

**PROPUESTA DE DISEÑO DEL TABLERO DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO  
PARA EMPRESAS QUE DISTRIBUYAN GAS NATURAL.**

**AUTORES:**

**DEIVY ALDANA GÓMEZ**

**DIEGO ALEJANDRO GÓMEZ CELIS**

**BENNY FRANCISCO MARTÍNEZ MÉNDEZ.**

**DIRECTOR:**

**DR. GIOVANY OROZCO HERNÁNDEZ**

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO.**

**DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

**UNIVERSIDAD ECCI**

**BOGOTÁ, DICIEMBRE DE 2022**

**PROPUESTA DE DISEÑO DEL TABLERO DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO  
PARA EMPRESAS QUE DISTRIBUYAN GAS NATURAL.**

AUTORES:

DEIVY ALDANA GÓMEZ

DIEGO ALEJANDRO GÓMEZ CELIS

BENNY FRANCISCO MARTÍNEZ MÉNDEZ.

MONOGRAFÍA COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTAS EN  
GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DIRECTOR:

DR. GIOVANNI OROZCO

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO.

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

UNIVERSIDAD ECCI

BOGOTÁ, DICIEMBRE DE 2022

**Nota de aceptación:**

Firman como Evidencia del cumplimiento de los requisitos de la Universidad ECCI para obtener el Título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento.

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Bogotá, diciembre de 2022**

## TABLA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Ejemplo tabulación de datos para cálculo DES.....	53
<b>Tabla 2.</b> Muestras IPLI -IO por ERP .....	54
<b>Tabla 3.</b> Muestras IPLI mes octubre ERP .....	55
<b>Tabla 4.</b> Muestras IO mes octubre ERP .....	58
<b>Tabla 5.</b> Muestras Ejemplo de seguimiento de casos reportados IRST.....	61
<b>Tabla 6.</b> Datos Usuarios afectados por daño en redes de distribución .....	82

## TABLA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Principales gasoductos del país.....	18
<b>Figura 2</b> Mapa Departamentos con presencia de Gas Natural.....	22
<b>Figura 3</b> Esquema Sistema de transporte y distribución.....	35
<b>Figura 4</b> datos necesarios para diseñar el tablero de indicadores.....	62
<b>Figura 5</b> Tabla calendario.....	65
<b>Figura 6</b> Tabla de tiempo.....	66
<b>Figura 7</b> Tabla de medidas básicas.....	66
<b>Figura 8</b> Vista MTBF.....	72
<b>Figura 9</b> Vista MTTR.....	72
<b>Figura 10</b> Vista MTTF.....	72
<b>Figura 11</b> Vista Tiempo Disponible.....	73
<b>Figura 12</b> Vista Tiempo Operativo.....	73
<b>Figura 13</b> Vista Tiempo Fuera de Servicio.....	73
<b>Figura 14</b> Vista # de Fallas que afectan la operación.....	73
<b>Figura 15</b> Vista Tiempo de reparación.....	73
<b>Figura 16</b> Vista Disponibilidad.....	74
<b>Figura 17</b> Vista Disponibilidad por sistema.....	74
<b>Figura 18</b> Vista # de actividades planeadas.....	75
<b>Figura 19</b> Vista # de actividades ejecutadas.....	75
<b>Figura 20</b> Vista Cumplimiento del plan de mantenimiento.....	75
<b>Figura 21</b> Vista Balance entre los cuatro tipos de mantenimiento (Preventivo, Basado en Condición, correctivo programable y Correctivo de emergencia).....	75
<b>Figura 22</b> Vista Relación de Mantenimientos que afectan la continuidad del servicio Vs los Mantenimientos que no afectan la continuidad del servicio.....	76
<b>Figura 23</b> Vista Sistema con mayor número de fallas.....	76
<b>Figura 24</b> Vista Sistema con mayor tiempo de reparación.....	77

**Figura 25** Vista Prototipo 1 tablero de indicadores.....77

**Figura 26** Vista Prototipo 2 tablero de indicadores.....78

**Figura 27** Vista Prototipo 3 tablero de indicadores.....78

**Figura 28** Vista Prototipo 4 tablero de indicadores.....79

## DEDICATORIAS

A Dios por darnos la vida, salud, sabiduría y unirnos en este camino para desarrollar este trabajo.

A mi madre (QEPD), siempre fuiste mi ejemplo a seguir.

A mis suegros Gerardo y Nora, por ser mis segundos padres y ayudarme a formar mi carácter.

A mi esposa, por amor incondicional, paciencia y amistad.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mis hijos, quienes cada día me motivan a ser mejor padre, amigo y ciudadano, ustedes son mi motor.

**Benny.**

A mis padres quienes siempre han sido mi motor y mi apoyo incondicional.

A mi novia por siempre su comprensión en las horas de ausencia generadas por mi estudio.

A mi amigo Benny por ser un compañero y persona incondicional en el quehacer diario tanto profesional, personal, como el de este trabajo.

**Diego**

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos expresar nuestra sincera gratitud a Giovanni Orozco por su acompañamiento, orientación, apoyo y dedicación en el desarrollo de este trabajo. Su sabiduría y experiencia han sido fundamentales para el éxito de este trabajo.

También queremos agradecer al cuerpo docente de la Universidad ECCI, por sus enseñanzas y por habernos dado las herramientas para poder desarrollar este proyecto. En especial, agradecemos al Profesor Nelson Darío Rojas González, por hacer la clase de Gerencia de Mantenimiento una experiencia inolvidable, con tantos aportes, conocimiento, pasión por enseñar, por su tiempo y por su valiosa contribución.

Además, queremos agradecer a nuestros compañeros de clases, quienes hicieron divertida la experiencia de aprender y con sus aportes enriquecieron el proceso.

Benny, Deivy y Diego



## INTRODUCCIÓN

Los servicios públicos en Colombia son un conjunto de servicios y programas que brinda el Estado a la población para satisfacer sus necesidades básicas y mejorar su calidad de vida. Estos servicios incluyen servicios de agua potable, electricidad, salud, educación, seguridad y transporte, entre otros.

El servicio público de gas natural en Colombia es un servicio que brinda el suministro de este energético a través de una red de tuberías a hogares, empresas e industrias en todo el país. Este servicio es regulado por el Estado colombiano y es proporcionado por empresas privadas concesionarias, que tienen el derecho exclusivo de transportarlo y distribuirlo en su área de concesión. El gas natural es una fuente de energía renovable y de bajo impacto ambiental, y su uso se ha incrementado en Colombia en los últimos años para generar electricidad y calentar agua para uso doméstico e industrial; es una alternativa al carbón y petróleo, que son los principales combustibles utilizados en el país. Su uso también ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a mejorar la calidad del aire.

Es una fuente de energía que logra satisfacer la creciente demanda en el país y al mismo tiempo puede reducir la contaminación en el mundo. Para nuestra investigación es importante conocer toda la estructura del sistema de almacenamiento, red de distribución, transporte, activos, componentes del gas y todo el sistema administrativo que se encuentra involucrado en el proceso de empresas distribuidoras de gas natural a nivel nacional, garantizar el buen servicio de transporte de gas natural sin interrupciones al consumidor final es muy importante para nosotros es por eso se quiere conocer más a fondo el sistema de transporte actual de del gas natural en toda Colombia buscando garantizar las buenas prácticas de operación y estándares de calidad del servicio.

La investigación que se planteará tiene como objetivo medir cuantitativamente la eficiencia del servicio, para lograrlo se quiere estandarizar la manera de medir la gestión de los planes de mantenimiento a nivel nacional con el objetivo de aumentar la confiabilidad del sistema.

Por otro lado la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) busca establecer estándares de calidad en la prestación de servicios públicos domiciliarios de gas natural ya que no existen indicadores que nos permitan medir la gestión de mantenimiento y confiabilidad del sistema, se pretende

mejorar la gestión de mantenimiento en las empresas de gas natural por medio de la implementación de un tablero de indicadores de gestión con el fin de garantizar un servicio seguro, confiable, continuo, amigable con el medio ambiente y de calidad para los usuarios.

## RESUMEN

Las empresas de servicios públicos tienen la obligación de prestar el servicio de manera confiable y continua a sus usuarios, por lo que el Congreso designa a la CREG para que establezca los lineamientos aplicables a cada sector y defina los estándares mínimos que se deben cumplir para garantizar la calidad del servicio.

En este trabajo de grado se busca conocer cuáles son los estándares de calidad que rigen al servicio público de gas natural en Colombia y alinearlos con estándares de mantenimiento para garantizar la prestación del servicio de manera continua.

Teniendo en cuenta que la investigación se realiza para cualquier empresa que distribuya gas natural en el territorio colombiano, se tiene una restricción en cuanto al acceso de información para realizar los respectivos cálculos, es por esto que el tipo de investigación será de tipo descriptiva.

Para efectos prácticos, los datos que se presentarán serán creados por los autores y buscarán representar los resultados según los criterios establecidos en la normativa.

Para el cumplimiento de este proyecto se definirán los indicadores claves que aportarán a la confiabilidad del sistema, con el objetivo principal de evaluar el cumplimiento de la calidad del servicio, propuesta que será aplicable al mantenimiento de los activos de distribución de gas natural. Dentro de la metodología establecida para el desarrollo de los indicadores, se programará en Power Bi los KPI's seleccionados, para esto se definirán los pasos a seguir para el diseño del tablero de indicadores.

El cumplimiento de cada uno de estos indicadores conlleva en la elaboración de un tablero de indicadores de gestión de mantenimiento que propenda en tener cero interrupciones en el servicio hacia los clientes.

Por último, se realizará un análisis financiero basado en el costo de no dar continuidad al servicio de distribución de gas natural, el cual está basado en el valor de la compensación (VCD) a cada usuario por el incumplimiento del indicador de Duración equivalente de interrupción de servicio (DES).

**Palabras clave:** KPI, Indicadores de mantenimiento, gas natural, servicios públicos.

## ABSTRACT

Public service companies have the obligation to provide reliable and continuous service to their users, so the Congress designates the CREG to establish the guidelines applicable to each sector and define the minimum standards that must be met to ensure the quality of service.

The purpose of this thesis is to know which are the quality standards that govern the natural gas public service in Colombia and to align them with maintenance standards to guarantee the continuous provision of the service.

Taking into account that the investigation is carried out for any company that distributes natural gas in the Colombian territory, there is a restriction regarding access to information to carry out the respective calculations, which is why the type of investigation will be descriptive.

For practical purposes, the data to be presented will be created by the authors and will seek to represent the results according to the criteria established in the regulations.

For the fulfillment of this project, the key indicators that will contribute to the reliability of the system will be defined, with the main objective of evaluating compliance with the quality of the service, a proposal that will be applicable to the maintenance of natural gas distribution assets. Within the methodology established for the development of the indicators, the selected KPIs will be programmed in Power Bi, for this the steps to follow for the design of the indicator board will be defined.

Compliance with each of these indicators, leads to the development of a maintenance management indicator board that guarantees zero interruptions in service to customers.

Finally, a financial analysis will be carried out based on the cost of not continuing the natural gas distribution service, which is based on the value of compensation (VCD) to each user for non-compliance with the indicator of equivalent duration of interruption. of service (DES).

Keywords: KPI, Maintenance indicators, natural gas, public services.

## ÍNDICE

TABLA DE TABLAS .....	4
2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	17
2.1 Problema actual .....	17
2.2 Planteamiento del problema .....	18
3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
3.1 Objetivo General .....	20
3.2 Objetivos Específicos .....	20
4 JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
4.1 Justificación de la investigación .....	21
4.2 Delimitación .....	22
4.3 Limitaciones .....	23
5 MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	24
5.1 Estado del arte .....	24
5.1.1 Estado del arte local .....	24
5.1.2 Estado del arte nacional: .....	27
5.1.3 Estado del arte Internacional .....	29
5.2 Marco Teórico .....	33
5.2.1 Conceptos claves en empresas de distribución de gas natural .....	33
5.2.2 Conceptos claves en mantenimiento .....	36
5.2.3 Indicadores .....	41
5.3 Marco Legal .....	46

5.3.1	Normatividad Nacional.....	46
5.3.2	Normatividad Internacional.....	48
6	MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
6.1	Recolección de la información:.....	50
6.1.1	Tipo de Investigación.....	50
6.1.2	Fuentes de Información.....	50
6.2	Análisis de Información .....	50
7	RESULTADOS Y/O PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	52
7.1	Identificar parámetros de calidad exigidos a las empresas de distribución de gas natural.	52
7.1.1	Duración Equivalente de Interrupción del Servicio (DES): .....	52
7.1.2	Índice de Presión en Líneas Individuales (IPLI): .....	53
7.1.3	Índice de Odorización.....	56
7.1.4	índice de respuesta de servicio técnico .....	59
7.2	Desarrollar un tablero de Indicadores de Gestión de Mantenimiento aplicable a la industria de gas natural.....	62
7.2.1	Definición de la herramienta a utilizar para presentar el tablero de indicadores.	62
7.2.2	Definición de los datos necesarios para diseñar el tablero de indicadores. ...	62
7.2.3	Operaciones necesarias para configurar el tablero de indicadores en Power BI.	64
7.2.3.1	Cargar la base de datos al Power BI: .....	64

7.2.3.2	Crear una tabla de calendario.....	65
7.2.3.3	Crear relaciones entre tablas .....	66
7.2.3.4	Crear tabla de medidas básicas .....	66
7.2.3.5	Crear medidas básicas.....	67
7.2.3.5.1	Medida “Tiempo con operación”.....	67
7.2.3.5.2	Medida “Tiempos sin operación” .....	67
7.2.3.5.3	Medida “Tiempo Disponible”.....	67
7.2.3.5.4	Medida # Fallas sin operación “N° Paradas sin operación” .....	68
7.2.3.5.5	Medida “MTBF” .....	68
7.2.3.5.6	Medida Tiempo de reparación “Total TR” .....	68
7.2.3.5.7	Medida “MTTR”.....	68
7.2.3.5.8	Medida “MTTF” .....	69
7.2.3.5.9	Medida “Disponibilidad”.....	69
7.2.3.5.10	Medida “Número de actividades de mantenimiento planeadas” .....	69
7.2.3.5.11	Medida “Número de actividades de mantenimiento ejecutadas” .....	69
7.2.3.5.12	Medida “Cumplimiento del plan de mantenimiento” .....	70
7.2.3.5.13	Medida Horas Hombre ejecutadas “Nro hh ejec”.....	70
7.2.3.5.14	Medida Total horas hombre ejecutadas a MBC “Total h ejec MBC” ...	70
7.2.3.5.15	Medida Total horas hombre ejecutadas en mantenimiento correctivo de emergencia “Total h ejec MCE” .....	70

7.2.3.5.16	Medida Total horas hombre ejecutadas en mantenimiento correctivo programable “Total h ejec MCpp” .....	70
7.2.3.5.17	Medida Total horas hombre ejecutadas en mantenimiento preventivo “Total h ejec MP”	71
7.2.3.5.18	Medida “MBC (Mantenimiento Basado en Condición)” .....	71
7.2.3.5.19	Medida “MCE (Mantenimiento Correctivo de Emergencia)” .....	71
7.2.3.5.20	Medida “MCP (Mantenimiento Correctivo Planificado)” .....	71
7.2.3.5.21	Medida “MP (Mantenimiento Preventivo)” .....	71
7.2.3.5.22	Medida “% Mtto Programado)” .....	72
7.2.3.6	Creación de Objetos visuales para el Tablero de Indicadores .....	72
8	ANÁLISIS FINANCIERO (COSTO-BENEFICIO).....	80
9	CONCLUSIONES.....	84
10	RECOMENDACIONES .....	86
11	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y WEBGRAFÍA.....	87



## 2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 2.1 Problema actual

El servicio público de gas natural se rige por la Ley 142 de 1994, donde se definen reglas claras para que el usuario final cuente con un servicio de calidad y continuo. Actualmente en Colombia cerca de once millones de usuarios utilizan este servicio.

Para que el gas natural llegue al usuario final debe surtir toda la cadena de abastecimiento del Sistema Nacional de Transporte (SNT), que cumple las etapas descritas a continuación (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2016):



Donde:

**Producción:** Es la actividad de extraer el gas natural que se encuentra en el yacimiento.

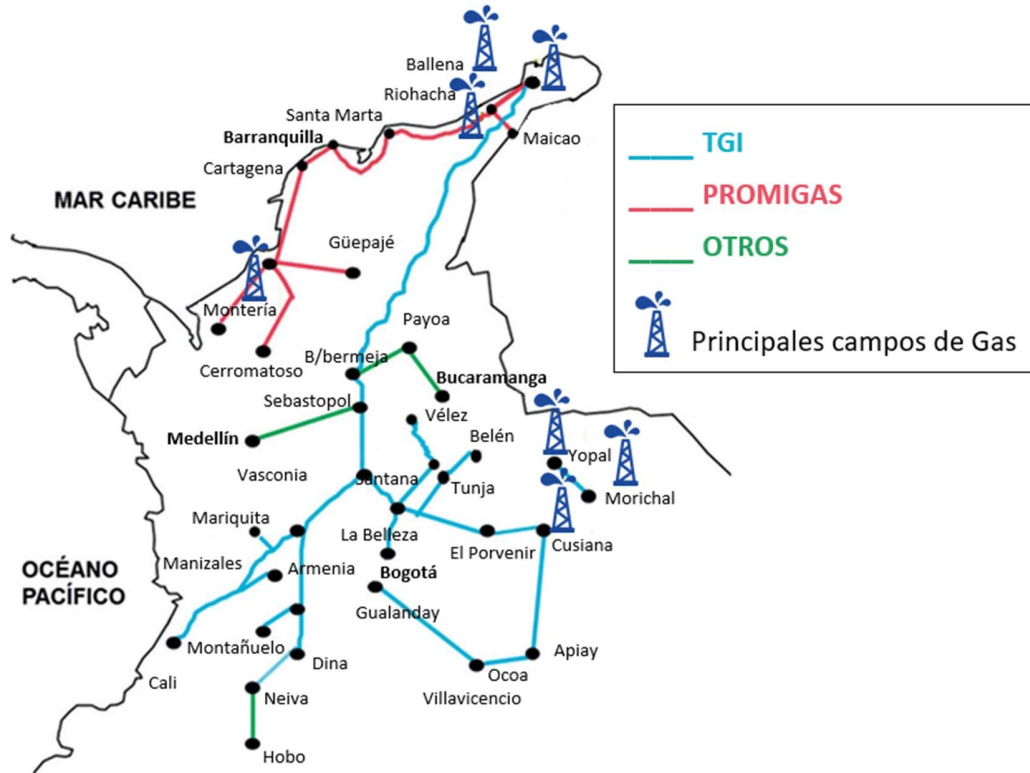
**Transporte:** es la actividad que consiste en llevar a alta presión el gas natural por medio de gasoductos, desde los yacimientos hasta las estaciones que regulan el gas denominadas City Gate que se encuentran dentro o en las cercanías de los centros poblados o ciudades, infraestructura de la cual se conectarán los distribuidores.

**Distribución:** Actividades encargadas del transporte de gas desde la entrega del transportador a las conexiones de los usuarios finales

**Comercialización:** es el proceso de compra de gas natural e intervienen el productor, el transportador y el distribuidor.

**Usuario Final:** son aquellos usuarios que utilizan el gas natural para uso residencial, comercial, institucional, industrial.

*Figura 1 Principales gasoductos del país.*



Fuente: (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2016)

Por tratarse de un servicio público los usuarios finales esperan que la prestación de este no tenga interrupciones, por lo cual se deben mantener altos estándares de calidad en cuanto al mantenimiento y operación de los activos de distribución de gas.

Existe una oportunidad de mejora a nivel nacional, donde las empresas que distribuyen gas natural puedan estandarizar la manera de medir la gestión del mantenimiento, propósito de esta monografía de investigación.

## 2.2 Planteamiento del problema

La interrogación planteada ayudará a dar respuesta respecto a las inquietudes presentadas anteriormente mencionadas en el proceso de mejora del servicio.

¿Cuáles pueden ser los indicadores clave de desempeño o Key Performance Indicators (KPI) adecuados para controlar la gestión de los resultados de mantenimiento en empresas distribuidoras de gas natural para garantizar la continuidad de servicio en las regiones donde tienen cobertura?

### **3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Objetivo General**

Desarrollar una propuesta de diseño del tablero de indicadores de confiabilidad aplicable al mantenimiento de los activos de distribución para empresas del sector Gas Natural por redes.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar parámetros de calidad exigidos a las empresas de distribución de gas natural.
- Desarrollar un tablero de Indicadores de Gestión de Mantenimiento aplicable a la industria de gas natural

## 4 JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1 Justificación de la investigación.

Las compañías que distribuyen gas natural a nivel nacional establecen compromisos con los usuarios finales, entre los cuales se encuentran los índices de confiabilidad del sistema, teniendo en cuenta que utilizan el gas natural para transformar alguna materia prima en un producto para sus clientes y/o consumo propio de la mano con los sectores que se atienden:

- **Residencial:** gas natural para uso domiciliario como calefacción de agua, calefacción de ambientes, cocción de alimentos, entre otros; Ejemplo: viviendas.(Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2016)
- **Comercial:** generalmente consumos medios a altos en volumen gas. Ejemplo: restaurantes, hoteles.(Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2016)
- **Industrial:** generalmente consumos altos en volumen gas. Ejemplo: Empresas de alimentos, ladrilleras, entre otras empresas de producción.(Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2016)
- **Institucional:** generalmente consumos medios a altos en volumen gas. Ejemplo: hospitales, instituciones educativas.(Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2016)
- **Oficial:** generalmente consumos variables según el uso en volumen gas. Ejemplo: bases militares, cárceles.(Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2016)

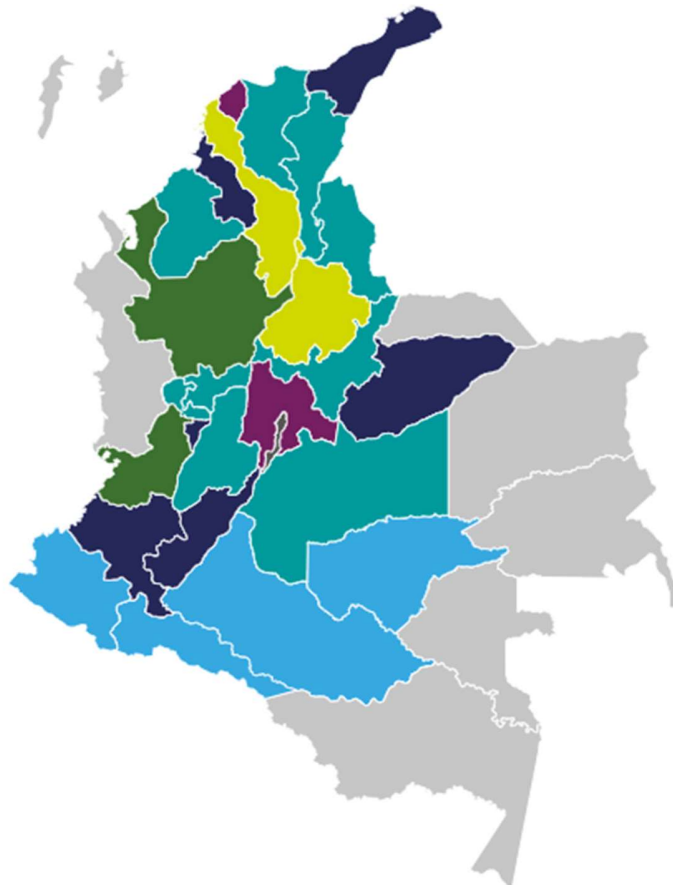
Independiente del uso que se dé al gas natural, cada sector es importante y tiene unas necesidades que cumplir, es por esto que la CREG por medio de la Ley 142 de 1994, regula las prácticas monopólicas para los servicios públicos, en escenarios donde exista o no competencia, con el objetivo de promover la sana competencia entre las entidades prestadores de servicios públicos a fin de hacer económicamente la operación de un monopolio o competidor. Con base en lo anteriormente expuesto para el caso de distribución de gas natural la CREG emitió la Resolución 100 de 2003, en la cual se establecen los parámetros de calidad para este servicio público los cuales son el DES, IPLI, IO e IRST.

Así las cosas, para este sector no existe algún indicador clave de desempeño que permita medir la gestión de mantenimiento y la confiabilidad del sistema, es por esto que nos centraremos en realizar una propuesta de tablero de indicadores de gestión que se pueda implementar en cualquier compañía distribuidora de gas natural por redes.

#### **4.2 Delimitación**

Esta propuesta aplica para las empresas distribuidoras de gas natural en Colombia que prestan servicio en los Departamentos de Antioquia, Atlántico, Bogotá, Bolívar, Boyacá, Caldas, Caquetá, Casanare, Cauca, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Guaviare, Huila, La Guajira, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindío, Risaralda, Santander, Sucre, Tolima y Valle del Cauca.

*Figura 2 Mapa Departamentos con presencia de Gas Natural.*



Fuente (Promigas, 2021)

### **4.3 Limitaciones**

Por tratarse de un estudio que aplica para cualquier compañía distribuidora de gas natural a nivel nacional, no se cuentan con datos reales para la aplicación y análisis de resultados.

## 5 MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1 Estado del arte

#### 5.1.1 *Estado del arte local*

##### **5.1.1.1 PROPUESTA DE MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A NIVEL NACIONAL DEL SISTEMA DE TELEMETRIA DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA Y DISTRIBIDORA DE GAS NATURAL.**(Goyeneche Montenegro et al., 2020)

La empresa Comercializadora y Distribuidora de Gas Natural ve la necesidad de buscar nuevas metodologías de control para el suministro de gas natural, para ello la investigación se basó en un sistema de telemetría basado en el SCADA encargado de recopilar los datos como procesos, fichas técnicas e historial de información extraídos del software SAP.

Realizaron una taxonomía con todos los equipos para definir la criticidad de cada equipo, aplicaron técnicas como el Diagrama de causa y efecto, análisis de Pareto y RCM buscando como objetivo mejorar tiempos, recursos, costos y el plan de mantenimiento preventivo en los sistemas de telemetría de las estaciones.

Resumiendo, el sistema de telemetría es vital para la operación ya que a través de él se puede monitorear en tiempo real, buscando que la información sea verídica y confiable el proceso de distribución, garantizando el cumplimiento a lo establecido por la ley, esta herramienta es una muy buena opción la cual podemos contemplar en nuestra investigación, el suministro de información en tiempo real para el análisis de datos agregaría un valor interesante a nuestra investigación.

##### **5.1.1.2 DISEÑO DE UNA METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACION DE INDICADORES DE GESTION.** (Orjuela Alfonso, 2016)

El objetivo de esta metodología consiste en la implementación de indicadores de gestión alineados con la estrategia de la empresa, se enfocó en el sistema de gestión de salud y seguridad en el trabajo cumplimiento con la legislación Colombiana, dando relevancia a la importancia de medir, analizar y gestionar sus procesos internos, aplicados para medianas y grandes empresas con el fin de cumplir con



sus objetivos y metas, para el desarrollo de este trabajo se fundamentaron en la investigación de varias metodologías y análisis cuantitativos y cualitativos enfocados en diferentes indicadores de gestión y conceptos claves como: calidad, rendimiento, integridad, calidad humana, eficiencia, eficacia y el Balanced Scorecard en otros, este contexto nos orienta a diseñar una metodología práctica para el desarrollo de nuestro proyecto y poder plantear unos objetivos claros en nuestro tablero de indicadores a proponer con resultados confiables en las empresas transportadoras de gas natural.

#### **5.1.1.3 EVALUACION TECNICO-ECONOMICA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SOFTWARE DE GESTION DE ACTIVOS EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM EN LA EMPRESA GRASCO LTDA. (Mendieta, 2022)**

Dentro de este proyecto de investigación se sugiere a la empresa Grasco Ltda implementar un software de mantenimiento con el fin de mejorar su sistema de gestión dado a que en la actualidad no cuentan con esta herramienta fundamental, en esta investigación sugieren optimizar el método de trabajar con este nuevo modelo, por otro lado mejorarían los procesos ya que se puede implementar metodologías como lo es el TPM y RCM con mayor confiabilidad, unificando áreas, administrando la información de forma ordenada, optimizando tiempos de respuesta y mejorando la competitividad de la empresa. Dicho brevemente podemos aportar a nuestro trabajo la posibilidad de manejar o implementar un tablero de indicadores utilizando como ayuda este tipo de herramientas que aportarían a la mejora continua de la información optimizando tiempos de respuesta en pocas palabras sería una práctica de gestión importante para la toma de decisiones y cumplimiento de las estrategias de la empresa planteadas.

#### **5.1.1.4 DISEÑO DE TABLERO PARA INDICADORES QUE PERMITA EVALUAR EL CUMPLIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTION DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO DE EQUINTEC LTDA. (Lesmes Ferro et al., 2020)**

Esta investigación se enfoca en la implementación de un tablero de indicadores de SG SST para la empresa Equintec Ltda empresa dedicada al sector manufacturero en la construcción de líneas de

aplicación de pintura, hornos de tratamiento térmico, hornos de curado de pintura, líneas de recolección y limpieza de aire dentro de la industria, con el propósito de cumplir con los requisitos legales (decreto 1072 de 2015 – resolución 0312 de 2019) de acuerdo a que se evidencia que los indicadores establecidos son insuficientes para cumplir con lo que exige el decreto ya que no cuentan con una ficha técnica y no están alineados con el plan estratégico de la empresa. Para el desarrollo de la investigación se basaron en herramientas como Matriz DOFA, CAMVA, BSC, 5 FUERZAS y planeación entre otros con el propósito de mejorar el plan estratégico, los indicadores a desarrollar son de tipo cuantitativos y cualitativos dependiendo a lo que correspondan cumpliendo con los parámetros de la empresa. Resumiendo como aporte a nuestra investigación los indicadores se requieren necesariamente en la estructura de cualquier organización con el propósito de medir estadísticamente la información, permitiendo evaluar e identificar desviaciones en las actividades planeadas buscando como resultado eliminar los acontecimientos que afecten los objetivos de la empresa.

**5.1.1.5 ESTUDIO NACIONAL E INTERNACIONAL DE PRODUCCION, APLICACIONES, ALMACENAMIENTO E INFRAESTRUTURA DEL GAS LICUADO DE PETROLEO (GLP) Y SU IMPACTO EN LA EFICIENCIA DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA ESTACIONARIOS.** (Vargas Ceballos, 2017)

El contexto de esta investigación nos muestra el panorama nacional e internacional acerca de la producción, almacenamiento, uso e infraestructura del Gas Licuado del Petróleo como combustible alternativo para diferentes sectores, en este caso específicamente el sector automotriz, dicho brevemente el gas natural licuado es un componente obtenido del proceso de refinación del petróleo y de procesos de extracción del gas natural, este tipo de energías con menor porcentaje de contaminación es una excelente opción para los motores de combustión interna mencionado en esta investigación.

De esta investigación se desprende la importancia para nuestro proyecto el conocer a mayor profundidad los componentes físicos del gas natural, la estructura que se requiere para su almacenamiento,

las diferentes técnicas de traslado y las normas que se deben cumplir a nivel nacional e internacional para el almacenamiento traslado y producción de este combustible.

#### **5.1.1.6 DESARROLLO DE CONSULTORIA PARA MEDIR LA GESTION DE MANTENIMIENTO EN INNOVAPOR S.AS. (Guzmán Laverde et al., 2016)**

Básicamente la finalidad del este proyecto se fundamenta en la gestión del mantenimiento en las empresas, mediante la consultoría por medio de la consultoría por medio de la revisión y análisis de la información de los procesos dentro de la empresa, los cuales se encuentran involucrados con la disponibilidad y confiabilidad del mantenimiento, con el propósito de identificar las fortalezas y debilidades de cada departamento, buscando proponer oportunidades de mejora y planes de acción en la organización, fortaleciendo la mejora continua en los procesos. Estos pueden ser evaluados bajo las diferentes técnicas y metodologías de la gestión de mantenimiento, obteniendo resultados y propuestas que ayuden a mejorar las condiciones e implementación de un sistema de mantenimiento proactivo,

Por otra parte, es muy importante para nuestra investigación el conocer las diferentes formas de evaluar la gestión del mantenimiento buscando optimizar procesos, eliminar desperdicios y aumentar la productividad de las empresas.

#### **5.1.2 Estado del arte nacional:**

##### **5.1.2.1 ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA DE MEJORADO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS ESTACIONES REGULADORAS EN LA EMPRESA DE GAS NATURAL FENOSA BOGOTA. (Sepúlveda Ángel, 2019)**

Dentro de las generalidades de este trabajo, se busca realizar un análisis e identificar los puntos críticos actuales dentro del programa de mantenimiento de la empresa Gas Natural Fenosa. Este trabajo se enfoca en determinar un nuevo programa de mantenimiento con el fin de mejorar las frecuencias en diferentes estaciones donde se ha evidenciado el mayor porcentaje de fallas, arrojando como objetivo la prefactibilidad de la implementación en algunas líneas de distribución.

Para realizar este nuevo modelo, se enfocan en identificar en su esquema de mantenimiento actual las oportunidades de mejora y beneficios que aporten técnica y económicamente buscando que sea viable y conocer el nivel de aceptación del proyecto en la compañía, en busca de cumplir con el objetivo se enfocan en aumentar los mantenimiento preventivo y correctivos para el nuevo modelo, por otro lado no contemplaron la posibilidad de implementar la técnica del RCM mantenimiento basado en la confiabilidad herramienta de gestión muy importante para mejorar del modelo actual de mantenimiento, esta sería una buena opción para aumentar la confiabilidad de la operación a un menor costo.

#### **5.1.2.2 PROPUESTA TECNICA PARA LA CONSTRUCCION DE LINEA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL EN POLIETILENO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE SOPO Y LA CALERA CUNDIMANARCA. (Pinilla Ortega, 2021)**

El proyecto se desarrolla bajo la necesidad del municipio de la Calera el cual ha generado numerosamente una importante demanda en el consumo de gas natural, en la actualidad cuentan con un suministro que funciona mediante el transporte diario de módulos con gas natural comprimido metodología no muy eficiente y limitada la cual no cumple con la demanda y abastecimiento continuo generando la necesidad de proponer la construcción de un gasoducto de transporte que conecte el municipio de la Calera con el gasoducto más cercano que en te caso sería localizado en el municipio de Sopo Cundinamarca.

Para la ejecución y el estudio de los recursos financieros del proyecto gasoducto de 23km en polietileno de 6 pulgadas, desarrollaron la investigación bajo cinco análisis: primero análisis del personal relevante, segundo el análisis del problema, tercero el lugar, cuarto niveles verticales de la matriz del marco lógico según su jerarquía, adicional se realizaron estudios de mercadeo que lograron establecer la demanda del municipio de acuerdo a la cantidad de usuarios que necesitan el servicio de gas natural lo cual permite visualizar y cubrir las necesidades del cliente, se logró determinar las características convenientes del trazado del gaseoducto y sus particularidades en el diseño para la construcción.

Podemos considerar que esta investigación nos amplia el concepto de transporte y construcción de un gasoducto conociendo la importancia del suministro de este combustible a toda la población de Colombia por otra parte nos aporta conceptos de análisis investigativo para la implementación del tablero de indicadores para las empresas de transporte de gas natural.

### **5.1.3 Estado del arte Internacional**

#### **5.1.3.1 ANÁLISIS DE LOS FACTORES CLAVE PARA MEJORAR LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA INDUSTRIA DE OIL&GAS EN AMÉRICA LATINA. (Amendola et al., 2017)**

El enfoque de este análisis se basó en reunir distintos puntos de vista buscado recopilar información de distintas áreas vinculadas en la gestión de mantenimiento, estos los clasificaron en tres grupos previamente definidos, como resultado mostraron que existen tres factores latentes de la gestión de mantenimiento, la optimización del rendimiento de los activos, eficiencia de la mano de obra y TI, El mantenimiento es comúnmente visto en las empresas como un costo, como un mal necesario y secundario, no se considera como una competencia empresarial, las empresas tienen mayor enfoque en la competencia de costos, calidad de servicios y puntualidad en las entregas.

El mantenimiento desempeña un papel muy importante ya que este genera nuevas estrategias para ampliar la productividad, calidad de los servicios, reducción de costos y eliminación de desperdicios. Este análisis busca varios escenarios donde se puedan identificar los distintos puntos de vista desde las diferentes áreas (alta gerencia, mantenimiento, producción, calidad, logística y finanzas). También participaron empresas de varios países de la industria del petróleo, refinación y gas – GNL, al mismo tiempo decidieron reunir una serie de opiniones equilibradas entre los países de Venezuela, México, Colombia, Ecuador, Brasil, Perú y Bolivia, el desarrollo se realizó en dos rondas, en la primera se solicitó listar el conjunto de actividades más representativas que se realizaran a diario en el área de mantenimiento, en la segunda ronda se solicitó la clasificación en grupos de las actividades que surgieron del primera ronda, en resumen del

ejercicio diseñaron una encuesta con los resultados obtenidos y los aplicaron en cada una de las empresas para establecer el nivel de desempeño alcanzado en cada una de ellas en todas las áreas.

Estos fueron analizados factorial mente por distintas metodologías (Káiser, Meyer-Olkin Test). En la evaluación de los factores claves identificados en la mejora de la gestión del Mantenimiento se desarrolló el test de Hosmer-Lemeshow y el de Nagelkerke con estos evaluaron la bondad del ajuste y el porcentaje de varianza resultante por la ecuación realizada, con esto se obtuvo la ecuación de probabilidad de no mejora del mantenimiento. Como factores claves identificados en la gestión del Mantenimiento más importantes son 1 Mano de Obra (MO), 2 Gestión de Proyectos y TI (GP & TI), 3 Optimización del rendimiento de los activos (ORA). Podemos dar como aporte a nuestra investigación la búsqueda de opciones o estrategias para proponer diferentes puntos de vista en la formulación de nuestro tablero de indicadores con el propósito de aportar a la mejora continua en la Gestión del mantenimiento.

#### **5.1.3.2 ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE LA CALDERA DE UNA PLANTA PROCESADORA DE CONSERVAS DE ATÚN.**(Macías Barban et al., 2021)

El propósito de esta investigación es estudiar más a fondo los tipos de mantenimientos que se aplican a equipos industriales específicamente en empresas de procesamiento de alimentos, en este caso el atún un producto muy importante en la canasta familiar. El principal objetivo es analizar la gestión de mantenimiento de una caldera ya que es uno de los equipos críticos para la producción, allí se realiza una investigación mediante los resultados de la recopilación del historial de fallas en un tiempo determinado para el análisis RAM (Reliability, Availability, Maintainability), y obtener un concepto más claro sobre la confiabilidad de la caldera y la gestión de mantenimiento, se analizaron tres tipos de indicadores confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad con el propósito de optimizar la eficiencia, productividad y calidad de los procesos, buscando las falencias y/o debilidades en la gestión del mantenimiento obteniendo resultados objetivos, para mejorar la gestión del mantenimiento.

Este proyecto se enfoca en tres indicadores muy importantes con un análisis fundamentado en el historial de fallas, vale decir que nos aporta nutritivamente a nuestra investigación el análisis de estos tres indicadores como herramienta de gestión con el fin de medir la confiabilidad en el transporte de este tipo de combustible “gas natural”.

### **5.1.3.3 MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS DE LAS ESTACIONES DE SERVICIO DE GNV EN LA COSTA PERUANA. (Castro Panduro, 2017)**

FLF Soluciones Técnicas SAC, el proyecto se fundamentó en la mejora del plan de mantenimiento de las estaciones de servicio de GNV enfocándose como principal pilar la criticidad de los equipos (compresores alternativos multietápicos de gas natural) en la costa peruana. La idea surgió de la necesidad de mantenimiento de los equipos después de cumplir su tiempo de garantía o mantenimiento de fábrica ya que en su momento no se proyectó a futuro el mantenimiento de estos equipos, generando una alta demanda en los mantenimientos correctivos, para el desarrollo de éste, ejecutaron un plan de mantenimiento basado en la criticidad de los equipos y jerarquías desarrollando 4 fases mencionadas a continuación, I se enfoca en realizar inspección de todos los equipos, II en compilar y verificar la información del PLC y del equipo según su historial, III revisaron y analizaron el historial de las fallas vistas técnicas y en la IV ejecutaron la mejora del plan de mantenimiento basado en la criticidad del equipo. Como resultado se mejoró el plan de mantenimiento basado en la criticidad optimizando los recursos materiales y humanos gracias a las capacitaciones del personal administrativo y operario,

Como aporte a nuestra investigación se concluye que se debe realizar los mantenimientos basados en los manuales del fabricante, reunir toda la información necesaria de los equipos para analizar sus fallas y plantear un plan de mantenimiento ampliando la información del fabricante todo esto con el fin de implementar indicadores de gestión bien estructurados con el propósito de controlar el comportamiento de los equipos y la gestión del mantenimiento.

#### **5.1.3.4 MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO EN INSTALACIONES DE SUPERFICIE EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE Y OPERACIÓN DE GAS NATURAL. (Mendocilla Muñoz, 2016)**

El objetivo del proyecto se basa en modificar el modelo de gestión de mantenimiento en empresas enfocadas en el sector del Gas Natural, el propósito es buscar oportunidades de mejora en los procesos de mantenimiento, para cumplir con lo anterior buscan reunir la mayor información de los procesos de la gestión del mantenimiento en todas las áreas involucradas, mediante el análisis de la información se quiere proponer una nueva estrategia de mantenimiento con las herramientas correctas buscando cumplir con los objetivos planteados. En resumidas cuentas, un modelo de gestión de mantenimiento aporta a nuestra investigación su importancia dado que podemos identificar las debilidades y oportunidades de mejora y así mismo poder alinearlos con los objetivos de la empresa, aumentando la confiabilidad en los procesos basados en buenas prácticas, independiente de la metodología que utilizemos lo importante es enfocarnos en la mejora continua.

#### **5.1.3.5 PROPUESTA DE MEJORA DE GESTION DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE SOPORTE DE INSTALACION EN UNA EMPRESA QUE PRODUCE Y COMERCIALIZA GAS NATURAL. (Pérez Tello, 2014)**

Este proyecto se enfoca en la mejora del plan de mantenimiento de equipos de aires acondicionados en una industria de distribución de gas natural. Teniendo en cuenta las diferentes técnicas de la gestión del mantenimiento con el propósito de la mejora continua del plan de mantenimiento.

Es importante mencionar que la criticidad de los equipos de aires acondicionados supone un alto valor dentro de los costos del mantenimiento al ser equipos considerados con una alta tasa de falla, lo cual hace perfecto un análisis cualitativo y cuantitativo de cada una de ellas. En resumidas cuentas, al mejorar las frecuencias establecidas inicialmente para este sistema, se logrará tener una mejor confiabilidad y un mejor control económico que necesariamente repercutirá en ahorros que se verán reflejados en el sistema de gestión de la empresa.



### **5.1.3.6 PLAN DE MANTENIMIENTO PARA ASEGURAR LA CONTINUIDAD DEL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL EN LAS PLANTAS DE REGASIFICACIÓN DE LA EMPRESA GASES DEL PACIFICO S.A.C TRUJILLO. (Sieden Rojas, 2020)**

Esta investigación se enfoca en dar una mayor confiabilidad y garantizar el servicio de distribución de gas natural en la planta de regasificación de la empresa Gases del Pacifico S.A.C se debe garantizar un cumplimiento del 98% según los términos dados por el estado. Para ello elabora un plan de mantenimiento con el fin de asegurar la continuidad del servicio, para el desarrollo se basan en la recopilación de información y procesamiento de datos, análisis de la gestión del mantenimiento la esta empresa, disponibilidad de personal, recursos, identificación de equipos críticos y clasificación de quipos, para dar continuidad con la ejecución de esta investigación utilizaron como herramienta de gestión el AMEF (análisis de modo y efecto de falla) antes de tener un tipo de mantenimiento definido.

Con la recopilación de causas elaboran un diagrama de Pareto tanto en equipos menores como en mayores, su principal estrategia como base en la gestión del mantenimiento es el enfocarse en el mantenimiento preventivo, como resultado se obtuvo un 99% de disponibilidad de acuerdo a un cronograma de mantenimientos preventivos basados en los análisis de fallas según la herramienta utilizada AMEF, dicho brevemente el aporte a nuestra investigación se fundamenta en la siguiente herramienta AMEF esta metodología nos ayuda a detectar los problemas de nuestra investigación con el objetivo de identificar los efectos negativos.

## **5.2 Marco Teórico**

### **5.2.1 *Conceptos claves en empresas de distribución de gas natural.***

#### **5.2.1.1 Acometida:**

Derivación de la red local del servicio respectivo que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general. (Resolución CREG 108, 1997)

#### **5.2.1.2 Calidad del gas:**

Son los estándares y especificaciones que tiene el Gas Natural y está regulado por la CREG.

#### **5.2.1.3 Código de distribución:**

Son aquellas reglas que deben cumplir las empresas que distribuyen gas natural, las cuales están contenidas en la Resolución CREG 067 del año 1995.

#### **5.2.1.4 Código de transporte:**

Son los procedimientos, criterios y principios que rigen a las empresas de servicios públicos de gas natural y están estipulados en la ley 142 de 1994.

#### **5.2.1.5 CREG:**

Comisión de Regulación de Energía y Gas, es el organismo que rige los temas normativos del sector.

#### **5.2.1.6 Distribución de gas combustible:**

Es el transporte de gas combustible a través de redes de tubería, desde las Estaciones Reguladoras de Puerta de Ciudad, o desde un Sistema de Distribución, hasta la conexión de un usuario, de conformidad con la definición del numeral 14.28 de la Ley 142 de 1994. (Resolución CREG 011, 2003)

#### **5.2.1.7 Distribuidor de gas combustible por redes (distribuidor):**

Persona encargada de la administración, la gestión comercial, la planeación, la expansión, la operación y el mantenimiento de todo o parte de la capacidad de un Sistema de Distribución. Los activos utilizados pueden ser de su propiedad o de terceros. (Resolución CREG 011, 2003)

#### **5.2.1.8 Gas natural:**

Es una mezcla de hidrocarburos livianos, principalmente constituida por metano, que se encuentra en los yacimientos en forma libre o en forma asociada al petróleo. El Gas Natural, cuando lo requiera, debe ser acondicionado o tratado para que satisfaga las condiciones de calidad de gas establecidas por la CREG. (Resolución CREG 011, 2003)

#### **5.2.1.9 Odorizantes**

Compuesto químico con olor característico que se añade al gas natural para permitir su detección (Terbutilmercaptano TBM). (Conecta Energía, 2013)

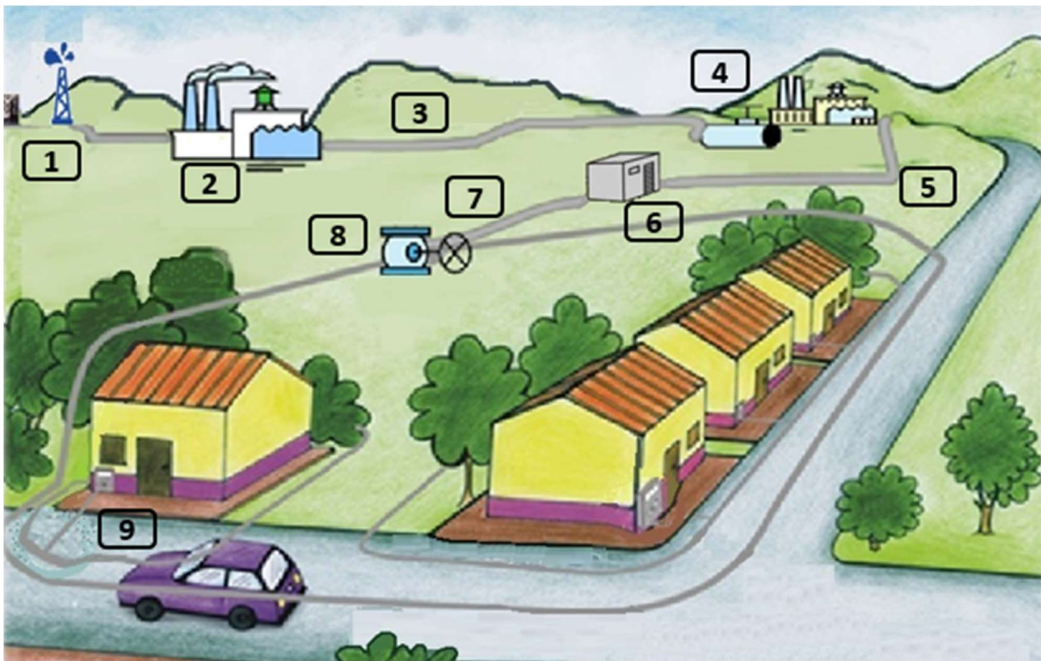
#### **5.2.1.10 Sistema Nacional de Transporte:**

Conjunto de gasoductos localizados en el territorio nacional, excluyendo conexiones y gasoductos dedicados, que vinculan los centros de producción de gas del país con las Puertas de Ciudad, Sistemas de Distribución, Usuarios No Regulados, Interconexiones Internacionales y Sistemas de Almacenamiento; de

conformidad con lo establecido en el RUT (Reglamento Único de Transporte de Gas). (Resolución CREG 067, 1995)

Las empresas de Distribución cuentan, como mínimo, con activos que se encuentran localizados desde el punto donde se recibe el gas natural del transportador a las acometidas del usuario final, a continuación, un esquemático del sistema:

**Figura 3** Esquema Sistema de transporte y distribución.



*Fuente desconocida y modificada por el autor.*

Donde:

- 1- Yacimiento
- 2- Planta de tratamiento y transferencia de custodia
- 3- Líneas de Transporte (Alta presión)
- 4- Estación Puerta de ciudad (City Gate) o Estación receptora
- 5- Red primaria de distribución
- 6- Estación Reguladora
- 7- Red secundaria de distribución

8- Poliválvula

9- Acometida

### **5.2.2 Conceptos claves en mantenimiento.**

#### **5.2.2.1 Mantenimiento.**

Es el conjunto de actividades que se realizan para preservar y prolongar la vida útil de un bien, sistema o equipo. El objetivo es asegurar que el bien, sistema o equipo siga funcionando de manera segura, eficiente y efectiva.

El mantenimiento se puede realizar tanto interna como externamente a la organización, y su frecuencia y alcance pueden variar según el tipo de bien, sistema o equipo y su importancia estratégica para la organización. (Pérez Rendón, 2021)

#### **5.2.2.2 Mantenimiento correctivo.**

Es el conjunto de actividades que se realizan para reparar un fallo o defecto que ya ha ocurrido en un bien, sistema o equipo. El objetivo es restaurar el funcionamiento normal del bien, sistema o equipo lo antes posible.

El mantenimiento correctivo se lleva a cabo después de que se ha detectado un problema, el objetivo es restaurar el funcionamiento normal del equipo lo antes posible. Aunque se espera que el mantenimiento preventivo evite los fallos, no siempre es posible prevenirlos, ya sea porque es imposible predecir todas las posibles fallas, o porque el tiempo entre la detección de una falla y su reparación es demasiado corto para programar un mantenimiento preventivo.

El mantenimiento correctivo puede incluir tareas como la reparación o reemplazo de piezas defectuosas, la limpieza o ajuste de componentes, o la actualización de software. Los trabajos de mantenimiento correctivo pueden ser realizados por personal interno o externo de la organización, dependiendo del tamaño, complejidad y alcance del problema.

Es importante destacar que el mantenimiento correctivo tiene un costo asociado, ya sea en tiempo o en dinero, y puede interrumpir el funcionamiento normal de la organización, es por ello que se recomienda siempre tener un plan de mantenimiento preventivo para minimizar estos costos y tiempos de inactividad. (Pérez Rendón, 2021)

#### **5.2.2.2.1 Mantenimiento correctivo de emergencia.**

Es una forma de mantenimiento correctivo que se lleva a cabo en situaciones imprevistas e inesperadas, donde un bien, sistema o equipo ha fallado o se ha dañado de manera repentina y requiere atención inmediata para evitar daños mayores o peligros para las personas o el entorno.

El mantenimiento de emergencia se lleva a cabo de manera rápida y con prioridad, y puede incluir tareas como la reparación o reemplazo de piezas defectuosas, la limpieza o ajuste de componentes, o la actualización de software. Los trabajos de mantenimiento de emergencia pueden ser realizados por personal interno o externo de la organización, dependiendo del tamaño, complejidad y alcance del problema.

Es importante destacar que el mantenimiento de emergencia tiene un costo asociado, ya sea en tiempo o en dinero, y puede interrumpir el funcionamiento normal de la organización. Es recomendable tener un plan de mantenimiento preventivo para minimizar estos costos y tiempos de inactividad.

En algunas situaciones, es necesario tener un plan de emergencia en caso de fallas críticas, el cual incluiría medidas para minimizar los daños, comunicar a las personas involucradas, y restablecer el servicio en el menor tiempo posible. (Pérez Rendón, 2021)

#### **5.2.2.2.2 Mantenimiento correctivo programado o planificado**

Es una forma de mantenimiento correctivo que se lleva a cabo de manera planificada y periódica en un bien, sistema o equipo, con el objetivo de detectar y reparar fallos o defectos antes de que causen una interrupción en el funcionamiento normal del equipo.

En el mantenimiento correctivo programado, se establecen períodos regulares para revisar y realizar inspecciones en el equipo, para detectar fallos o defectos potenciales. Una vez detectados, se programan las reparaciones necesarias para corregir el problema antes de que cause una interrupción en el funcionamiento del equipo. El objetivo es detectar fallos o defectos antes de que ocurran y programar las reparaciones necesarias para corregirlos.

El mantenimiento correctivo programado puede incluir tareas como la reparación o reemplazo de piezas defectuosas, la limpieza o ajuste de componentes, o la actualización de software. Los trabajos de

mantenimiento correctivo programado pueden ser realizados por personal interno o externo de la organización, dependiendo del tamaño, complejidad y alcance del problema.

Es importante destacar que el mantenimiento correctivo programado tiene un costo asociado, ya sea en tiempo o en dinero, pero al realizarlo de manera planificada y periódica, se puede minimizar el impacto en el funcionamiento normal de la organización y se puede programar en momentos donde el impacto sea menor. (Pérez Rendón, 2021)

### **5.2.2.3 Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo es un tipo de mantenimiento que se lleva a cabo con el objetivo de evitar fallas o problemas antes de que ocurran. Se basa en realizar inspecciones regulares y realizar ajustes, limpiezas y reparaciones necesarias para asegurar que el equipo o maquinaria esté funcionando correctamente y evitar futuros problemas. El objetivo es maximizar la disponibilidad y el rendimiento del equipo, reduciendo al mismo tiempo los costos de reparación y el tiempo de inactividad. (Pascual J, 2002)

#### **5.2.2.3.1 Mantenimiento programado**

El mantenimiento programado es un tipo de mantenimiento preventivo en el cual se establecen una serie de tareas de mantenimiento que se llevarán a cabo en un momento específico y con una determinada frecuencia. Es un plan establecido para realizar tareas de mantenimiento en equipos o maquinaria en un momento específico para evitar fallas y problemas futuros. El objetivo es mantener el equipo en óptimas condiciones de funcionamiento y prolongar su vida útil. El mantenimiento programado se basa en la idea de que es más eficiente y económico realizar tareas de mantenimiento preventivo en un momento específico antes de que ocurran fallas o problemas. (Pérez Rendón, 2021)

#### **5.2.2.3.2 Mantenimiento de oportunidad.**

El mantenimiento de oportunidad es un tipo de mantenimiento que se lleva a cabo durante los periodos de inactividad o parada programada de un equipo o maquinaria. Es una forma de aprovechar los periodos de inactividad para realizar tareas de mantenimiento que no pueden ser realizadas mientras el equipo está en funcionamiento. El objetivo es mejorar el rendimiento y prolongar la vida útil del equipo, así como reducir los costos de reparación y el tiempo de inactividad. Es una estrategia para mantener el

equipo en óptimas condiciones de funcionamiento y reducir los costos de mantenimiento. (Pérez Rendón, 2021)

#### **5.2.2.4 Mantenimiento predictivo:**

El mantenimiento predictivo es un tipo de mantenimiento en el que se utilizan técnicas y herramientas para predecir futuras fallas o problemas en un equipo o maquinaria. Se basa en la recolección de datos y el análisis de esos datos para detectar patrones o indicios de problemas futuros. El objetivo es identificar y corregir problemas potenciales antes de que ocurran, lo que ayuda a prolongar la vida útil del equipo, mejorar el rendimiento y reducir los costos de reparación y el tiempo de inactividad. El mantenimiento predictivo utiliza técnicas avanzadas como el análisis de vibraciones, el análisis de termografía, el análisis de lubricantes y el monitoreo de parámetros eléctricos para predecir fallas y problemas en el equipo. (Pascual J, 2002)

#### **5.2.2.5 Mantenimiento Proactivo**

es un enfoque de mantenimiento que se basa en la prevención de fallas o problemas antes de que ocurran, mediante la identificación y eliminación de las causas subyacentes de las fallas. Se enfoca en la prevención de fallas, en lugar de simplemente detectar y corregir las fallas una vez que ocurren. El objetivo es mejorar el rendimiento y prolongar la vida útil del equipo, reduciendo al mismo tiempo los costos de reparación y el tiempo de inactividad. El mantenimiento proactivo implica la planificación y programación de tareas de mantenimiento preventivo, la realización de inspecciones regulares y el monitoreo continuo del equipo para detectar problemas potenciales antes de que ocurran. (Pérez Rendón, 2021)

#### **5.2.2.6 Mantenimiento Mejorative.**

El mantenimiento mejorativo es un enfoque de mantenimiento que se centra en mejorar el rendimiento y la eficiencia de un equipo o maquinaria mediante la aplicación de cambios y mejoras. El objetivo es aumentar la capacidad del equipo, reducir los costos de mantenimiento, mejorar la calidad del producto o servicio y mejorar la seguridad en el trabajo. El mantenimiento mejorativo implica la identificación de oportunidades de mejora, la planificación y la implementación de cambios y mejoras en el equipo, y el monitoreo continuo para evaluar el impacto de los cambios y mejoras en el rendimiento del

equipo. Este enfoque se utiliza para mejorar el rendimiento y eficiencia del equipo, así como para adaptarse a las nuevas regulaciones y requisitos del mercado. (Pérez Rendón, 2021)

#### **5.2.2.7 Mantenimiento Basado en Condición**

Es una forma de mantenimiento que se basa en el monitoreo y análisis continuo de las condiciones de un bien, sistema o equipo, con el objetivo de detectar y corregir fallos o defectos antes de que causen una interrupción en el funcionamiento normal del equipo.

En el mantenimiento basado en condición, se utilizan diferentes técnicas de monitoreo, tales como la medición de vibraciones, el análisis de la corriente eléctrica, la medición de temperatura, entre otros, para recolectar datos sobre el estado del equipo. Estos datos son analizados mediante algoritmos y técnicas de inteligencia artificial para detectar patrones y tendencias que indican fallos o defectos potenciales.

Una vez detectados, se programan las reparaciones necesarias para corregir el problema antes de que cause una interrupción en el funcionamiento del equipo. El objetivo es detectar fallos o defectos antes de que ocurran y programar las reparaciones necesarias para corregirlos. El mantenimiento basado en condición puede ser realizado por personal interno o externo de la organización, dependiendo del tamaño, complejidad y alcance del problema.

Es importante destacar que el mantenimiento basado en condición requiere una inversión en tecnología y personal capacitado, pero su implementación puede permitir una mejor planificación, eficiencia y reducción de costos en el largo plazo, ya que se detectan fallos y defectos antes de que ocurran y se programa las reparaciones necesarias para corregirlos. (Pérez Rendón, 2021)

#### **5.2.2.8 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)**

El mantenimiento centrado en confiabilidad es un enfoque de mantenimiento que se basa en la confiabilidad del equipo para maximizar el rendimiento y prolongar la vida útil del equipo. El objetivo es asegurar que el equipo esté disponible y funcionando correctamente en todo momento, mediante la aplicación de técnicas y herramientas para mejorar la confiabilidad del equipo. Esto incluye la planificación y programación de tareas de mantenimiento preventivo, la realización de inspecciones regulares, el monitoreo continuo del equipo, la identificación y eliminación de las causas de fallas y la



implementación de mejoras en la confiabilidad del equipo. El enfoque se basa en la confiabilidad para maximizar el rendimiento y prolongar la vida útil del equipo, reduciendo al mismo tiempo los costos de mantenimiento y el tiempo de inactividad. (Moubrey, 2004)

#### **5.2.2.9 Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

El mantenimiento productivo total (TPM, por sus siglas en inglés) es un enfoque holístico de mantenimiento que se centra en involucrar a todos los miembros de una organización para mejorar la eficiencia y la confiabilidad del equipo. El objetivo es maximizar el rendimiento y prolongar la vida útil del equipo, mediante la mejora continua de los procesos de producción y mantenimiento. El TPM se basa en ocho pilares:

- Mejora de la eficiencia del equipo
- Mejora de la seguridad
- Mejora de la calidad
- Mejora de la productividad
- Mejora de la confiabilidad del equipo
- Mejora de la motivación
- Mejora de la formación
- Mejora de la gestión

El TPM se aplica a través de la planificación y programación de tareas de mantenimiento preventivo, la realización de inspecciones regulares, el monitoreo continuo del equipo, la identificación y eliminación de las causas de fallas y la implementación de mejoras en la confiabilidad del equipo. Además, se involucra a todos los miembros de la organización en la mejora continua de los procesos de producción y mantenimiento. (Pascual J, 2002)

#### **5.2.3 Indicadores.**

##### **5.2.3.1 Indicador**

Un indicador es una medida numérica o estadística utilizada para evaluar el desempeño o el estado de algo. Puede ser utilizado para medir el desempeño de una organización, un proceso, un equipo o

un producto. Los indicadores pueden ser utilizados para evaluar el progreso hacia un objetivo específico o para comparar el desempeño con un estándar o una meta. Pueden ser utilizados para medir aspectos como la productividad, la calidad, la eficiencia, la rentabilidad, la seguridad, la satisfacción del cliente, entre otros. Los indicadores son una herramienta valiosa para la toma de decisiones y la gestión del rendimiento, ya que ayudan a identificar áreas de mejora y a medir el impacto de las acciones de mejora.

Entre las características resaltantes de los indicadores se encuentran:

- Miden el cambio de una situación a través del tiempo.
- Permiten visualizar resultados de iniciativas o acciones.
- Sirven para evaluar el desarrollo de una situación.
- Ayudan a mejorar los resultados con el seguimiento continuo. (Beltrán Jaramillo, 1998)

#### **5.2.3.2 Balanced Scorecard (BSC)**

El Balanced Scorecard (BSC) es una herramienta de gestión estratégica que permite a las organizaciones medir el desempeño en diferentes áreas clave, como la perspectiva financiera, clientes, procesos internos y aprendizaje y crecimiento. El BSC se basa en la idea de que el rendimiento financiero no es la única medida del éxito de una organización, y que es importante medir el desempeño en diferentes áreas para obtener una visión completa del rendimiento de la organización.

El BSC se compone de cuatro perspectivas:

- Perspectiva financiera: mide el rendimiento financiero de la organización, como el beneficio neto, la rentabilidad y el flujo de caja.
- Perspectiva del cliente: mide cómo la organización cumple con las necesidades y expectativas de sus clientes.
- Perspectiva de los procesos internos: mide cómo la organización está utilizando sus recursos y procesos para lograr sus objetivos.
- Perspectiva del aprendizaje y crecimiento: mide cómo la organización está desarrollando y utilizando sus recursos humanos, tecnologías y sistemas para mejorar el desempeño a largo plazo.

El BSC ayuda a las organizaciones a entender cómo las diferentes áreas del negocio están contribuyendo al rendimiento general, y a identificar las áreas de mejora para alcanzar sus objetivos estratégicos. (GestioPolis.com Experto, 2020)

### **5.2.3.3 Indicador de Calidad**

Un indicador de calidad es una medida numérica o estadística utilizada para evaluar la calidad de un producto, servicio o proceso. Estos indicadores son utilizados para medir la conformidad de un producto o servicio con los estándares de calidad establecidos y para evaluar la eficacia de los procesos de control de calidad.

Algunos ejemplos de indicadores de calidad incluyen:

- Tasa de defectos: mide la cantidad de productos o servicios que no cumplen con los estándares de calidad.
- Tiempo de respuesta: mide el tiempo que tarda un proceso o un equipo en responder a una solicitud.
- Índice de satisfacción del cliente: mide el grado de satisfacción de los clientes con un producto o servicio.
- Índice de cumplimiento de las normas: mide el grado de cumplimiento de las normas de calidad.
- Tasa de retorno: mide la cantidad de productos o servicios que son devueltos por no cumplir con los estándares de calidad.

Los indicadores de calidad son una herramienta valiosa para la mejora continua y la toma de decisiones, ya que ayudan a identificar áreas de mejora y a medir el impacto de las acciones de mejora en la calidad del producto o servicio. (Silva, 2022)

### **5.2.3.4 MTTR**

Es un indicador de rendimiento utilizado en mantenimiento para medir el tiempo promedio que se tarda en reparar un equipo o sistema después de que se ha presentado una falla. Se calcula mediante la suma del tiempo de reparación de todas las fallas dividido por el número de fallas. Es un indicador

importante ya que, cuanto menor sea el MTTR, más rápido se está reparando el equipo y menor será el tiempo de inactividad. El MTTR es un indicador clave para medir la eficiencia del mantenimiento, la confiabilidad del equipo y la disponibilidad del equipo. Es importante tener en cuenta que un MTTR bajo no siempre es deseable, ya que puede implicar que se está realizando reparaciones apresuradas o temporales en lugar de reparaciones permanentes y de calidad. Se calcula de la siguiente manera (Pascual J, 2002):

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo Total de reparación}}{\textit{Número de fallas}}$$

#### **5.2.3.5 MTBF**

Es un indicador de rendimiento utilizado en mantenimiento para medir la confiabilidad de un equipo o sistema. Se calcula mediante la suma del tiempo total en el que el equipo ha estado operando dividido por el número de fallas ocasionadas durante ese tiempo. Es un indicador importante ya que, cuanto mayor sea el MTBF, mayor será la confiabilidad del equipo y menor será la frecuencia de fallas. El MTBF es un indicador clave para medir la confiabilidad del equipo, la eficiencia del mantenimiento y la disponibilidad del equipo. Es importante tener en cuenta que el MTBF no es un indicador preciso de la confiabilidad ya que, no tiene en cuenta el tiempo que el equipo ha estado en operación y el tiempo que ha estado parado. Se calcula de la siguiente manera (Pascual J, 2002):

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo Total de funcionamiento}}{\textit{Número de fallas}}$$

#### **5.2.3.6 Disponibilidad**

Es un indicador que se utiliza para medir el tiempo en el que un equipo o sistema está disponible para ser utilizado. Se calcula dividiendo el tiempo total de horas en el que el equipo ha estado operando correctamente entre el tiempo total en el que el equipo ha estado operando, tanto correctamente como incorrectamente, y multiplicando el resultado por 100. Es un indicador importante ya que, cuanto mayor sea la disponibilidad, mayor será la capacidad del equipo para cumplir con los requisitos de producción y menor será el tiempo de inactividad. La disponibilidad es un indicador clave para medir la eficiencia del

mantenimiento, la confiabilidad del equipo y la capacidad del equipo para cumplir con los requisitos de producción. (Pascual J, 2002)

#### **5.2.3.7 Disponibilidad Inherente**

La disponibilidad inherente en mantenimiento es un indicador que se refiere a la confiabilidad intrínseca de un equipo o sistema, es decir, la capacidad del equipo para funcionar correctamente sin importar las acciones de mantenimiento realizadas. Es un indicador importante ya que, cuanto mayor sea la disponibilidad inherente, menor será la necesidad de intervenciones de mantenimiento para mantener el equipo en operación. La disponibilidad inherente es un indicador clave para medir la confiabilidad del equipo y la capacidad del equipo para cumplir con los requisitos de producción sin la intervención de mantenimiento. Se calcula dividiendo el MTBF entre la suma del MTBF y el MTTR, y multiplicando el resultado por 100. (Pascual J, 2002)

$$\text{Disponibilidad Inherente} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

#### **5.2.3.8 Confiabilidad:**

Es la capacidad de un equipo o sistema para funcionar de manera predecible y sin fallas durante un período de tiempo específico. Se utiliza para medir la probabilidad de que un equipo o sistema funcione correctamente durante un período de tiempo específico. La confiabilidad es una medida clave del rendimiento del equipo y se utiliza para planificar y programar las tareas de mantenimiento, a fin de maximizar la disponibilidad del equipo y minimizar el tiempo de inactividad. La confiabilidad es un indicador clave para medir la eficiencia del mantenimiento, la disponibilidad del equipo y la capacidad del equipo para cumplir con los requisitos de producción. (Pascual J, 2002)

#### **5.2.3.9 OEE**

Es un indicador de rendimiento utilizado en la industria para medir la eficiencia global de un equipo o línea de producción. Se calcula multiplicando la disponibilidad, la velocidad o rendimiento y la calidad del equipo, y se expresa como un porcentaje. Es un indicador importante ya que, cuanto mayor sea el OEE, mayor será la eficiencia del equipo y menor será el tiempo de inactividad. El OEE es un indicador clave para medir la eficiencia del mantenimiento, la confiabilidad del equipo y la capacidad del equipo para cumplir con los requisitos de producción. Es utilizado para identificar las áreas de mejora y

para medir el impacto de las acciones de mejora en la eficiencia general del equipo. Se calcula de la siguiente manera (Pascual J, 2002)

$$\text{OEE} = \text{Calidad} * \text{Disponibilidad} * \text{Eficiencia}$$

#### **5.2.3.10 Mantenibilidad:**

La Mantenibilidad es la facilidad con la que un equipo o sistema puede ser mantenido y reparado. Es una medida de la facilidad con la que se pueden realizar tareas de mantenimiento en un equipo o sistema, como inspecciones, reparaciones y reemplazo de piezas. Es un indicador importante ya que, cuanto mayor sea la mantenibilidad, menos tiempo y recursos se requerirán para realizar tareas de mantenimiento y menor será el tiempo de inactividad del equipo. La mantenibilidad se puede mejorar mediante la simplificación de los diseños de los equipos, la estandarización de las piezas y la mejora de la accesibilidad de las piezas y componentes del equipo. Se relaciona con el concepto de "facilidad de mantenimiento" y es un indicador clave para medir la eficiencia del mantenimiento, la confiabilidad del equipo y la capacidad del equipo para cumplir con los requisitos de producción. (Pascual J, 2002)

### **5.3 Marco Legal**

#### **5.3.1 Normatividad Nacional**

Las normas que se listan a continuación son de obligatorio cumplimiento por las empresas distribuidoras de gas por redes.

##### **5.3.1.1 Ley 142 de 1994**

Es el marco normativo por el cual se rigen los servicios públicos en Colombia. (Ley 142, 1994)

##### **5.3.1.2 Resolución CREG 067 de 1995**

En esta resolución se definen claramente los roles, derechos y deberes de los comercializadores, distribuidores y usuarios del servicio público de gas natural. (Resolución CREG 067, 1995)

##### **5.3.1.3 Resolución CREG 009 DE 2005**

En esta resolución se realizan modificaciones al tercer artículo de la Resolución CREG 100 de 2003. (Resolución CREG 009, 2005)

#### **5.3.1.4 Resolución CREG 005 DE 2006**

En esta resolución se realizan modificaciones al artículo 3.2 de la Resolución CREG 100 de 2003(Resolución CREG 005, 2006)

#### **5.3.1.5 Resolución CREG 100 DE 2003**

En esta resolución se definen los estándares de calidad para la prestación del servicio público de gas natural. (Resolución CREG 100, 2003)

#### **5.3.1.6 NTC - 3728 Gasoductos. Líneas de transporte y redes de distribución de gas.**

En esta norma se establecen los mínimos necesarios que deben cumplir las redes de distribución de gas natural. (NTC-3728, 2018)

#### **5.3.1.7 NTC - 3838 Gasoductos. Presiones de Operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles.**

En esta norma se establecen los límites de presión operacional para las redes de distribución, suministro y transporte de gas natural. (NTC-3838, 2002)

#### **5.3.1.8 NTC - 3949 Gasoductos. Estaciones de regulación de presión para líneas de transporte y redes de distribución de gas combustible.**

En esta norma se establecen los mínimos necesarios que deben cumplir las estaciones de gas natural. (NTC 3949 GASODUCTOS. ESTACIONES DE REGULACIÓN DE PRESIÓN PARA LÍNEAS DE TRANSPORTE Y REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS COMBUSTIBLE, 2002)

#### **5.3.1.9 NTC – ISO 55000 Gestión de Activos. Aspectos generales, principios y terminología.**

La norma ISO 55000 "Sistemas de gestión de activos" es una norma internacional establecida por la Organización Internacional de Estándares (ISO) que proporciona un marco para la gestión de activos de una organización. Esta norma establece los requisitos para la implementación, mantenimiento y mejora continua de un sistema de gestión de activos (SGA) y se utiliza como guía para las organizaciones de todos los tamaños y sectores.

La norma ISO 55000 incluye principios y requisitos para la planificación, implementación, evaluación y mejora continua de un SGA, incluye también los requerimientos para la gestión de riesgos, la gestión de la vida útil de los activos, la gestión de la información y la comunicación, y la gestión de la competencia y el desempeño.

La norma ISO 55000 es ampliamente utilizada en todo el mundo como estándar para la gestión de activos, y es considerada como una norma de referencia en la industria. Esta norma es especialmente importante para las organizaciones que buscan maximizar el valor de sus activos a través de un enfoque sistemático y estratégico. Esta norma establece un marco para que las organizaciones puedan planificar, implementar, monitorear y mejorar continuamente su sistema de gestión de activos, y garantizar que estos activos se utilicen de manera eficiente y eficaz. (International Organization for Standardization, 2014a)

#### **5.3.1.10 NTC – ISO 55001 Gestión de Activos. Sistema De Gestión - Requisitos.**

En esta norma se definen los mínimos necesarios para establecer un sistema de gestión de activos en una empresa. (International Organization for Standardization, 2014b)

#### **5.3.1.11 GTC – ISO 55002 Gestión de Activos. Sistemas de gestión. directrices para la aplicación de la NTC-ISO 55001.**

Esta norma sirve de guía para la correcta aplicación del sistema de gestión activos en una empresa. (International Organization for Standardization, 2018)

### **5.3.2 *Normatividad Internacional***

#### **5.3.2.1 Norma ISO 14224**

Es una norma internacional establecida por la Organización Internacional de Estándares (ISO) que establece los requisitos para la medición y evaluación de la eficiencia energética en el sector petrolero y del gas natural. Esta norma proporciona un marco para la medición y evaluación de la eficiencia energética en el sector petrolero y del gas natural, y se utiliza como guía para las empresas y las organizaciones que operan en este sector.

La norma ISO 14224 incluye requisitos para la medición y evaluación de la eficiencia energética en todas las etapas del ciclo de vida de una instalación petrolera o de gas natural, desde la exploración y producción hasta el transporte y almacenamiento. También incluye requisitos para la selección de indicadores de eficiencia energética, metodologías de medición, y procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética.



La norma ISO 14224 es ampliamente utilizada en todo el mundo como estándar para la medición y evaluación de la eficiencia energética en el sector petrolero y del gas natural, y es considerada como una norma de referencia en la industria. Esta norma es especialmente importante en un contexto donde el uso eficiente de la energía y la reducción de emisiones son prioritarias en la industria petrolera y del gas. (BSI. British Standards Institution., 2016)

#### **5.3.2.2 ASME B31.8 Sistemas de tuberías de distribución y transporte de gas.**

Es una norma establecida por el American Society of Mechanical Engineers (ASME) que establece los requisitos para la diseño, construcción, operación y mantenimiento de tuberías de transmisión y distribución de gas natural. Esta norma se aplica a tuberías de transmisión y distribución de gas natural ubicadas en áreas urbanas, suburbanas y rurales, y se utiliza como guía para los fabricantes, propietarios y operadores de tuberías de gas natural.

La norma ASME B31.8 incluye requisitos para la selección y especificación de materiales, diseño y construcción de tuberías, pruebas y inspecciones, y procedimientos de operación y mantenimiento. También incluye requisitos para la protección de tuberías contra daños físicos y para la mitigación de riesgos en caso de emergencia.

La norma ASME B31.8 es ampliamente utilizada en los Estados Unidos y en otros países como estándar para la construcción y operación de sistemas de tuberías de transmisión y distribución de gas natural, y es considerada como una norma de referencia en la industria. Sin embargo, es importante mencionar que cada país puede tener sus propias normativas y regulaciones sobre el tema, si bien se suele tomar como referencia esta norma ASME B31.8. (ASME B31.8, 2018)

## **6 MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **6.1 Recolección de la información:**

La presente investigación se realizó para empresas de distribución de gas natural por redes y aplica para aquellas que se encuentren en territorio colombiano, para el caso de este estudio se tomó el proceso de mantenimiento de los activos de distribución de gas natural y el marco normativo legal aplicable con el fin de poder realizar el desarrollo de este proyecto.

#### ***6.1.1 Tipo de Investigación***

Con base a los diferentes enfoques y tipos de investigación que pueden verse relacionados en el proceso de investigación, se identifica que **este proyecto es de tipo Descriptivo**, es decir, describe de manera sistemática todas las características visibles de un área de interés basado en la teoría o hipótesis con foco en una actividad específica. (Castillero Mimenza, 2017)

#### ***6.1.2 Fuentes de Información***

Las fuentes utilizadas para esta investigación tienen como contexto información documental como libros, revistas, artículos, proyectos, normas ISO, Normas Técnicas Colombianas, tesis que abarcan investigaciones locales, nacionales e internacionales basadas en las diferentes técnicas de mantenimiento e indicadores de gestión, con base en el cumplimiento de lo establecido por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) de acuerdo con la Ley 142 de 1994, art. 73, Ley 100 del 2003, 067 de 1995, Ley 017 de 2005, (entre otras).

### **6.2 Análisis de Información**

Para el desarrollo de esta investigación se busca identificar los indicadores generados por CREG que nos ayudarán a identificar los parámetros de calidad exigidos a las empresas de distribución de gas natural.

Con el propósito de obtener distintos resultados, se generará una tabla de clientes para establecer y ejemplificar cada uno de los indicadores mencionados, con el objetivo de obtener diferentes escenarios que nos permitan evaluar el cumplimiento de la calidad del servicio y hacer una evaluación económica de acuerdo a cada uno de ellos.

En esta parte se plantea como solución una serie de tabla de indicadores que ayudarán a mejorar la calidad del servicio, garantizando la continuidad y disminuyendo las multas, esto teniendo en cuenta los indicadores de mantenimiento tratados en el marco referencial.

## 7 RESULTADOS Y/O PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### 7.1 Identificar parámetros de calidad exigidos a las empresas de distribución de gas natural.

Las empresas de distribución de gas por redes cuentan con parámetros para medir la calidad en la prestación del servicio técnico, los cuales se disponen en la Resolución CREG 100 de 2003

#### 7.1.1 Duración Equivalente de Interrupción del Servicio (DES):

En el Artículo 2.1 de la Resolución CREG 100 de 2003 se toma como referencia la sumatoria de tiempos que afectaron la continuidad del servicio por cada usuario.

Como complemento el Artículo 3.1 de la Resolución CREG 100 de 2003 especifica que el parámetro de medida para este indicador de calidad se debe ver reflejado en horas (h) y que el valor de referencia es de cero (0) interrupciones de servicio, con base a lo anterior se determina que toda interrupción de servicio genera compensación a los usuarios que se vean afectados.

Este es un indicador que se debe reportar a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios con una frecuencia mensual consolidando la totalidad de usuarios afectados, adicionalmente se debe notificar a cada usuario a través de la factura los tiempos acumulados de interrupción durante el mes y la compensación que dé a lugar por dichos eventos.

La fórmula para calcularlo es la siguiente:

$$DES = \sum_{n=1}^{NI} t(n)$$

Donde:

**NI** = Número de interrupciones que se presentaron en un mes a un usuario.

**n** = Interrupción n-ésima

**t(n)** = Tiempo en el cual se interrumpió el servicio, medido en horas.

A continuación, un ejemplo de este indicador:

Un usuario presenta tres interrupciones de servicio de gas natural en el mes de agosto de 2022, la primera interrupción se presenta el 07 de agosto inicia a las 06:22 a.m. y termina a la 10:35 a.m., la

segunda interrupción se presenta el 09 de agosto inicia a las 08:48 a.m. y termina a la 02:56 p.m. y la tercera interrupción se presenta el 24 de agosto inicia a las 04:16 a.m. y termina a la 06:17 p.m.

A continuación, se tabulan los datos:

**Tabla 1.** Ejemplo tabulación de datos para cálculo DES

Interrupción #	Fecha inicio	Hora Inicio	Fecha fin	Hora Fin	Horas de suspensión (hh:mm)	Horas de suspensión (h)
1	7/08/2022	06:22 a.m.	7/08/2022	10:35 a.m.	04:13	4,22
2	9/08/2022	08:48 a.m.	9/08/2022	02:56 p.m.	06:08	6,13
3	24/08/2022	04:16 a.m.	24/08/2022	06:17 p.m.	14:01	14,02
<b>Tiempo total de suspensiones</b>						<b>24,37</b>

Fuente: Los autores.

Con base a lo anterior el Indicador DES para este usuario en el mes de agosto de 2022, fue de 24,37 horas.

### **7.1.2 Índice de Presión en Líneas Individuales (IPLI):**

En el Artículo 2.2 de la Resolución CREG 100 de 2003 se define como el porcentaje de mediciones de la presión dinámica de suministro que se encuentra en el rango de presiones de referencia para el parámetro de medida. (Resolución CREG 100, 2003)

Como complemento el Artículo 3.2 de la Resolución CREG 100 de 2003, la cual fue modificada por el artículo 1 de la Resolución CREG 005 de 2006, especifica que el parámetro de medida o rango para este indicador de calidad se encuentra como mínimo en 16 mbar (6.4 Pulgadas Columna de Agua-PCA) y máximo en 23 mbar (9.2 PCA), lo cual corresponde a una lectura de la presión dinámica para una carga estimada del 50% de la carga nominal adicionalmente el valor de referencia es del 100% de las mediciones dentro del rango establecido. (Resolución CREG 100, 2003)

El punto de medición estipulado es la conexión de salida del medidor individual de la instalación de los usuarios que se registran en la muestra que se definirá según el número de usuarios conectados por ERP, donde especifica que para calcular el IPLI se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Definir la muestra por Estación acorde a la cantidad de usuarios conectados:

**Tabla 2. Muestras IPLI -IO por ERP**

Número de Usuarios por ERP	Tamaño de Muestra por ERP
0 - 5000	357
5001 - 10000	370
10001 - 20000	377
20001 - 50000	380
Más de 50000	383

Fuente: (Resolución CREG 100, 2003)

- Se debe distribuir uniformemente en el periodo tarifario (5 años) el número de muestras que corresponda según cada ERP o ERPC, es decir para una ERP que se encuentre en el rango de 5001-10000 usuarios corresponde una muestra de 74 usuarios por año, como se distribuye uniformemente quiere decir que por mes corresponde tomar como mínimo 6,17 muestras, en este caso por tener decimales el Distribuidor deberá garantizar que al año el número mínimo de muestras no sea inferior a lo definido en la Tabla 2 según su número de usuarios.
- Se deben tomar muestras en aquellos puntos que se consideren críticos en cuanto a valores de presión se refiere, los puntos críticos pueden ser aquellos donde se han reportado desviaciones con anterioridad o aquellos alejados de la ERP
- Las muestras deben tomarse en días hábiles, entre las 6:00 a.m. y las 6:00 p.m.
- Realizar la toma de IPLIO e IO al usuario en una sola visita.
- Luego se debe calcular el indicador con la información recolectada según la muestra definida para el periodo a evaluar.

Se calcula de la siguiente manera:

$$IPLI = \left[ \frac{N_{TP} - N_{FR}}{N_P} \right] * 100$$

Donde:

NTP = Número de puntos seleccionados en un periodo.

NFR = Número de puntos que quedaron fuera del rango establecido.

El reporte de este indicador se debe hacer mensualmente a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

A continuación, un ejemplo de este indicador:

Una empresa de distribución de gas natural por redes tiene una ERP llamada “Objeto de investigación”, la cual cuenta con 7.846 usuarios conectados para el mes de octubre de 2022, este mes se tomaron las muestras correspondientes, según lo dispuesto normativamente, es decir para este caso, según la Tabla 2 corresponde una muestra de 370 usuarios, al distribuir uniformemente este valor en el período tarifario de 5 años se considera que la muestra mensual se calcula como se indica a continuación:

$$Muestra = 370 \frac{usuarios}{5 (año)} * \frac{1 (año)}{12 (mes)} = 6,17 \frac{usuarios}{mes}$$

Por tratarse de una muestra con decimales se toman 7 muestras mensuales para dar cumplimiento normativo, las cuales se tabulan a continuación:

**Tabla 3. Muestras IPLI mes octubre ERP**

Muestra #	Usuario #	Fecha toma	Hora toma	Valor (mbar)
1	7216	22/10/2022	07:22 a.m.	17
2	5249	22/10/2022	08:58 a.m.	19
3	6481	22/10/2022	09:16 a.m.	18
4	2310	22/10/2022	10:27 a.m.	16
5	5971	22/10/2022	02:46 p.m.	17
6	6647	22/10/2022	04:19 p.m.	18

7	1932	22/10/2022	07:35 p.m.	20
---	------	------------	------------	----

Fuente: Los Autores

Se puede observar que la muestra # 7 se tomó fuera del rango horario establecido, por lo cual al calcular el valor de IPLI queda de la siguiente manera:

NP = 7 muestras

NFR = 1 muestra

$$IPLI = \left[ \frac{7 - 1}{7} \right] * 100 = \mathbf{85,71\%}$$

Teniendo en cuenta que el valor de referencia para este indicador debe ser del 100% de las muestras dentro del parámetro de medición, se observa un incumplimiento, por lo cual la empresa debe tomar la decisión de reportar de esta forma o de tomar una nueva muestra dentro del horario establecido para cumplir con el parámetro de medida.

### **7.1.3 Índice de Odorización**

Es el porcentaje de mediciones que cumplen los parámetros de referencia de odorización.

Como complemento el Artículo 3.3 de la Resolución CREG 100 de 2003, la cual fue modificada por el artículo 1 de la Resolución CREG 009 de 2005, especifica que el parámetro de medida o rango para este indicador de calidad medido de con el método cuantitativo se encuentra el “Nivel de concentración mínimo de 18 mg/m<sup>3</sup> para THT; 8 mg/m<sup>3</sup> para Mercaptano, o aquellos niveles de concentración que recomienden los fabricantes para otras sustancias odorantes”(Resolución CREG 100, 2003). Ahora, se pueden utilizar métodos fisiológicos siempre que se garantice que el gas se pueda percibir fácilmente a nivel olfativo.

El punto de medición estipulado es la instalación de los usuarios finales que se registran en la muestra que se definirá según el número de usuarios conectados por ERP que se encuentra definido en el Parágrafo 5 de la Resolución CREG 100 de 2003 y modificado por el Artículo 2 de la Resolución CREG 009 de 2005, donde especifica que para calcular el IO se debe seguir el siguiente procedimiento:



- Se debe tomar la muestra según el número de usuarios conectados a la estación, definido en la Tabla 2.
- Se debe distribuir uniformemente en el período tarifario (5 años) el número de muestras que corresponda según cada ERP o ERPC, es decir para una ERP que se encuentre en el rango de 10.001 a 20.000 usuarios corresponde una muestra de 377 usuarios para un periodo tarifario de 5 años, como se distribuye uniformemente quiere decir que por mes corresponde tomar como mínimo 6,28 muestras, en este caso por tener decimales el Distribuidor deberá garantizar que al año el número mínimo de muestras no sea inferior a lo definido en la Tabla 2 según su número de usuarios.
- Se deben tomar muestras en aquellos puntos que se consideren críticos en cuanto a valores de odorización se refiere, los puntos críticos pueden ser aquellos donde se han reportado desviaciones con anterioridad o aquellos alejados de la ERP
- Las muestras deben tomarse en días hábiles, entre las 6:00 a.m. y las 6:00 p.m.
- Realizar la toma de IPLIO e IO al usuario en una sola visita.
- Luego se debe calcular el indicador con la información recolectada según la muestra definida para el periodo a evaluar.

Se calcula de la siguiente manera:

$$IO = \left[ \frac{N_O - N_{FR}}{N_O} \right] * 100$$

Donde:

N = Número de puntos de la muestra para el periodo correspondiente.

NFR = Número de puntos que no cumplen los parámetros de medida.

Este es un indicador que se debe reportar a la Superintendencia de Servicios Públicos

Domiciliarios con una frecuencia mensual.

A continuación, un ejemplo de este indicador:

Una empresa de distribución de gas natural por redes tiene una ERP llamada “Objeto de investigación”, la cual cuenta con 7.846 usuarios conectados para el mes de octubre de 2022, este mes se tomaron las muestras correspondientes, según lo dispuesto normativamente, es decir para este caso, según la Tabla 2 corresponde una muestra de 370 usuarios, al distribuir uniformemente este valor en el período tarifario de 5 años se considera que la muestra mensual se calcula como se indica a continuación:

$$Muestra = 370 \frac{usuarios}{5 (año)} * \frac{1 (año)}{12 (mes)} = 6,17 \frac{usuarios}{mes}$$

Por tratarse de una muestra con decimales se toman 7 muestras mensuales para dar cumplimiento normativo, las cuales se tabulan a continuación:

**Tabla 4.** Muestras IO mes octubre ERP

Muestra #	Usuario #	Fecha toma	Hora toma	Valor (mg/m3)
1	7216	22/10/2022	07:27 a.m.	9,2
2	5249	22/10/2022	09:06 a.m.	9,1
3	6481	22/10/2022	09:26 a.m.	9,2
4	2310	22/10/2022	10:35 a.m.	9,1
5	5971	22/10/2022	02:52 p.m.	9
6	6647	22/10/2022	04:06 p.m.	7,8
7	1932	22/10/2022	07:32 p.m.	8,6

Fuente: Los Autores

Se puede observar que la muestra # 6 se encuentra por debajo del parámetro de medida, adicionalmente la muestra #7 se tomó fuera del rango horario establecido, por lo cual al calcular el valor de IO queda de la siguiente manera:

NP = 7 muestras

NFR = 2 muestras

$$IO = \left[ \frac{7 - 2}{7} \right] * 100 = 71,43\%$$

Teniendo en cuenta que el valor de referencia para este indicador debe ser del 100% de las muestras deben estar por encima del parámetro de medida, se observa un incumplimiento, por lo cual la empresa debe tomar la decisión de reportar de esta forma y exponerse a una sanción, o corregir la inyección de odorante para mitigar los riesgos asociados a la no odorización del gas y tomar nuevamente las 7 muestras dentro del horario establecido para cumplir con el parámetro de medida y el valor de referencia.

#### ***7.1.4 índice de respuesta de servicio técnico***

En el Artículo 2.4 de la Resolución CREG 100 de 2003 se define como el porcentaje de solicitudes, discriminadas por tipo de evento, donde el tiempo de atención debe estar dentro de los parámetros de medida definidos en el Código de distribución. (Resolución CREG 100, 2003)

Las solicitudes que ingresen a la compañía distribuidora se deben clasificar en:

- Escape de gas (IRST – EG): aquel que se puede controlar con las indicaciones dadas por el operador al usuario por medio de la atención de la llamada de reporta a la línea 164.
- Incendio (IRST – IN): reporte a la línea 164 por parte de usuarios, ciudadanos o entes de atención de emergencias, donde indica que se presenta un incendio en alguna infraestructura en la cual pueda existir distribución de gas natural.
- Calidad de la llama (IRST – CL): son aquellas manifestaciones físicas fuera de lo normal, que observa un usuario en la llama, como por ejemplo color amarillo, llama baja, entre otros.
- Interrupción de servicio (IRST – IS): reporte de usuarios que manifiestan no tener servicio cuya causa es atribuible a la empresa distribuidora.

Como complemento el Artículo 3.4 de la Resolución CREG 100 de 2003, especifica que el valor de referencia es del 100% de las solicitudes deben ser atendidas dentro del rango del parámetro de medida

establecido en la Resolución CREG 067 de 1995 literal V.3.3 Atención de Emergencias que estipula que todo Distribuidor debe contar con un esquema de atención de emergencias que opere las 24 horas del día y que el tiempo para la atención de cada emergencia será máximo de 1 hora, la cual se contará desde la llamada hasta que el técnico haga presencia en el sitio del evento. (Resolución CREG 100, 2003)

Es decir, se puede calcular el IRST como el porcentaje de atención de eventos dentro de los primeros 60 minutos desde que se realiza el reporte.

La fórmula para calcularlo es la siguiente:

$$IRST = \frac{\sum_{t=0}^{t=60 \text{ min}} \text{Eventos}(t)}{\sum \text{Eventos}} * 100$$

Donde:

**IRST** = Índice de Respuesta de Servicio Técnico de los reportes de eventos durante el respectivo mes.

**t** = tiempo de atención

**Eventos (t)** = Eventos atendidos dentro de 60 minutos en el respectivo mes.

**Eventos** = Eventos reportados en el respectivo mes

A continuación, un ejemplo de este indicador:

En una empresa de distribución de gas natural, según lo estipulado por la SSPD en la Resolución CREG 100 de 2003, se reciben las llamadas de los usuarios 24/7 donde reportan Escapes de gas, Incendios, temas relacionados con la Calidad de la Llama e Interrupciones de Servicio, para efectos del ejercicio práctico se registran en la Tabla 5 los datos correspondientes a estos llamados para un día típico, teniendo en cuenta que este trabajo se desarrolla para cualquier empresa de distribución de gas natural por redes, no se presentarán datos de usuarios, ni municipios, direcciones u otros datos sensibles correspondientes a cada reporte.

**Tabla 5. Muestras Ejemplo de seguimiento de casos reportados IRST**

Evento	Fecha reporte	Hora Reporte	Tipo de reporte	Fecha Control	Hora Control	Fecha fin	Hora Fin	Tiempo de control	Cumple
1	7/08/2022	00:46:01	IRST-EG	7/08/2022	01:15:27	7/08/2022	14:08:23	00:29:26	Si
2	7/08/2022	00:59:15	IRST-CL	7/08/2022	01:52:56	7/08/2022	08:10:17	00:53:41	Si
3	7/08/2022	01:40:31	IRST-EG	7/08/2022	02:45:31	7/08/2022	07:43:23	01:05:00	No
4	7/08/2022	02:11:08	IRST-IS	7/08/2022	02:48:22	7/08/2022	17:17:05	00:37:14	Si
5	7/08/2022	02:24:57	IRST-EG	7/08/2022	02:42:02	7/08/2022	08:29:52	00:17:05	Si
6	7/08/2022	03:56:41	IRST-EG	7/08/2022	04:25:35	7/08/2022	20:14:36	00:28:54	Si
7	7/08/2022	04:01:27	IRST-EG	7/08/2022	04:39:38	7/08/2022	01:44:44	00:38:11	Si
8	7/08/2022	05:53:06	IRST-EG	7/08/2022	06:46:47	7/08/2022	15:25:51	00:53:41	Si
9	7/08/2022	06:49:24	IRST-EG	7/08/2022	06:54:24	7/08/2022	01:38:11	00:05:00	Si
10	7/08/2022	09:19:06	IRST-EG	7/08/2022	09:34:16	7/08/2022	15:22:07	00:15:10	Si
11	7/08/2022	10:04:36	IRST-EG	7/08/2022	10:11:20	7/08/2022	14:35:36	00:06:44	Si
12	7/08/2022	10:35:58	IRST-EG	7/08/2022	11:01:46	7/08/2022	04:58:31	00:25:48	Si
13	7/08/2022	10:38:31	IRST-EG	7/08/2022	11:17:46	7/08/2022	10:02:23	00:39:15	Si
14	7/08/2022	12:53:34	IRST-EG	7/08/2022	13:38:25	7/08/2022	19:12:48	00:44:51	Si
15	7/08/2022	13:06:27	IRST-EG	7/08/2022	13:40:39	7/08/2022	16:00:25	00:34:12	Si
16	7/08/2022	13:49:51	IRST-EG	7/08/2022	14:56:19	7/08/2022	01:09:37	01:06:28	No
17	7/08/2022	16:02:56	IRST-CL	7/08/2022	16:14:05	7/08/2022	21:18:37	00:11:09	Si
18	7/08/2022	16:21:22	IRST-EG	7/08/2022	16:42:09	7/08/2022	17:21:16	00:20:47	Si
19	7/08/2022	18:07:55	IRST-EG	7/08/2022	19:04:19	7/08/2022	21:13:01	00:56:24	Si
20	7/08/2022	19:26:30	IRST-CL	7/08/2022	20:27:47	7/08/2022	17:50:20	01:01:17	No
21	7/08/2022	19:56:31	IRST-IN	7/08/2022	20:07:16	7/08/2022	07:43:53	00:10:45	Si
22	7/08/2022	20:08:34	IRST-EG	7/08/2022	20:09:05	7/08/2022	05:09:51	00:00:31	Si
23	7/08/2022	20:14:10	IRST-EG	7/08/2022	20:47:45	7/08/2022	19:46:04	00:33:35	Si
24	7/08/2022	20:40:57	IRST-EG	7/08/2022	21:39:45	7/08/2022	02:40:31	00:58:48	Si
25	7/08/2022	21:04:25	IRST-EG	7/08/2022	22:02:28	7/08/2022	07:34:07	00:58:03	Si
26	7/08/2022	21:57:34	IRST-EG	7/08/2022	22:54:56	7/08/2022	22:24:57	00:57:22	Si
27	7/08/2022	22:30:16	IRST-CL	7/08/2022	22:40:54	7/08/2022	06:54:59	00:10:38	Si
28	7/08/2022	22:49:22	IRST-EG	7/08/2022	23:09:17	7/08/2022	04:51:48	00:19:55	Si
29	7/08/2022	23:06:45	IRST-EG	7/08/2022	23:06:58	7/08/2022	09:55:07	00:00:13	Si

Fuente: Los Autores

En este caso se calcula el IRST según la fórmula definida:

$$\sum \text{Eventos} = 29 \text{ reportes del día } 07/08/2022$$

Eventos (t) = 26 reportes cumplen los tiempos de atención.

$$IRST = \frac{26}{29} * 100$$

$$IRST = 89,65\%$$

Este valor de IRST corresponde a un solo día, el cual se calculó como ejemplo, sin embargo, las empresas distribuidoras deben sumar todos los eventos reportados desde la 00:00:00 del día 01 del mes a evaluar, hasta las 23:59:59 del último día del mismo mes.

## 7.2 Desarrollar un tablero de Indicadores de Gestión de Mantenimiento aplicable a la industria de gas natural

Para el desarrollo de este objetivo a continuación se listan los indicadores que se quieren mostrar en el tablero:

### 7.2.1 Definición de la herramienta a utilizar para presentar el tablero de indicadores.

Para el caso de estudio, se utilizará Power BI como herramienta para presentar el tablero de indicadores y la fuente de datos estará contenida en un archivo de Excel.

### 7.2.2 Definición de los datos necesarios para diseñar el tablero de indicadores.

Lo primero que se debe hacer es definir los datos que se utilizarán para el cálculo de indicadores, para nuestro caso utilizaremos una base de datos en Excel en la cual se creará una Hoja de cálculo denominada DATAMTTO, donde se consignarán como mínimo los siguientes datos:

**Figura 4** datos necesarios para diseñar el tablero de indicadores

Orden de Trabajo	Fecha programada	Fecha de ejecución	SISTEMA	EQUIPO	TIPO DE MTTTO	Mtto Programado	Tiempo Prog (Horas)	PRODUCCIÓN AFECTADA (SI-NO)	Estado	TIEMPO ESTIMADO DIARIO (horas)	HORA PARADA DE MÁQUINA	HORA INICIO	HORA FINAL	HORA DE ARRANQUE	TR (horas)	TFC (horas)	TFS (horas)	TO (horas)	TD (HORAS)	h normal (horas)	h extra (horas)
------------------	------------------	--------------------	---------	--------	---------------	-----------------	---------------------	-----------------------------	--------	--------------------------------	------------------------	-------------	------------	------------------	------------	-------------	-------------	------------	------------	------------------	-----------------

Fuente: Los autores.

Para dar un mayor entendimiento, a continuación se presenta una breve descripción de cada campo:

- Orden de Trabajo: documento con el cual se entrega una serie de instrucciones de mantenimiento al grupo técnico que ejecutará una tarea.
- Fecha programada: es la fecha en la cual se estima se debe ejecutar la Orden de Trabajo.
- Fecha de ejecución: es la fecha en la cual se ejecuta la Orden de Trabajo.
- Sistema: es un conjunto de elementos, que se agrupan según su función, ejemplo, sistema eléctrico, sistema de regulación, etc.
- Equipo: Ubicación técnica a la cual se ejecutará una actividad de mantenimiento.
- Tipo de Mtto: son los tipos de mantenimiento a los cuales nos interesa hacer algún seguimiento para mejorar su gestión, para el caso de este estudio serán:
  - Mantenimiento Preventivo
  - Mantenimiento Basado en Condición.
  - Mantenimiento correctivo programable.
  - Mantenimiento Correctivo de emergencia.
- Mtto Planeado: campo de respuesta cerrada, para comprobar si el tipo de mantenimiento fue programado o no.
- Tiempo Programado (horas): tiempo estimado para la ejecución de una actividad.
- Operación Afectada (Si-No): campo de respuesta cerrada, donde se indica si el tipo de mantenimiento ejecutado afecta o no el servicio o la Operación.
- Estado: es un indicador del avance de la ejecución de una orden de trabajo, para este caso se utilizarán tres estados:
  - Programado
  - En ejecución
  - Culminado.

- Tiempo Estimado Diario (Horas): es el tiempo diario que se dedica a producir el negocio, para el caso de empresas de distribución de gas natural es 24 horas.
- Hora parada de máquina: Es la hora en la que se para el activo a intervenir, puede coincidir con la hora de inicio de mantenimiento.
- Hora inicio: es la hora en la cual comienza la ejecución de la Orden de trabajo.
- Hora final: es la hora en la cual finaliza la ejecución de la Orden de trabajo.
- Hora de arranque: es la hora en la cual el activo comienza a producir o queda disponible para hacerlo, puede coincidir con la hora final.
- TR (horas): El Tiempo de Reparación, es el período de tiempo que tarda la intervención de un equipo.
- TFC (horas): es el tiempo que se consume distinto a la reparación, ya sea buscando herramientas o repuestos, el tiempo que espera Producción una vez entregada la línea o equipo, otros.
- TFS (horas): es la suma del TR y el TFC

### ***7.2.3 Operaciones necesarias para configurar el tablero de indicadores en Power BI.***

Lo anterior se programará en Power BI, de manera que la base de datos de los registros de mantenimiento se pueda alimentar mensualmente y en el tablero se pueda filtrar por periodo, estado de la orden, equipo y sistema.

A continuación se presentan las operaciones definidas para el diseño del tablero de indicadores de mantenimiento:

#### ***7.2.3.1 Cargar la base de datos al Power BI:***

Cargar la Base de datos de Excel con los datos definidos al POWER BI de Microsoft como un nuevo proyecto.

Transformar los datos, es decir a las columnas de fecha se debe colocar un formato único de fechas y a las columnas de horas se debe colocar formato único de horas para que al relacionar los datos



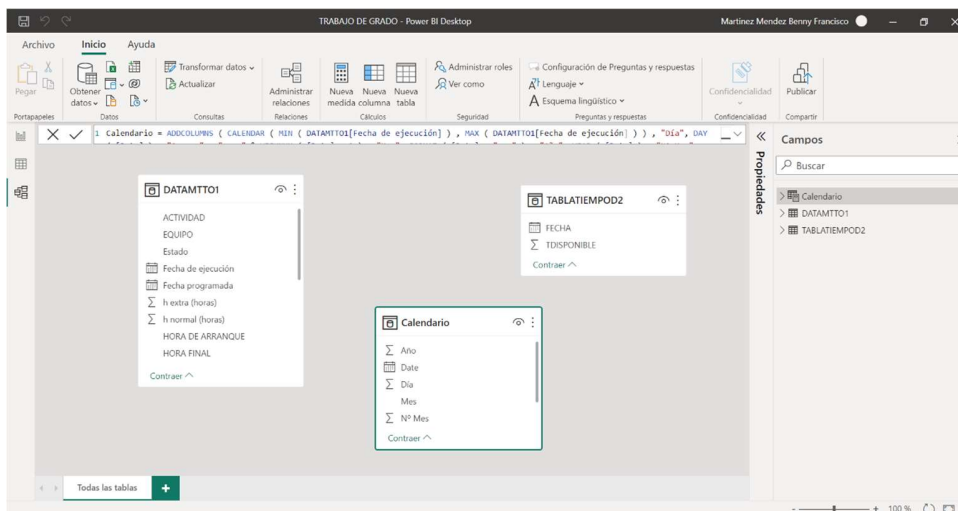
de la base de Excel con las tablas de medidas y de calendario creadas exista el vínculo entre los datos y se logre realizar el análisis correcto.

### 7.2.3.2 Crear una tabla de calendario

```
Calendario = ADDCOLUMNS (
    CALENDAR (
        MIN ( DATAMTTO1[Fecha de ejecución] ) ,
        MAX ( DATAMTTO1[Fecha de ejecución] ) ) ,
        "Día", DAY ( [Date] ) ,
        "Semana" , "sem " & WEEKNUM ( [Date] , 2 ) ,
        "Mes", FORMAT ( [Date] , "mmm" ) ,
        "Año", YEAR ( [Date] ) ,
        "Nº Mes", MONTH ( [Date] ) ,
        "Nº Semana", WEEKNUM ( [Date] , 2 ) )
```

Con base a lo anterior, debe generarse una tabla como la que se muestra a continuación:

**Figura 5** Tabla calendario.

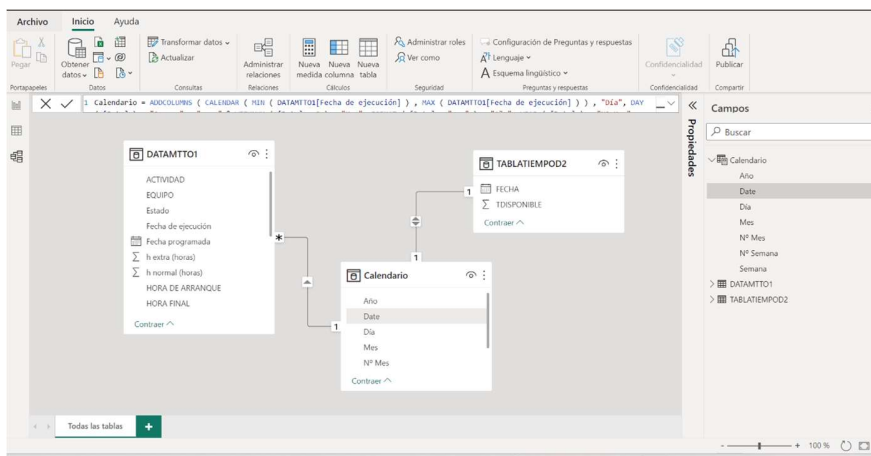


Fuente: Los autores.

### 7.2.3.3 Crear relaciones entre tablas

Relacionar las tablas con un dato en común, para nuestro caso fechas, como se observa en la Figura 6, se deben relacionar los datos de la tabla DATAMTTO1, TABLADETIEMPOD2 y Calendario. De la tabla calendario se selecciona el campo Date, se relaciona con el dato Fecha de ejecución de la tabla DATAMTTO1 y por último se relaciona con el dato FECHA de la tabla TABLADETIEMPOD2. Como se muestra a continuación:

**Figura 6** Tabla de tiempo.

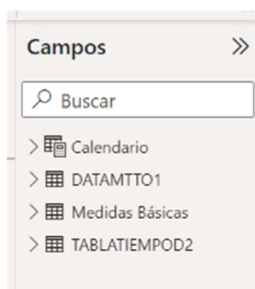


Fuente: Los autores.

### 7.2.3.4 Crear tabla de medidas básicas

Se crea una nueva tabla de medidas denominada “Medidas Básicas” que contendrá todas las medidas que se consideren necesarias para los indicadores a presentar en el tablero, se debe especificar los datos y cambiar el nombre a “Medidas Básicas”, quedando como se observa en la figura

**Figura 7** Tabla de medidas básicas.



Fuente: Los autores.

Finalmente se crean las medidas necesarias, las relaciones de datos y demás para presentar en el tablero de indicadores de mantenimiento.

#### **7.2.3.5 Crear medidas básicas**

Se deben crear el número de medidas básicas que se consideren pertinentes para posteriormente poder crear los objetos gráfico en Power BI.

##### **7.2.3.5.1 Medida “Tiempo con operación”:**

Para el caso de las empresas de distribución de gas natural, se considera como tiempo en horas con operación a aquellos tiempos donde se ejecutaron actividades de mantenimiento y no afectan la continuidad del servicio. A continuación un ejemplo para crear dicha medida:

```
Tiempo con operación = CALCULATE (
    SUM ( DATAMTT01[TO (horas)] ) +
    CALCULATE ( SUM ( DATAMTT01[TFS (horas)] ) ,
    KEEPFILTERS (DATAMTT01[PRODUCCIÓN AFECTADA (SI-NO)] = "NO" ) )
```

Con lo anterior se logra consolidar el tiempo de todas las actividades que no afectaron la continuidad del servicio.

##### **7.2.3.5.2 Medida “Tiempos sin operación”**

Para el caso de las empresas de distribución de gas natural, se considera como tiempo en horas sin operación a aquellos tiempos donde se ejecutaron actividades de mantenimiento y se afecta la continuidad del servicio. A continuación un ejemplo para crear dicha medida:

```
Tiempo sin operación = CALCULATE (
    SUM ( DATAMTT01[TFS (horas)] ) ,
    KEEPFILTERS (DATAMTT01[PRODUCCIÓN AFECTADA (SI-NO)] = "SI" ) )
```

Con lo anterior se logra consolidar el tiempo de todas las actividades que afectaron la continuidad del servicio.

##### **7.2.3.5.3 Medida “Tiempo Disponible”**

Esta medida resulta de la suma de la medida “Tiempo con operación” y la medida “Tiempo sin operación” y su unidad de medida es horas.

Tiempo Disponible = [Tiempo con operación]+[Tiempo sin operación]

Con lo anterior se logra consolidar el tiempo de todas las actividades preventivas y correctivas realizadas en un período determinado.

#### **7.2.3.5.4 Medida # Fallas sin operación “N° Paradas sin operación”**

Con esta medida se busca totalizar, de la base de datos, el número de paradas que afectaron la continuidad del servicio de gas natural.

N° Paradas sin operación = CALCULATE  
( COUNTROWS ( DATAMTT01),  
KEEPFILTERS ( DATAMTT01[PRODUCCIÓN AFECTADA (SI-NO)] = "Si" ) )

#### **7.2.3.5.5 Medida “MTBF”**

Para el caso de este indicador, se calcula dividiendo la medida de “Tiempo Disponible” entre la medida “# Fallas sin operación” y su unidad de medida es horas

MTBF (Horas) = DIVIDE ( [Tiempo Disponible] , [N° Paradas sin operación] )

#### **7.2.3.5.6 Medida Tiempo de reparación “Total TR”**

Esta medida resulta de la suma de los tiempos de reparación, contenidos en el archivo de Excel, que afectaron la operación y su unidad de medida es horas.

Total TR = CALCULATE ( SUM  
( DATAMTT01[TR (horas)] ),  
KEEPFILTERS ( DATAMTT01[PRODUCCIÓN AFECTADA (SI-NO)] = "SI" ) )

Con lo anterior se logra consolidar el tiempo de reparación de todas las actividades preventivas y correctivas realizadas que afectaron la operación de distribución de gas natural en un período determinado.

#### **7.2.3.5.7 Medida “MTTR”**

Se calcula dividiendo la Medida Tiempo de reparación “Total TR” entre la medida “# Fallas sin operación” y su unidad de medida es horas.

MTTR (Horas) = `Divide (`  
`[Total TR], [N° Paradas sin operación] )`

#### 7.2.3.5.8 *Medida “MTTF”*

Se calcula dividiendo la Medida “Tiempo con operación” entre la medida “# Fallas sin operación” y su unidad de medida es horas.

MTTF (horas) = `DIVIDE ( [Total TO] , [N° Paradas sin operación] )`

#### 7.2.3.5.9 *Medida “Disponibilidad”*

Se calcula dividiendo el tiempo medio entre fallas entre la suma del tiempo medio entre fallas y el tiempo medio para reparar.

Disponibilidad = `DIVIDE([MTBF (Horas)], [MTBF (Horas)] + [MTTR (Horas)], 0)`

#### 7.2.3.5.10 *Medida “Número de actividades de mantenimiento planeadas”*

Se calcula contando el número de actividades de mantenimiento (Basado en condición, correctivo programable y mantenimiento preventivo) que hayan sido planeadas.

Nº Actividades de Mtto planeadas = `CALCULATE (`  
`COUNTROWS ( DATAMTT01),`  
`KEEPFILTERS ( DATAMTT01[TIPO DE MTT0] = "Basado en`  
`Condición" ) ) +`  
`CALCULATE ( COUNTROWS ( DATAMTT01 ),`  
`KEEPFILTERS ( DATAMTT01[TIPO DE MTT0] =`  
`"Correctivo Programable" ) )+`  
`CALCULATE ( COUNTROWS ( DATAMTT01 ),`  
`KEEPFILTERS ( DATAMTT01[TIPO DE MTT0] = "Mtto`  
`Preventivo" ) )`

#### 7.2.3.5.11 *Medida “Número de actividades de mantenimiento ejecutadas”*

Se calcula contando el número de actividades de mantenimiento (Basado en condición, correctivo programable y mantenimiento preventivo) que hayan sido planeadas y cuentan con estado “Culminado”.

Nº Actividades de Mtto ejecutadas = `CALCULATE`  
`( COUNTROWS ( DATAMTT01),`  
`KEEPFILTERS ( DATAMTT01[ACTIVIDAD] = "Si" ),`

KEEPFILTERS ( DATAMTT01[Estado] = "Culminado" ) )

#### 7.2.3.5.12 *Medida “Cumplimiento del plan de mantenimiento”*

Se calcula dividiendo el Número de actividades de mantenimiento ejecutadas entre Número de actividades de mantenimiento planeadas y todo esto multiplicado por 100.

Cumplimiento Plan Mtto = `DIVIDE( [Nº Actividades de Mtto ejecutadas], [Nº Actividades de Mtto planeadas], 0 )`

#### 7.2.3.5.13 *Medida Horas Hombre ejecutadas “Nro hh ejec”*

Se calcula sumando las horas hombres ejecutadas en el período del campo TR.

Nro hh ejec = `SUM ( DATAMTT01[TR (horas)])`

#### 7.2.3.5.14 *Medida Total horas hombre ejecutadas a MBC “Total h ejec MBC”*

Se calcula sumando las horas hombre ejecutadas en MBC para el período definido.

Total h ejec MBC = `CALCULATE( [Nro hh ejec],  
KEEPFILTERS ( DATAMTT01[TIPO DE MTTO] = "Basado en Condición" ) )`

#### 7.2.3.5.15 *Medida Total horas hombre ejecutadas en mantenimiento correctivo de emergencia “Total h ejec MCe”*

Se calcula sumando las horas hombres ejecutadas en MCe para el período definido.

Total h ejec MCe = `CALCULATE( [Nro hh ejec],  
KEEPFILTERS ( DATAMTT01[TIPO DE MTTO] ="Correctiva Emergencia" ) )`

#### 7.2.3.5.16 *Medida Total horas hombre ejecutadas en mantenimiento correctivo programable “Total h ejec MCpp”*

Se calcula sumando las horas hombres ejecutadas en MCpp para el período definido.

Total h ejec MCpp = `CALCULATE( [Nro hh ejec],  
KEEPFILTERS ( DATAMTT01[TIPO DE MTTO] ="Correctivo Programable" ) )`

#### **7.2.3.5.17 Medida Total horas hombre ejecutadas en mantenimiento preventivo**

##### **“Total h ejec MP”**

Se calcula sumando las horas hombre ejecutadas en MCpp para el período definido.

Total h ejec MP = `CALCULATE( [Nro hh ejec],  
KEEPFILTERS ( DATAMTT01[TIPO DE MTT0] = "Mtto Preventivo" ) )`

#### **7.2.3.5.18 Medida “MBC (Mantenimiento Basado en Condición)”**

Se calcula dividiendo la medida Total horas hombre ejecutadas a MBC “Total h ejec MBC” entre la medida Horas Hombre ejecutadas “Nro hh ejec”.

MBC (Mantenimiento Basado en Condición) = `DIVIDE ( [Total h ejec MBC], [Nro hh ejec], 0 )`

#### **7.2.3.5.19 Medida “MCE (Mantenimiento Correctivo de Emergencia)”**

Se calcula dividiendo la medida Total horas hombre ejecutadas en mantenimiento correctivo de emergencia “Total h ejec MCE” entre la medida Horas Hombre ejecutadas “Nro hh ejec”.

MCE (Mantenimiento Correctivo de Emergencia) = `DIVIDE ( [Total h ejec MCE], [Nro hh ejec], 0 )`

#### **7.2.3.5.20 Medida “MCP (Mantenimiento Correctivo Planificado)”**

Se calcula dividiendo la medida Total horas hombre ejecutadas en mantenimiento correctivo programable “Total h ejec MCpp” entre la medida Horas Hombre ejecutadas “Nro hh ejec”.

MCP (Mantenimiento Correctivo Planificado) = `DIVIDE ( [Total h ejec MCpp], [Nro hh ejec], 0 )`

#### **7.2.3.5.21 Medida “MP (Mantenimiento Preventivo)”**

Se calcula dividiendo la medida Total horas hombre ejecutadas en mantenimiento preventivo “Total h ejec MP” entre la medida Horas Hombre ejecutadas “Nro hh ejec”.

MP (Mantenimiento Preventivo) = `DIVIDE ( [Total h ejec MP], [Nro hh ejec], 0 )`

### 7.2.3.5.22 Medida “% Mtto Programado)”

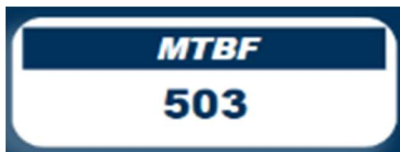
Se calcula sumando las medidas de los mantenimientos que se pueden programar “MBC (Mantenimiento Basado en Condición)” más “MCP (Mantenimiento Correctivo Planificado)” más “MP (Mantenimiento Preventivo)”.

% Mtto Programado = [MP (Mantenimiento Preventivo)]+[MCP (Mantenimiento Correctivo Planificado)]+[MBC (Mantenimiento Basado en Condición)]

### 7.2.3.6 Creación de Objetos visuales para el Tablero de Indicadores

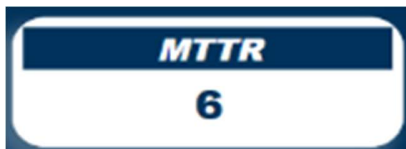
Una vez finalizada la creación de las medidas básicas, se procede a crear los objetos visuales en Power BI, es decir, se creará el gráfico o la etiqueta según el dato a presentar, a continuación se presentan los objetos seleccionados para el tablero de indicadores:

*Figura 8 Vista MTBF*



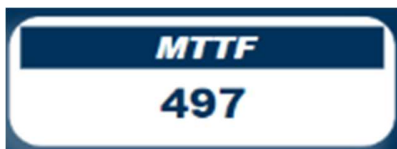
Fuente: Los autores.

*Figura 9 Vista MTTR*



Fuente: Los autores.

*Figura 10 Vista MTTF*



Fuente: Los autores.



*Figura 11 Vista Tiempo Disponible*



Fuente: Los autores.

*Figura 12 Vista Tiempo Operativo*



Fuente: Los autores.

*Figura 13 Vista Tiempo Fuera de Servicio*



Fuente: Los autores.

*Figura 14 Vista # de Fallas que afectan la operación*



Fuente: Los autores.

*Figura 15 Vista Tiempo de reparación*

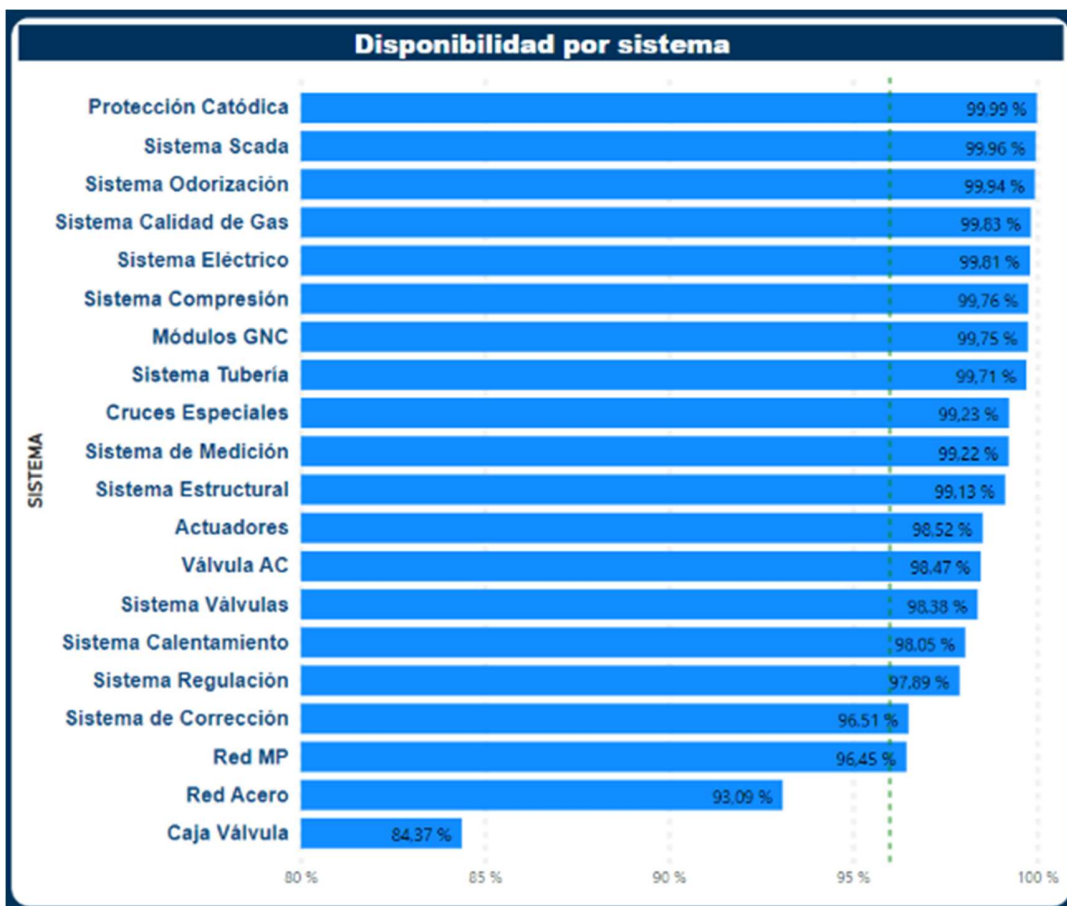


Figura 16 Vista Disponibilidad



Fuente: Los autores.

Figura 17 Vista Disponibilidad por sistema



Fuente: Los autores.

**Figura 18** Vista # de actividades planeadas



Fuente: Los autores.

**Figura 19** Vista # de actividades ejecutadas



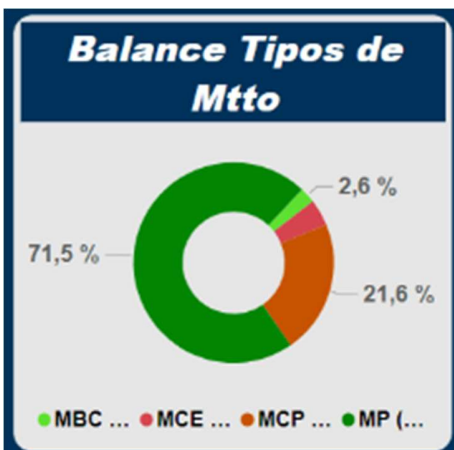
Fuente: Los autores.

**Figura 20** Vista Cumplimiento del plan de mantenimiento



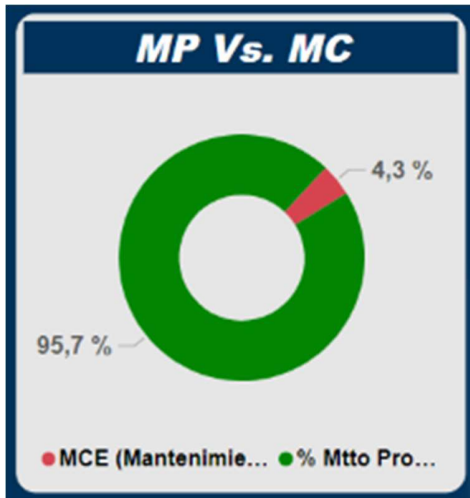
Fuente: Los autores.

**Figura 21** Vista Balance entre los cuatro tipos de mantenimiento (Preventivo, Basado en Condición, correctivo programable y Correctivo de emergencia)



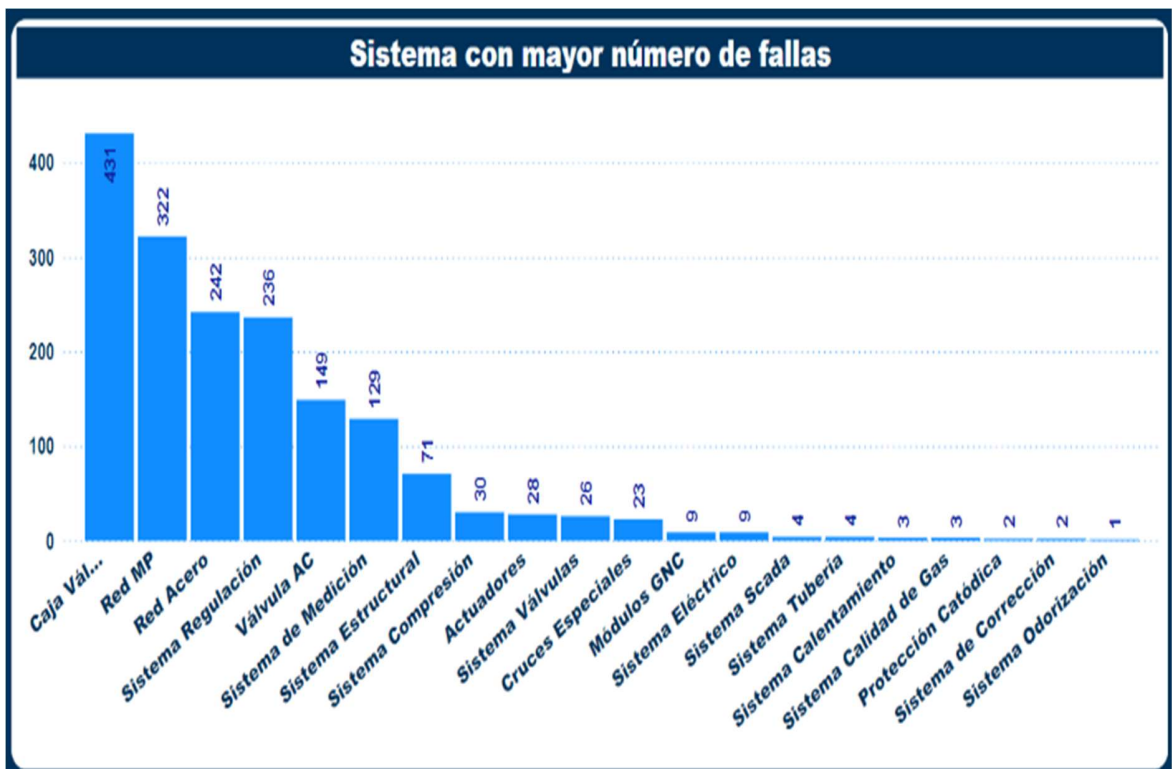
Fuente: Los autores.

**Figura 22** Vista Relación de Mantenimientos que afectan la continuidad del servicio Vs los Mantenimientos que no afectan la continuidad del servicio.



Fuente: Los autores.

**Figura 23** Vista Sistema con mayor número de fallas



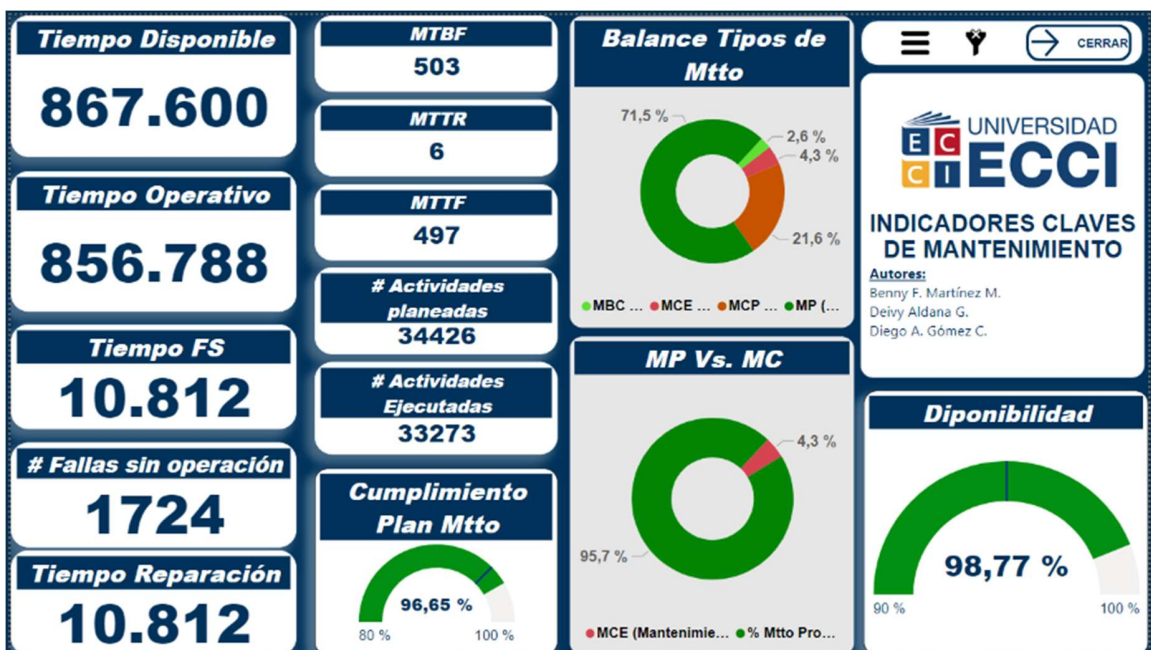
Fuente: Los autores.

Figura 24 Vista Sistema con mayor tiempo de reparación



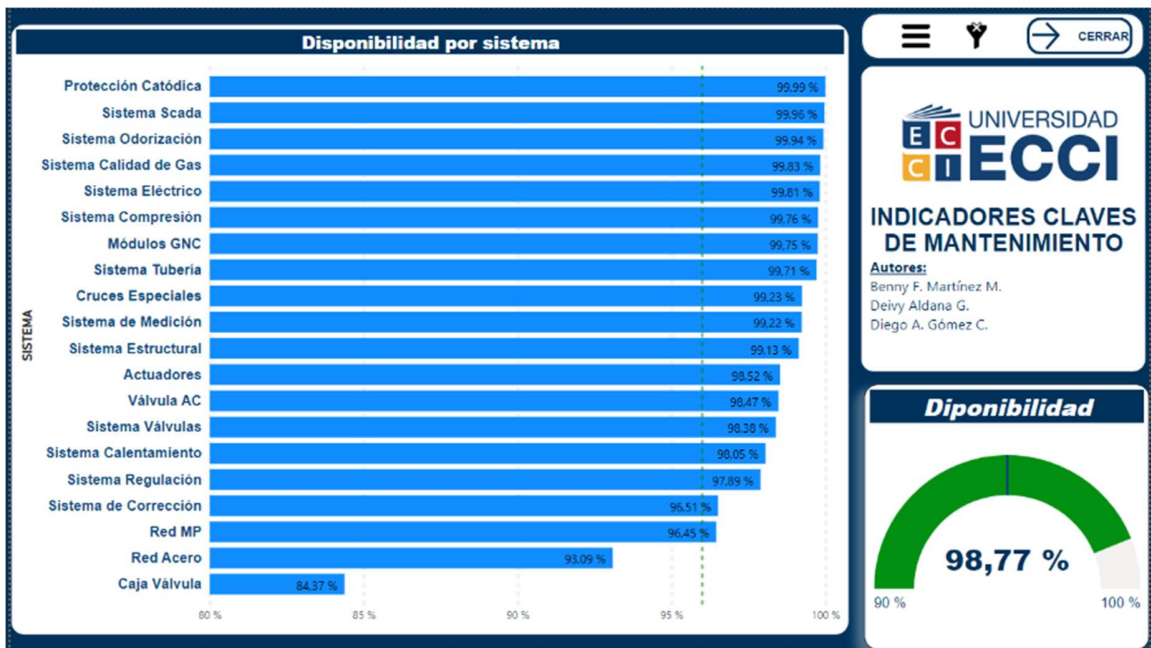
Fuente: Los autores.

Figura 25 Vista Prototipo 1 tablero de indicadores



Fuente: Los autores.

Figura 26 Vista Prototipo 2 tablero de indicadores



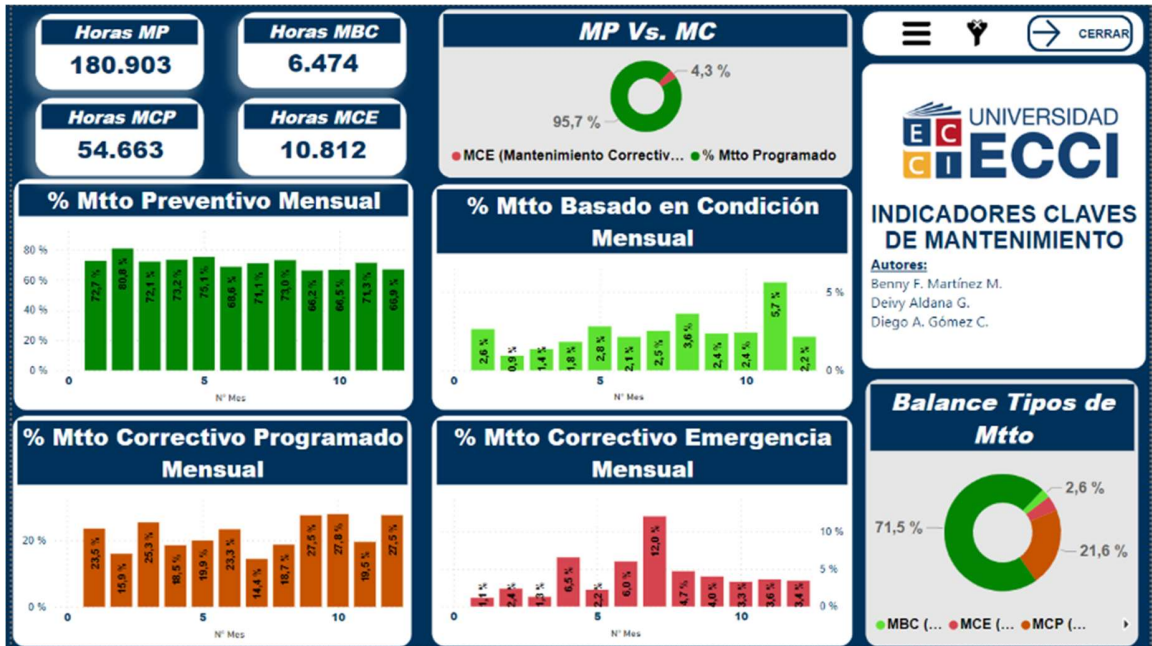
Fuente: Los autores.

Figura 27 Vista Prototipo 3 tablero de indicadores



Fuente: Los autores.

Figura 28 Vista Prototipo 4 tablero de indicadores



Fuente: Los autores.

## 8 ANÁLISIS FINANCIERO (COSTO-BENEFICIO)

Teniendo en cuenta que este proyecto no posee datos reales, se toma como parte del análisis financiero aquellos aspectos que puedan impactar negativamente las finanzas de las empresas distribuidoras cuando se presenten interrupciones de servicio. Con base en lo anteriormente expuesto, se identifica en la Resolución CREG 100 de 2003, numeral 3.1 que toda interrupción de servicio genera compensación a los usuarios, excepto aquellas que estén contempladas en los artículos 139, 140 y 141 de la Ley 142 de 1994.

En el Artículo 5 de la misma Resolución se introduce el concepto de Compensación donde el incumplimiento del indicador DES generará compensación a los respectivos usuarios.

El valor de la compensación que se debe registrar a los usuarios afectados se calculará con la siguiente fórmula:

$$VCD = [DES] \times CI \times DP$$

Donde:

VCD: Valor de la compensación por el incumplimiento del indicador DES, el cual se aplicará en pesos colombianos (\$Col.) y se calculará mensualmente.

DES: Indicador de Duración equivalente de Interrupción de Servicio registrado durante el mes (Horas).

DP: Demanda promedio horaria de cada usuario y se tomará en cuenta el consumo de los últimos doce meses previos al mes en el que se genera la afectación del servicio, y se presentará en metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/hora). DP se calculará como el cociente entre el consumo promedio facturado de los últimos doce meses previos al momento de calcular la compensación y el número total de horas del año. (Resolución CREG 017, 2005)

CI: Costo por Interrupción del Servicio de Gas a los usuarios, definido en la Resolución CREG 017 de 2005, expresado en pesos por cada metro cúbico (\$/m<sup>3</sup>).

Este valor se debe actualizar mensualmente utilizando la siguiente fórmula:



$$CI_m = 3.100 * \frac{IPP_{m-1}}{IPP_0}$$

Donde:

CI<sub>m</sub>: Costo de Interrupción, expresado en pesos por metro cúbico, correspondiente al mes m de prestación del servicio.

IPP<sub>m-1</sub>: Índice de Precios al Productor Total Nacional reportado por el Banco de la República para el mes (m-1).

IPP<sub>0</sub>: Índice de Precios al Productor Total Nacional reportado por el Banco de la República para el mes de octubre de 2004.(Resolución CREG 100, 2003)

La empresa distribuidora deberá calcular mensualmente el monto a compensar a los usuarios afectados, según la formula del VCD y registrar el valor compensado en el siguiente ciclo de facturación.

A continuación un ejemplo de una compensación.

El 15 de octubre de 2021 a las 8:35:00 horas, el Usuario 1 llama a la línea 164 a reportar que no tiene servicio de gas, el técnico de la compañía distribuidora se acerca a la dirección notificada por el usuario y encuentra que, por una obra en espacio público en el sector, hay un daño en la tubería de polietileno de ¾” que afecta un sector que tiene 12 usuarios asociados, de los cuales tres de ellos son usuarios comerciales y los otros son residenciales. El técnico de la compañía logra controlar la fuga a las 14:25:00 horas. Para realizar el cálculo se debe consultar el consumo en m<sup>3</sup> de los últimos 12 meses de cada usuario, las horas correspondientes al mismo periodo y el IPP del mes anterior al daño. A continuación se tabulan los datos de los usuarios para calcular las compensaciones correspondientes:

**Tabla 6. Datos Usuarios afectados por daño en redes de distribución**

		Usuario 1	Usuario 2	Usuario 3	Usuario 4	Usuario 5	Usuario 6	Usuario 7	Usuario 8	Usuario 9	Usuario 10	Usuario 11	Usuario 12
<b>Consumo por mes (m3)</b>	oct-20	35	25	32	21	1701	27	2132	16	973	22	37	41
	nov-20	39	28	36	23	1901	30	2383	18	1087	25	41	46
	dic-20	37	26	34	22	1801	29	2257	17	1030	23	39	43
	ene-21	47	34	43	28	2301	37	2884	22	1316	30	50	55
	feb-21	41	29	38	25	2001	32	2508	19	1145	26	44	48
	mar-21	43	31	40	26	2101	33	2634	20	1202	27	46	51
	abr-21	33	24	30	20	1601	25	2007	15	916	21	35	39
	may-21	39	28	36	23	1901	30	2383	18	1087	25	41	46
	jun-21	49	35	45	30	2401	38	3010	23	1374	31	52	58
	jul-21	51	37	47	31	2501	40	3135	24	1431	32	54	60
	ago-21	47	34	43	28	2301	37	2884	22	1316	30	50	55
	sep-21	45	32	41	27	2201	35	2759	21	1259	28	48	53
<b>Total Consumo 12 meses (m3)</b>	<b>(A)</b>	509	363	465	305	24.715	392	30.977	232	14.137	320	538	596
<b>Horas del año</b>	<b>(B)</b>	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760
<b>DP (m3/h)</b>	<b>(C)=(A/B)</b>	0,058	0,041	0,053	0,035	2,821	0,045	3,536	0,027	1,614	0,036	0,061	0,068
<b>DES (h)</b>	<b>(D)</b>	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83
<b>IPP m-1</b>	<b>(E)</b>	140,73	140,73	140,73	140,73	140,73	140,73	140,73	140,73	140,73	140,73	140,73	140,73
<b>IPP 0</b>	<b>(F)</b>	76,22	76,22	76,22	76,22	76,22	76,22	76,22	76,22	76,22	76,22	76,22	76,22
<b>CI (Costo Interrupcion)</b>	<b>(G)=3100*((E)/(F))</b>	5.723,73	5.723,73	5.723,73	5.723,73	5.723,73	5.723,73	5.723,73	5.723,73	5.723,73	5.723,73	5.723,73	5.723,73
<b>VCD (\$)</b>	<b>=(C)*(D)*(G)</b>	\$ 1.938	\$ 1.384	\$ 1.772	\$ 1.163	\$ 94.199	\$ 1.495	\$ 118.067	\$ 886	\$ 53.883	\$ 1.218	\$ 2.049	\$ 2.271

Fuente: Los Autores

Con base a los datos presentados en la Tabla 6, el cálculo de la compensación es la sumatoria de las compensaciones de los 12 usuarios del sistema, entonces:

$$\text{VDC} = \$1.938 + \$1.384 + \$1.772 + \$1.163 + \$94.199 + \$1.495 + \$118.067 + \$886 + \$53.883 + \$1.218 + \$2.049 + \$2.271$$

VDC = \$ 280.325, correspondientes a las 5,83 horas de suspensión para 12 usuarios de un pequeño sector.

## 9 CONCLUSIONES

Es importante generar un tablero de indicadores de desempeño que proporcione una vista general de los datos clave del negocio en un solo lugar para facilitar la toma de decisiones.

Los indicadores definidos permiten monitorear el rendimiento de las actividades de mantenimiento, detectar tendencias o problemas potenciales, así como medir el progreso de los objetivos para implementar acciones de mejora en aquellas áreas que lo necesiten.

Los indicadores de mantenimiento sirven para medir el desempeño del personal que ejecuta las labores de mantenimiento.

La calidad de los datos de las actividades de mantenimiento es un aspecto clave, debido a que los resultados de las operaciones realizadas dependen netamente de él.

Manejar grandes bases de datos de las actividades de mantenimiento puede ser complejo o dispendioso si no se cuenta con la disciplina operacional que apalanque la calidad del dato y su almacenamiento.

Elaborar una propuesta de tablero de indicadores de gestión de mantenimiento en una herramienta como el Power BI es una solución eficiente, que garantiza la calidad en el tratamiento de la información, así como la consolidación de datos futuros que se puedan ir incorporando para dar continuidad a mediciones de desempeño de los activos.

Power BI es una herramienta poderosa que permite a las empresas y organizaciones obtener una vista completa de sus datos, tomar decisiones informadas y mejorar el rendimiento.

Dentro de los parámetros de calidad exigidos por las empresas es importante resaltar los dispuestos por la CREG, cada uno de ellos destaca la importancia de garantizar el flujo constante de gas natural, referenciando en el servicio el valor de cero interrupciones.

La duración equivalente de interrupciones calcula los tiempos de horas de suspensión en el que se ve afectado un cliente, siempre y cuando sea diferente de cero (0) horas, ocasionará compensaciones en el servicio.

Una muestra por fuera de los rangos del IO generaría un peligro hacia la integridad física de los usuarios finales.

Se debe garantizar que el 100% de llamadas y solicitudes generadas sean atendidas dentro de los primeros 60 minutos después del reporte, el incumplimiento de este indicador puede acarrear sanciones monetarias a la compañía distribuidora de gas natural, adicionalmente pone en riesgo la seguridad del usuario final.

## **10 RECOMENDACIONES**

Las empresas de servicios públicos deben enfocar todo su esfuerzo para garantizar la continuidad de servicio.

Se recomienda programar el tablero de indicadores como se presentó en el objetivo 7.2 y trabajar con datos reales para medir el desempeño real de la organización.

Los indicadores de calidad para la prestación de servicio definidos en la Resolución CREG 100 de 2003 no se complementan con parámetros de medición del desempeño de activo, lo cual resultaría interesante ver conjugados en un solo indicador que mida la eficiencia global abarcando el IRST, IO, IPLI y la disponibilidad inherente de los activos de distribución.

Las empresas de distribución de gas natural anualmente suman pérdidas millonarias al realizar el pago de las compensaciones a los usuarios derivado de la interrupción de servicio, es por esto que deberían motivarse a realizar mediciones de la gestión de desempeño de los activos de distribución y de los factores internos o externos que puedan mermar la eficiencia del sistema.

Se requiere disciplina operacional que apalanque la calidad del dato y su almacenamiento.

## 11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y WEBGRAFÍA

- Amendola, L., Artacho, M. Á., & Depool, T. (2017). ANÁLISIS DE LOS FACTORES CLAVE PARA MEJORAR LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA INDUSTRIA DE OIL&GAS EN AMÉRICA LATINA. *Dyna (Spain)*, 92(5), 566-571. <https://doi.org/10.6036/8178>
- Beltrán Jaramillo, J. M. (1998). *Indicadores de Gestión. Herramientas para lograr la competitividad*. (Vol. 2).
- BSI. British Standards Institution. (2016). *BS EN ISO 14224:2016 : petroleum, petrochemical and natural gas industries -- collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment*. British Standards Institution.
- Castillero Mimenza, O. (2017, abril). *Los 15 tipos de investigación (y características)*. <https://psicologiaymente.com/miscelanea/tipos-de-investigacion>
- Castro Panduro, F. A. (2017). *MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS DE LAS ESTACIONES DE SERVICIO DE GNV EN LA COSTA PERUANA*. Universidad Nacional del Callao.
- Resolución CREG 067, Pub. L. No. 067, 1 (1995).  
<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/49033faf81dd56760525785a007a6432?OpenDocument>
- Resolución CREG 108, Pub. L. No. 108, 1 (1997).  
[http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/5704b5b3164bd1620525785a007a63c3/\\$FILE/Cr108-97.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/5704b5b3164bd1620525785a007a63c3/$FILE/Cr108-97.pdf)
- Resolución CREG 011, Pub. L. No. 011, 1 (2003).  
<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/5c6630c6c5de4e0e0525785a007a6443?OpenDocument>
- Resolución CREG 100, Pub. L. No. 100, Comisión de Regulación de Energía y Gas 1 (2003).  
<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-2003-CREG100-2003>

Resolución CREG 009, Pub. L. No. 009, 1 (2005).

<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/eb386a6966bd63590525785a007a6b6a?OpenDocument>

Resolución CREG 017, Pub. L. No. 017, 1 (2005).

<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/98325c701b7c5bcb0525785a007a6b76?OpenDocument>

Resolución CREG 005, Pub. L. No. 005, 1 (2006).

<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/8cf16e43cbde98a20525785a007a6c41?OpenDocument>

Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2016). *Nueva propuesta de transporte de gas natural*.

[https://www.creg.gov.co/sites/default/files/nueva\\_propuesta\\_de\\_transporte\\_de\\_gas\\_natural.pdf](https://www.creg.gov.co/sites/default/files/nueva_propuesta_de_transporte_de_gas_natural.pdf)

Conecta Energía. (2013). *Glosario. Conecta Energía*. [http://conecta-](http://conecta-energia.es/glosario/?cv=1&name_directory_startswith=O)

[energia.es/glosario/?cv=1&name\\_directory\\_startswith=O](http://conecta-energia.es/glosario/?cv=1&name_directory_startswith=O)

Ley 142, Pub. L. No. 142, 1 (1994). [https://www.suin-](https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/30019356)

[juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/30019356](https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/30019356)

GestioPolis.com Experto. (2020). *Balanced Scorecard, qué es, para que sirve, beneficios* • *gestiopolis*.

<https://www.gestiopolis.com/que-es-el-balanced-scorecard-y-para-que-sirve/>

Goyeneche Montenegro, M. A., Aguilar Sánchez, C. A., & Córdoba Flórez, F. J. (2020). *PROPUESTA*

*DE MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A NIVEL NACIONAL DEL SISTEMA DE*

*TELEMETRIA DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA Y DISTRIBIDORA DE GAS*

*NATURAL*. Universidad ECCI.

Guzmán Laverde, J. V., Rojas Gazabón, A. R., & Pinto Joya, S. M. (2016). *DESARROLLO DE*

*CONSULTORIA PARA MEDIR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN INNOVAPOR S.A.S.*

Universidad ECCI.

NTC 3949 GASODUCTOS. ESTACIONES DE REGULACIÓN DE PRESIÓN PARA LÍNEAS DE

TRANSPORTE Y REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS COMBUSTIBLE, 1 (2002).



- NTC-3838, Pub. L. No. NTC-3838, Gasoductos. Presiones de Operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles. 2da actualización 1 (2002).
- NTC-3728, Pub. L. No. NTC-3728, Gasoductos. líneas de transporte y redes de distribución de gas. 3era edición. 2018 1 (2018).
- International Organization for Standardization. (2014a). *ISO 55000 Gestión de activos-Aspectos generales, principios y terminología*. [www.iso.org](http://www.iso.org)
- International Organization for Standardization. (2014b, julio). *ISO - ISO 55001:2014 - Asset management — Management systems — Requirements*. <https://www.iso.org/standard/55089.html>
- International Organization for Standardization. (2018, noviembre). *ISO - ISO 55002:2018 - Asset management — Management systems — Guidelines for the application of ISO 55001*. 2018. <https://www.iso.org/standard/70402.html>
- Lesmes Ferro, W. J., Buitrago Bejarano, W. A., & Calao Careth, Y. L. (2020). *DISEÑO DE TABLERO PARA INDICADORES QUE PERMITA EVALUAR EL CUMPLIMIENTO DEL SISTEMA DE GESTION DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO DE EQUINTEC LTDA*. Universidad ECCI.
- Macías Barban, Á. M., Arteaga Linzan, Á., & Rodríguez Ramos, P. A. (2021). *ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE LA CALDERA DE UNA PLANTA PROCESADORA DE CONSERVAS DE ATÚN*.
- Mendieta, L. H. (2022). *EVALUACION TECNICO-ECONOMICA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SOFTWARE DE GESTION DE ACTIVOS EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM EN LA EMPRESA GRASCO LTDA*. Universidad ECCI.
- Mendocilla Muñoz, K. Y. (2016). *MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO EN INSTALACIONES DE SUPERFICIE EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE Y OPERACIÓN DE GAS NATURAL*. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Moubray, J. (2004). *Estrategias para el ciclo de vida MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD*.

Orjuela Alfonso, M. J. (2016). *DISEÑO DE UNA METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE INDICADORES DE GESTIÓN*.

Pascual J, R. (2002). *Gestión Moderna del Mantenimiento 1*.

Pérez Rendón, F. A. (2021). *Conceptos generales en la gestión de mantenimiento industrial* (1.<sup>a</sup> ed., Vol. 1).

Pérez Tello, M. Á. (2014). *PROPUESTA DE MEJORA DE GESTION DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE SOPORTE DE INSTALACION EN UNA EMPRESA QUE PRODUCE Y COMERCIALIZA GAS NATURAL*. <http://hdl.handle.net/10757/346806>

Pinilla Ortega, K. D. (2021). *PROPUESTA TECNICA PARA LA CONSTRUCCION DE LINEA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL EN POLIETILENO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE SOPO Y LA CALERA CUNDIMANARCA*. Universidad Distrital Francisco José De Caldas.

Promigas. (2021). *Informe del sector Gas natural 2021*.

<https://www.promigas.com/informeSector2020/Paginas/default.aspx>

Sepúlveda Ángel, H. A. (2019). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA DE MEJORADO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS ESTACIONES REGULADORAS EN LA EMPRESA DE GAS NATURAL FENOSA BOGOTA*. Universidad Distrital Francisco José De Caldas.

Sieden Rojas, L. F. (2020). *PLAN DE MANTENIMIENTO PARA ASEGURAR LA CONTINUIDAD DEL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL EN LAS PLANTAS DE REGASIFICACIÓN DE LA EMPRESA GASES DEL PACIFICO S.A.C TRUJILLO*. UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.

Silva, L. (2022). *Indicadores de calidad: qué son y los 7 principales?* <https://blog-es.checklistfacil.com/indicadores-de-calidad/>

ASME B31.8, Revision of ASME B31.8-2016 1 (2018).

Vargas Ceballos, C. A. (2017). *ESTUDIO NACIONAL E INTERNACIONAL DE PRODUCCIÓN, APLICACIONES, ALMACENAMIENTO E INFRAESTRUCTURA DEL GAS LICUADO DE*

*PETRÓLEO (GLP) Y SU IMPACTO EN LA EFICIENCIA DE MOTORES DE COMBUSTIÓN  
INTERNA ESTACIONARIOS.* Universidad ECCI.