTRIFUGA CARGA FO B17	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
3 IEQ 30026726	BOMBA CENTRIFUGA CARGA FO B18	PME_PU	84	BOMBA CENTRIFUGA CARGA FO B18	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
4 IEQ 30026728	BOMBA CENTRIFUGA CARGA RECH FO B16	PME_PU	84	BOMBA CENTRIFUGA CARGA RECH FO B16	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
5 IEQ 30026730	BOMBA CENTRIFUGA DEST-ETA B14	PME_PU	84	BOMBA CENTRIFUGA DEST-ETA B14	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
6 IEQ 30026731	BOMBA CENTRIFUGA DEST-VAP-ETA B08	PME_PU	84	BOMBA CENTRIFUGA DEST-VAP-ETA B08	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
7 IEQ 30026735	BOMBA CENTRIFUGA INVEC-ETA B15	PME_PU	84	BOMBA CENTRIFUGA INVEC-ETA B15	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
8 IEQ 30026736	BOMBA CENTRIFUGA LAV DISEÑO SODA CA B13	PME_PU	84	BOMBA CENTRIFUGA LAV DISEÑO SODA CA B13	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
9 IEQ 30026737	BOMBA CENTRIFUGA LAV DISEÑO SODA CA B14	PME_PU	84	BOMBA CENTRIFUGA LAV DISEÑO SODA CA B14	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
10 IEQ 30026741	BOMBA CENTRIFUGA RECICLACION-NFTA B07	PME_PU	84	BOMBA CENTRIFUGA RECICLACION-NFTA B07	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
11 IEQ 30025697	BOMBA CENTRIFUGA TRATAMIENTO NFTA NO. 1	PME_PU	84	BOMBA CENTRIFUGA TRATAMIENTO NFTA NO. 1	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
12 IEQ 30025698	BOMBA CENTRIFUGA TRATAMIENTO NFTA NO. 2	PME_PU	84	BOMBA CENTRIFUGA TRATAMIENTO NFTA NO. 2	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
13 IEQ 30026729	BOMBA DE ENGRANAJE CIR KEROSENE B11	PME_PU	84	BOMBA DE ENGRANAJE CIR KEROSENE B11	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
14 IEQ 30026732	BOMBA DE ENGRANAJE HFO B03	PME_PU	84	BOMBA DE ENGRANAJE HFO B03	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
15 IEQ 30026733	BOMBA DE ENGRANAJE HFO TAN. ALI B03	PME_PU	84	BOMBA DE ENGRANAJE HFO TAN. ALI B03	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
16 IEQ 30026734	BOMBA DE ENGRANAJE HFO TAN. ALI B01	PME_PU	84	BOMBA DE ENGRANAJE HFO TAN. ALI B01	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
17 IEQ 30026724	BOMBA DIAPRAGMA AUXILIAR DE ACIDO B20	PME_PU	84	BOMBA DIAPRAGMA AUXILIAR DE ACIDO B20	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
18 IEQ 30026727	BOMBA ROTATIVA CARGA FO B19	PME_PU	84	BOMBA ROTATIVA CARGA FO B19	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
19 IEQ 30026737	BOMBA ROTATIVA DIESEL ACIDO B21	PME_PU	84	BOMBA ROTATIVA DIESEL ACIDO B21	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
20 IEQ 30026738	BOMBA ROTATIVA DIESEL ACIDO B22	PME_PU	84	BOMBA ROTATIVA DIESEL ACIDO B22	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
21 IEQ 30026739	BOMBA ROTATIVA DIESEL ACIDO B23	PME_PU	84	BOMBA ROTATIVA DIESEL ACIDO B23	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
22 IEQ 30026764	CALDERA ELECTRICA ETANOL C01	PME_HB	84	CALDERA ELECTRICA ETANOL C01	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
23 IEQ 30026742	CALEFACTOR CON CALENTAMIENTO DIREC HFO	PME_HB	84	CALEFACTOR CON CALENTAMIENTO DIREC HFO	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
24 IEQ 30011899	CARGADOR DE BATERIAS 125VDC BLOD 3	PME_EA	84	CARGADOR DE BATERIAS 125VDC BLOD 3	PM_CORRIENTE_PCONSUMO	CORRIENTE PUNTO DE CONSUMO		A	2	
25 IEQ 30026766	COLMADORA DE DESAGUE HFO	PME_SW	84	COLMADORA DE DESAGUE HFO	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
26 IEQ 30026743	CONDENSADOR DE AGUA HFO	PME_HC	84	CONDENSADOR DE AGUA HFO	PM_COLONIA_HORNOMETRO	CONDENSADOR DE AGUA HFO	8760	A	2	
27 IEQ 30026744	CONDENSADOR NFTA COND1	PME_HE	84	CONDENSADOR NFTA COND1	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
28 IEQ 30026774	DEPU CULCIR RECT H GAS LLAMA-SEGU TD01	PME_VE	84	DEPU CULCIR RECT H GAS LLAMA-SEGU TD01	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
29 IEQ 30026748	DEPU CULCIR RECT V GAS LLAMA-SEGU TD02	PME_VE	84	DEPU CULCIR RECT V GAS LLAMA-SEGU TD02	PM_HORNOMETRO	HORNOMETRO DE TRABAJO	8760	h	2	
30 IEQ 30026745	ESMERIL ELECTRICO 08	PME_TO	84	ESMERIL ELECTRICO 08	PM_CORRIENTE_PCONSUMO	CORRIENTE PUNTO DE CONSUMO	8760	A	2	
31 IEQ 30026642	EXTINGUIDOR 191 POS 125LB	PME_FF	137	EXTINGUIDOR 191 POS 125LB	PM_PRESION_PSI	PRESION PSI	8760	psi	2	
32 IEQ 30026634	EXTINGUIDOR 191 POS 125LB	PME_FF	137	EXTINGUIDOR 191 POS 125LB	PM_PRESION_PSI	PRESION PSI	8760	psi	2	
33 IEQ 30026635	EXTINGUIDOR 192 POS 20LB	PME_FF	137	EXTINGUIDOR 192 POS 20LB	PM_PRESION_PSI	PRESION PSI	8760	psi	2	
34 IEQ 30026636	EXTINGUIDOR 193 POS 125LB	PME_FF	137	EXTINGUIDOR 193 POS 125LB	PM_PRESION_PSI	PRESION PSI	8760	psi	2	
35 IEQ 30026637	EXTINGUIDOR 194 POS 10LB	PME_FF	137	EXTINGUIDOR 194 POS 10LB	PM_PRESION_PSI	PRESION PSI	8760	psi	2	
36 IEQ 30026638	EXTINGUIDOR 195 CO2 10LB	PME_FF	137	EXTINGUIDOR 195 CO2 10LB	PM_PRESION_PSI	PRESION PSI	8760	psi	2	
37 IEQ 30026639	EXTINGUIDOR 196 POS 10LB	PME_FF	137	EXTINGUIDOR 196 POS 10LB	PM_PRESION_PSI	PRESION PSI	8760	psi	2	
38 IEQ 30026640	EXTINGUIDOR 197 POS 20LB	PME_FF	137	EXTINGUIDOR 197 POS 20LB	PM_PRESION_PSI	PRESION PSI	8760	psi	2	
39 IEQ 30026641	EXTINGUIDOR 198 CO2 50LB	PME_FF	137	EXTINGUIDOR 198 CO2 50LB	PM_PRESION_PSI	PRESION PSI	8760	psi	2	
40 IEQ 30026642	EXTINGUIDOR 199 POS 20LB	PME_FF	137	EXTINGUIDOR 199 POS 20LB	PM_PRESION_PSI	PRESION PSI	8760	psi	2	
41 IEQ 30026643	EXTINGUIDOR 200 POS 20LB	PME_FF	137	EXTINGUIDOR 200 POS 20LB	PM_PRESION_PSI	PRESION PSI	8760	psi	2	
42 IEQ 30026644	EXTINGUIDOR 201 POS 125LB	PME_FF	137	EXTINGUIDOR 201 POS 125LB	PM_PRESION_PSI	PRESION PSI	8760	psi	2	
43 IEQ 30026645	EXTINGUIDOR 202 POS 125LB	PME_FF	137	EXTINGUIDOR 202 POS 125LB	PM_PRESION_PSI	PRESION PSI	8760	psi	2	

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.10. Creación de documentos de medida (PM11 SAP HANA)

Para crear documentos de medición en SAP, se debe de utilizar la transacción IK11 o seguir la ruta Menú SAP > logística -> mantenimiento -> gestión de mantenimiento -> notificación -> documentos de medición -> crear.

Los documentos de medición se deben de actualizar diariamente en el sistema.

Para la recopilación de datos, se diseñó una hoja electrónica en Excel, con la estructura que muestra la tabla número XXX. La tabla muestra el rango de columnas utilizadas, campo, descripción del campo y longitud de caracteres.

Tabla XXX. **Documentos de medición PM10**

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
A	Equipo	Es la denominación o código que SAP le asigna al equipo dentro del módulo PM.	8
B	Punto de medida	Es el número que se asignó al punto de medida.	5
C	Posición de medida	Es el número asociado al punto de medida creado, a dicho punto se le asociara el documento de medición por crear.	5
D	Documento de medición	Orden de correlativo de documentos de medición	5
E	Fecha de medición	Es la fecha en la que se creó el documento de medición. Debe tener el formato DD.MM.AAAA o DD/MM/AAAA.	8
F	Hora medición	Es la hora en la que se realizó el documento de medición. Debe tener el formato HH:MM:SS o HH.MM.SS.	8
G	Características	Es referente a la característica del punto de medida.	40
H	Diferencia	Es el valor cuantificable del punto de medición.	8
I	Unidades	Unidad en la que se indica un valor de característica numérico.	6

Fuente: elaboración propia.

Figura 47. Plantilla de documentos de medición PM11

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Equip	Posición de medida	Punto de medida	Documento de medición	Fecha de medición	hora medición	Características	Diferencia	Unidad			
2	30026725	BOMBA CENTRIFUGA CARGA FO B17	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
3	30026726	BOMBA CENTRIFUGA CARGA FO B18	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
4	30026728	BOMBA CENTRIFUGA CARGA RECOR FO B36	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
5	30026729	BOMBA CENTRIFUGA DEST-ETA B14	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
6	30026731	BOMBA CENTRIFUGA DEST-VAP-ETA B08	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
7	30026735	BOMBA CENTRIFUGA INYEL-ETA B15	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
8	30026736	BOMBA CENTRIFUGA LAV DIESEL SODA CA B13	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
9	30026740	BOMBA CENTRIFUGA LAVADO NAFTA B12	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
10	30026741	BOMBA CENTRIFUGA RECIRCULACION NAFTA B07	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
11	30026745	BOMBA CENTRIFUGA TRATAMIENTO NAFTA NO. 1	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
12	30026746	BOMBA CENTRIFUGA TRATAMIENTO NAFTA NO. 2	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
13	30026747	BOMBA DE ENGRANAJE CIR BEROGENE B11	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
14	30026752	BOMBA DE ENGRANAJE HID ALI B02	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
15	30026773	BOMBA DE ENGRANAJE HID ALI DIREC B03	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
16	30026774	BOMBA DE ENGRANAJE HID TAN ALI B04	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
17	30026775	BOMBA DIATRAGMA AUXILIAR DE ACIDO B20	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
18	30026777	BOMBA ROTATIVA CARGA FO B18	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
19	30026777	BOMBA ROTATIVA DIESEL ACIDO B21	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
20	30026778	BOMBA ROTATIVA DIESEL ACIDO B22	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
21	30026779	BOMBA ROTATIVA DIESEL ACIDO B23	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
22	30026780	CALDERA ELECTRICA ETANOL CO2	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
23	30026782	CALEFACTOR CON CALENTAMIENTO DIREC HFO	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
24	30011899	CARGADOR DE BATERIAS 12VDC BLOQ 3	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
25	30026783	COLUMNA DE DESTILACION HFO	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
26	30026783	COMPUTADORA 20 REFINERIA	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
27	30026784	CONDENSADOR NAFTA CON05	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
28	30026774	DEPU CILCIR REC1 Y GAS LLAMA-SEGU T001	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
29	30027943	DEPU CILCIR REC1 Y GAS LLAMA-SEGU T002	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA			kg/m <sup>2</sup>			
30	30026745	ESMERIL ELECTRICO B8	B6	1	1/01/2020	PM_INERICA	0	0	0			
31	30026653	EXTINGUIDOR 190 CO2 10LB	139	1	1/01/2020	PM_RECORRIDO_MM			mm			
32	30026653	EXTINGUIDOR 191 PQS 125LB	139	1	1/01/2020	PM_RECORRIDO_MM			mm			
33	30026653	EXTINGUIDOR 192 PQS 120LB	139	1	1/01/2020	PM_RECORRIDO_MM			mm			
34	30026653	EXTINGUIDOR 193 PQS 125LB	139	1	1/01/2020	PM_RECORRIDO_MM			mm			
35	30026657	EXTINGUIDOR 194 PQS 100LB	139	1	1/01/2020	PM_RECORRIDO_MM			mm			
36	30026658	EXTINGUIDOR 195 CO2 10LB	139	1	1/01/2020	PM_RECORRIDO_MM			mm			
37	30026659	EXTINGUIDOR 196 CO2 20LB	139	1	1/01/2020	PM_RECORRIDO_MM			mm			

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.11. Propuesta del plan de mantenimiento preventivo (basado en tiempo) simple (PM12 SAP HANA)

Para crear un plan de mantenimiento en SAP, se debe de utilizar la transacción IP42 o seguir la ruta Menú SAP > logística -> mantenimiento -> mantenimiento planificado-> planificación de mantenimiento -> planes de mantenimiento preventivo -> plan de estrategia > crear.

En la figura 48 se muestra las estrategias de mantenimiento disponibles dentro del módulo PM del sistema. La propuesta está basada en un plan de mantenimiento preventivo de tiempo simple. Por lo tanto, se utilizó la estrategia ESTTMRP = ESTRATEGIA TIEMPO LIZTEX.

Figura 48. **Estrategias de mantenimiento**

Estrategia	Texto breve
ESTHRO	Estrategia Horas LIZTEX
ESTKMS	Estrategia Kilometros LIZTEX
ESTTMP	Estrategia Tiempo LIZTEX
ESTCOP	Estrategia Cantidad de operaciones LIZTEX

Fuente: elaboración propia.

La figura 49 muestra el tipo de ciclo que tiene la estrategia y la descripción de este.

Figura 49. **Tipo de ciclo de estrategia**

Estrategia	Ciclo	Descripción ciclo
ESTTMP	1D	Diario
ESTTMP	2D	Cada 2 Días
ESTTMP	7D	Semanal
ESTTMP	15	Quincenal
ESTTMP	1M	Mensual
ESTTMP	2M	Bimestral
ESTTMP	3M	Trimestral
ESTTMP	4M	Cuatrimestral
ESTTMP	6M	Semestral
ESTTMP	8M	Octamestral
ESTTMP	1A	Anual
ESTTMP	2A	Bianual
ESTTMP	3A	Triannual
ESTTMP	4A	Cuatrienio
ESTTMP	5A	Quinquenal
ESTTMP	6A	Sexenio
ESTTMP	7A	Septenio
ESTTMP	8A	Octenio
ESTTMP	10	Diez Años

Fuente: elaboración propia.

Cada equipo está constituido por frecuencias de mantenimiento diferente. Dichas frecuencias cuentan con tres niveles en los que se indica el tipo de mantenimiento que se debe de realizar.

En las figuras 50 y 51 se muestran la frecuencia en niveles y la descripción de cada nivel con el que operan los intercambiadores de calor en la planta.

**Figura 50. Frecuencia de mantenimiento intercambiadores de calor**

FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO INTERCAMBIADORES DE CALOR		
N1	N2	N3
Bimestral	Trimestral	
	Semestral	Bienal
Medio año	Anual	De 3 a 5 años

Fuente: elaboración propia.

**Figura 51. Descripción de niveles**

DESCRIPCION DE NIVELES	
Nivel 1	
	Consta de inspecciones visuales y un mantenimiento ligero. El mantenimiento puede estimarse para que dure entre unas 4 y 8 horas, dependiendo si este necesita extraer una pieza interna.
Nivel 2	Consiste principalmente en inspecciones y lavado interior del equipo. El mantenimiento puede estimarse de 24 horas a 48 horas, dependiendo si es necesario extraer piezas.
Nivel 3	Consiste en inspecciones amplias, pruebas y grandes tareas de mantenimiento que han surgido durante los mantenimientos N1 y N2. El lavado que se realiza es con químicos, este mantenimiento tiene un tiempo estimado de 48 horas a 72 horas, dependiendo si es necesario extraer piezas.

Fuente: elaboración propia.

Para la recopilación de datos, se diseñaron cincuenta y cuatro hojas electrónicas en Excel, con la estructura que muestra la tabla número XXXI. La tabla muestra el rango de columnas utilizadas, campo, descripción del campo y longitud de caracteres.

**Tabla XXXI. Plan de mantenimiento preventivo PM11**

Columna	Campo	Descripción del campo	Longitud
A	Plan de mantenimiento preventivo	Nombre que se le asignara al plan de mantenimiento.	40
B	Tipo. plan mantenimiento	Se debe de seleccionar la opción de orden de mantenimiento.	40
C	Estrategia	Es el tipo de ciclo con el que se realizar el mantenimiento. Se debe de colocar ESTTMP que es la referencia al ciclo de mantenimiento por tiempo.	7
D	Intervalo de toma	Intervalo de tiempo durante el que la planificación tendrá lugar.	3
E	Sujeto a conclusión	Esta opción creara el aviso de mantenimiento.	1
F	Horizonte de apertura	Corresponde al intervalo de liberación de la orden de mantenimiento.	80 %
G	Posición	Es el equipo o ubicación técnica al que se le asignara el plan de mantenimiento.	8

Fuente: elaboración propia.

Figura 52. **Plantilla de plan de mantenimiento preventivo simple (PM12)**

A	B	C	D	E	F	G	
1	Plan.mant. Prev.	Tp. plan.mantenimiento	Estrategia	Intervalo de tcr.	Sujeto a conclusi6n	Horizonte de apertura	Posic6n
2	Mant.prev. Inter. Calor	Orden de mantenimiento	ESTIMP	365	Marca	0.8	30027901
3	Mant.prev. Inter. Calor	Orden de mantenimiento	ESTIMP	365	Marca	0.8	30027903
4	Mant.prev. Inter. Calor	Orden de mantenimiento	ESTIMP	365	Marca	0.8	30027902
5	Mant.prev. Inter. Calor	Orden de mantenimiento	ESTIMP	365	Marca	0.8	30027912
6	Mant.prev. Inter. Calor	Orden de mantenimiento	ESTIMP	365	Marca	0.8	30027913
7	Mant.prev. Inter. Calor	Orden de mantenimiento	ESTIMP	365	Marca	0.8	30027914
8	Mant.prev. Inter. Calor	Orden de mantenimiento	ESTIMP	365	Marca	0.8	30027906
9	Mant.prev. Inter. Calor	Orden de mantenimiento	ESTIMP	365	Marca	0.8	30027908
10	Mant.prev. Inter. Calor	Orden de mantenimiento	ESTIMP	365	Marca	0.8	30027909
11	Mant.prev. Inter. Calor	Orden de mantenimiento	ESTIMP	365	Marca	0.8	30027907
12	Mant.prev. Inter. Calor	Orden de mantenimiento	ESTIMP	365	Marca	0.8	30027907
13	Mant.prev. Inter. Calor	Orden de mantenimiento	ESTIMP	365	Marca	0.8	30027911
14	Mant.prev. Inter. Calor	Orden de mantenimiento	ESTIMP	365	Marca	0.8	30027905
15	Mant.prev. Inter. Calor	Orden de mantenimiento	ESTIMP	365	Marca	0.8	30027910
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							

Fuente: elaboraci6n propia.



## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1. Diagrama de flujo de proceso

El diagrama de flujo de proceso (PFD) representa la información básica del proceso que se realiza en la planta. Dicho diagrama se diseñó con base en las categorías simbólicas que se encuentran en la tabla C.1 Anexo C de la norma ISO 10628.

La información básica que contiene el diagrama es la simbología de cada equipo, el código SAP de cada equipo, las líneas de procesos que se realizan en la planta y sus temperaturas de operación.

La tabla XXXII muestra la descripción de los procesos que están definidos dentro del diagrama de flujo de proceso.

Tabla XXXII. Procesos planta transformadora de hidrocarburos

Color de tubería	Proceso	Temperatura de trabajo en grados Celsius (°C)
Yellow	Gas	40-160
Purple	Nafta	40-160
Green	Keroseno	170-180
Blue	Diésel	220-240
Black	Residuo de crudo (Bunker)	330-425

Fuente: elaboración propia.

El diagrama de flujo de proceso (PFD) se encuentra representado en el anexo 1.

#### 4.2. Implementación de equipos en el sistema (SAP HANA S/4)

Para la implementación de los equipos en el sistema, se utilizaron los datos de la plantilla PM05, la cual corresponde al levantamiento de equipo de la planta.

Para implementar los equipos en el sistema SAP, se procedió a copiar los datos de la plantilla mencionada para poder crear un documento en block de notas, dentro del documento creado se eliminó el último espacio en blanco y se guardó el documento con el nombre de “Creación de equipos serie”. La forma en la que se implementarán los equipos fue en serie.

Figura 53. **Block de notas con equipos a cargo**

Archivo	Edición	Formato	Yer	Ayuda	REFI0000093	M	MEZCLADOR NAFTA-H2O M204	PME_MXME	PME_MX	LIZTEX	GT	CILINDRO CI
70010695		REFI0000043	M		MOTOR ELECTRICO BOMBA CARGA FO M18		PME_EM	PME_EM	PME_EM	ABB	US	P25
70010695		REFI0000045	M		MOTOR ELECTRICO BOMBA CARGA FO M19		PME_EM	PME_EM	PME_EM	ABB	US	M23
70010695		REFI0000039	M		MOTOR ELECTRICO BOMBA CARGA-RECIR FO M16		PME_EM	PME_EM	PME_EM	STERLING	S	
70010695		REFI0000026	M		MOTOR ELECTRICO BOMBA CIR KEROSENE M11		PME_EM	PME_EM	WEG	BR	98L	
70010695		REFI0000035	M		MOTOR ELECTRICO BOMBA DEST-ETA M14		PME_EM	PME_EM	LEPONO	BR	AJM	
70010695		REFI0000024	M		MOTOR ELECTRICO BOMBA DEST-VAP-ETA M08		PME_EM	PME_EM	AQUASTRONG	IT		
70010695		REFI0000007	M		MOTOR ELECTRICO BOMBA HFO ALI. B02		PME_EM	PME_EM	AEG	DE	Y2	
70010695		REFI0000009	M		MOTOR ELECTRICO BOMBA HFO ALI. DIREC B03		PME_EM	PME_EM	ROBERTBIRKE			
70010695		REFI0000005	M		MOTOR ELECTRICO BOMBA HFO TAN. ALI. B01		PME_EM	PME_EM	WEG	BR	AL1	
70010695		REFI0000037	M		MOTOR ELECTRICO BOMBA INYEC-ETA M15		PME_EM	PME_EM	NEWRAY	GB	PV	
70010695		REFI0000030	M		MOTOR ELECTRICO BOMBA LAVADO DIESEL M13		PME_EM	PME_EM	AEG	DE	AM	
70010695		REFI0000028	M		MOTOR ELECTRICO BOMBA LAVADO NAFTA M12		PME_EM	PME_EM	AQUASTRONG	IT		
70010695		REFI0000022	M		MOTOR ELECTRICO BOMBA RECIR NAFTA M07		PME_EM	PME_EM	ABB	US	M25	
70010695		REFI0000047	M		MOTOR ELECTRICO BOMBA SUC-DESECHOS M20		PME_EM	PME_EM	ABB	US	M35	
70010695		REFI0000041	M		MOTOR ELECTRICO CENTRIFUGO CARGA FO M17		PME_EM	PME_EM	ABB	US	P25	
70010695		REFI0000049	M		MOTOR ELECTRICO LLAMA-SEGU M21		PME_EM	PME_EM	RELIANCE	ELECTRIC	US	
70010695		REFI0000012	M		MOTOR ELECTRICO QUEMADOR HFO Q01		PME_EM	PME_EM	GENERAL	EL	GENERAL ELECTRIC	
70010695		REFI0000014	M		MOTOR ELECTRICO QUEMADOR HFO Q02		PME_EM	PME_EM	OB&A	SEMBOWER,	I	
70010695		REFI0000019	M		MOTOR ELECTRICO VALVULA 3/2 VIAS HFO M06		PME_EM	PME_EM	DPHARM			
70010695		REFI0000021	M		TRANSMISOR DE PRESION FLUJO-GAS T02		PME_IPPS	PME_IP	DPHARM	JP	E3A	

Fuente: elaboración propia.

Al tener el block de notas creado, se ingresó al menú del sistema SAP a la opción módulo de producción con conexión local (PRD). Al ingresar en el módulo

PRD, se utilizó la transacción de creación de equipos con número de serie para manejo de material de renovación IQ01.

Figura 54. **Renovación de equipos**



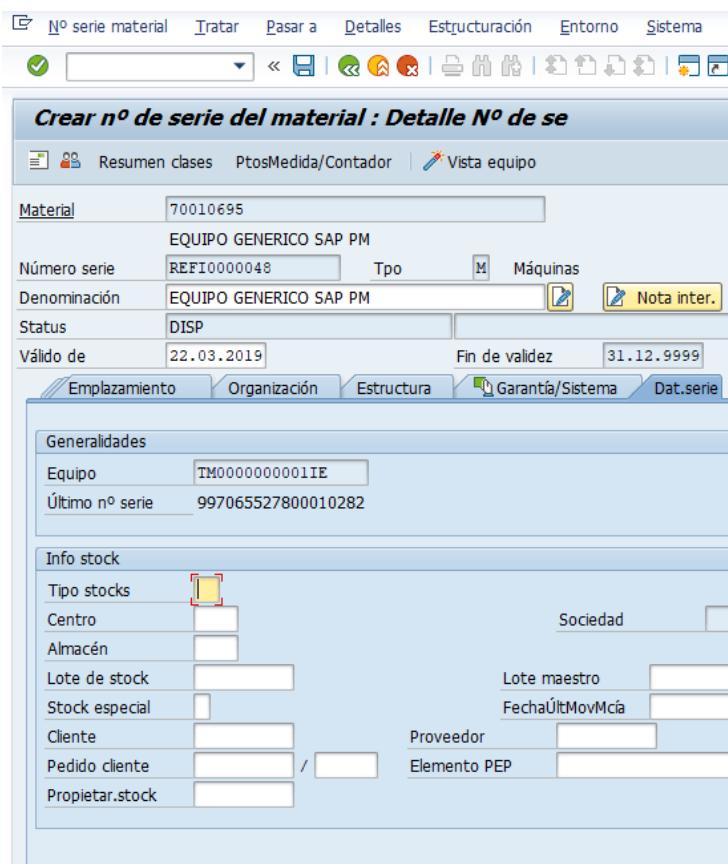
Fuente: elaboración propia.

Dentro de la IQ01, nos solicita el número de material (número de renovación en caso de *overhaul*), el número de serie que es el número de registro de control de la empresa, y el tipo de material por registrar, en nuestro caso una máquina o equipo (m). Estos datos se recolectan mediante la plantilla PM05.

Al ingresar en la IQ01, se seleccionó vista de equipo, dentro de vista de equipo se seleccionó la opción de datos generales. En datos generales, se ingresó la denominación del equipo el cual corresponde al nombre del equipo.

Al tener la denominación del equipo, se seleccionó el ícono de resumen de clases  , dentro de resumen de clases se seleccionó el ícono matchcode  . Al seleccionar este ícono sale una ventana emergente con el nombre de n.º de clase, en esta venta se procedió a eliminar la restricción de datos que por defecto tiene un rango de 500.

**Figura 55. Datos generales**



Crear nº de serie del material : Detalle Nº de se

Material: 70010695  
Denominación: EQUIPO GENERICO SAP PM  
Status: DISP  
Número serie: REF10000048  
Tipo: Máquinas  
Nota inter.:   
Válido de: 22.03.2019 Fin de validez: 31.12.9999

Emplazamiento: Organización: Estructura: Garantía/Sistema: Dat.serie

Generalidades  
Equipo: TM0000000001IE  
Último nº serie: 997065527800010282

Info stock  
Tipo stocks:   
Centro:   
Almacén:   
Lote de stock:   
Stock especial:   
Cliente:   
Pedido cliente:   
Propietar.stock:   
Sociedad:   
Lote maestro:   
FechaÚltMovMcia:   
Proveedor:   
Elemento PEP: 

Fuente: elaboración propia.

Al eliminar la registración, se procedió a seleccionar el perfil del equipo a crear, en nuestro caso seleccionamos PME\_PUCE. Dentro del perfil se procedió a seleccionar el tipo de objeto, que para nuestro caso corresponde a una bomba.

Al finalizar la selección, se procedió a completar los datos generales del equipo, datos de fabricación y aprovisionamiento.

Una vez efectuada la finalización de los datos por completar, se procedió a asignar el emplazamiento en el equipo. Los datos que el emplazamiento solicita son centro de emplazamiento, emplazamiento, área de empresa, puesto de trabajo indicador ABC y campo de clasificación. En nuestro caso, estos datos corresponden de la siguiente manera:

- Centro de emplazamiento: E004
- Emplazamiento: E003
- Área de trabajo: E015
- Puesto de trabajo: MECAREFRI
- Indicador ABC: X
- Campo de clasificación: E003007

Dichos datos ya se habían recolectado en la plantilla mencionada.

Al finalizar con los datos de emplazamiento, se procedió a seleccionar la opción de organización. Los datos que solicita dicha opción son centro de coste, perfil catálogo y los datos de emplazamiento exceptuando los datos de indicador ABC y campo de clasificación. En nuestro caso, estos datos corresponden de la siguiente manera:

- Centro de emplazamiento: E004
- Emplazamiento: E003
- Área de trabajo: E015
- Puesto de trabajo: MECAREFRI
- Centro de coste: E004067

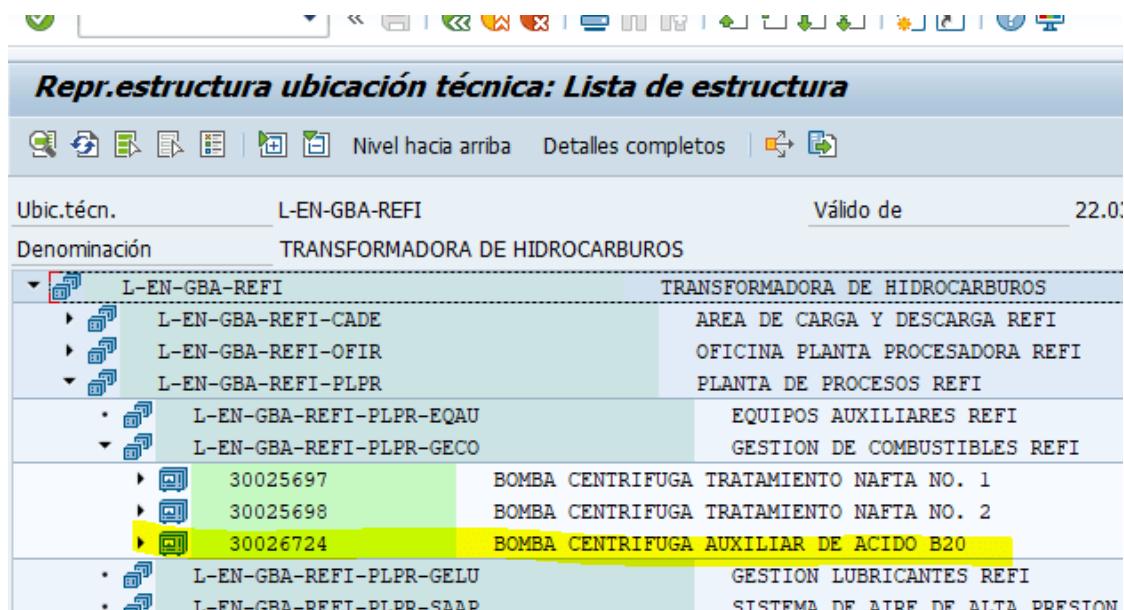
- Perfil catálogo: PME\_PUCE

Una vez efectuada la finalización de los datos por completar, se procedió a asignar la estructura, la cual corresponde a la ubicación técnica de nuestro equipo. La ubicación técnica correspondiente para el equipo es L-EN-GBA-REFI-PLR-GECO. La descripción de esta ubicación está presente en la figura 38.

Posteriormente se procede a grabar los datos solicitados y SAP genera un número de referencia o código para nuestro equipo.

Para verificar que el equipo se encuentra en el sistema, se utilizó la transacción IH01, la cual está asociada a la estructura de ubicación técnica.

Figura 56. **Bomba centrífuga dentro del sistema SAP**



**Repr.estructura ubicación técnica: Lista de estructura**

Ubic.técn.	Denominación	Válido de
L-EN-GBA-REFI	TRANSFORMADORA DE HIDROCARBUROS	22.0
L-EN-GBA-REFI	TRANSFORMADORA DE HIDROCARBUROS	
L-EN-GBA-REFI-CADE	AREA DE CARGA Y DESCARGA REFI	
L-EN-GBA-REFI-OFIR	OFICINA PLANTA PROCESADORA REFI	
L-EN-GBA-REFI-PLR	PLANTA DE PROCESOS REFI	
L-EN-GBA-REFI-PLPR-EQAU	EQUIPOS AUXILIARES REFI	
L-EN-GBA-REFI-PLPR-GECO	GESTION DE COMBUSTIBLES REFI	
30025697	BOMBA CENTRIFUGA TRATAMIENTO NAFTA NO. 1	
30025698	BOMBA CENTRIFUGA TRATAMIENTO NAFTA NO. 2	
30026724	BOMBA CENTRIFUGA AUXILIAR DE ACIDO B20	
L-EN-GBA-REFI-PLPR-GELU	GESTION LUBRICANTES REFI	
L-EN-GBA-REFI-PLPR-SAAP	SISTEMA DE ATRF. DE ALTA PRESTON	

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. En la planta se realiza un proceso de destilación atmosférica, por medio de una columna fraccionaria de destilación.
2. Al utilizar la jerarquía que indica la pirámide de la norma ISO 14224:2016, se logró ubicar de manera correcta cada equipo, separando por conjunto de clases y característica.
3. A través de los registros elaborados con las indicaciones que necesita el módulo PM de sistema SAP HANA S/4, se logró que la planta contara dentro del sistema de la empresa con registros de características, clases, ubicaciones técnicas, equipos, hojas de ruta, otros.
4. El problema que presenta el proceso es la falta de una línea de reflujo estable. Además de esto, los equipos no son los adecuados. La columna de destilación no cuenta con las válvulas de bandejas adecuadas. El *stripper* de reflujo se encuentra dividido en dos partes y solamente una de estas partes cuenta con el sistema de condensación y reboiler. Los tanques de sedimento no cuentan con deflectores dentro de ellos, la cual genera que el flujo que entra no tenga una forma turbulenta.



## RECOMENDACIONES

1. Utilizar la norma ISO 10628 para cada nuevo equipo dentro del diagrama de flujo de proceso que incorpore el ingeniero programador del mantenimiento.
2. Emplear la jerarquía de la pirámide taxonómica de la norma ISO 14224:2016 en cada nuevo equipo que integre al proceso o a la planta el ingeniero programador del mantenimiento.
3. Atender las especificaciones que indica el módulo PM de SAP cuando el ingeniero supervisor del mantenimiento genere los registros del equipo y de sus mantenimientos dentro del sistema.
4. Agregar, por parte del ingeniero de procesos, una línea de reflujo estable, constituida mínimamente por dos líneas que contengan una bomba de reflujo cada una.
5. Efectuar los cambios de diseño de los tanques de sedimentación y de las válvulas de bandeja de columna de destilación que considere convenientes el ingeniero de procesos.



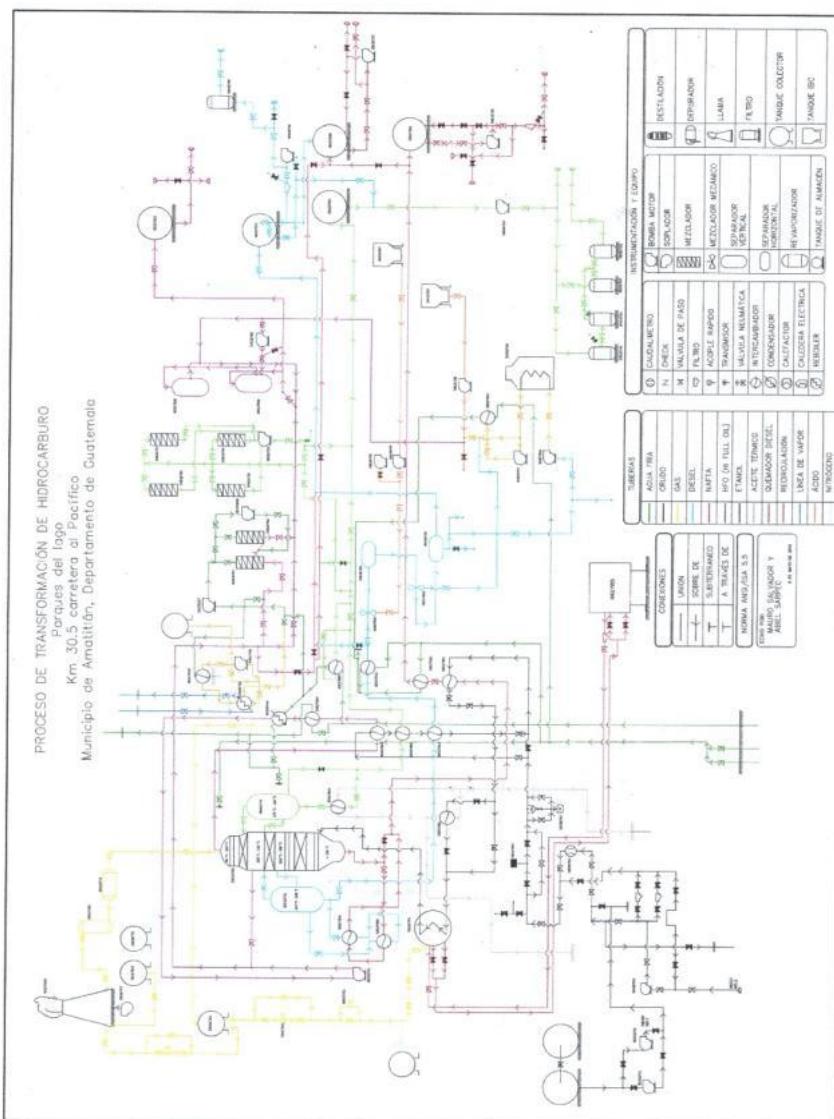
## BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Española de Normalización y Certificación. ISO 10628:1997: *Diagrama de flujo de plantas de proceso reglas generales*. [en línea]. <<https://profesorrenato.files.wordpress.com/2018/04/213875555-une-en-iso-10628-2001-pdf.pdf>>. [Consulta: 15 de diciembre de 2020].
2. AVALLONE, Eugene; NORIEGA, Francisco. *Manual del ingeniero mecánico*. México: McGraw-Hill, 1995. 220 p.
3. BSI Standards. ISO 14224:2016: *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment (ISO 14224:2016)* [en línea]. <<http://hadidavari.com/wp-content/uploads/2018/11/ISO-14224-2016.pdf>>. [Consulta: 20 de diciembre de 2020].
4. GARCÍA GALLEGOS, Miguel. *Aplicación HYSYS destilación atmosférica de crudo petrolífero*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, 2012. 221 p.
5. GIL MORENO, Luis. *Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo para el departamento de mantenimiento general de la refinería La Libertad Perenco Guatemala Limited*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 114 p.

6. KOHAN, A. L. *Manual de calderas*. España: McGraw-Hill, 1995. 350 p.
7. LIZTEX. *Nuestra Historia*. [en línea]. <<http://liztex.com/nuestra-historia/>>. [Consulta: 20 de diciembre de 2020.]
8. MATAS AGUILAR, Antonio. *Desarrollo y puesta en marcha del mantenimiento preventivo, mediante SAP PM, en una empresa de distribución de productos farmacéuticos*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de Sevilla, Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas I, 2018. 114 p.

## APÉNDICE

## Apéndice 1. Diagrama de flujo de proceso (PFD)



Fuente: elaboración propia.

