

TRABAJO DE APLICACIÓN

HERRAMIENTA GERENCIAL PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE GESTIÓN DE
ACTIVOS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL

ÓSCAR FERNANDO MOTATO TORO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
MAESTRÍA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
agosto de 2023

TRABAJO DE APLICACIÓN

HERRAMIENTA GERENCIAL PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE GESTIÓN DE ACTIVOS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL

ÓSCAR FERNANDO MOTATO TORO

Trabajo de Grado Presentado como requisito para Obtener el Título de Maestría en
Gerencia de Mantenimiento

Director

PhD. Carlos Borrás Pinilla

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
MAESTRÍA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
agosto de 2023

CONTENIDO

	Pág.
1 RESUMEN.....	7
2 ABSTRACT.....	9
3 INTRODUCCIÓN.....	11
4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
5 MARCO REFERENCIAL.....	17
5.1 MERCADO DE GAS NATURAL EN COLOMBIA	17
5.1.1 Cadena de Distribución y Comercialización de Gas Natural.....	18
5.2 INFRAESTRUCTURA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL	19
5.2.1 Estación de recibo Puerta de Ciudad (City Gate)	19
5.2.2 Líneas primarias	20
5.2.3 Estaciones reguladoras de distrito (ERD)	21
5.2.4 Líneas secundarias.....	22
5.2.5 Gasoductos de distribución virtuales	22
5.2.6 Marco Regulatorio de la Distribución de Gas.....	24
5.3 SISTEMAS DE GESTIÓN DE ACTIVOS.....	24
5.3.1 Normas ISO 55000	26
5.3.2 Sistemas de Gestión de Activos	27
6 OBJETIVOS	30
6.1 OBJETIVO GENERAL	30
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
7 DESARROLLANDO EL SAMP	31
7.1 FASES	32
7.1.1 Análisis Bibliométrico	32
7.1.2 Establecimiento del Contexto	40
7.1.3 Realidad de los Activos.....	43
7.2 DESARROLLANDO EL PLAN	61

7.2.1	Definiendo una Política	63
7.2.2	Desarrollando Estrategias y Definiendo Objetivos	64
7.2.3	Seguimiento y Control.....	77
8	CONCLUSIONES.....	79
9	BIBLIOGRAFÍA.....	81

FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Cadena de Prestación del Servicio	17
Figura 2: (a) Distribución Geográfica y (b) Participación de los Principales Grupos Empresariales	18
Figura 3: Modelo simplificado cadena del Gas Natural	19
Figura 4: Elementos primarios de un Sistema de Gestión de Activos	28
Figura 5: Audiencias de la Gestión de Activos	29
Figura 6: Fases de implementación para el Sistema de Gestión de Activos	32
Figura 7: Campos de la Ciencia en Gestión de Activos	35
Figura 8: Número de documentos publicados de Gestión de Activos en el tiempo.....	36
Figura 9: Campos de la Ciencia en Gestión de Activos 2019-2023	36
Figura 10: Colaboración Global en Gestión de Activos	37
Figura 11: Red de co-ocurrencia en keywords.....	38
Figura 12: Palabras guía para valoración de entorno PESTEL.....	41
Figura 13: Taxonomía Propuesta.....	44
Figura 14: Ámbito Geográfico de EPM.....	46
Figura 15: Esquema de Amenazas de Integridad – Adaptación a Distribución Gas Natural.....	48
Figura 16: Propuesta Matriz de Riesgos	51
Figura 17: Overview herramienta de diagnóstico SAM	54
Figura 18: (a) Resultados de diagnóstico formato radar y (b) formato de barras	55
Figura 19: Escala de madurez de Gestión de Activos.....	55
Figura 20: Resultado de Nivel de Madurez Radar	58
Figura 21: Resultado de Nivel de Madurez Barras.....	58
Figura 22: Alcance del Sistema de Gestión de Activos.....	62
Figura 23: Representación gráfica del propósito de Gestión de Activos	65
Figura 24: Tableros de Gestión Genéricos Industria de Distribución de Gas Natural ...	66
Figura 25: Ejemplo de declaración de objetivos de Gestión de Activos	67
Figura 26: Herramienta simplificada para la toma de decisión.....	76

TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Demanda Colombiana Promedio - 2018	18
Tabla 2: Separación máxima de válvulas de seccionamiento líneas primarias.....	21
Tabla 3: Descripción de la serie ISO 55000	26
Tabla 4: Elementos de requerimientos de acuerdo con ISO 55001	26
Tabla 5: Protocolo para recolección de datos	34
Tabla 6: Taxonomía Propuesta para Distribución de Gas Natural	47
Tabla 7: Mecanismos de exposición comunes en distribución de gas natural	50
Tabla 8: Factores de impacto para valoración de riesgos	51
Tabla 9: Descripción funcionalidades principales herramienta SAM	54
Tabla 10: Tipología empresa diagnóstico.....	57
Tabla 11: Ficha técnica recolección de datos autodiagnóstico	57
Tabla 12: Resultados por cláusula	60

1 RESUMEN

TÍTULO: Herramienta gerencial para implementar un sistema de Gestión de Activos en redes de distribución de Gas Natural

AUTOR: Óscar Fernando Motato Toro

PALABRAS CLAVE: Mantenibilidad, Disponibilidad, Confiabilidad, Gestión de Activos, Desempeño, Riesgo, Ciclo de Vida, ISO 55000, Distribución de Gas Natural.

Considerado históricamente como una carga presupuestal, la gestión de mantenimiento ha evolucionado a una disciplina que implica equilibrar los costos, y el riesgo controlado frente al rendimiento deseado de los activos. Entre los beneficios que se logran con una Gestión de los Activos están aquellos relacionados con el aseguramiento la disponibilidad y confiabilidad de la infraestructura, la gestión del ciclo de vida, la armonización con el marco regulatorio y el fortalecimiento de la cultura organizacional.

Como la Gestión de los Activos requiere un enfoque multidisciplinar que demanda procesos bien establecidos y controlados, recurso humano capacitado, manejo efectivo de la información, integración entre áreas técnicas y gerenciales, y liderazgo altamente comprometido, se presentan barreras su difusión e implementación.

Con esta motivación, el propósito de este trabajo es elaborar una herramienta gerencial para implementar Sistemas de Gestión de Activos en la cadena de Distribución de Gas Natural, con base en los requerimientos de los estándares ISO 55000. El enfoque metodológico este trabajo se estructuró en cinco etapas: (i) un análisis bibliométrico del estado del arte, basado en un revisión compresiva y clasificada de 1.200 investigaciones académicas, (ii) la descripción genérica del sistema de distribución de Gas Natural y su marco regulatorio local, (iii) la descripción de herramientas para la evaluación de los contextos externos e internos, (iv) diagnóstico de las capacidades iniciales del Sistema

de Gestión de los Activos bajo estándar ISO 55000, y (v) aplicación práctica de los requerimientos de los estándares de la serie ISO 55000.

Como resultado de este trabajo se espera impactar positivamente el segmento industrial de la Distribución de Gas Natural, al brindar una herramienta simplificada para aplicar un Sistema de Gestión de Activos, y al entorno científico local, al entregarle una producción investigativa que se convierte en un marco de referencia para investigaciones y desarrollos complementarias.

2 ABSTRACT

TITLE: Management tool for implementation of an Asset Management System in Natural Gas Distribution networks

AUTHOR: Oscar Fernando Motato Toro

KEY WORDS: Asset Management, Maintenance Management, Availability, Reliability, Performance, Risk, Life Cycle, ISO 55000, Natural Gas Distribution.

Historically viewed as a budget burden, maintenance management has evolved into a discipline that involves balancing cost, opportunity, and risk with desired asset performance. Among the benefits that can be captured with Asset Management are those related to ensuring the availability and reliability of the infrastructure, managing the life cycle of assets, harmonizing with regulatory frameworks and strengthening the organizational culture.

Since Asset Management requires a multidisciplinary approach that demands well-established and controlled processes, trained human resources, effective management of information, integration between technical and managerial areas, and highly committed leadership, there are barriers to its dissemination and implementation.

With this motivation, the purpose of this work is to develop a management tool for the implementation of Asset Management Systems in Natural Gas Distribution Systems, based on the requirements of the ISO 55000 series standards. As a methodological approach, this work is structured in five stages: (i) a bibliometric analysis of the state of the art, based on a comprehensive and classified review of 1,200 academic investigations, (ii) the description of a Natural Gas distribution system and its Colombian regulatory framework, (iii) the description of tools for the evaluation of external and internal contexts, (iv) tools for diagnostic of maturity level in Asset Management System, and (v) practical application of the requirements of the ISO 55000 series standards.

As a result, we expected a positive impact for the industrial segment of Natural Gas Distribution, by providing a simplified tool for the application of an Asset Management System, and for scientific environment, by delivering research production that becomes a frame of reference for future research and development.

3 INTRODUCCIÓN

Los activos son considerados como algo que posee un valor potencial o real para una organización, el cual puede ser tangible o intangible, o financiero y no financiero (International Organization for Standardization, 2014). La magnitud de la captura, o eventual destrucción, de este valor está influenciada por, entre otros factores, el contexto externo (político, legal, regulatorio, económico, tecnológico, social, etc.), la naturaleza y objeto misional de la organización, el contexto operativo, las restricciones financieras, y las necesidades y expectativas de la organización y sus partes interesadas.

Es por esta relevancia que, para sectores como el energético en el que los activos representan infraestructura intensiva, la Gestión de Activos asume el rol relevante en la optimización del rendimiento del negocio. Al adoptar una visión holística, tal mecanismo de coordinación y gobernanza le permite a las organizaciones, entre otros, (i) contar con procesos que permitan afrontar los cambios de una manera ágil, facilitando su adaptación a los cambios de contextos internos y contextos externos; (ii) controlar el desempeño financiero a partir de la toma de decisión de inversión (CAPEX) basado en información para determinar la adquisición apropiada de activos, y de la eficiencia de los costos operativos (OPEX) a través de una mejor gestión en la fase de Operación y Mantenimiento, extensión segura en fin de ciclo de vida, y por la adopción de opciones óptimas de renovación, decomisionamiento y/o disposición final; (iii) controlar calidad en los procesos y por lo tanto mejorar reputación y confianza en los clientes tanto internos como externos, (iv) mejorar los indicadores de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los activos; (v) cumplir con el ámbito regulatorio; y (vi) contribuir de una manera sistémica con la responsabilidad social de la organización en sus aspectos de cultura organizacional y armonía con el entorno.

Basado en lo anterior, se puede afirmar que la ingeniería de mantenimiento tradicional y la Gestión de los Activos comparten el objetivo común de mejorar la confiabilidad de los activos, sin embargo, la Gestión de Activos extiende su enfoque hacia la alineación con las necesidades organizacionales, las expectativas de las partes interesadas, las

realidades de los activos existentes y las capacidades de la organización, convirtiéndose en una herramienta de planeación de largo plazo que, en síntesis, facilita la transformación de tales expectativas en decisiones, planes y actividades, utilizando un enfoque basado en riesgo.

Aunque con la adopción de estándares, como la serie ISO 55000, se proveen los aspectos generales de la gestión de activos, sus principios y terminología y los beneficios esperados al adoptar la Gestión de Activos (International Organization for Standardization, 2014), análisis bibliométricos muestran que el estándar ISO 55000 no está siendo ampliamente abordada en la literatura (da Silva & de Souza, 2021), por lo que en organizaciones sin una necesidad inmediata de alienación de requisitos la probabilidad de asignación de tiempo y recursos en el tema sigue siendo muy baja.

En el contexto nacional, aun con las expectativas antes descritas sobre los beneficios que para una organización representa la Gestión de Activos, un estudio publicado por la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM) denominado “Diagnóstico de la Gestión de Activos y del mantenimiento en Colombia – 2021” (Medina et al., 2021), que involucró a líderes de nivel gerencial en 324 empresas divididas en grandes compañías (64), empresas medianas (103) y pequeña empresa (157), reflejó un bajo nivel de apropiación de la Gestión de los Activos en la industria colombiana.

Este escenario debe verse desde la perspectiva de oportunidad de desarrollo si se tiene en cuenta que, a pesar de los resultados del estudio en el que entre otros: (i) se evidenció un desconocimiento alto (más del 50% de la muestra) de la significancia de la Gestión de Activos y ventajas que, para las empresas en distintos sectores de la economía, puede representar, especialmente la mediana y la pequeña empresa; y (ii) en el componente de conocimiento en normatividad para Gestión de los Activos, un 23% de la muestra respondió conocer alguno; las compañías encuestadas reconocieron que el implementar Gestión de los Activos les permitiría mejorar, durante su ciclo de vida, el desempeño de los Activos y por lo tanto capturar los beneficios que sobre estas implementaciones se han logrado, por ejemplo, las reducciones en costos de capital (CAPEX) del 20% y en

costos operacionales (OPEX) del 10% en empresas de Reino Unido, conforme al informe titulado “Asset Management in HIGH Performance Organizations” de 2018. Adicionalmente en el 63% de la muestra se reconoció que esta metodología les sería útil para su sostenibilidad y perdurabilidad; donde las pequeñas y medianas empresas serían las más beneficiadas por la información, capacitación e implementación de dicha gestión.

Súmese a lo anterior que los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado y es deber de éste asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional, por lo cual quien preste los servicios públicos deben contar con una Gestión de Activos eficiente que garantice el cumplimiento en la prestación del servicio. Casos como el de Electricaribe, donde por obsolescencia de la red y atraso en la inversión e infraestructura se presentó un impedimento para prestar un buen servicio y desencadenó con la liquidación de la empresa por parte de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, motivó al estado colombiano a actualizar los requerimientos para remunerar las tarifas con el fin de estimular las inversiones en confiabilidad y expansión.

Además, en el marco regulatorio, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) mediante la resolución 015 del 2018 actualizó la metodología para la remuneración de las actividades de distribución de energía eléctrica en el País. Específicamente, el artículo 6.3.3.4 estableció la obligatoriedad para los Operadores de Red (OR) de incluir dentro del plan de inversiones los recursos necesarios para implementar y certificar un sistema de gestión de los activos tomando como referencia la norma ISO 55001. En este artículo también se definió que dicho sistema debería estar finalizado en un periodo de 5 años contados a partir de la entrada en vigor de la resolución, estableciendo para el primer año la ejecución del diagnóstico del sistema de gestión de activos, e informar anualmente el avance tanto en el cierre de las brechas como en la ejecución presupuestal en la que haya incurrido la compañía para cumplir con este requerimiento regulatorio.

Es de prever que el alcance de la resolución CREG 015, que en principio aplica para los operadores de red de energía eléctrica, se extienda en una vista de tiempo no menor a

5 años a otros sectores de prestación de servicios públicos, incluyendo la distribución de Gas Natural. Por lo anterior, con el desarrollo de este trabajo se busca establecer un marco de referencia, basado en un revisión compresiva y clasificada de las investigaciones académicas, la evaluación de los contextos externos e internos, el modelo de negocio y las prácticas industriales, que facilite implementar un Sistema de Gestión de Activos para Distribución de Gas Natural acorde al estado del arte, el marco regulatorio y las necesidades propias de las compañías.

Se entregará como resultado de este estudio una metodología práctica para implementar un Plan Estratégico de Gestión de los Activos, detallando las características de cada fase, sus potenciales limitaciones y planteamiento de alternativas para vencer las barreras identificadas, con el fin de brindarles a las empresas de este sector una herramienta que les permita lograr un balance de los activos entre: rendimiento, eficiencia y disciplina de capital y control de riesgos, con un sistema de gestión con identidad propia y que sea dinámico y adaptable a los cambios de contexto.

4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El impacto que sobre la competitividad y por lo tanto supervivencia de las organizaciones supone la vertiginosa dinámica los entornos (políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y de salud, y legales) aunado a escenarios de globalización y competencia intensa, ha incentivado la transformación de procesos históricamente convencionales. Tales transformaciones buscan dotar a las organizaciones con mecanismos de adaptación ágil y eficiente a los nuevos contextos y con ello mantenerse vigentes y fortalecerse en los mercados.

Uno de los campos impactado con la transformación de los procesos es el de la gestión de los activos físicos. Considerado históricamente como una carga presupuestal, la gestión de mantenimiento ha evolucionado a una disciplina que implica equilibrar costos, oportunidades y los riesgos con el rendimiento deseado de los activos. Entre los beneficios que se pueden capturar con la Gestión de Activos están aquellos relacionados con el aseguramiento la disponibilidad y confiabilidad de la infraestructura, la administración sobre el ciclo de vida de los activos, la armonización con marcos regulatorio y el fortalecimiento de cultura organizacional.

Sin embargo, dado que la Gestión de los Activos requiere un enfoque multidisciplinar que demanda procesos bien establecidos y controlados, recurso humano capacitado, manejo efectivo de la información, integración entre áreas técnicas y gerenciales, y liderazgo altamente comprometido, se presentan barreras su difusión e implementación. En el contexto colombiano se evidencia una baja apropiación de la Gestión de los Activos, sin embargo, hay un reconocimiento de que este modelo de gestión resultaría útil la sostenibilidad y perdurabilidad; donde las pequeñas y medianas empresas serían para las más beneficiadas por la información, capacitación e implementación de dicha gestión.

En este contexto, ¿Cómo desarrollar e implementar una herramienta gerencial efectiva, fundamentada en una revisión exhaustiva de la literatura académica, la evaluación de contextos internos y externos, el modelo de negocio y las prácticas industriales, para

superar los desafíos identificados en la gestión de activos dentro de las empresas de la cadena de distribución de gas natural en Colombia, facilitando el cumplimiento de los objetivos organizacionales y permitiendo una adaptación ágil a los cambios contextuales y a las posibles modificaciones de los requerimientos regulatorios?.

5 MARCO REFERENCIAL

5.1 Mercado de Gas Natural en Colombia

De acuerdo con (Fernanda Suárez et al., n.d.), en el mercado del gas natural, participan tanto los usuarios como los actores involucrados en la provisión del servicio. Los usuarios se dividen en dos categorías: regulados y no regulados, mientras que los agentes se clasifican como productores, transportadores y distribuidores – comercializadores. Los usuarios regulados se determinan por aquellos usuarios cuyo consumo diario es inferior a 100.000 pies por día. Dentro de esta clasificación se encuentra el mercado residencial, pequeña industria y pequeño comercio. Por otro lado, los usuarios no regulados son aquellos cuyo consumo diario supera los 100.000 pies cúbicos por día. En esta categoría se incluyen las plantas de generación eléctrica que utilizan gas (conocidas como termoeléctricas) y los grandes usuarios industriales y comerciales.

Los agentes encargados de brindar el servicio a lo largo de esta cadena son entidades privadas que operan bajo la regulación de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) y están sujetos a la supervisión de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. La segregación antes descrita se presenta en la Figura 1.

Figura 1: Cadena de Prestación del Servicio



Fuente: (Fernanda Suárez et al., n.d.)

5.1.1 Cadena de Distribución y Comercialización de Gas Natural

Siguiendo con lo detallado en (Fernanda Suárez et al., n.d.), la demanda de gas natural en el país se diversifica en diferentes segmentos de usuarios, cada uno con perfiles de consumo específicos, tal como se muestra en la Tabla 1.

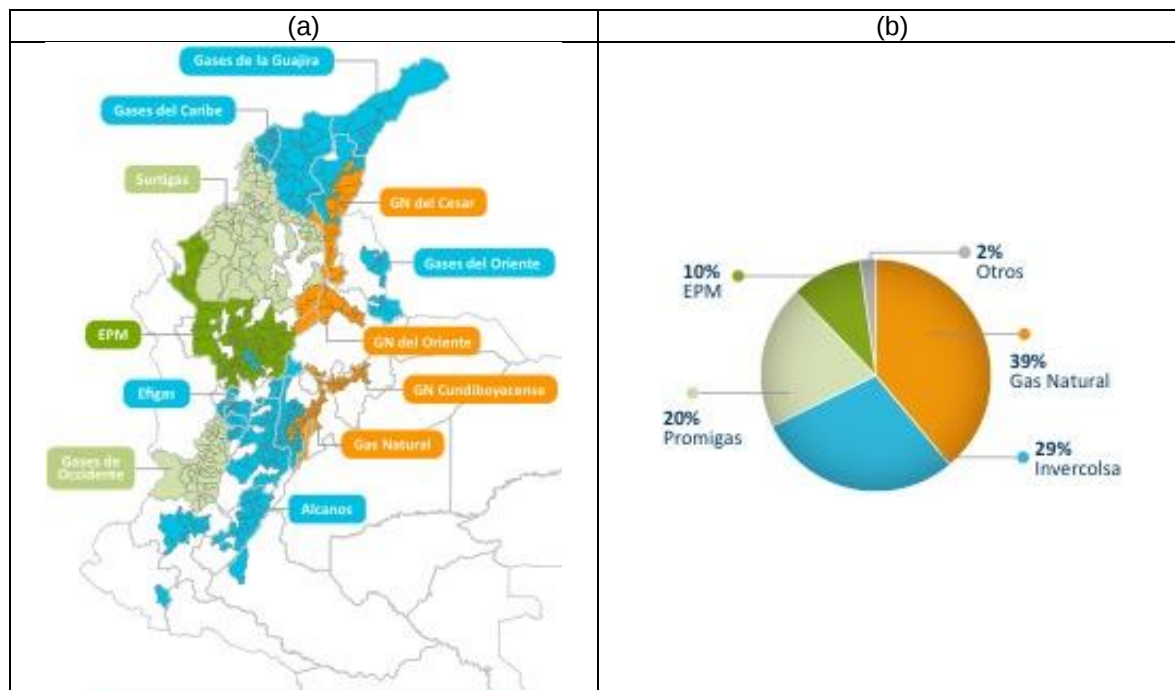
Tabla 1: Demanda Colombiana Promedio - 2018

Sector	Consumo (MPCD) ¹	Porcentaje de Consumo
Industrias	286,9	31,5%
Térmicas	227,8	25,0%
Refinería	173,6	19,1%
Residenciales	151,3	16,6%
Automotor	42,9	4,7%
Comerciales	27,3	3,0%
Otros	1,3	0,1%

Fuente: (Fernanda Suárez et al., n.d.)

La participación en el mercado se caracteriza por la predominancia de cuatro (4) agentes que atienden el 98% de la demanda, mientras que el 2% restante es atendida por otros 23 distribuidores menores. En la Figura 2 se presenta la distribución geográfica de estos prestadores y el porcentaje de participación en el mercado.

Figura 2: (a) Distribución Geográfica y (b) Participación de los Principales Grupos Empresariales



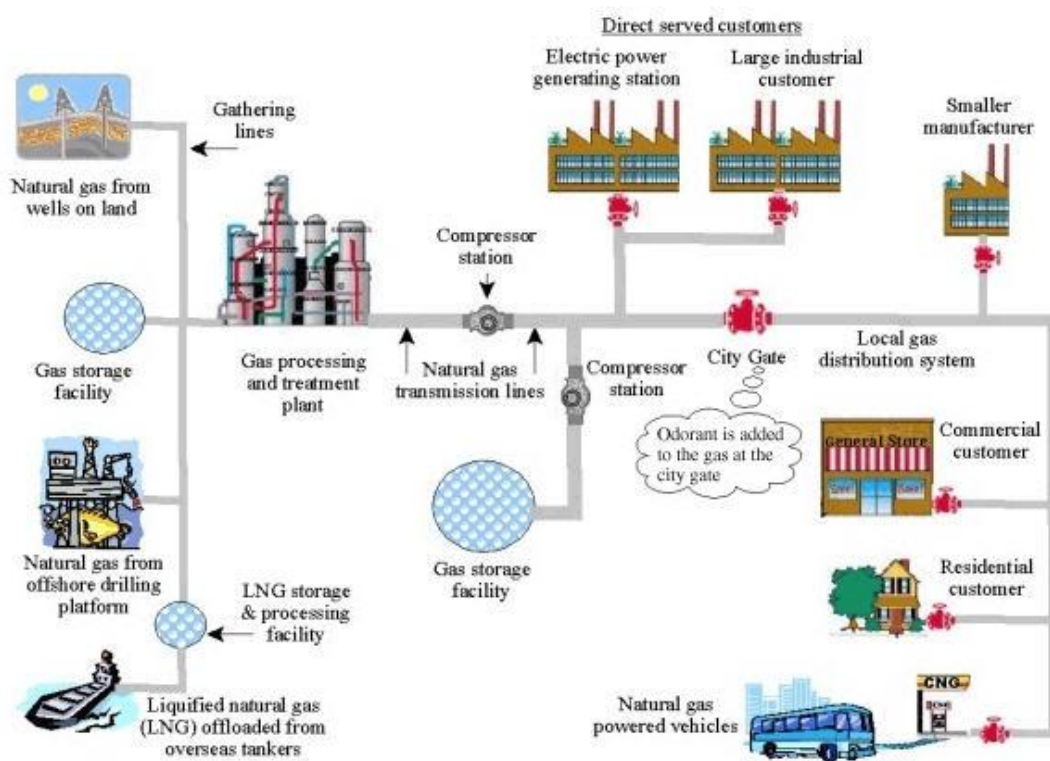
Fuente: (Fernanda Suárez et al., n.d.)

¹ MPCD se refiere a millones de pies cúbicos por día

5.2 Infraestructura de Distribución de Gas Natural

Desde el punto de vista de la infraestructura, en un modelo simplificado como el que se muestra en la Figura 3, el sistema de distribución de Gas Natural inicia desde la estación de regulación de puerta de ciudad (*City Gate*). Sus elementos principales, siguiendo el flujo de la cadena, se describen a continuación.

Figura 3: Modelo simplificado cadena del Gas Natural



Fuente: <https://primis.phmsa.dot.gov/comm/NaturalGasPipelineSystems.htm>

5.2.1 Estación de recibo Puerta de Ciudad (*City Gate*)

Como primera facilidad del sistema, su función principal es reducir la presión de recibo del gasoducto la cual, en Colombia, puede variar entre 400PSI a 1200PSI (*Información de Interés - Transportadora de Gas Internacional*, n.d.). En este punto el gas es filtrado, calentado (si es requerido por el proceso), regulado, medido y odorizado, esto último en razón a que el Gas Natural es inoloro y se utiliza esta sustancia con el fin de advertir, a

través del sentido del olfato, sobre posibles fugas de gas. Sus principales elementos, son:

- Filtración: esta etapa es utilizada para retener partículas y humedad que puedan estar presentes en el gas.
- Calentamiento: si el proceso de lo demanda con el fin de evitar la formación de cristales.
- Regulación: esta etapa es utilizada para bajar la presión del gas al nivel de operación requerido por la línea de distribución primaria que, en mercado colombiano, se maneja en alrededor de 250PSI. Suele estar en configuración redundante trabajador – monitor.
- Medición: etapa que es necesaria para asegurar la transferencia de la custodia y balance entre el transportador y el distribuidor.
- Transmisores de Presión y Temperatura: utilizados para medir la presión y temperatura del proceso y realizar la corrección de volúmenes.
- Válvulas de alivio: utilizadas como una barrera de protección en caso de sobrepresión del sistema, liberando el exceso de presión y protegiendo la infraestructura aguas abajo del sistema.
- Trampas de condensados: tanques utilizados para para separar y eliminar los líquidos condensados presentes en el flujo de gas.
- Computadores de Flujo: son equipos especializados que se utilizan para el ajuste del volumen de gas a través de la aplicación de los distintos factores de corrección.

5.2.2 Líneas primarias

Son, de acuerdo con la definición de (*Gasoductos. Líneas de Transporte y Redes de Distribución de Gas*, n.d.) redes de tubería que se conectan desde la *City Gate* hasta los sectores de consumo, siendo su punto de llegada, usualmente, las estaciones reguladoras de distrito. Las redes primarias tienen una de operación por encima de 250PSI por lo que el uso de tuberías de acero es necesario. Sus principales elementos, son:

- Tubería.
- Válvulas de seccionamiento, las cuales deben contar con el distanciamiento mínimo requerido conforme al lineamiento de la norma técnica NTC 3728 y que se resume en la Tabla 2.

Tabla 2: Separación máxima de válvulas de seccionamiento líneas primarias

Clase de Localidad	Criterio (por sección de 1600m de longitud)	Separación Máxima (km)
Localidad 1	Hasta 10 edificaciones con destino a ocupación humana	32
Localidad 2	Entre 10 y 46 edificaciones destinadas a ocupación humana	24
Localidad 3	Más de 46 edificaciones con destino a ocupación humana, excepto cuando prevalezca un criterio de localidad 4	16
Localidad 4	• Más de 46 edificaciones con destino a ocupación humana • 50% o más de las edificaciones tienen más de 4 pisos • Tráfico pesado y/o denso • Coexistencia con numerosas redes de otros servicios enterradas	8

Fuente: Elaboración propia a partir de Norma Técnica Colombiana NTC3728

- Sistemas de protección catódica, para la protección contra amenazas de corrosión exterior.
- Infraestructura mecánica y/o civil, tales como soportes de cruces aéreos o cajas de válvulas.

5.2.3 Estaciones reguladoras de distrito (ERD)

Similar a las estaciones puerta de ciudad, las estaciones reguladoras de distrito (ERD) tienen como función principal la reducción de presión entre el sistema de distribución de alta presión (desde 250PSI) y el sistema de distribución de media presión (60PSI o menos). En este equipo se presenta el cambio de interfaz de materiales de las tuberías pasando de acero a materiales termoplásticos, generalmente polietileno PE100. Los elementos con lo que típicamente cuenta una ERD, son:

- Filtración: esta etapa es utilizada para retener partículas y humedad que puedan estar presentes en el gas.
- Regulación: esta etapa es utilizada para bajar la presión del gas al nivel de operación requerido por la línea de distribución secundaria que, en mercado

colombiano, se maneja en alrededor de 60PSI o menos. Suele estar en configuración redundante trabajador – monitor.

- Medición: etapa que es necesaria para asegurar la transferencia de la custodia y balance entre el transportador y el distribuidor.
- Transmisores de Presión y Temperatura: utilizados para medir la presión y temperatura del proceso y realizar la corrección de volúmenes.
- Válvulas de alivio: utilizadas como una barrera de protección en caso de sobrepresión del sistema, liberando el exceso de presión y protegiendo la infraestructura aguas abajo del sistema.

5.2.4 Líneas secundarias

Son, de acuerdo con la definición de (*Gasoductos. Líneas de Transporte y Redes de Distribución de Gas*, n.d.) redes de tubería que se conectan desde la salida de las estaciones reguladoras de distrito hasta las acometidas de los usuarios finales. Las redes secundarias suelen segregarse en (i) líneas troncales que tienen un mayor diámetro y se derivan de la ERD, y (ii) las líneas de anillo que son aquellas que se derivan de la troncal y se extienden por los linderos de los predios desde donde se conectan las acometidas de los usuarios. Sus principales elementos, son:

- Tuberías termoplásticas, diámetros de ¾" a 6".
- Válvulas de control – poliválvulas.
- Infraestructura mecánica y/o civil, tales como soportes de cruces aéreos.

5.2.5 Gasoductos de distribución virtuales

Para aquellos sitios en los que por condiciones técnicas o limitaciones de viabilidad financiera no hay viabilidad para la construcción de redes de transporte o aumento de capacidad en líneas existentes, el suministro de gas natural comprimido (GNC) puede ser utilizado.

Para lograr este objetivo, los sistemas de transporte de GNC, en módulos o baterías, son llenados (estaciones madre) y descargados (estaciones hija) en instalaciones específicamente diseñadas para ello y que se componen principalmente de los siguientes elementos:

Estaciones madre:

- Etapas de separación y filtración.
- Sistema de regulación, en caso de que la presión de operación sea inferior a la presión del gasoducto.
- Sistema de medición.
- Sistema de odorización, en caso de que este proceso se realice en la etapa de carga.
- Sistema de compresión actuado por motor eléctrico, siempre que la presión de carga sea superior a la presión del gasoducto.
- Plataformas para llenado de módulos o baterías.
- Tuberías de conexiones.
- Válvulas de bloqueo y alivio.
- Sistemas esenciales eléctricos.
- Facilidades civiles.
- Sistemas de protección catódica y sistemas de protección contra descargas eléctricas.

Estaciones hija:

- Plataformas de vaciado de módulos o baterías.
- Recipientes de almacenamiento fijo o intercambiables.
- Sistema de compresión para transferencia o carga a otras GNC.
- Calentamiento, si el proceso de lo demanda con el fin de evitar la formación de cristales.
- Sistemas de regulación y de medición.
- Tuberías de conexión.

- Válvulas de bloqueo y alivio.
- Sistemas de seguridad.
- Sistemas esenciales eléctricos.
- Facilidades civiles.
- Sistemas de protección catódica y sistemas de protección contra descargas eléctricas.

5.2.6 Marco Regulatorio de la Distribución de Gas

En términos generales, para la distribución de Gas Natural, la normatividad aplicable se puede consultar de manera pública en <https://regimenjuridico.grupovanti.com/contenido.php>, donde se presenta de forma jerárquica el régimen jurídico que aplica a este sector.

Este régimen jurídico incluye las normas de carácter constitucional, las leyes de régimen de servicios públicos, las resoluciones asociadas a la producción, comercialización y mercado mayorista de gas natural, las regulaciones a los gestores del mercado de gas natural, la regulación relacionada con el abastecimiento, regasificación, importación y exportación del gas natural, la normatividad relacionada con la actividad del transporte de gas natural, y la normatividad asociada a las actividades de distribución y comercialización de gas natural.

El marco regulatorio es extenso y dinámico, por lo que uno de los principales desafíos en el desarrollo de un Sistema de Gestión de los Activos es lograr la adaptabilidad a este marco regulatorio y asegurar su cumplimiento, convirtiéndose los organismos de regulación y vigilancia en unas de las partes interesadas clave para el sistema de gestión.

5.3 Sistemas de Gestión de Activos

Normatividad como PAS55, ISO55000, guías de Gestión de Activos de institutos de amplio reconocimiento como el IAM, entre otros, en sí mismas no constituyen un Plan Estratégico de Gestión de Activos, ni el contar con una declaratoria de este plan es

garantía efectiva de gestión sobre los activos productivos en todas sus fases del ciclo de vida.

Adicionalmente, se tiene una percepción de que las empresas no han logrado dar el paso del mantenimiento a la Gestión de Activos, y por lo tanto arrastran una inercia de ejecución del proceso por, entre otros, soportarse solamente en la experiencia "así se ha hecho siempre", la confiabilidad basada en la persona, en el confort cuando los resultados transaccionales soportan tales procesos, en limitaciones de conocimiento, y principalmente por la subestimación del valor que agrega a nivel estratégico el contar con una Gestión Integral de los Activos.

Contar con un Plan Estratégico de Gestión de Activos, más allá de las definiciones que se pueden encontrar en la literatura, permite a las organizaciones adaptarse de forma ágil y eficiente a nuevos contextos del entorno, claramente desafiados en el 2020 con motivo de la pandemia por Covid-19, para que logren mantener el propósito de asegurar la disponibilidad y confiabilidad de la infraestructura para el cumplimiento de los compromisos operativos y de servicio, con un balance de desempeño, costo y riesgo, generar un fortalecimiento de la cultura organizacional, y generar sentidos de pertenencia al apropiarse los resultados en todos los niveles de la organización.

Adicionalmente, en el aspecto regulatorio, es de esperar que para los operadores de los sistemas de distribución de gas natural se haga una ampliación de la resolución CREG 015 de 2018, aplicable hoy a los operadores de red del sistema de transmisión eléctrica, y que entre otras disposiciones obliga a las empresas a "...incluir en el plan de inversión los activos necesarios para la implementación y certificación de un sistema de gestión de activos acorde con la norma ISO 55001...".

Una propuesta de la naturaleza del presente trabajo, que busca convertirse en un marco de referencia para su implementación en compañías de Distribución de Gas Natural, debe tener un marco referencial sólido en ISO 55000, por lo que se propone a continuación una descripción de los principales elementos de esta normatividad.

5.3.1 Normas ISO 55000

Como se describe en (da Silva & de Souza, 2022), la serie de normas ISO 55000 es un conjunto de estándares internacionales sobre la disciplina de gestión de activos que alcanzó un consenso global e identificó prácticas comunes que pueden ser aplicadas a un amplio rango de activos y organizaciones. La serie consiste de cuatro (4) estándares que son presentados en la Tabla 3.

Tabla 3: Descripción de la serie ISO 55000

Estándar	Título	Alcance
ISO 55000 (2014)	<i>Asset management – Overview, principles and terminology</i>	Proporciona aspectos generales para la gestión de activos y sistemas de gestión de activos y los beneficios esperados por la adopción de gestión de activos
ISO 55001 (2014)	<i>Asset management – Management systems Requirements</i>	– Especifica los requerimientos de un sistema de gestión de activos dentro del contexto de la organización
ISO 55002 (2014)	<i>Asset management – Management systems – Guidelines for the application of ISO 55001</i>	– Provee directrices para la implementación de un sistema de gestión de activos de acuerdo con los requisitos de la norma ISO 55001
ISO 55010 (2019)	<i>Asset management — Guidance on the alignment of financial and non-financial functions in asset management</i>	Proporciona directrices sobre la alineación entre las funciones financieras y no financieras en la gestión de activos, a fin de mejorar el control interno como parte del sistema de gestión de la organización.
ISO 55012 (Draft 2022)	<i>Asset management – Guidelines for enhancing people involvement and competency</i>	Proporciona directrices el mejoramiento del involucramiento del personal en la gestión de activos para mejorar la eficiencia general de la traducción de los objetivos de gestión de activos en los resultados. Esto involucra una evaluación de los factores humanos y culturales que lo influyen.

Fuente: Elaboración propia

La serie de normas ISO 55000 está basada sobre el concepto del ciclo PDCA (*Plan – Do – Check – Verify*), el cual es reconocido como la base para el mejoramiento continuo de sistemas de gestión. La estructura y los elementos que la componen se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Elementos de requerimientos de acuerdo con ISO 55001

Sec.	Elementos	Detalle
4	Contexto de la organización	4.1 Comprensión de la organización y el contexto 4.2 Comprensión de necesidades y expectativas de sus partes interesadas 4.3 Determinación de alcance del sistema de gestión de activos 4.4 Sistema de Gestión de Activos

5	Liderazgo	5.1 Liderazgo y compromiso 5.2 Política 5.3 Roles, responsabilidades y autoridad en la organización
6	Planeación	6.1 Acciones para hacer frente a riesgos y oportunidades para el sistema de gestión de activos 6.2.1 Objetivos de gestión de activos 6.2.2 Planificación para lograr los objetivos de gestión de activos
7	Soporte	7.1 Recursos 7.2 Competencia 7.3 Conciencia 7.4 Comunicación 7.5 Requisitos de información 7.6.1 Información documentada general 7.6.2 Creación y actualización de la información documentada 7.6.3 Control de la información documentada
8	Operación	8.1 Planificación y control operativo 8.2 Gestión del cambio 8.3 Contrato a terceros
9	Evaluación del Desempeño	9.1 Seguimiento, medición, análisis y evaluación 9.2 Auditoría interna 9.3 Revisión por la dirección
10	Mejora	10.1 No conformidad y acciones correctivas 10.2 Acción preventiva 10.3 Mejora continua

Fuente: Elaboración propia a partir de norma ISO 55000

5.3.2 Sistemas de Gestión de Activos

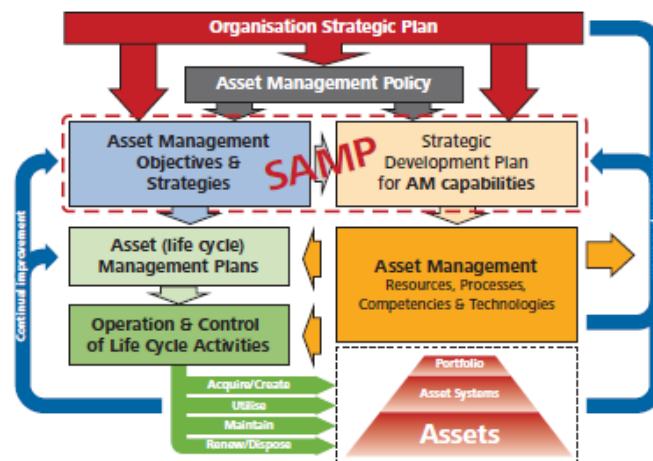
Como es descrito en (IAM-SAMP, 2017), un Plan Estratégico de Gestión de Activos (en adelante "SAMP") es un elemento crítico dentro de un sistema de gestión de activos. Es un requisito específico de la norma ISO 55001 y forma parte de los procesos de planificación central de la organización, tal como se muestra en la Figura 4 y que se convierte en el marco de referencia para el desarrollo del presente trabajo. En la jerarquía de planificación organizacional, un plan de negocio (o plan estratégico organizacional) representa las intenciones de alta dirección sobre cómo abordar las expectativas de las partes interesadas y cumplir con la "misión" de la organización. Estas intenciones generan dos tipos de implicaciones para lo que debe ocurrir en la gestión de los activos de la organización:

- Compromisos no negociables, principios fundamentales y obligaciones absolutas (por ejemplo, requisitos legales o normativos, estándares autoimpuestos y "reglas del

juego") - estos se incorporan en la Política de Gestión de Activos. Una buena prueba para los elementos de la política es: ¿nos comprometemos a cumplir con estos, independientemente del costo? Las actividades para cumplir con los compromisos de la política y asegurar el cumplimiento de los principios fundamentales se incluirán en el SAMP.

- Áreas de cambio previstas, actividades de mejora y resultados/desempeños deseados, tanto para los activos como para su gestión: estos son negociables en términos de alcance, relación costo-beneficio, urgencia y factibilidad. Contribuyen con objetivos y estrategias adicionales (además de los compromisos no negociables de la política) dentro del SAMP, donde se considera la imagen combinada para la entrega priorizada de máximo valor.

Figura 4: Elementos primarios de un Sistema de Gestión de Activos



Fuente: Tomado de (IAM-SAMP, 2017)

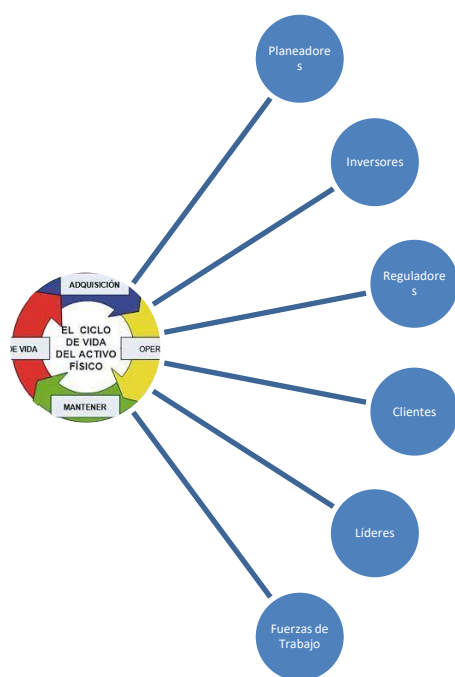
En resumen, el SAMP se sitúa en el siguiente nivel por debajo del Plan de Organización (o plan de negocios) para documentar y explicar:

- Las acciones necesarias para implementar la Política de Gestión de Activos (lo que debemos hacer).
- Las otras acciones justificadas en términos de valor que contribuirán mejor a la entrega de los objetivos de la organización (lo que queremos hacer y por qué).

El SAMP se convierte en la visión centralizada y consensuada de lo que se pretende hacer, cuándo y por qué, a partir de la cual se derivan todas las capas posteriores de planificación y entrega más detalladas. Documenta los objetivos de gestión de activos, la justificación de estos (por qué son importantes) y el programa previsto de actividades para lograrlos. También aclara los requisitos para métodos consistentes, como la base para la priorización y la toma de decisiones, que deben utilizarse en la planificación y entrega.

Adicionalmente, el SAMP debe elaborarse para todas las audiencias que son beneficiarias de la Gestión de Activos. En la Figura 5 se representa brevemente las audiencias y alcance a las que se orienta el desarrollo de este trabajo.

Figura 5: Audiencias de la Gestión de Activos



Fuente: Elaboración propia a partir de (IAM-SAMP, 2017)

6 OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

Desarrollar desde un enfoque práctico un Plan Estratégico de Gestión de Activos que agregue a valor al sector de Distribución de Gas Natural.

6.2 Objetivos Específicos

- Definir las etapas, alcance y cronogramas para implementar un Plan Estratégico de Gestión de Activos.
- Desarrollar un análisis bibliométrico en la temática objeto de este trabajo, para validar pertinencia de su aplicación.
- Desarrollar una metodología para establecimiento de contextos externos e internos de compañías de distribución de Gas Natural en el entorno colombiano.
- Desarrollar una metodología para el diagnóstico del nivel de madurez de Gestión de Activos, que permita establecer el plan de trabajo para implementación de este sistema.
- Desarrollar desde el enfoque de la norma ISO55000 las etapas para implementar un sistema de Gestión de Activos para compañías de distribución de Gas Natural en el contexto colombiano.

7 DESARROLLANDO EL SAMP

Una de las realidades que motiva el desarrollo del presente trabajo es el hecho de que el éxito en los resultados de las organizaciones es altamente dependiente de las realidades de sus activos (capacidades, necesidades, riesgos, oportunidades, ciclos de vida, etc.). Los planes de negocio en las organizaciones a menudo están basados en presunciones de alto nivel y establecidas bajo un enfoque direccional tipo *top-down* por lo que tienden a contar con un alto nivel de incertidumbre, especialmente para periodos mayores a un año, y a no reflejar plenamente la realidad y capacidades de los Activos de la organización, su condición, necesidades, riesgos y oportunidades, generando una brecha entre el deseo organización y la capacidad de la compañía para el logro de tales intenciones.

Sumado a esto, las empresas prestadoras de servicios públicos, dada su naturaleza misional, cuentan con un marco regulatorio que debe ser tenido en cuenta para el éxito en la Gestión de los Activos. Situaciones como cumplimiento de niveles de servicio, vigilancia de las inversiones, remuneración tarifaria conforme al grado de inversión, entre otras, son condiciones que hacen la diferencia, en relación con otro tipo de industrias para los procesos de planificación, justificación de recursos o financiamiento y coordinación entre quienes son responsables de las diferentes etapas del ciclo de vida de los activos (diseño, adquisición, construcción, uso, mantenimiento, disposición, etc.).

En este contexto, un Plan Estratégico de Gestión de Activos (SAMP) puede considerarse una herramienta de coordinación entre las necesidades de la organización, las expectativas de sus partes interesadas, las realidades de los Activos existentes y las capacidades de gestión sobre los Activos, para cumplir con los objetivos organizacionales.

Teniendo en cuenta lo anterior, el enfoque que se desarrolla en este trabajo para la implementación del SAMP está basado en una metodología combinada de las propuestas de (IAM-SAMP, 2017) y (Pinilla R, 2018).

7.1 Fases

El esquema general de implementación de la herramienta gerencial propuesta en este trabajo se ilustra en la Figura 6:

Figura 6: Fases de implementación para el Sistema de Gestión de Activos



Fuente: Elaboración propia

7.1.1 Análisis Bibliométrico

Como se mencionó en los capítulos introductorios, la Gestión de Activos requiere un enfoque multidisciplinar que demanda procesos bien establecidos y controlados, recurso humano capacitado, manejo efectivo de la información, integración entre áreas técnicas y gerenciales, y liderazgo altamente comprometido, a cuya posible complejidad se le atribuyen las barreras que se presentan en su difusión e implementación. Adicionalmente, en el contexto nacional (Medina et al., 2021) se reflejó un bajo nivel de apropiación de la Gestión de Activos en la industria colombiana debido a que: (i) se evidenció un desconocimiento alto (más del 50% de la muestra) de la significancia de la Gestión de Activos y ventajas que, para las empresas en distintos sectores de la economía puede representar, especialmente la mediana y la pequeña empresa; y (ii) en el componente de conocimiento en normatividad para Gestión de los Activos, un 23% de la muestra respondió conocer alguno.

En este contexto, el uso de métodos bibliométricos resulta útil ya que es posible obtener una visión general y rápida del estado del arte y tendencias. Como se menciona en (da Silva & de Souza, 2021), la bibliometría no sólo facilita retrospectivas de investigación, sino que también puede ayudar en la exploración de puntos críticos de investigación de

manera objetiva y cuantitativa, lo que contribuye al progreso y avance de una determinada área de investigación.

Lo anterior motiva que la primera parte del desarrollo de este trabajo sea un análisis de la literatura de gestión de activos que permita fijar una visión general, que es importante para una comprensión amplia del tema y la identificación de enfoques, soluciones y áreas de aplicación.

El método utilizado para mapear la literatura está basado en el enfoque bibliométrico propuesto por (da Silva & de Souza, 2021) que comprende tres etapas principales: (i) recopilación de datos, (ii) procesamiento de datos y (iii) extracción de resultados. Para la recopilación de datos, todas las definiciones utilizadas en este documento para configuración de la búsqueda y para exportar los registros de metadatos se muestran en el protocolo de recopilación definido en la Tabla 5.

Web of Science (WoS) se seleccionó como la fuente de recolección de datos por la experiencia del autor en el manejo esta herramienta en distintas áreas de investigación, la amplia cantidad de registros que se reportan en su base de datos, y por su disponibilidad en los recursos digitales de la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander. De este ejercicio se generarán los análisis preliminares de volumetría de la producción científica en el tema seleccionado, los campos de aplicación y el comportamiento de las investigaciones a lo largo del tiempo.

El procesamiento de los datos y la interpretación de resultados se realizará con herramientas de Visualización de Similitudes (VOS), la cual utiliza una variedad de metodologías y técnicas para crear visualizaciones. Estas técnicas, (OpenAI, 2023), pueden abarcar el análisis de redes, algoritmos de agrupamiento, reducción de dimensionalidad y enfoques de visualización de información, logrando transformar los complejos datos bibliográficos en representaciones visualmente interpretables, lo que facilita la identificación de artículos seminales, autores clave y tendencias de investigación, descubrir patrones ocultos, identificar trabajos influyentes, explorar

conexiones temáticas en la literatura, comprender la estructura de un campo, identificar lagunas de investigación y determinar la evolución del conocimiento a lo largo del tiempo.

VOSviewer, (Jan van Eck & Waltman, 2023), se seleccionó como herramienta de visualización debido a la calidad de representaciones gráficas y a la consideración de la distancia como una fuerza de la relación entre los datos. Con esta herramienta se crearán los mapas basados en datos de redes conectados mediante enlaces de coocurrencia en las palabras clave de los documentos arrojados por WoS.

7.1.1.1 Resultados y Análisis:

Como se puede observar en la Tabla 5, la gestión de activos fue la palabra clave principal para la recolección de datos ya que es el tema central de este mapeo, además se consideró la combinación con el término complementario rendimiento para lograr una recopilación de datos más ajustada o refinada. Su cadena de búsqueda fue escrita para cubrir tanto variaciones singulares y plurales.

Tabla 5: Protocolo para recolección de datos

Elemento	Alcance
Palabra Clave Principal	"Asset* management"
Palabra Clave Complementaria	Performance
Base de Consulta	Web of Science Base de datos disponible en recursos digitales biblioteca UIS
Periodo de Búsqueda	2004-2023
Mapa de Redes de Visualización	VOSViewer Software libre

Fuente: Elaboración propia

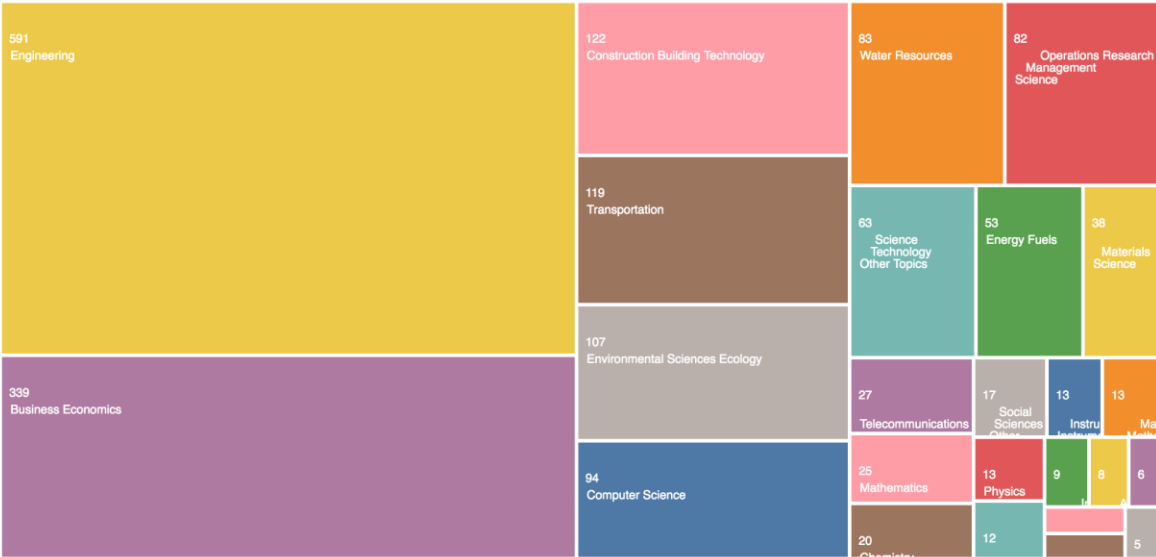
Como resultado general, un total de 1092 documentos fueron obtenidos con los criterios de búsqueda establecidos, cuyo primer análisis se presenta en tres campos, a saber: (i) campos de la ciencia, (ii) producción en el tiempo y (iii) colaboración global:

7.1.1.2 Campos de la Ciencia:

La consulta bibliográfica muestra que las mayores investigaciones sobre gestión de activos en activos físicos están enfocadas en 25 campos diversos, tal como se muestra

en la Figura 7, de los cuales la mayor producción científica se concentra en los campos de la ingeniería (54%), la economía empresarial (31%), las tecnologías de construcción (11%) y el transporte (10%). El campo de energía y combustibles, ámbito de aplicación del presente trabajo, representa un volumen de un 5% lo que valida su pertinencia como aporte al desarrollo científico en el campo energético y específicamente en el sector del Gas Natural.

Figura 7: Campos de la Ciencia en Gestión de Activos

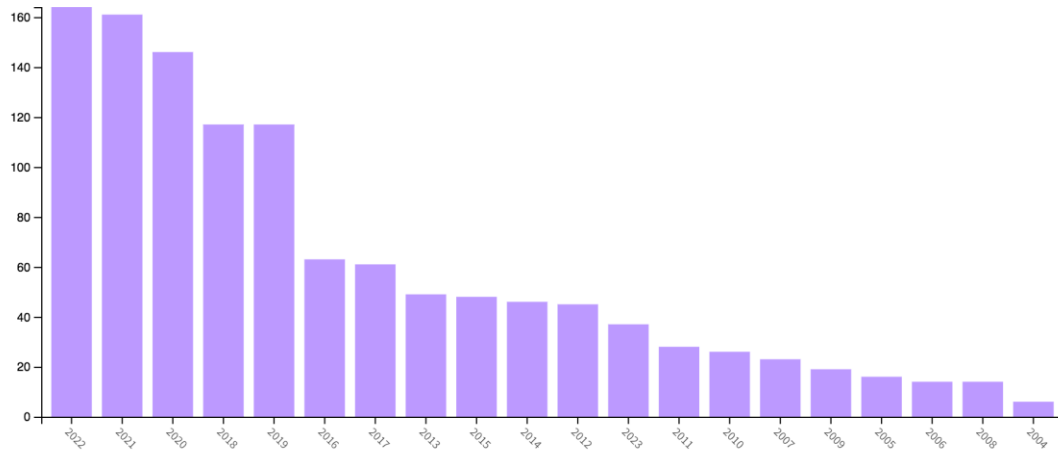


Fuente: Elaboración propia

7.1.1.3 Producción en el Tiempo:

Como el lector puede ver en la Figura 8, la producción científica sobre Gestión de Activos en Activos Físicos ha tenido un rápido crecimiento desde el año 2019, sosteniéndose incluso durante el año 2020 a pesar de las condiciones impuestas por la pandemia generada por COVID 19.

Figura 8: Número de documentos publicados de Gestión de Activos en el tiempo



Fuente: Elaboración propia

A partir de este resultado se motiva una segunda búsqueda, pero limitada a los periodos de mayor producción científica, es decir, únicamente entre los años 2019 a 2023. Como se muestra en la Figura 9, de un total de 626 documentos se mantienen entre los de mayor producción científica los campos de la ingeniería, específicamente ingeniería civil (24%), la economía empresarial (14%), las tecnologías de construcción (11%), y aparece en estos primeros lugares el campo de gestión (10%). El campo de energía y combustibles, ámbito de aplicación del presente trabajo, se mantiene con un volumen de un 5%.

Figura 9: Campos de la Ciencia en Gestión de Activos 2019-2023



Fuente: Elaboración propia

7.1.1.4 Colaboración Global

El análisis de la amplitud geográfica y la colaboración entre países en el campo de la gestión de activos revela un alcance global de investigación y una colaboración significativa en el área. Los registros en países principales como Estados Unidos (28%), Inglaterra (13%), Canadá (9,8%) y China (9%), muestran una alta participación y conexiones con otros países. Adicionalmente, los datos recopilados muestran que existe una colaboración global en la gestión de activos, ya que el número de registros por país (1345) es mayor en un 23% que el número de documentos (1092), por lo tanto, existen documentos en los que hay más de un país de origen entre los autores.

Estos hallazgos, que se presentan en la Figura 10, demuestran la importancia y la naturaleza interconectada de la investigación en gestión de activos a nivel internacional.

Figura 10: Colaboración Global en Gestión de Activos



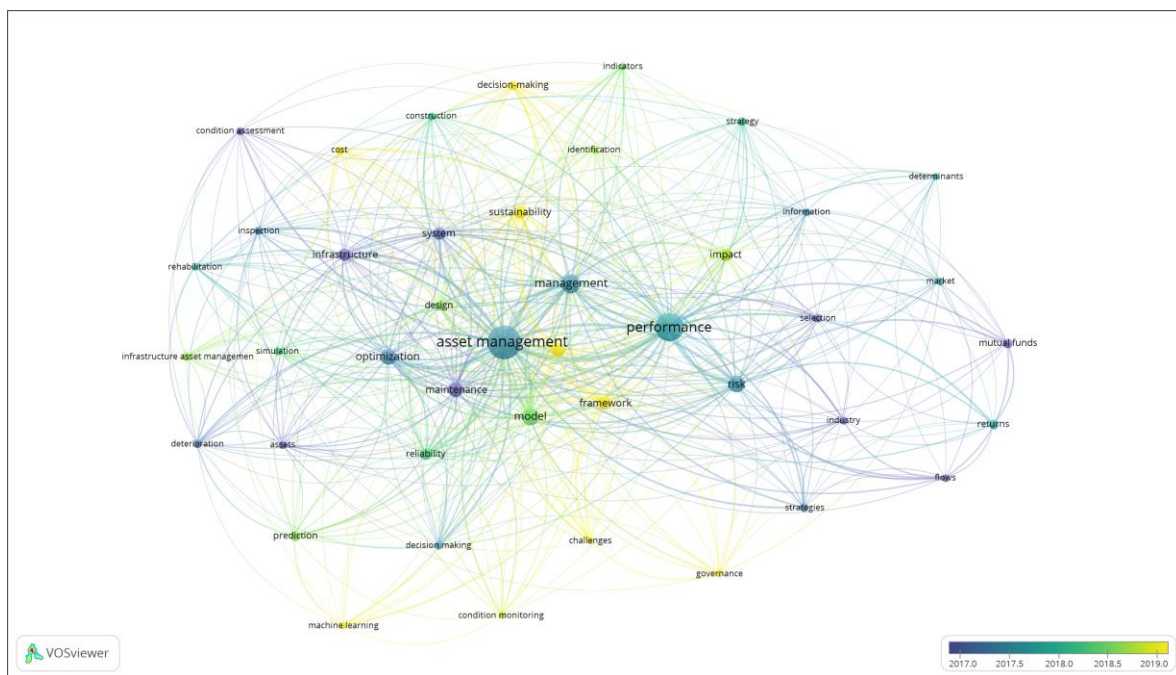
Fuente: Elaboración propia

Finalizando la etapa de análisis de resultados con el uso la herramienta de Visualización de Similitudes VOSviewer, se creó la red de coocurrencia considerando las palabras clave que aparecieron en aproximadamente un 2% de todos los documentos recopilados, en otras palabras, se agruparon términos que tuvieran una ocurrencia mínima de 17 en los 1092 documentos. 43 palabras clave cumplieron este umbral y se representan en la

red de coocurrencia compuesta por 5 clústeres en la gestión de activos que se representa en la Figura 11.

De acuerdo con lo explicado por (da Silva & de Souza, 2021), en la visualización gráfica de una red bibliométrica, el tamaño de un círculo denota la relevancia de un elemento. Además, la ubicación de los círculos y el uso de colores resaltan los grupos, y la distancia entre dos clústeres es inversamente proporcional al número de coocurrencias entre las palabras clave.

Figura 11: Red de co-ocurrencia en keywords



Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la Figura 11 y como se describe a continuación, se han identificado 5 grupos diferentes de palabras clave en la red de coocurrencia que representan cada una un área clave en la gestión de activos y en el que los patrones de color resaltan la coocurrencia de estas palabras a lo largo de los años.

Performance: que junto a la palabra clave “*risk*” son cercanas a procesos financieros y de negocios en las que se pueden identificar elementos como “*mutual funds*”, “*returns*”, “*flows*”, “*industry*” y “*strategy*”.

Management: que junto a la palabra clave “*sustainability*” son cercanas a procesos de gestión y seguimiento donde son relevantes como “*decision making*” e “*indicators*”, o, en otras palabras, toma de decisión basada en información y resultados.

Infrastructure: que concentra elementos como “*condition assessment*”, “*design*”, “*inspection*”, “*deterioration*”, “*rehabilitation*”, “*infrastructure asset management*”, y “*conditions assessment*”, siendo un área que se centran en la investigación aplicada a la condición de los activos de infraestructura.

Maintenance: que concentra otras palabras clave como “*reliability*”, “*decision making*”, “*prediction*”, “*machine learning*” y “*condition monitoring*”, que se centra en los temas de gestión de mantenibilidad o ingeniería de confiabilidad.

Optimization: que junto a la palabra clave “*system*” son cercanas a procesos de eficiencia y gestión en la que se destacan elementos como “*impact*”, “*model*”, “*framework*”, “*cost*” y “*governances*”, los cuales integran un área de optimización que se concentra en la investigación sobre la gestión de activos que prioriza modelos para la optimización de políticas de mantenimiento y el costo del ciclo de vida del activo.

Es importante destacar que las cinco áreas clave asociadas con la Gestión de Activos son temas vigentes toda vez que se han abordado en las publicaciones, en promedio, producidas después de 2016. Frente a los temas más recientes, después de 2019, se observa que las publicaciones se enfocan en elementos de la periferia de la red en los que temas como “*governance*”, “*decision making*”, “*framework*” y “*sustainability*” se profundizarán en el desarrollo del presente trabajo.

En general, el resultado del análisis bibliométrico valida la pertinencia de este trabajo en el que se pretende desarrollar un modelo de la gestión de activos con un alcance significativamente más amplio al de gestión de mantenimiento o cuidado de los activos físicos, y que se acerque más al propósito central de una organización.

7.1.2 Establecimiento del Contexto

Todas las organizaciones funcionan dentro de un contexto social, económico, regulatorio, geográfico y físico que incluye factores fuera de su control y, realidades actuales del alcance, condición y capacidades del portafolio de activos, los recursos humanos de la organización, sus habilidades, conocimientos y cultura, los sistemas de gestión e incluso la historia, que pueden influir en lo que a futuro se puede lograr.

Una clara comprensión del contexto interno y externo ayudará a identificar oportunidades, anticipar y minimizar restricciones y controlar riesgos, al tiempo que desempeña un papel clave en determinar lo que es proporcional y apropiado en los métodos que deben aplicarse: por ejemplo, la operación de la compañía en diferentes regiones de un mismo país tiene connotaciones diferentes ya que, en el caso de la distribución de gas natural, está regulada por mercados y estos están condicionados por cada uno de ellos.

Los cambios en el contexto también pueden influir en los objetivos organizacionales o afectar la capacidad de la organización para alcanzar sus objetivos. La variabilidad política, los avances en tecnología de la información, el cibercrimen y eventos disruptivos pueden cambiar fundamental y rápidamente el panorama. Las tendencias macro, como los ciclos económicos, el calentamiento global, los cambios demográficos y otros, pueden influir en el panorama de manera rápida.

Para hacer frente a estos cambios y lograr una gestión efectiva de los activos, es fundamental tener una visión clara del contexto en el que se opera. Esto implica comprender las condiciones externas que impactan en la organización, así como las características y capacidades internas que influyen en su desempeño. Al comprender el contexto, podemos identificar las oportunidades y desafíos que se enfrentan, y tomar decisiones informadas para el desarrollo y ejecución de la estrategia de Gestión de Activos.

Es importante tener en cuenta que el contexto no es estático y puede cambiar con el tiempo. Por lo tanto, es necesario realizar un seguimiento constante y actualizar la comprensión del contexto a medida que se produzcan cambios significativos, esto permitirá la adaptación de manera ágil y tomar decisiones acertadas para maximizar el valor y la sostenibilidad de los activos en entornos de constante evolución.

Para el desarrollo de esta etapa, dos herramientas básicas de gestión serán utilizadas: mapa PESTEL y mapa DOFA. Para determinar los factores de entorno externo mediante el PESTEL, términos clave como los que se presentan en la Figura 12 se presentan como guía para realizar la valoración.

Figura 12: Palabras guía para valoración de entorno PESTEL

P Political		P Enviromental	
1	Cuáles decisiones políticas lo pueden impactar?	1	Cuál es el foco ambiental de las áreas donde opera
2	Cuáles regulaciones debe seguir?	2	Cuál su huella frente a esto, es gran contaminante
3	Qué pasaría en un entorno político en el que otra corriente triunfe?	3	
4	De cuáles políticas futuras debería estar conciente?	4	
P Social		P Technological	
1	Cuál es el mercado objetivo	1	Tiene sustitutos
2	Cuál considera que es su licencia social para operar	2	Nivel de apropiación tecnológica para mantenerse vigente
3	Su core demográfico, crece o disminuye	3	Nivel de obsolescencia tecnológica
4	De cuáles políticas futuras debería estar conciente?	4	
5	Diversidad económica de sus regiones	5	
P Economic		P Legal	
1	Que factores afectan sus ingresos o elevan sus costos	1	Cómo le impactan los cambios de regulación de legislación
2	Hay estabilidad económica, la regulación le remunera lo que corresponde?	2	Se realiza de forma oportuna?
3	Cómo le va con los expedientes tarifarios	3	Tiene seguridad legal?
4	Tiene competencia?	4	
5	Puede variar sus ingresos?	5	

7.1.2.1 Resultados:

Como se ha precisado con anterioridad, estas palabras son guías frente a lo que es la distribución de gas natural en un entorno como el colombiano y con la información disponible de las empresas de distribución. En el desarrollo de un trabajo para una compañía específica, otras preguntas pueden ser requeridas o algunas suprimidas con el fin de hacer un SAMP verídico.

Algunos elementos que el autor considera son útiles para formular el SAMP, son:

Oportunidades:

- El gas natural en el contexto global y el contexto local es reconocido como el combustible de la transición energética y por lo tanto las políticas pudieran estar orientadas a su fortalecimiento en todos los agentes de la cadena.
- La matriz energética de Colombia muestra que a nivel residencial unos 1,6 millones de hogares aun usa combustibles como la leña o carbón, potencializando al gas natural en eje central para mejorar las condiciones de los colombianos.
- En el mercado de movilidad, el transporte pesado se moviliza aun mayoritariamente con combustibles líquidos.
- Las fórmulas tarifarias vigentes favorecen las inversiones eficientes en activo
- Es probable que la resolución CREG 036 de 2019 que tiene alcance sobre los operadores de red, en lo referente al artículo 37 sobre la obligatoriedad de implementar un Sistema de Gestión de Activos, se amplíe en alcance al sector de Gas Natural

Amenazas:

- Las señales de no firma de nuevos contratos de exploración de hidrocarburos desincentive la inversión sobre los agentes de la cadena de gas natural.
- Incertidumbre regulatoria por mensajes de intervención ejecutiva en servicios públicos y anuncios de proyectos de ley modificatorios de ley 142.
- Largos tiempos de emisión de actualizaciones de tarifas que condicionan las rentabilidades de las compañías.

- Altos precios por indexación de factores IPC y TRM que encarecen los costos de O&M de las compañías
- Crisis de organismo de regulación CREG por comisionados nombrados en titularidad.
- Aparición de sustitutos, caso hidrógeno.

7.1.3 Realidad de los Activos

Un punto determinante para representar de manera coherente una línea base (AS-IS) de los activos y sistemas de activos de la compañía es, como se propone en (IAM-SAMP, 2017), reconocer: (i) los activos existentes, entendiéndose por esto la identificación de cuáles activos y sistemas de activos existen en el portafolio, y (ii) sus realidades, entendiéndose como la salud del activo (rendimiento y condición), edad, funciones, ubicación geográfica, usos, criticidad y mantenibilidad. Adicionalmente, considerar la dependencia que algunos activos puedan tener frente a representantes de marca o proveedores de servicio, disponibilidad de partes y vulnerabilidad tecnológica relacionada con la obsolescencia.

La organización del reconocimiento de los aspectos anteriormente mencionados puede demandar un desafío para determinar por dónde empezar y hasta qué nivel de detalle llegar, teniendo en cuenta que para la elaboración del SAMP, la información clave debe ser seleccionada. Una recomendación de este autor es que, si no cuenta con una base sólida de información sobre los activos y sus características, el levantamiento debe ser la primera acción antes de realizar cualquier actividad siguiente relacionada con el Sistema de Gestión de Activos.

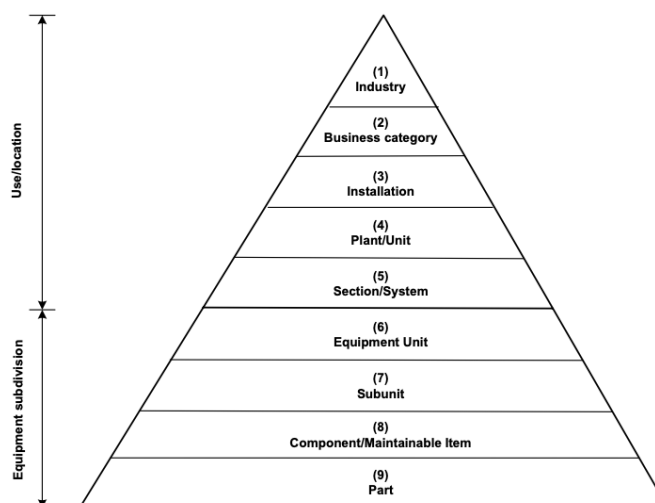
Así, criterios que pueden ser considerados, son:

7.1.3.1 Inventario de Portafolio de Activos:

Debe ser una información que ayude al lector del SAMP a entender su escala de responsabilidad en el sistema de gestión, la diversidad de los activos bajo gestión y el significado que para el negocio tales activos representan.

Puede incluir, pero sin limitarse a, clasificación de activos, ubicaciones, funciones y criticidad. Este autor recomienda seguir los lineamientos de la norma ISO 14224 “*Petroleum and Gas Natural Industries – Collection and Exchange of reliability and maintenance data for equipment*”. En lo particular al inventario y taxonomía de equipos, entendiéndose como la clasificación de los datos relevantes que se deben recopilar según esta Norma Internacional, se representa mediante un ordenamiento jerárquico como el presentado en la Figura 13. Esta debería estar organizada y disponible en un sistema de información tipo CMMS o ERP.

Figura 13: Taxonomía Propuesta



Fuente: Tomado de (International Organization of Standardization, 2004)

De acuerdo con lo indicado en (International Organization of Standardization, 2004), la taxonomía se puede definir como una clasificación ordenada de elementos, de acuerdo con factores de comunes como su ubicación, uso, tipo de equipos, entre otros, en grupos genéricos. A continuación, se proporcionan definiciones de cada segmento junto con ejemplos de diferentes flujos de negocios y tipos de equipos, como se ejemplifica en la Tabla 6.

La categorización de los niveles del 1 al 5 se utiliza para establecer una clasificación general en relación con las industrias y la aplicación de las plantas, sin considerar las unidades de equipos específicas involucradas. Esta elección se fundamenta en el hecho de que una misma unidad de equipo, como una bomba, puede ser utilizada en múltiples industrias y configuraciones de plantas. Para evaluar la confiabilidad de equipos similares, es necesario tener en cuenta el contexto operativo en el que se utilizan. Por lo tanto, la información taxonómica correspondiente a estos niveles (del 1 al 5) debe ser incluida en la base de datos de cada unidad de equipo, y se refiere a los "datos de uso/ubicación".

Por otro lado, los niveles entre 6 al 9 están relacionados con la unidad de equipo en sí (inventario). El número de niveles de subdivisión necesarios dependerá de la complejidad de la unidad de equipo y de la utilidad que se quiera dar a los datos. En el caso de un instrumento aislado, es posible que no se requiera una subdivisión adicional, mientras que en equipos mayores con múltiples elementos como un compresor de Gas Natural Comprimido pueden ser necesarios varios niveles de desglose. Para el análisis de disponibilidad, puede ser suficiente contar con información sobre la confiabilidad a nivel de clase de equipo, mientras que un análisis de RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) y un análisis de causa raíz requerirán datos específicos sobre los mecanismos de falla a nivel de componente/artículo mantenible o de partes. Cabe destacar que esta Norma Internacional no aborda de manera específica el nivel 9.

Esta información se deja a modo referencial como una de las herramientas disponibles en la fase de contextualización del Sistema de Gestión de Activos, toda vez que la actividad de recolección, clasificación y ordenamiento de información de equipos no es del alcance del presente trabajo.

Teniendo en cuenta las configuraciones típicas de un sistema de distribución de Gas Natural, un ejemplo de clasificación de sus activos puede ser, tomando como referencia la información pública disponible de Empresas Públicas de Medellín - EPM, ya que es una compañía que reúne características tales como operación multilatina, tiene

diferentes unidades de negocio, e incluye la distribución de Gas Natural dentro de su portafolio. La información que aquí se presenta, se toma de la información publicada por (Mauricio et al., 2017) y que está disponible en consulta de internet.

El grupo EPM está conformado por empresas que se encuentran ubicadas en, principalmente, en Colombia, México, Guatemala, El Salvador, Panamá y Chile, países en los que hace presencia con su portafolio de negocios en Energía, Gas Natural, Aguas y Gestión de Residuos Sólidos. En la Figura 14 se representa esta presencia geográfica y las unidades de negocio que operan en cada país.

Figura 14: Ámbito Geográfico de EPM



Fuente: Tomado de (Mauricio et al., 2017)

Con esta información disponible y tomando como referencia la descripción teórica presentada en el capítulo 8.1.3.1 – Inventario del Portafolio de Activos, una categorización propuesta se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6: Taxonomía Propuesta para Distribución de Gas Natural

Categoría	Jerarquía	Definición	Ejemplo
Uso / Ubicación	Industria	Tipo de industria principal	Gas Natural
	Categoría de Negocio	Tipo de negocio / agente de la cadena	Distribución y Comercialización
	Categoría Instalación	Tipo de Facilidad	Red de distribución
	Planta	Tipo de Planta / Unidad	N/A
	Sección / Sistema	Sección principal / sistema de la planta	- Regulación y Medición - Gas Natural Comprimido - Redes - Sistemas de protección corrosión
Subdivisión Equipos	Equipo	Unidades de características similares	- City Gates - Estaciones reguladoras de distrito - Redes - Cruces aéreos - Actuadores
	Subunidad	Subsistema necesario para el funcionamiento del equipo	(Para City Gates) - Regulación - Filtración - Medición - Odorización - Sistemas auxiliares
	Componente	Elemento mantenible	(Para City Gates) - Elemento filtrante - Elemento primario medidor - Transmisores ...
	Parte	Piezas simples del equipo	- Empaques - Conectores - Sellos - Tubings - Modem de comunicación ...

Fuente: Elaboración propia

Esta clasificación es referencial y propuesta por este autor, sin embargo, su versión final deberá ajustarse a las realidades de la compañía, por lo que la clasificación puede tener todos los elementos o algunos pueden ser combinados o no aplicar, dependiendo del tamaño, unidades de negocio, entre otros factores.

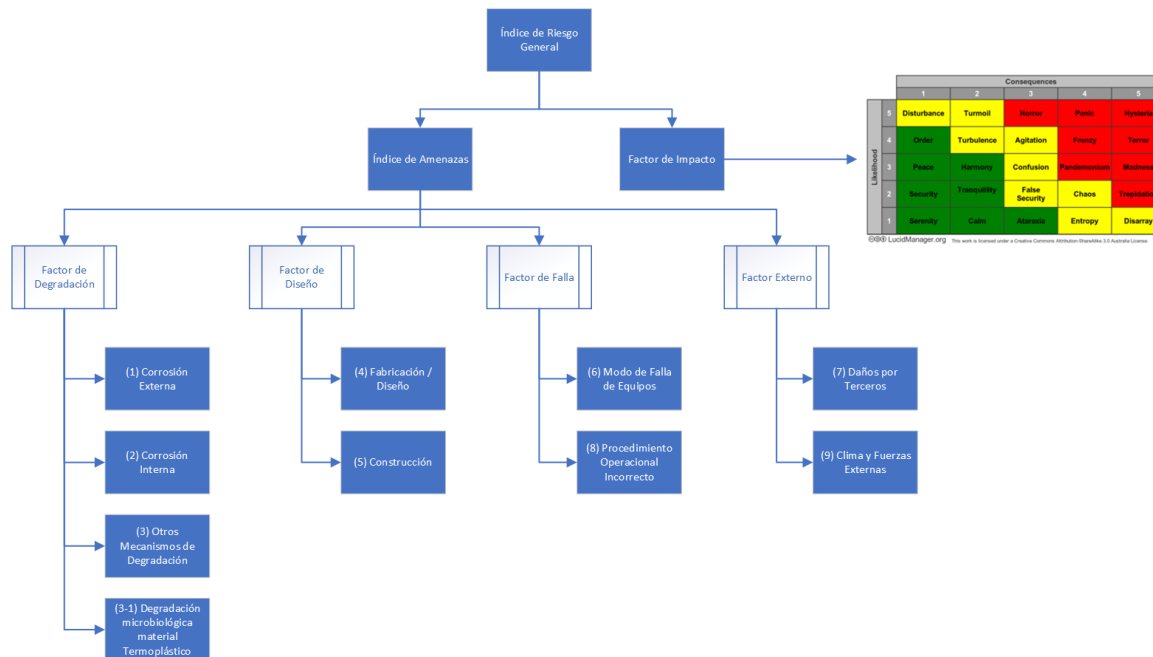
7.1.3.1.1 Estado de los Activos:

Responde a los atributos de los activos o sistemas de activos que tienen influencia relevante sobre las prioridades estratégicas para inversión, mantenimiento, cambios, gestión de riesgos y planes de contingencia.

Como se mencionó anteriormente, las capacidades, edad, condición, rendimiento, mantenibilidad, estado de obsolescencia, dependencia tecnológica de terceros y riesgos, deben ser considerados.

Sobre la gestión de riesgos, este autor considera que es un factor diferenciador para el desarrollo del SAMP, toda vez que permite evaluar metodológicamente los activos según su riesgo y criticidad y por lo tanto orientar la definición de las estrategias de gestión del activo hacia un contexto de prevención y mitigación de riesgos que afecten de forma sistémica la confiabilidad corporativa. Por lo anterior, recomienda realizar y/o actualizar el mapa de riesgos de la infraestructura mediante un análisis multivariable de las amenazas de integridad tomando como referencia la norma NTC 5747 “Gestión de Integridad de Gasoductos”, pero ajustada a sistemas de distribución de gas natural, como se muestra en la Figura 15. Se aclara que esta metodología no es objeto del presente trabajo y por lo tanto se abordará de manera genérica.

Figura 15: Esquema de Amenazas de Integridad – Adaptación a Distribución Gas Natural



Fuente: Elaboración Propia

En la figura anterior se listan las nueve (9) amenazas que, según NTC 5747, pueden afectar la integridad de los sistemas de gasoductos las cuales se agrupan, a criterio de este autor, en cuatro (4) factores que facilitan su análisis. Como se detalla a continuación:

Factor de Degradación: agrupa los procesos de corrosión de elementos metálicos y se agrega un mecanismo sobre procesos no metálicos que, de acuerdo con la experiencia del autor, están empezando a hacerse presente en tuberías termoplásticas de forma endémica a causa de ataques fúngicos.

Factor de Diseño: agrupa los procesos relacionados con la selección, almacenamiento, transporte de los materiales y los mecanismos de falla asociados a los procesos constructivos.

Factor de Falla: agrupa los mecanismos y modos de falla de los equipos, incluyendo los asociados a operaciones incorrectas. En este grupo, la adopción de metodologías FMEA, RCA, RCM, la documentación de contextos operativos y potenciales fallas, son de alto valor para cuantificar de manera precisa el factor de impacto por cada mecanismo de exposición.

Factores Externos: agrupa los mecanismos que pueden ser ajenos a la gestión de la infraestructura, pero que deben tener una gestión para prevenir su ocurrencia o minimizar su impacto. Dentro del análisis del autor, dos mecanismos se deben tener en cuenta:

- Clima y fuerzas externas que incluye, pero sin limitarse a, eventos de remoción en masa, eventos sísmicos, inundaciones, entre otros.
- Daños por terceros que incluye, pero sin limitarse a, los daños que se generan por interferencias de obras debido a la saturación de redes de distribución, principalmente anillos y acometidas, y aquellos eventos que salen de intenciones relacionadas con sabotaje o terrorismo.

Cada una de las amenazas tendrá uno o varios mecanismos de exposición, los cuales dependerán de la compañía particular, sin embargo, se presenta a modo referencial en

Tabla 7 un listado común de mecanismos de exposición en sistemas de distribución de gas natural en Colombia.

Se precisa que la evaluación del factor de impacto obedece a la evaluación convencional de riesgos (probabilidad por severidad) pero es altamente recomendable que la matriz de evaluación corresponda a la matriz corporativa, si no existe la matriz, esta se debe crear bajo el marco de referencia que la compañía considere que le es aplicable.

Tabla 7: Mecanismos de exposición comunes en distribución de gas natural

Factor	Amenaza	Mecanismos de Exposición
Degradación	Corrosión Externa	Corrosión atmosférica Corrosión subsuperficial
	Corrosión Interna	Depósitos de bacterias sulfato reductoras (BSR) Depósitos de bacterias productoras de ácido (BPA)
	Otros Mecanismos de Degradación	Ataque microbiológico a materiales termoplásticos por hongos y bacterias
Diseño	Fabricación / Diseño	Especificaciones de material Factor de seguridad de diseño Calidad y trazabilidad de materiales
	Construcción	Cumplimiento de criterios técnicos y normatividad pública Competencias de personal de construcción
Falla	Modo de Falla	Según análisis FMEA
	Operaciones Incorrectas	Según talleres tipo HAZOP Fugas no controladas durante mantenimientos Competencias de personal de operación y mantenimiento
	Daños por Terceros	Interferencias de obras Sabotaje, atentados terroristas
Externo		Movimientos de remoción en masa
	Clima y Fuerzas Externas	Sismos Inundaciones
		Procesos meteorológicos

Fuente: Elaboración Propia

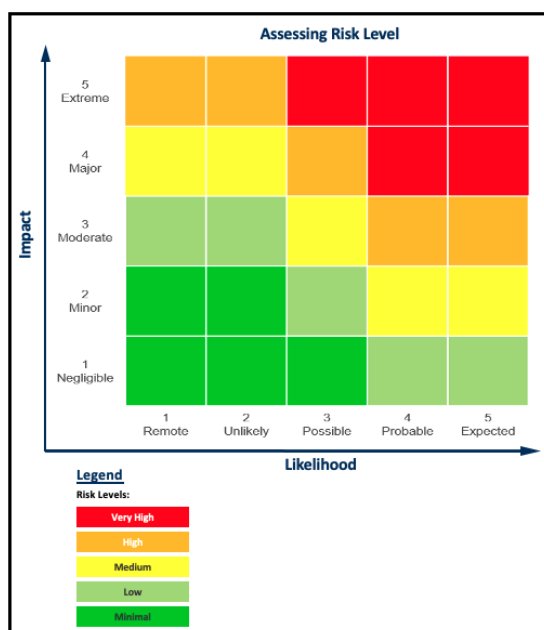
Para efectos de este ejercicio se utiliza una matriz genérica como la mostrada en la Figura 16, reiterando la relevancia que para este tipo de análisis tiene el utilizar la matriz de riesgos corporativa. Como factores de impacto, se proponen los que de acuerdo con la relevancia de las partes interesadas en un sistema de distribución de gas natural en Colombia se pueden presentar (Tabla 8). Se aclara que los criterios para determinar el nivel de impacto dependerán del apetito del riesgo de cada compañía:

Tabla 8: Factores de impacto para valoración de riesgos

Impacto	Descripción
Financiero	Pérdidas financieras
Reputacional	Nivel de exposición a partes interesadas / cubrimiento mediático
Personas	Pérdida de fuerza laboral del staff
Operacional / Continuidad de Negocio	Fallas catastróficas e impacto en tiempo de recuperación
Salud y Seguridad	Impacto en personas de accidentes laborales
Legal / Asuntos Corporativos	Nivel de consecuencias penales, civiles y regulatorias
Clientes	Nivel de afectación a clientes por interrupciones de servicio

Fuente: Elaboración Propia

Figura 16: Propuesta Matriz de Riesgos



RATING	LIKELIHOOD CONSIDERATIONS		
	Description	Probability	Frequency
5 (Expected)	The future event or events is expected to occur in most circumstances during the next year	Greater than 90% chance of occurrence	Has occurred at your operations at least once per year and to almost all organizations in the industry
4 (Probable)	The future event or events are likely to occur	65%-90% chance of occurrence	Has occurred at your operations in the last 2 years and regularly to many organizations in the industry
3 (Possible)	The chance of the future event or events is more than remote but less than likely	35%-65% chance of occurrence	May have occurred previously at your operations and periodically in the industry (once every 2-5 years)
2 (Unlikely)	The chance of the future event or events occurring is slight	10%-35% chance of occurrence	Not occurred previously at your operations and has rarely occurred in the industry (within 5-20 years)
1 (Remote)	The future event or events may occur only in exceptional circumstances	Less than 10% chance of occurrence	Not occurred previously at your operations and is extremely rare in the industry (once every 20 years or more)

RATING	LIKELIHOOD CONSIDERATIONS		
	Description	Probability	Frequency
5 (Expected)	The future event or events is expected to occur in most circumstances during the next year	Greater than 90% chance of occurrence	Has occurred at your operations at least once per year and to almost all organizations in the industry
4 (Probable)	The future event or events are likely to occur	65%-90% chance of occurrence	Has occurred at your operations in the last 2 years and regularly to many organizations in the industry
3 (Possible)	The chance of the future event or events is more than remote but less than likely	35%-65% chance of occurrence	May have occurred previously at your operations and periodically in the industry (once every 2-5 years)
2 (Unlikely)	The chance of the future event or events occurring is slight	10%-35% chance of occurrence	Not occurred previously at your operations and has rarely occurred in the industry (within 5-20 years)
1 (Remote)	The future event or events may occur only in exceptional circumstances	Less than 10% chance of occurrence	Not occurred previously at your operations and is extremely rare in the industry (once every 20 years or more)

Fuente: Adaptación de versiones genéricas de matrices de riesgo

La compañía, de acuerdo con su apetito del riesgo, definirá su nivel de riesgo tolerable, y de acuerdo con estos resultados determinará las medidas de reducción del riesgo y/o mitigación de los efectos.

7.1.3.2 Nivel de Maduración del SGA

Como se menciona en (IAM-SAMP, 2017), una revisión objetiva de la madurez y el desempeño del sistema de gestión de activos proporciona contribuciones inmediatas al desarrollo de un Plan Estratégico de Gestión de Activos (SAMP) en lo relacionado con el reconocimiento de brechas, oportunidades de mejora o fortalezas existentes subexplotadas. Esto se puede lograr mediante una evaluación de madurez o estudio de referencia, análisis de brechas (en comparación con los requisitos de ISO 55001, por ejemplo), análisis FODA o ejercicio de benchmarking, en los que existen numerosos modelos de capacidad/madurez desarrollados y utilizados para diferentes aspectos de la actividad empresarial u organizativa.

El nivel de madurez y capacidades en Gestión de Activos es un tema particularmente complejo de organizar en valoraciones generalistas como por ejemplo "adecuado", "maduro", "competente" o "de clase mundial", pues estas dependen de características muy propias de cada compañía tales como contexto local - ampliamente descrito anteriormente -, estructura organizacional, dispersión geográfica, entendimiento de sus activos, riesgos, y alineación de grupos funcionales, así como las dimensiones culturales. Además, un atributo que puede reconocerse como normal y suficiente en un entorno industrial puede considerarse insuficiente o inmaduro en otro, por ejemplo, los procesos y la rigurosidad en la gestión de riesgos tienen manifestaciones muy diferentes en la administración de edificios de oficinas o viviendas residenciales en comparación con los de la industria aérea o una instalación nuclear. Todo lo anterior se puede resumir en que la Gestión de Activos tiene un principio de proporcionalidad o alineación al propósito, por lo que cualquier definición objetiva de capacidad y madurez debe reconocer el contexto y lo que es apropiado, posible o valioso en dichos entornos.

Así, para el establecimiento del nivel de madurez, el modelo de *Self-Assessment Methodology* (SAM) del *Institute of Asset Management* (IAM) es utilizado en el desarrollo de este trabajo. Esta metodología permite dar una escala de significancia al cumplimiento que, sobre las dimensiones y atributos en la Gestión de Activos definidos en los requerimientos de los estándares PAS 55 o ISO55000, alcanzan las compañías.

La metodología, que está basada en una herramienta de Microsoft Excel (Figura 17), incluye:

- Conjunto de preguntas para evaluar el enfoque y adopción de los elementos de BSI PAS 55 e ISO 55001.
- Información específica por cada pregunta.
- La escala de madurez basada en la escala del Manual Internacional de Gestión de Infraestructura (IIMM), mostrando resultados en una escala de 0 a 4 - para la evaluación PAS 55
- La escala de madurez basada en la escala desarrollada por *IAM Maturity Group*, que muestra los resultados en una escala de 0 a 3: el nivel de cumplimiento de la norma ISO 55001 (la escala también permite registrar puntajes más altos que los requisitos de cumplimiento de la norma ISO 55001)
- Notas de orientación para el uso de SAM+

El detalle de las funcionalidades de la herramienta, que es de acceso libre para miembros del IAM, se describen en la Tabla 9.

Los resultados del diagnóstico se presentan de dos formas, como se muestra en la Figura 18. Se pueden visualizar en formato de radar o formato de barras.

Figura 17: Overview herramienta de diagnóstico SAM

The screenshot displays the 'ISO 55000 Assessment Form' interface. At the top left, there's a tab for 'Interviewee 1'. A red circle highlights the 'Question' field with the number '1'. Below this, there are filters for 'By Clause' and 'For Interviewee'. The main content area is divided into several sections: 'Why' (3a) with a text box, 'Evidence / Records / Documents / Information' (4b) with a large empty box, 'Sub Question' (2b) with a text box, 'Answered' with a checkbox, and 'Question Guidance' (3b) with a text box. On the right, there's a 'Score' field (4a) with a dropdown menu. At the bottom, there's a 'Maturity Level' section with five options: 'Maturity Level 0 - Innocent', 'Maturity Level 1 - Aware', 'Maturity Level 2-Developing', 'Maturity Level 3-Competent', and 'Beyond ISO'. Each option has a brief description. At the very bottom, there are buttons for 'Question Picker', 'Delete Interviewee', and 'Save Workbook'.

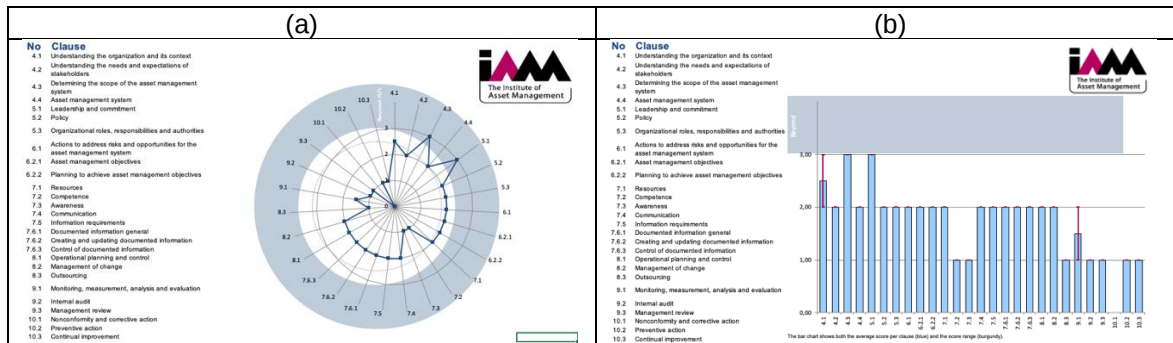
Fuente: Imagen propia de plantilla SAM

Tabla 9: Descripción funcionalidades principales herramienta SAM

Ítem	Elemento	Descripción
1	Question	Número consecutivo de la pregunta en pantalla
2a	Question Description	Campo en el que se muestra la pregunta que se está evaluando Tiene un campo complementario que identifica el número de la cláusula y su descripción conforme al estándar ISO55000
2b	Sub Question	Para algunas cláusulas del estándar ISO5500, sub-preguntas pueden presentarse Se debe tener cuidado con seleccionar el campo <i>Answered</i>
3a	Why	Campo que describe la justificación que la pregunta tiene sobre la gestión de activos.
3b	Question Guidance	Campo que ofrece orientación sobre la pregunta a evaluar. Es una ayuda para que la valoración de la pregunta sea lo más cercana a la realidad de la empresa que se está diagnosticando
4a	Score	Valoración del nivel de madurez de la pregunta en curso
4b	Maturity Level	Campo que ofrece una descripción de los criterios del nivel de maduración que son guía para determinar el score de la pregunta que se está evaluando

Fuente: Elaboración propia

Figura 18: (a) Resultados de diagnóstico formato radar y (b) formato de barras



Fuente: Elaboración propia

Su resultado se representa en escalas o niveles de maduración sobre 39 características de la anatomía de Gestión de Activos, cada una con seis (6) niveles de maduración: Inocente (nivel 0), consciente (nivel 1), desarrollando (nivel 2), competente (nivel 3), optimizado y excelente (más allá). El detalle y descripción de cada nivel se presenta en la Figura 19.

Figura 19: Escala de madurez de Gestión de Activos



Fuente: Traducción de (Asset Management Maturity Scale and Guidance, 2016)

Siguiendo lo descrito en (Asset Management Maturity Scale and Guidance, 2016), los niveles de madurez hasta el nivel 3 (Competente) se definen independientemente del contexto organizacional o los activos que se gestionan. Esto se alinea con el principio de que este nivel representa los requisitos para cualquier organización competente que gestione sus activos (sean cuales sean) de manera integrada, buscando el valor del ciclo de vida completo.

Sin embargo, las definiciones y características observables más allá de este estado Competente (es decir, Nivel 4 Optimización y Nivel 5 Excelencia) se reconocen como dependientes del contexto y temporales (los atributos de la Excelencia en la vanguardia son un objetivo en constante evolución a medida que la innovación y las mejores prácticas avanzan). Su objetivo es ayudar a las organizaciones a calibrar sus aspiraciones y establecer metas ambiciosas al comprender lo que es adecuado y alcanzable en sus circunstancias actuales.

Conforme a lo enunciado en (IAM-SAMP, 2017), el cumplimiento de los requisitos de ISO 55001 se corresponde con un punto intermedio: el nivel 3 (Competente). Así, un plan de Gestión de Activos cuyo objetivo o hito sea lograr este nivel de madurez futuro se centrará en establecer un enfoque y un sistema de gestión integrados. Dicho enfoque se convierte en la propuesta presentada para el desarrollo de este trabajo.

7.1.3.2.1 Resultados

Para efectos del desarrollo de este trabajo, una tipología típica de compañía de distribución y comercialización de gas natural con operación en el territorio nacional es definida para el desarrollo de este trabajo. En la Tabla 10 se presenta la tipología genérica, la cual se construye con referencias de las tres (3) principales compañías presentadas en la Figura 2 (b) y de acuerdo con la información pública disponible por estas.

Tabla 10: Tipología empresa diagnóstico

Elemento	Descripción
Agente de la Cadena	Distribución y Comercialización de Gas Natural
Tamaño de Empresa	Gran Empresa
Mercados	Residencial Comercial Industrial Gas Natural Vehicular Soluciones de Energía
Cobertura Geográfica	Múltiples departamentos, al menos 3
Clientes	Más de 1,5 millones de clientes
Tipos de Activos	City Gates Redes de distribución en alta presión Estaciones de regulación de distrito Redes de media presión Gasoductos virtuales, incluyendo estaciones madre, estaciones hija y módulos de transporte

Fuente: Elaboración propia

Para el autodiagnóstico, el fichero del modelo de *Self-Assessment Methodology* (SAM) del *Institute of Asset Management* (IAM) es utilizado. La metodología de recolección de información se presenta en la ficha técnica mostrada en la Tabla 11.

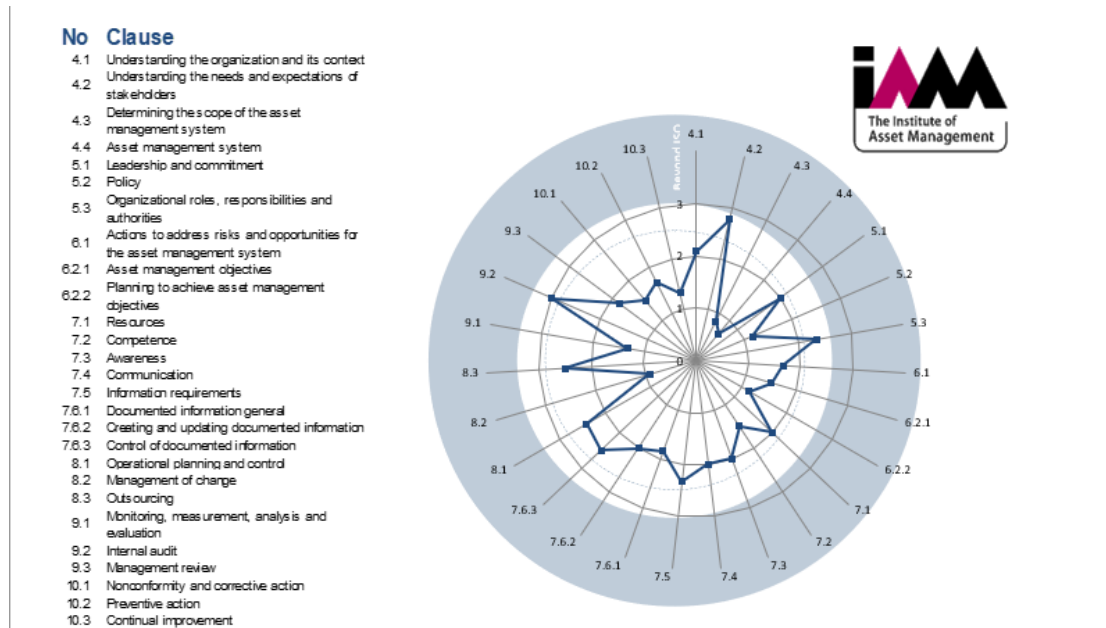
Tabla 11: Ficha técnica recolección de datos autodiagnóstico

Elemento	Descripción
Objetivo	Obtener una muestra del nivel de madurez de Gestión de Activos en el sector de distribución de Gas Natural en Colombia de acuerdo con los requerimientos del estándar ISO55000
Población Objetivo	Gerencias técnicas de mantenimiento o su equivalente Jefaturas de mantenimiento o su equivalente
Tamaño Muestra	Seis (6) encuestas en personal de tres (3) empresas del sector
Técnica de Recolección	Encuestas guiadas
Tipo de Preguntas	Las definidas en la metodología SAM, cuyo detalle se adjunta en el Anexo 01
Periodo de Diligenciamiento	Entre enero y mayo de 2023

Fuente: Elaboración propia

Como resultado, se representa de forma gráfica el nivel de madurez en forma de radar y en forma de barras, tal como se muestra en la Figura 20 y la Figura 21.

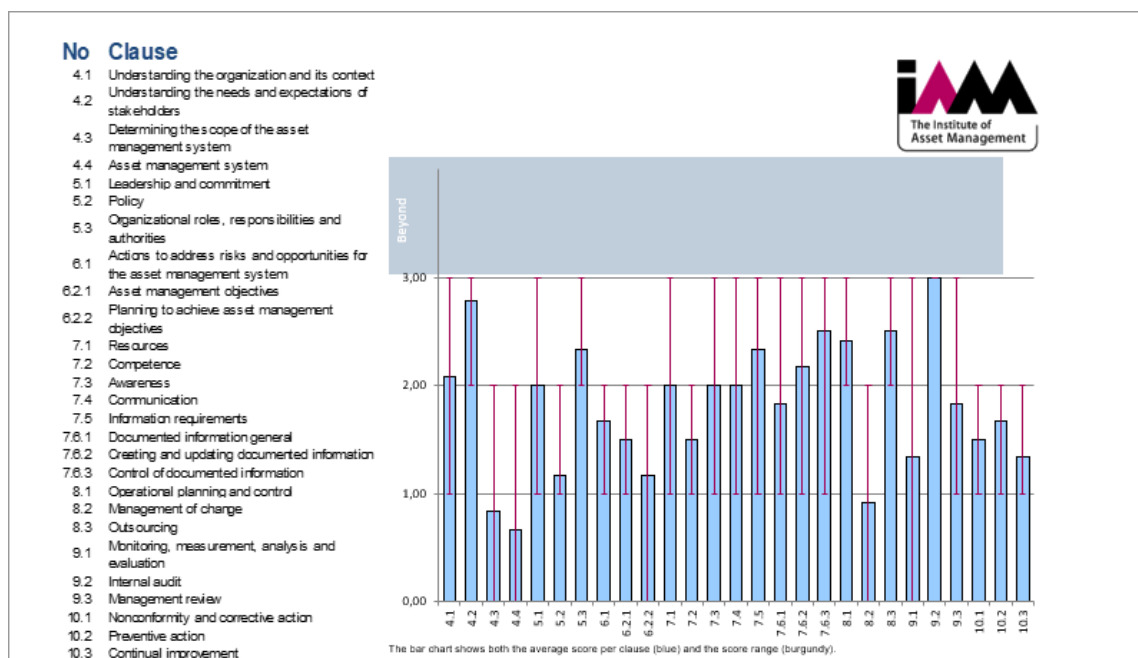
Figura 20: Resultado de Nivel de Madurez Radar



Fuente: Elaboración propia*

* El formato de Excel presenta un corrimiento entre las líneas guías que indican el nivel de madurez (1 a 3) y el fondo de la circunferencia, lo cual da una percepción de falta de concentricidad. Este error, que solamente afecta la parte gráfica, no se pudo corregir en el formato, sin embargo, no altera los resultados del autodiagnóstico.

Figura 21: Resultado de Nivel de Madurez Barras



Fuente: Elaboración propia

En términos generales, se puede inferir que, en el sector de gas natural, en su foto actual, de los 27 elementos definidos en ISO55000, (i) en 1 (3%) se logra el nivel de maduración Competente (nivel 3), (ii) en 8 de estos (30%) se logra un nivel de maduración Desarrollando (nivel 2), (iii) en 15 de los elementos (56%) se logra un nivel de maduración Consciente y, (iv) en 3 de los elementos (11%) se obtiene un nivel de maduración Inocente.

Sin embargo, con el propósito de realizar un análisis más específico de resultados que permitan definir posteriormente los criterios para el desarrollo del Plan Estratégico de Gestión de Activos (SAMP), se presenta en la Tabla 12 el detalle de resultados por cada una de las cláusulas. Adicionalmente, en el Anexo 01 se adjunta el resultado por cada una de las preguntas del autodiagnóstico. Tener en cuenta que esta información cuenta con reserva de derecho de autor por el *Institute of Asset Management*.

La plantilla de resultados presentada en la tabla anterior incluye el campo Moda, el cual se añadió a la plantilla original con el propósito de identificar los valores que aparecen con mayor frecuencia en un conjunto de datos. Esto permite inferir la homogeneidad de los resultados, especialmente considerando que la metodología de recolección se basa en encuestas, las cuales pueden variar dependiendo de quién las responda. El resultado de la Moda indica que las valoraciones obtenidas en la muestra son consistentes, lo cual valida la relevancia del resultado obtenido.

A partir de los resultados expuestos en la tabla anterior, se puede observar en la columna *Score - mean* que el componente de Auditoría Interna alcanza un nivel de madurez Competente (nivel 3). Este resultado se debe a que la distribución de gas natural en Colombia es una actividad sujeta a regulación y vigilancia. Las compañías involucradas en esta industria se someten a auditorías internas periódicas con el objetivo de evitar desviaciones que puedan comprometer el cumplimiento de su misión y dar lugar a sanciones por parte de los organismos de regulación, vigilancia y control.

Siguiendo la misma línea de razonamiento, se explica que el componente de Entendimiento de las Necesidades y Expectativas de los Grupos de Interés alcanza un nivel de madurez en Desarrollo (nivel 2), aunque se encuentra próximo a Competente, obteniendo una calificación de 2,78. Esto se debe a que el enfoque regulatorio, de vigilancia y control facilita la orientación de las necesidades los grupos de interés hacia la prestación segura, eficiente y continua del servicio, siempre velando por la protección de los intereses de los usuarios.

Tabla 12: Resultados por cláusula

No	Clause	Score - mean	Min	Max	-	+	Average Score-INT1	Average Score-INT2	Average Score-INT3	Average Score-INT4	Average Score-INT5	Average Score-INT6	Moda
4.1	Understanding the organization and its context	2,08	1,00	3,00	1,08	0,92	1,50	1,50	3,00	2,00	2,50	2,00	1,50
4.2	Understanding the needs and expectations of stakeholders	2,78	2,00	3,00	0,78	0,22	2,67	2,67	3,00	2,67	3,00	2,67	2,67
4.3	Determining the scope of the asset management system	0,83	0,00	2,00	0,83	1,17	1,00	0,00	0,00	2,00	1,00	1,00	1,00
4.4	Asset management system	0,67	0,00	2,00	0,67	1,33	0,00	0,00	0,00	2,00	1,00	1,00	0,00
5.1	Leadership and commitment	2,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00
5.2	Policy	1,17	1,00	2,00	0,17	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00
5.3	Organizational roles, responsibilities and authorities	2,33	2,00	3,00	0,33	0,67	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00
6.1	Actions to address risks and opportunities for the asset management system	1,67	1,00	2,00	0,67	0,33	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00
6.2.1	Asset management objectives	1,50	1,00	2,00	0,50	0,50	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00
6.2.2	Planning to achieve asset management objectives	1,17	0,00	2,00	1,17	0,83	1,00	0,00	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00
7.1	Resources	2,00	1,00	3,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	3,00	2,00	2,00
7.2	Competence	1,50	1,00	2,00	0,50	0,50	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00
7.3	Awareness	2,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	1,00	2,00	1,00
7.4	Communication	2,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	1,00	3,00	1,00
7.5	Information requirements	2,33	1,00	3,00	1,33	0,67	1,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00
7.6.1	Documented information general	1,83	1,00	3,00	0,83	1,17	1,00	3,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00
7.6.2	Creating and updating documented information	2,17	1,00	3,00	1,17	0,83	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00
7.6.3	Control of documented information	2,50	1,00	3,00	1,50	0,50	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
8.1	Operational planning and control	2,42	2,00	3,00	0,42	0,58	3,00	3,00	2,00	2,00	2,50	2,00	2,00
8.2	Management of change	0,92	0,00	2,00	0,92	1,08	1,00	1,00	0,00	1,00	1,50	1,00	1,00
8.3	Outsourcing	2,50	2,00	3,00	0,50	0,50	2,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00
9.1	Monitoring, measurement, analysis and evaluation	1,33	0,00	3,00	1,33	1,67	1,00	1,00	1,00	0,50	1,50	3,00	1,00
9.2	Internal audit	3,00	3,00	3,00	0,00	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
9.3	Management review	1,83	1,00	3,00	0,83	1,17	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00
10.1	Nonconformity and corrective action	1,50	1,00	2,00	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00
10.2	Preventive action	1,67	1,00	2,00	0,67	0,33	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00
10.3	Continual improvement	1,33	1,00	2,00	0,33	0,67	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00

Fuente: Imagen propia de plantilla SAM

En cuanto a los puntos más bajos del diagnóstico, es decir aquellos que se encuentran en nivel Inocente dos (2) de los tres (3) elementos que fueron valorados en este nivel de maduración son los relacionados con Determinando el Alcance del Sistema de Gestión de Activos (cláusula 4.3) y Sistema de Gestión de Activos (cláusula 4.4). Este resultado es consistente al compararlo con el análisis realizado por (Medina et al., 2021) en el cual: (i) se evidenció un desconocimiento alto (más del 50% de la muestra) de la significancia de la Gestión de Activos y ventajas que, para las empresas en distintos sectores de la economía puede representar, especialmente la mediana y la pequeña empresa; y (ii) en el componente de conocimiento en normatividad para Gestión de los Activos, un 23% de la muestra respondió conocer alguno.

En este mismo nivel de maduración, se encuentra el elemento relacionado con el Manejo del Cambio (MoC), el cual es un pilar fundamental para el control del riesgo toda vez que define las políticas y procesos para tratar con cambios en los activos físicos, sus sistemas de gestión o los recursos de apoyo. Este tema también incluye elementos de mitigación del impacto del cambio. Una lectura que se puede dar a este resultado es que las compañías pueden estar gestionando sus activos bajo un enfoque de corto plazo o no se están articulando los objetivos estratégicos con las capacidades de los activos de la compañía.

Resultados como los obtenidos en este diagnóstico validan la pertinencia del desarrollo de este trabajo y facilita el proceso de planeación, priorización y ejecución del Plan Estratégico de Gestión de Activos que a continuación se propone.

7.2 Desarrollando el Plan

Cumplidas hasta aquí las fases de contextualización, reconocimiento de los activos y diagnóstico del nivel de madurez del Sistema de Gestión de Activos de la compañía, se continua con el proceso de desarrollo de un Plan Estratégico de Gestión de Activos (en adelante: “SAMP”). El plan estratégico resultante debe tener un valor práctico – real, en un marco de tiempo establecido, demostrando (de manera coherente) cómo se lograrán los objetivos y creando un sentido de propósito compartido. En esta fase, como se mencionó en capítulos anteriores de este documento, el contexto y las realidades particulares de cada compañía hace que su formulación sea particular y que por lo tanto tomar modelos de referencia de otras empresas o industrias puede considerarse un error, en su lugar, un ejercicio de benchmarking es más conveniente una vez la compañía haya desarrollado su SAMP.

Con base en lo anterior, se propone a continuación un marco de referencia para crear el SAMP propio. Las secciones siguientes son referenciales y se presentará al final un ejemplo para lo que pudiera ser el SAMP para una compañía de distribución de gas natural, según lo desarrollado en el presente documento.

Defina un alcance: La organización debe definir los límites y la aplicabilidad del Sistema de Gestión de Activos, especificando lo que se considera excluido del alcance. Para efectos de este trabajo, el esquema propuesto por (Álvarez, 2022) y que muestra en la Figura 22 es utilizado como referencia.

Figura 22: Alcance del Sistema de Gestión de Activos



Fuente: Tomado de (Álvarez, 2022)

Las compañías de distribución de gas natural en Colombia tienen como unidad de negocio principal, como su nombre lo indica, la distribución de gas natural, sin embargo, otro tipo de unidades están siendo incorporadas como complemento al objeto misional principal, entre ellas:

- Activos para comercialización de gas natural, refiriéndose a los activos que se utilizan en los negocios de Gas Natural Vehicular.
- Activos de energía, refiriéndose a los activos que hacen parte de la unidad de negocio de venta de energía eléctrica de los excedentes de sus sistemas de autogeneración y/o soluciones de cogeneración.
- Nuevos negocios, refiriéndose a los activos para los servicios complementarios tales como asistencias hogar o financiación no bancaria.

Para efectos de este trabajo, el alcance se limita a los activos que hacen parte de las unidades de negocio de distribución y de comercialización de gas, de acuerdo con lo descrito anteriormente, y comprende todas las fases del ciclo de vida del activo presentado en la base de la pirámide de la Figura 22.

7.2.1 Definiendo una Política

Como se referencia en (International Organization for Standardization, 2014), la compañía debe contar con un enunciado breve y alto nivel que establezca los principios según los cuales la organización se propone aplicar la Gestión de Activos para lograr los objetivos de la organización. En la política se deben establecer los compromisos y expectativas de la organización para las decisiones, actividades y comportamientos relacionados con la Gestión de Activos, y establecer los compromisos de mejora continua del sistema.

Los análisis previos de establecimiento del contexto, reconocimiento de los activos y sus capacidades y nivel de madurez del Sistema de Gestión de Activos, se convierten en los insumos clave para definir la intención corporativa alrededor de los activos físicos. Bajo el contexto de los sistemas de distribución de gas natural en Colombia, los siguientes factores deben ser considerados para el establecimiento de la política:

- Establecimiento de compromisos para el cumplimiento misional de la prestación de un servicio público esencial de forma confiable, segura y sostenible.
- Alcance de la política, alineado al alcance del Sistema de Gestión de Activos conforme a lo descrito en capítulos anteriores.
- Criterio para la toma de decisión sobre las inversiones y gasto de acuerdo con los objetivos organizacionales de expansión, optimización y riesgo tolerable. Bajo un entorno externo e interno como el actual, objetivos corporativos tales como obtener la mayor rentabilidad a través de los activos existentes pueden ser coherentes.
- Adhesión a las leyes aplicables, legislaciones y regulaciones.
- Objetivos de largo plazo, resultados sostenibles y requisitos de las partes interesadas.

- Mejora continua del Sistema de Gestión de Activos.

7.2.2 Desarrollando Estrategias y Definiendo Objetivos

No hay una secuencia correcta para desarrollar Estrategias y definir Objetivos. En algunos casos, puede resultar más sencillo comenzar estableciendo objetivos claros y cuantificados, y luego desarrollar las Estrategias necesarias para alcanzarlos. Esto suele común en el caso de los Objetivos de Gestión de Activos que se derivan de arriba hacia abajo a partir del plan de negocios (o plan estratégico organizacional), las expectativas de las partes interesadas o las obligaciones creadas por la política de gestión de activos.

Otro enfoque puede estar orientado al cierre de brechas conforme al diagnóstico del nivel de madurez del Sistema de Gestión de Activos (Estrategias) para, por ejemplo, abordar deficiencias actuales, mejorar el rendimiento o satisfacer necesidades futuras. La cuantificación de hitos y resultados proporciona luego los correspondientes Objetivos o "objetivos ambiciosos" para tales actividades.

Independientemente de cómo se desarrollen, el SAMP necesita tanto una descripción de lo que se pretende hacer (Estrategia) como lo que se debe entregar (Objetivo). No tienen que ser uno a uno (un Objetivo por una Estrategia): toda vez que puede haber varios Objetivos entregados por una sola Estrategia, o varias Estrategias que contribuyen a un solo Objetivo. Sin embargo, para cada Objetivo, el SAMP debe mostrar qué Estrategia(s) lo entregará, y para cada Estrategia se debe indicar cuál es el resultado deseado o evidencia de éxito (Objetivo(s)).

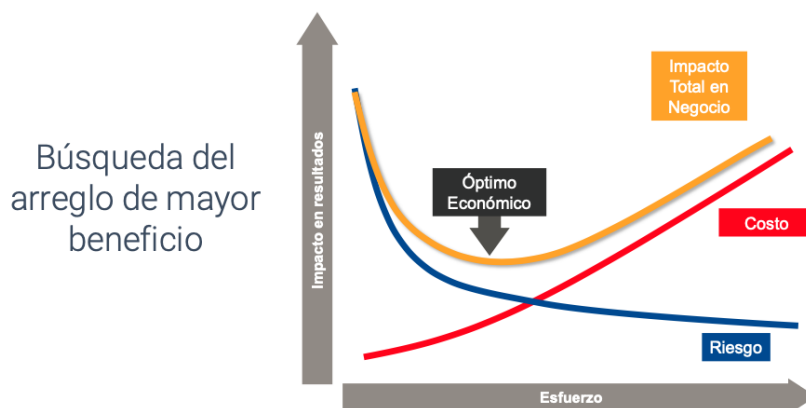
El desarrollo de Estrategias u Objetivos debe tener una visión holística en la que se incluya, al menos, el contexto de la compañía, el reconocimiento de sus activos, las capacidades (nivel de madurez del Sistema de Gestión de Activos), y expectativas de las partes interesadas, y no únicamente limitado a objetivos financieros sobre los proyectos o planes de inversión de capital, con el fin de evitar un pensamiento limitado, oportunidades perdidas y falta de desafío al momento de ensamblar el programa resultante. Una consideración de arriba hacia abajo de lo que se debe entregar, con un

enfoque multidisciplinario de cómo lograr dichos objetivos producirá un SAMP más valioso, a veces revelando que los planes existentes, si los hay, deben ser repriorizados, reorientados, modificados o incluso detenidos.

Como se ha mencionado, la Gestión de Activos puede resumirse como el balance entre el desempeño, el costo y el riesgo, por lo tanto, los objetivos del SAMP deben estar enfocados en lograr tal equilibrio, el cual gráficamente ha sido representado por (Álvarez, 2022) en la Figura 23.

Figura 23: Representación gráfica del propósito de Gestión de Activos

Objetivos de gestión de activos



Fuente: Tomado de (Álvarez, 2022)

7.2.2.1 Objetivos Estratégicos:

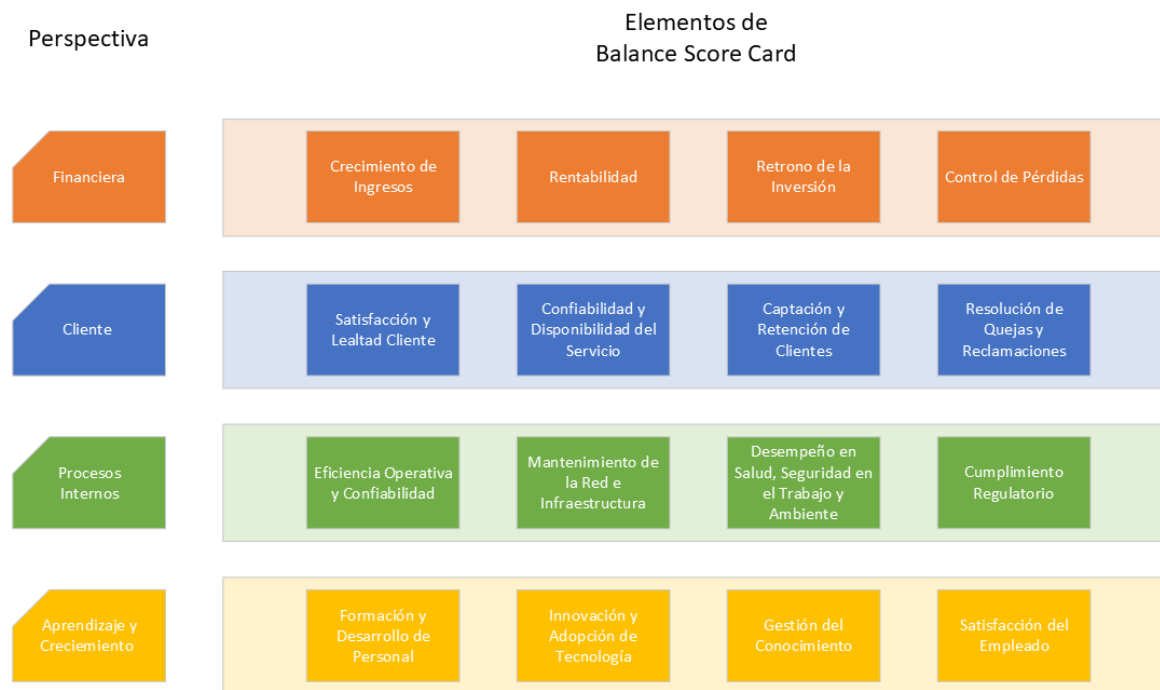
La definición de los objetivos de Gestión de Activos, que se desprenden del SAMP, deben proveer el vínculo esencial entre los objetivos de la organización y el plan de Gestión de Activos que describe el modo en el que se obtendrán dichos objetivos. Por tal razón, la definición de los objetivos de Gestión de Activos requiere, a parte de lo ampliamente descrito con anterioridad en relación al contexto, la realidad de los activos y las capacidades de la organización, el conocimiento del negocio, de tal manera que los objetivos de la Gestión de Activos se ajusten a las necesidades de cada organización.

Como se propone en (IAM-SAMP, 2017), el desarrollo de Objetivos adecuados debe seguir un enfoque riguroso y orientado al valor. Por lo tanto, debe tener en cuenta lo siguiente:

- Objetivos y metas organizativas y cualquier objetivo estratégico específico que exista en el plan de negocios de la organización.
- Compromisos de políticas y otras obligaciones no negociables.
- Una revisión sistemática de las expectativas de las partes interesadas, incluidas las previsiones de cómo es probable que cambien en el futuro (por ejemplo, demandas de servicios o clientes).
- Una revisión de cómo es probable que cambie el contexto de la organización en plazos estratégicos.
- Brechas conocidas u oportunidades de mejora, siempre y cuando se filtren o ponderen por su importancia y valor potencial.
- El grado de incertidumbre en las suposiciones sobre el futuro (una mayor incertidumbre requerirá una mayor flexibilidad y planificación de contingencia).

Una propuesta que puede facilitar la formulación de objetivos de Gestión de Activos en coherencia con los objetivos organizacionales es identificar desde los tableros balanceados de gestión, aquellos elementos que pueden ser impactados (positiva o negativamente) por la Gestión de Activos. Debido a las limitaciones de información sobre los *Balance Score Card* de las compañías a nivel local, una consulta es realizada a través de Chat GPT, (OpenAI, 2023a), acerca de la composición genérica de estos tableros para la industria de distribución de Gas Natural. El resultado se presenta de forma gráfica en la Figura 24.

Figura 24: Tableros de Gestión Genéricos Industria de Distribución de Gas Natural

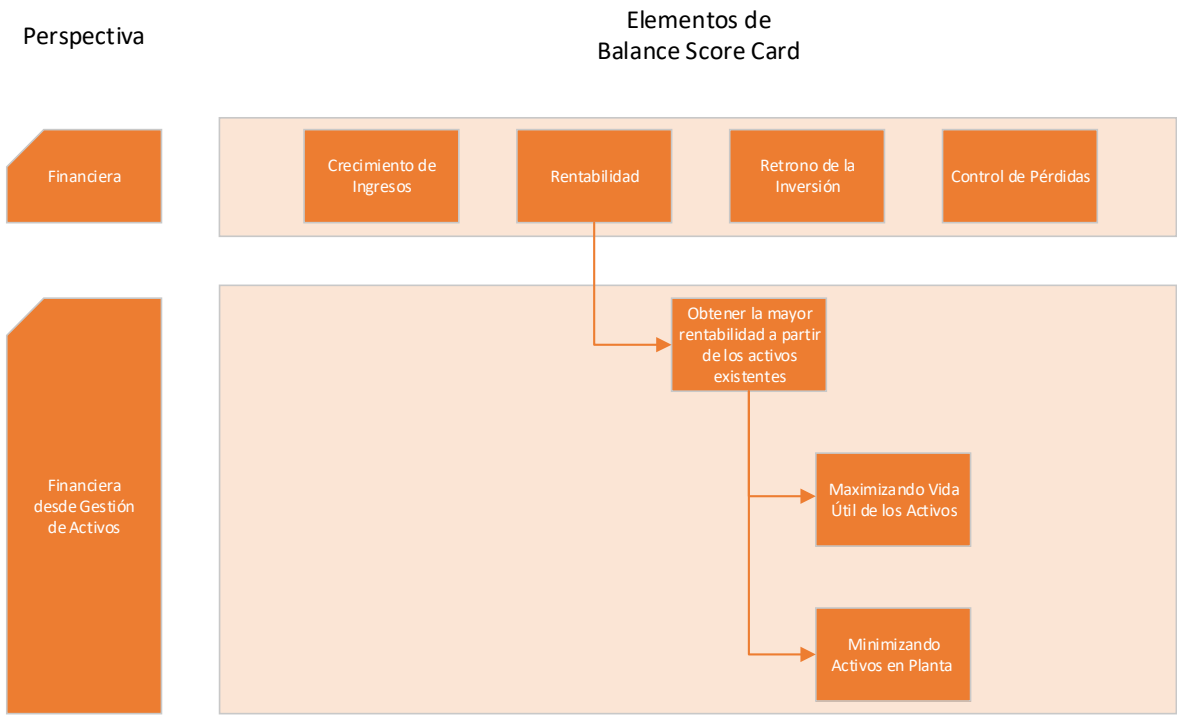


Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura anterior, el tablero balanceado de gestión se divide en cuatro (4) perspectivas, a saber: (i) Financiera, (ii) Clientes, (iii) Procesos Internos, y (iv) Aprendizaje y Crecimiento. Adicionalmente, dieciséis (16) elementos del tablero balanceado de gestión son identificados, y es sobre los cuales se deben relacionar los objetivos de la Gestión de Activos. Esta composición puede variar entre compañías.

En la Figura 25, un ejemplo de declaración de un objetivo de Gestión de Activos alineado con los objetivos corporativos es presentado. Se toma como referencia la perspectiva financiera y el elemento Rentabilidad para definir un objetivo de Gestión de Activos asociado a la obtención de la mayor rentabilidad a partir de los activos existentes, mediante estrategias de maximización de vida útil remante y reduciendo infraestructura ociosa.

Figura 25: Ejemplo de declaración de objetivos de Gestión de Activos



Fuente: Elaboración propia

Como herramientas adicionales que se proponen en este trabajo para facilitar el gerenciamiento del Sistema de Gestión de Activos, se listan a continuación elementos claves para la definición de objetivos de Gestión de Activos, complementando la

propuesta académica de (Álvarez, 2022) y lo indicado por (International Organization for Standardization, 2014) frente un contexto de distribución de Gas Natural.

Objetivos Orientados al Desempeño Financiero del Activo:

- Costo del ciclo de vida del activo (LCC)
- Costos de mantenimiento frente a valor contable remanente
- Retorno de capital invertido
- Porcentaje de recuperación de inversión mediante reconocimiento tarifario

Objetivos Orientados al Desempeño del Activo:

- OEE (Rendimiento general de equipos)
- RAM (Disponibilidad, Confiabilidad, Mantenibilidad)
- Niveles de Servicio (SLA)
- Criticidad de Activos
- Mantenimiento Basado en Riesgo (RCM, RBI)

Objetivos Orientados a las Pérdidas del Activo:

- Pérdidas de energía
- Backlog
- Pérdida de memoria corporativa (lecciones aprendidas, RCAs, etc.)
- Reducción de roturas por daños por terceros

Objetivos Orientados a Integridad y Cumplimiento:

- Requerimientos de Salud, Seguridad en el Trabajo y Ambiente.
- Requerimientos regulatorios
- Requerimientos de políticas internas corporativas

7.2.2.2 Planes Estratégicos:

La siguiente fase dentro del desarrollo del SAMP corresponde a la definición de las Estrategias, la cuales pueden entenderse como un plan a largo plazo y de alto nivel, pero

sin el nivel de detalle que comprometa recursos específicos, fechas y responsabilidades de entrega. Se abarcarán ampliamente, de acuerdo con los objetivos establecidos, en estrategias para los activos a lo largo de su ciclo de vida, conforme a la definición del alcance del Sistema de Gestión de Activos (visto previamente) y teniendo en cuenta las condiciones del contexto de la compañía, la realidad de los activos, las capacidades de la organización y los objetivos propuestos.

Como se indica en (IAM-SAMP, 2017), el SAMP debe abarcar las intenciones estratégicas de todo el portafolio de activos, y en un horizonte temporal que trate de suavizar los ciclos (ciclos de vida, regulatorios o políticos), por lo que el nivel de detalle debe ser considerado de tal manera que su volumen no se convierta en elementos inapropiados y contraproducentes. Con base en lo anterior, una herramienta que se debe tener en cuenta como criterio para determinar el nivel de detalle adecuado debe responder a las siguientes dos (2) preguntas:

- "¿La información contenida en el SAMP proporciona claridad suficiente (a aquellos que necesitan saber) sobre a dónde se quiere ir, a qué ritmo, en qué áreas y por qué?"

Este criterio debe satisfacer a dos de las principales audiencias de la Gestión de Activos presentadas en la Figura 5: Planeadores y Patrocinadores, Partes Interesadas Clave y quienes provean recursos para la implementación del Sistema de Gestión de Activos.

- "¿Convince el SAMP acerca del dinero/personal/recursos son necesarios, valiosos y dirigidos de manera adecuada?"

A partir de lo anterior, las estrategias se formulan tomando como referencia la metodología propuesta por (IAM-SAMP, 2017):

7.2.2.2.1 Estrategias para activos existentes y nuevos activos:

Las estrategias para los activos y sistemas de activos incluirán:

- La gestión de la condición, rendimiento, utilización y sostenibilidad de los activos existentes, mediante programas de mejora, mantenimiento, renovaciones, cambios de uso u otras actividades que afecten al valor del ciclo de vida de los activos.
- Los cambios previstos en el portafolio de activos, como adquisiciones, expansiones, reorganizaciones, estandarización, cambio de propósito o desinversión.

Algunas organizaciones dividen estos temas en estrategias de "crecimiento" y "mantenimiento". Los aspectos regulatorios, financieros (por ejemplo, remuneración tarifaria) y las relaciones con inversores/políticos también pueden requerir la distinción entre inversiones que mejoren la capacidad, como la expansión o la mejora, y las actividades de mantenimiento y renovación en estado estable. Sin embargo, independientemente de cómo se organicen, también se debe considerar el impacto combinado de estas estrategias, especialmente en términos de asignación de recursos, gestión de riesgos y priorización de actividades.

La capacidad para desarrollar estrategias de activos puede verse limitada por el modelo operativo de la organización o el entorno empresarial. Por ejemplo, en casos como los de distribución de gas natural en donde existe un rol contractual en la gestión de activos existentes por un período de concesión definido. De manera similar, si se gestiona un recurso natural finito (como en la minería o la producción de petróleo y gas), las opciones de "crecimiento" y "mantenimiento" pueden verse severamente limitadas por el horizonte de producción explotable o las condiciones políticas frente a la explotación de estos recursos y la autosuficiencia energética del país.

Como se ha mencionado anteriormente, el desarrollo de estrategias de activos debe tener en cuenta estos factores contextuales, así como:

- La realidad de los activos.
- Las demandas previstas y los cambios en los requisitos de los clientes, dependencias de la cadena de suministro y entorno operativo (por ejemplo, regulaciones, calentamiento global, presiones sociales, orientaciones políticas).
- Cualquier compromiso no negociable (por ejemplo, política de gestión de activos).
- Objetivos de gestión de activos derivados de los objetivos organizacionales.
- Otras expectativas de los interesados.
- Innovaciones, nuevas tecnologías y otras oportunidades de mejora.

7.2.2.2.2 Estrategias para sistemas de activos, tipos de activos y activos individuales:

Las estrategias, sujetas a las consideraciones anteriores, normalmente considerarán tanto los activos y sus necesidades/oportunidades, como las actividades del ciclo de vida que se aplicarán para crear/adquirir, operar, mantener, renovar o dismantelar estos activos, conforme a lo definido en el alcance del Sistema de Gestión de Activos (detallado en capítulos anteriores).

Las estrategias de activos deben tener diferentes niveles de detalle, dependiendo de la criticidad y el alcance de los activos y sistemas de activos involucrados. Algunas consideraciones adicionales incluyen:

- Identificación de las necesidades de los activos y sistemas de activos en función de los objetivos organizacionales y las expectativas de los interesados.
- Evaluación de los riesgos asociados con los activos y sistemas de activos, y desarrollo de estrategias de gestión de riesgos para mitigarlos.
- Definición de los niveles de servicio y rendimiento requeridos de los activos, y desarrollo de estrategias para cumplir con estos niveles.
- Determinación de los métodos de adquisición, desarrollo y mejora de los activos, y desarrollo de estrategias de implementación.
- Establecimiento de programas de mantenimiento, renovación y dismantelamiento para asegurar la sostenibilidad y el valor a largo plazo de los activos.

- Consideración de aspectos financieros, incluyendo la asignación de recursos, el retorno de la inversión, los costos de ciclo de vida y la optimización del capital.
- Integración de tecnologías emergentes, como la digitalización, la inteligencia artificial y el Internet de las cosas, en las estrategias de activos.

7.2.2.2.3 Estrategias para actividades del ciclo de vida (aplicadas a rangos de activos):

En numerosos casos, de acuerdo con los resultados del diagnóstico del nivel de madurez, el momento de la empresa, el apetito al riesgo o cualquier otro factor particular, existe la necesidad de enfocarse en un tipo específico de actividad o en secciones específicas del portafolio de activos. Por ejemplo, puede surgir la intención de desarrollar un programa estratégico de renovaciones y mejoras para instrumentación obsoleta o la implementación de métodos de mantenimiento basados en la condición en ciertos tipos de activos. Estas estrategias reconocen un problema u oportunidad generalizada y representan la eficiencia de abordarlo de manera sistemática.

Sin embargo, al igual que las estrategias selectivas para activos, las estrategias para los tipos de actividades también requieren algún tipo de enfoque en términos de criticidad o valor al determinar el alcance y las prioridades de su implementación. Existe un riesgo al comprometerse con una actividad en un amplio rango de activos o al implementar de manera sistemática un proceso o método particular en construcción, operación, mantenimiento o disposición y/o renovación. La diversidad caso por caso de los activos, como su estado de salud o criticidad, probablemente tenga un impacto significativo en los beneficios de la actividad propuesta. Por lo tanto, cualquier estrategia de este tipo necesita un sustento robusto de su ámbito de aplicación, es decir, dónde resulta valiosa la actividad y en qué punto o mediante qué criterios no resulta pertinente. Además, dentro del ámbito aplicable, es necesario establecer una base clara para la priorización, como determinar en qué activos se obtendrá el mayor beneficio.

7.2.2.2.4 Estrategias para mejorar la gestión de activos:

Como se ha discutido previamente, el desarrollo SAMP incluirá estrategias tanto para los activos en sí como para las actividades del ciclo de vida relacionadas, es decir, lo que se debe hacer con los activos o cómo deben ser gestionados. Estas estrategias deben

desarrollarse en coordinación con las demás, ya que están altamente interrelacionadas, por lo que las estrategias para el desarrollo del portafolio de activos y la mejora del rendimiento deben estar enfocadas en un programa conjunto para desarrollar y mantener habilidades, recursos, procesos comerciales, información y otros elementos habilitadores adecuados.

Asimismo, las aspiraciones para los activos y las actividades del ciclo de vida deben reflejar de manera realista lo que es posible tanto en la actualidad como a través de mejoras planificadas en las capacidades de gestión de activos. Estas alineaciones también deben tener en cuenta el factor del tiempo. Las mejoras en un sistema de gestión, la implementación de nuevos procesos y el desarrollo de recursos, competencias y sistemas de información requieren tiempo significativo. Por lo tanto, la disponibilidad y madurez esperadas de estos elementos deben considerar, e incluso limitar, la secuencia temporal de los requisitos representados en otras estrategias.

Las estrategias para mejorar las capacidades en la gestión de activos pueden abarcar cualquier aspecto del tema (no solo los elementos del sistema de gestión, como se identifican en la norma ISO 55001). Sin embargo, la amplitud de consideración dependerá de la madurez actual de la organización conforme al diagnóstico realizado en los capítulos iniciales. En etapas tempranas, como al establecer un Sistema de Gestión de Activos, las especificaciones de requisitos de ISO 55001 o PAS 55:1 pueden ser listas de verificación útiles para identificar áreas en las que podrían ser necesarias mejoras.

A partir de la metodología de diagnóstico propuesta en este trabajo, por lo general, se logran identificar las áreas con potencial de mejora. Estas oportunidades de mejora deben evaluarse en términos de su importancia y se deben establecer objetivos sobre cuáles deben abordarse y en qué plazos. Luego, las estrategias deben seleccionarse para representar los métodos de mayor valor para pasar de la situación actual a los objetivos deseados. Por ejemplo, una brecha reconocida en habilidades o competencias, con un objetivo cuantificado de cerrarla en cierto grado medible, podría abordarse

mediante una estrategia de reclutamiento dirigido, capacitación del personal existente, subcontratación u otros métodos.

Cuando se comprenden los objetivos de Gestión de Activos, definidos previo reconocimiento del contexto, la realidad de los activos y de las capacidades de la compañía, el desarrollo de estrategias adecuadas se convierte en un proceso de investigación, pensamiento colaborativo y evaluación de alternativas. Esta etapa es especialmente valiosa para fomentar el trabajo en equipo interdisciplinario, promover soluciones innovadoras y el pensamiento lateral. También requiere métodos de toma de decisiones claros y consistentes. Es necesario considerar diferentes escenarios y opciones en términos de costo, riesgo, rendimiento y sostenibilidad, seleccionando el método pragmático que ofrezca el mejor valor para lograr los objetivos.

En resumen, las estrategias de Gestión de Activos deben abordar la gestión integral de los activos existentes y los nuevos activos, considerando aspectos como la condición, el rendimiento, la sostenibilidad, las necesidades del negocio, los riesgos y las expectativas de los interesados. Estas estrategias deben ser adaptadas a las características y requisitos específicos de los sistemas de activos y los activos individuales.

7.2.2.2.5 Criterios para la toma de decisión:

Uno de los factores determinantes para lograr que la implementación del SAMP realmente sea una herramienta que facilite el logro de los objetivos corporativos desde la contribución de Gestión de Activos, es la inclusión de estándares y formas de trabajo. Estas formas de trabajo proporcionan cohesión y aseguran que las iniciativas se coordinen y prioricen adecuadamente, además de gestionar los cambios de manera integrada. Un elemento específico identificado por la norma ISO 55001, y que se debe mencionar como requisito del SAMP, es la necesidad de contar con criterios documentados para la toma de decisiones. Por lo tanto, además de los compromisos y principios establecidos en la Política de Gestión de Activos, el SAMP debe documentar el acuerdo colectivo sobre los métodos y técnicas a utilizar en la implementación de las estrategias. Las formas de trabajo, consideras de alta importancia para este autor, son:

Gestión de riesgos y tolerancia al riesgo

Como ha mencionado en capítulos anteriores de este trabajo, el objetivo detrás de un Sistema de Gestión de Activos es lograr el balance entre el desempeño, el costo y el riesgo, por lo tanto, la gestión de riesgos debe establecer límites de riesgo aceptables. Estos límites definen el nivel de riesgo por encima del cual se requiere acción para reducirlo o mitigarlo independientemente del costo. Asimismo, se puede establecer un umbral inferior para indicar cuándo los riesgos son ampliamente aceptables y no necesitan ser investigados o reducidos aún más. Como se mencionó anteriormente, los límites los defina la compañía a través de su matriz de riesgo corporativa y apetito al riesgo (capítulo 8.1.3.11).

7.2.2.2.6 Marco de toma de decisiones: criterios y métodos

La norma ISO 55001 requiere que el SAMP incluya la base para la toma de decisiones, es decir, los criterios y métodos que se deben utilizar. La toma de decisiones desempeña un papel vital en la Gestión de Activos, y es necesario garantizar que todos trabajen hacia los mismos objetivos en términos de relación calidad-precio, comparación de opciones y resolución de conflictos de prioridades. Estos criterios pueden variar desde decisiones basadas en la combinación óptima de costos del ciclo de vida, riesgos y rendimiento, hasta decisiones basadas en el menor costo del ciclo de vida que cumpla con los compromisos de servicio/rendimiento y el apetito por el riesgo.

Además de los criterios, es importante establecer los métodos de toma de decisiones. Esto implica definir los procesos y las herramientas que se utilizarán para evaluar las opciones, analizar los datos relevantes, considerar los impactos y las implicaciones, y seleccionar la mejor opción. Algunos métodos comunes incluyen el análisis de costo-beneficio, el análisis de riesgos, la evaluación multicriterio y el análisis de impacto ambiental y social. Estos métodos pueden adaptarse a las necesidades y especificidades de la organización, pero es importante que se establezcan y se apliquen de manera consistente.

Para efectos de este trabajo y como herramienta para la toma de decisión, este autor propone el use de la matriz de toma de decisión propuesta por (IAM-SAMP, 2017) y que se presenta en la Figura 26.

Figura 26: Herramienta simplificada para la toma de decisión

Decision complexity	Simple cases e.g. Only 2-3 stakeholders and Yes/No or 'A versus B' choices, based on 'levels' of cost, risk, performance etc.	Complex decisions e.g. Many stakeholders and/or interdependencies, 'When?' decisions, with risks, costs, or performance <i>changing with time</i> .
Decision criticality		
Exceptionally critical decisions, justifying case-by-case personalised methods .	Multi-disciplined task-force with formal project management of the investigation. CEO/main Board authority.	Portfolio & programme scenario modelling. Special stakeholder engagement process, CEO/main Board authority.
'Normal' decisions, requiring rigour and business case quantified cost/risk/benefits .	Rule-based decision trees (e.g. RCM). Cost/benefit & risk evaluation using NPV.	Life cycle, timing and 'What if?' optimization tools. Cost/benefit & risk evaluation using EAC rather than NPV
'Delegated common sense ' cases, where the impact of error is small.	Independent authority, recording decision basis and consulting/ informing of relevant parties.	Formalised, documented process of consultation with stakeholders, & alternative scenarios/options.

Fuente: Tomado de (IAM-SAMP, 2017)

7.2.2.2.7 Procesos de gestión del cambio

Finalmente, la gestión del cambio es esencial para asegurar la implementación efectiva de las estrategias y la mejora continua en la Gestión de Activos. Como se pudo evidenciar en el capítulo de diagnóstico, este es considerado uno de los puntos de valoración más baja por los encuestados, alcanzando el nivel Inocente dentro de la escala de valoración.

Los procesos de gestión del cambio deben incluir la identificación y evaluación de cambios potenciales, la planificación de cambios, la comunicación y consulta con las partes interesadas, la capacitación y la gestión de resistencias. Estos procesos deben estar documentados y seguirse de manera consistente para garantizar una gestión del cambio efectiva.

Los cambios pueden surgir de diferentes fuentes, como cambios tecnológicos, cambios en los requisitos reglamentarios o legales, cambios en las demandas del mercado o cambios en los objetivos estratégicos de la organización. La gestión del cambio debe ser proactiva y estar integrada en la planificación y ejecución de las estrategias de gestión

de activos. Esto implica identificar los cambios potenciales, evaluar sus impactos, desarrollar planes de mitigación y adaptar las estrategias en consecuencia.

7.2.3 Seguimiento y Control

En el contexto del SAMP, que representa un programa a largo plazo diseñado para alcanzar resultados estratégicos, resulta sumamente útil incluir hitos anticipados y medidas de progreso representativas, conocidas como Indicadores Clave de Desempeño, que demuestren el avance en la dirección deseada. Estos indicadores deben constituir evidencia clara de los cambios propuestos, abarcando tanto medidas de actividad (*leading*) como resultados y beneficios obtenidos (*lagging*).

Al incluir estas medidas de progreso en el SAMP, se logra proporcionar un marco de referencia concreto para evaluar y medir el éxito del programa a lo largo del tiempo. Estas medidas deben ser cuidadosamente seleccionadas y diseñadas para reflejar de manera precisa y objetiva los avances logrados en relación con los objetivos estratégicos establecidos.

Es importante destacar que las medidas de progreso deben ser claras, cuantificables y pertinentes para cada uno de los objetivos estratégicos establecidos en el SAMP. Además, deben ser periódicamente revisadas y actualizadas a medida que avanza el programa, con el fin de garantizar su relevancia y adecuación a los cambios y evolución de las circunstancias.

En resumen, las medidas de progreso son una herramienta fundamental en el SAMP, ya que permiten demostrar de manera objetiva y concreta el avance y éxito del programa en la consecución de los objetivos estratégicos planteados. Su inclusión proporciona una base sólida para la evaluación, seguimiento y toma de decisiones informadas, lo cual es esencial en el ámbito académico y de investigación.

Con este capítulo se finaliza el desarrollo del presente trabajo, esperando que sea de utilidad para los lectores que hagan uso de esta Gerencial para el Desarrollo de un Sistema de Gestión de Activos en una compañía de Distribución de Gas Natural.

8 CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este trabajo, el cual fue abordado desde una vista holística de los factores externos a través del uso de la herramienta PESTEL y de los factores internos mediante el reconocimiento de los activos, las capacidades de Gestión de Activos de la compañía a través de la herramienta Self-Assessment Methodology (SAM), las particularidades de los sistemas de distribución de Gas Natural y la experiencia del autor, se logró el objetivo general de entregar una herramienta gerencial para la implementación de Sistemas de Gestión de Activos en este tipo de industria.

El análisis bibliométrico desarrollado como parte de la contextualización para el desarrollo de este trabajo, permitió validar la vigencia y pertinencia de la implementación de Sistemas de Gestión de Activos en distintos tipos de industria. Sobre una base de alrededor de 1.200 referencias bibliográficas, la mayor producción científica se ha realizado después de 2016 y pudo identificar que las publicaciones se enfocan en elementos de la periferia de la red en los que temas como “*governance*”, “*decision making*”, “*framework*” y “*sustainability*”, las cuales se profundizaron en el desarrollo del presente trabajo.

De acuerdo con el desarrollo de esta herramienta gerencial, se puede concluir que no hay una única fórmula, ni un mejor momento, ni un modelo ideal para implementar un Sistema de Gestión de Activos. Las particularidades del entorno y las realidades y necesidades de la compañía, hace que los modelos sean únicos y por lo tanto se convierte en un error el tratar de realizar ajustes a modelos preestablecidos o copias de otras compañías.

Como resultado del desarrollo de este trabajo, se pudo validar el estudio del año 2021 realizado por (Medina et al., 2021) relacionado con el diagnóstico de la Gestión de Activos y Mantenimiento en Colombia, al correlacionar los resultados del autodiagnóstico realizado en este trabajo el cual mostró que los puntos más bajos del diagnóstico, es decir aquellos que se encuentran en nivel Inocente dos (2) de los tres (3) elementos que

fueron valorados en este nivel de maduración son los relacionados con Determinando el Alcance del Sistema de Gestión de Activos (cláusula 4.3) y Sistema de Gestión de Activos (cláusula 4.4).

El desarrollo de este trabajo contribuye no solo a personal interesado en la implementación y mantenimiento de un Sistema de Gestión de Activos el cual dispone ahora de un marco metodológico ajustado a una industria específica y bajo unas consideraciones de entorno dadas, sino que contribuye al desarrollo científico e investigativo al incorporar herramientas de análisis bibliométrico, uso de herramientas de inteligencia artificial como Chat-GPT (referenciadas en el documento), y el análisis de redes, algoritmos de agrupamiento, reducción de dimensionalidad y enfoques de visualización de información, logrando transformar los complejos datos bibliográficos en representaciones visualmente interpretables, lo que facilita la identificación de artículos seminales, autores clave y tendencias de investigación, descubrir patrones ocultos, identificar trabajos influyentes, explorar conexiones temáticas en la literatura, comprender la estructura de un campo, identificar lagunas de investigación y determinar la evolución del conocimiento a lo largo del tiempo.

Como trabajo futuro se propone generar a partir de este documento un programa curricular que permita compartir la metodología desde un ámbito académico en una asignatura de especialización o maestría de Gestión de Activos.

9 BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, F. (2022). *Plan de estudio*.

Asset Management Maturity Scale and Guidance. (2016). www.theIAM.org

da Silva, R. F., & de Souza, G. F. M. (2021). Mapping the literature on asset management: A bibliometric analysis. *Journal of Scientometric Research*, 10(1), 27–36. <https://doi.org/10.5530/JSCIRES.10.1.4>

da Silva, R. F., & de Souza, G. F. M. (2022). Modeling a maintenance management framework for asset management based on ISO 55000 series guidelines. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 28(4), 915–937. <https://doi.org/10.1108/JQME-08-2020-0082>

ESTUDIOS GERENCIALES. (n.d.).

Fernanda Suárez, Alberto Carrasquilla Barrera, María Amparo Alonso Másmela, Gloria Jaramillo Herrera, Daisy Cerquera Lozada, Germán Castro Ferreira, Henry Navarro Sánchez José Fernando Prada Jorge Valencia, Marín María Claudia Alzate Oscar Muñoz Correa, C., & Salamanca Claudio Karl Nataly Uribe Diagramación Christian Rebellón, A. (n.d.). *Coordinadores editoriales Diana María Velandia Cañón Ricardo Santamaría Daza Asesores de contenido*. www.creg.gov.co

Gasoductos. *líneas de transporte y redes de distribución de gas*. (n.d.). Retrieved May 5, 2023, from <https://tienda.icontec.org/gp-gasoductos-lineas-de-transporte-y-redes-de-distribucion-de-gas-ntc3728-2018.html>

IAM-SAMP. (2017). *Developing and maintaining a Strategic Asset Management Plan (SAMP)*. www.theIAM.org

Información de Interés - Transportadora de Gas Internacional. (n.d.). Retrieved May 5, 2023, from <https://www.tgi.com.co/nosotros/transparencia/informacion-de-interes>

International Organization for Standardization. (2014). *ISO 55000:2014(es), Gestión de activos — Aspectos generales, principios y terminología*. ISO 55000:2014(Es). <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:55000:ed-1:v2:es>

International Organization of Standardization. (2004). *Petroleum and Gas Natural Industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment*. www.iso.org

Jan van Eck, N., & Waltman, L. (2023). *VOSviewer Manual*.

Mauricio, E., Salas, M., Luz, A., & Rivas Montoya, M. (2017). *Caracterización del Centro corporativo del Grupo EPM*.

Medina, D. E., Oviedo De Cuevas, L. M., Navarro, P. R., Carlos, J., Vera, V., & Especiales, A. (2021). *Diagnóstico de la Gestión de Activos y Mantenimiento en Colombia 2021*.

OpenAI. (2023a). *Balanced Score Card for Natural Gas Distribution*. Chat Conversation - Retrieved Form URL.

OpenAI. (2023b). *Definition and Applications of Visualization of Similarities (VOS) in Bibliographic Analysis [Unpublished manuscript]*.

Pinilla R, L. (2018). FASES DE UN PROYECTO DE GESTIÓN DE ACTIVOS
LEONARDO PINILLA RODRÍGUEZ (1). *XX Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos*.

Reglas Generales de Comportamiento – Res. CREG 080 de 2019 - Grupo Vanti. (n.d.).
Retrieved May 1, 2023, from <https://www.grupovanti.com/hogar/servicio-al-cliente/informacion-al-usuario/necesitas-saber/informacion-legal/resolucion-080-de-2019/reglas-generales-de-comportamiento-res-creg-080-de-2019/>