

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera de Ingeniería Industrial



# **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GAS NATURAL POR DUCTO EN UN ESTABLECIMIENTO DE VENTA DE GNV CON UNIDAD DE TRASVASE**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero  
Industrial.

**Emilio Mario Delgado Leon**  
**20141757**

**Asesor**  
Arístides Sotomayor Cabrera

Lima – Perú  
Junio del 2022





**IMPLEMENTATION OF A NATURAL GAS  
PIPELINE SYSTEM IN A VNG RETAIL  
ESTABLISHMENT**

# TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>viii</b>
<b>CAPITULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA</b> .....	<b>1</b>
1.1 Breve descripción de la empresa .....	1
1.2 Descripción de sector.....	3
1.3 Descripción del problema .....	6
<b>CAPITULO II: OBJETIVOS, ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>10</b>
2.1. Objetivos de la Investigación.....	10
2.2. Alcances y limitaciones .....	10
<b>CAPITULO III: JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>15</b>
3.1. Justificación Técnica.....	15
3.2. Justificación Económica .....	16
3.3. Justificación Social .....	17
3.4. Justificación Ambiental .....	17
<b>CAPITULO IV: PROPUESTAS Y RESULTADOS</b> .....	<b>19</b>
4.1. Etapa Planificar (PHVA) .....	19
4.1.1. Propuesta de alternativas tecnológicas .....	20
4.1.2. Herramientas de ingeniería a utilizar .....	21
4.1.3. Situación actual.....	22
4.1.4. Propuesta del proyecto.....	24
4.2. Etapa Hacer (PHVA) .....	26
4.2.1. Aplicación de TPM.....	26
4.2.2. Implementación del nuevo sistema de distribución .....	30
4.3 Etapa Verificar y Actuar (PHVA) .....	32
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>34</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>35</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>36</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>37</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla.2.1 Requisitos para trámites de informe técnico favorable (OSINERGMIN).....	13
Tabla 4.1 Registro de compra y venta de GNV del Servicentro Chimbote. (Periodo 2019-2020). .....	23
Tabla 4.2 Registro de compra y venta propuesto del Servicentro Chimbote. (Propuesta, Periodo 2021).....	25
Tabla 4.3 Plan de Mantenimiento Preventivo, en el Servicentro Chimbote.....	29
Tabla 4.4 Descripción de Pilares del TPM, en el Servicentro Chimbote .....	29
Tabla 4.5 Registro de compra y venta de GNV del Servicentro Chimbote (1er Semestre 2021) .....	32



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Estación de servicios. ....	1
Figura 1.2 Organigrama de la Organización. ....	2
Figura 1.3 Organigrama del área de operaciones de la organización. ....	3
Figura 1.4 Cadena de suministro del petróleo. ....	5
Figura 1.5 Cadena de suministro de gas natural. ....	6
Figura 1.6. Esquema de la unidad de trasvase de GNC del Servicentro Chimbote. ....	6
Figura 1.7 Semirremolque de GNC, de recipientes verticales fijos. ....	7
Figura 1.8 Diagrama de ishikawa del Servicentro Chimbote. ....	9
Figura 1.9 Compresor reciprocante de gas natural. ....	9
Figura 2.1 Estación de regulación y medición (ERM) ....	11
Figura 2.2 Requisitos para proyecto de instalación de gas natural (PIG). ....	13
Figura 3.1 Distribución de gas natural en Lima y Callao. ....	15
Figura 3.2 Matriz de consumo de energía de hidrocarburos. ....	16
Figura 4.1 Conversión de una estación hija a estación madre (Suministro mediante red de distribución de GNV) ....	21
Figura 4.2 Indicador OEE para cálculo de la disponibilidad, rendimiento y calidad de un proceso. ....	22
Figura 4.3 Sistema de distribución por ducto del Servicentro Chimbote. ....	31
Figura 4.4 Comparativo, de ventas y pérdidas de GN.. ....	31

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo, la propuesta para implementación de un sistema de gas natural (GN) por ducto, en un establecimiento de venta de gas natural existente, reemplazando a la tecnología actual de distribución por transporte terrestre de gas natural comprimido. (GNC.), esto con el fin de generar beneficios económicos en uno de los establecimientos de venta de GN de la organización.

Además, se aplicaron herramientas de ingeniería para el diagnóstico de la problemática del sistema de GN actual, también para el desarrollo de propuestas como el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), para la planificación del proyecto de implementación de la nueva tecnología, y el TPM (Mantenimiento Productivo Total) para el desarrollo de estrategias que permitan la mejora en la productividad integral del área de operaciones, del personal técnico y administrativo, de la aplicación de procedimientos de mantenimiento y mejora de rendimiento del equipo compresor.

Se obtuvo como resultado de la implementación, un indicador OEE de 85,7% del equipo compresor de GN al finalizar el segundo semestre del 2020, representando un incremento del 17% respecto al periodo 2019. En el primer semestre del año 2021, se registran pérdidas de inventario menores al 1% respecto al caudal de GN ingresado. Se pudo finalizar el periodo, con un incremento de ventas del 35,7%, con un caudal diario de 5 499,18  $m^3$ /día, utilizando el nuevo sistema de distribución por ductos en el Servicentro Chimbote.

Palabras Clave: productividad, planificación, expendio de GNV, estación madre, gas natural.

## ABSTRACT

The present work has as objective, the proposal for the implementation of a natural gas (NG) system by pipeline, in an existing natural gas sales establishment, replacing the current technology of distribution by land transport of compressed natural gas. (CNG.), this in order to generate economic benefits in one of the organization's NG sales establishments.

In addition, engineering tools were applied for the diagnosis of the problems of the current NG system, also for the development of proposals such as the PHVA cycle (Plan, Do, Verify, Act), for the planning of the implementation project of the new technology, and the TPM (Total Productive Maintenance) for the development of strategies that allow the improvement in the integral productivity of the operations area, of the technical and administrative personnel, of the application of maintenance procedures and improvement of the performance of the compressor equipment.

As a result of the implementation, an OEE indicator of 85,7% of the NG compressor equipment was obtained at the end of the second half of 2020, representing an increase of 17% compared to the 2019 period. In the first half of 2021, losses of inventory less than 1% with respect to the flow of NG entered. The period was completed with an increase in sales of 35,7%, with a daily flow of 5 499,18  $m^3$ /day, using the new pipeline distribution system at Servicentro Chimbote.

Keywords: productivity, planning, CNG sale, mother station, natural gas.

# CAPITULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

## 1.1 Breve descripción de la empresa

La empresa conforma por estaciones de servicio líderes y dedicada a la comercialización de combustibles líquidos, gas licuado de petróleo (GLP) y gas natural vehicular (GNV), teniendo como principal franquicia las mejores marcas del mercado como Primax y Repsol. Cuentan con más de 15 estaciones de servicio en Lima y provincias, con servicios complementarios de minimarket las 24 horas, gimnasios y restaurantes, entre otros; generando una mayor satisfacción al cliente.

Los productos ofrecidos en las estaciones de servicio son gasohol G90, G95, G97 y diésel. También se dispone de Estaciones de servicio con gasocentro de GLP, y establecimientos de venta al público de GNV. Se cuenta con 07 Establecimientos de GNV que cuentan, además, con áreas de recepción virtual de gas natural (Unidad de trasvase de GNC.), el cual es suministrado vía terrestre mediante semirremolques. En la Figura 1.1 se presenta una estación de servicios, de comercialización de hidrocarburos y servicio de minimarket.

### Figura 1.1

*Estación de servicios.*

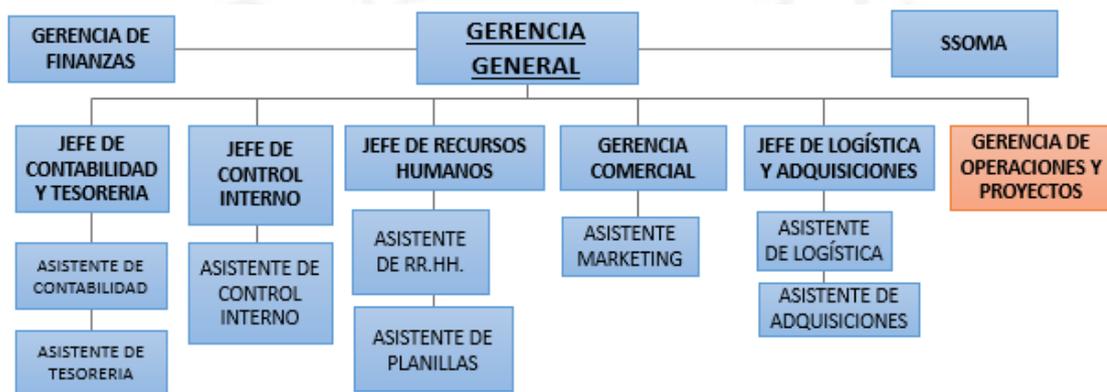


El número de empleados en la organización es de aproximadamente 500 trabajadores, contando en las estaciones de servicio con personal administrativo, de playa, áreas de logística, tesorería y contabilidad, de recursos humanos, entre otros. En la

Figura 1.2 se presenta un organigrama general de la organización. Además, se cuenta con el área de operaciones, que tiene como función gestionar la realización de mantenimientos correctivos y preventivos de los componentes de las estaciones de servicio, como además estar involucrada en el área de proyectos, que permita desarrollar obras de modificación, ampliación e instalación en estaciones de servicio. En la Figura 1.3 se puede apreciar el organigrama del área descrita.

**Figura 1.2**

*Organigrama de la Organización.*



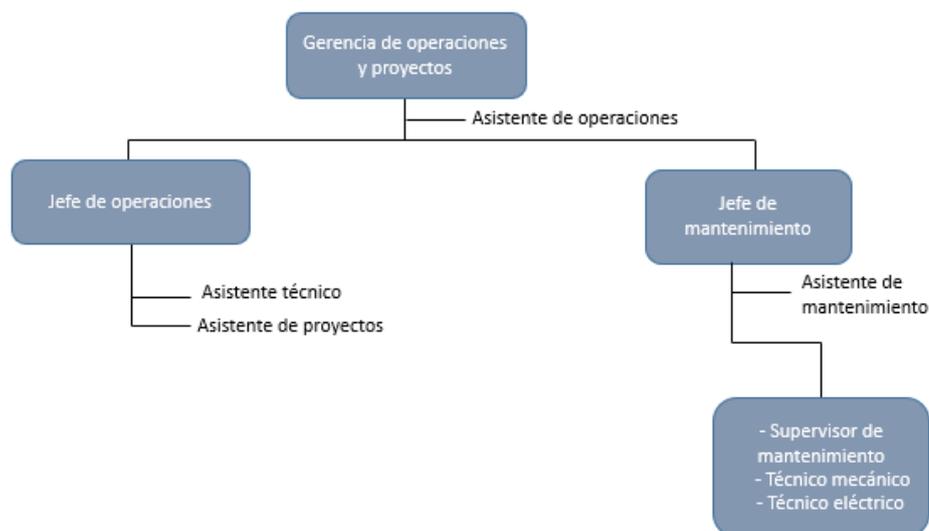
A continuación, se describen las funciones de los principales puestos:

- Gerente general: Dirigir y coordinar la ejecución de actividades económicas, financieras, así como medir el desempeño de cada gerencia o jefatura de la organización
- Gerencia de operaciones: Dirigir y controlar proyectos de ampliación o modificación, así como asegurar la realización de los mantenimientos preventivos correspondientes, a los componentes de las estaciones de servicio.
- Jefe de contabilidad y tesorería: Sustentar los estados financieros de la empresa con G. General, además de la gestión correcta de la tesorería de la empresa.
- Jefe de recursos humanos: Gerenciar el área de gestión humana y herramientas para su gestión (Análisis de desempeño, compensaciones, coordinación de planillas con G. General.)

- Gerente comercial: Definir estrategias comerciales, para el desarrollo de productos, marcas, promociones, en las estaciones de servicio y también por otros medios (sociales, etc.), coordinado con G. General.

**Figura 1.3**

*Organigrama del área de operaciones de la organización.*



El mercado objetivo de la organización, son los vehículos ligeros y de carga pesada que consumen GLP y GNV. Las estaciones de servicio con gasocentro de GLP, y establecimientos de venta al público de GNV se encuentran en zonas estratégicas en Lima Sur y Norte (fuera de lima centro), además de provincias como Chimbote, Huacho, y Pisco, se evidencia un mayor consumo por parte de taxistas, seguido de vehículos de carga y autobuses.

## **1.2 Descripción de sector.**

El sector en el que se desarrolla la empresa corresponde a la comercialización de combustibles. La cadena de comercialización de combustible en la que participa está dividida en tres niveles:

- Refinerías y terminales de aprovisionamiento.
- Distribuidores mayoristas y plantas de abastecimiento.
- Comercializadores minoristas y consumidores directos.

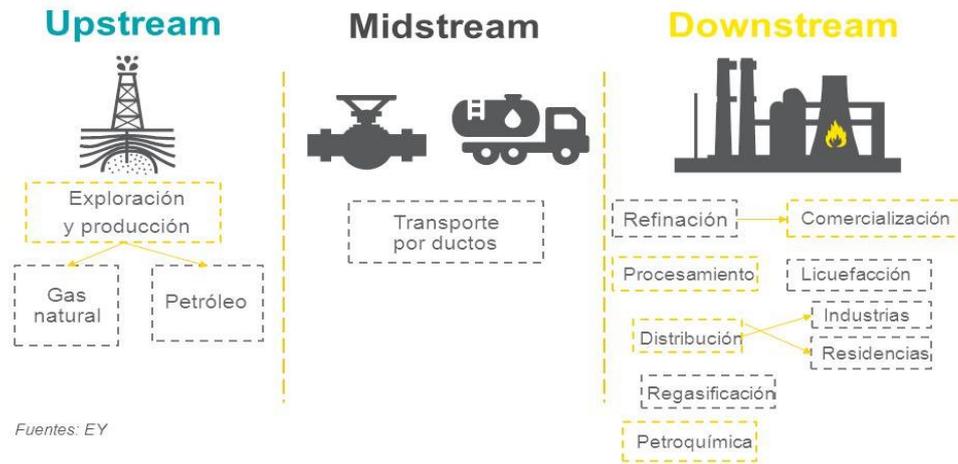
El primer nivel lo componen las refinerías. Entre ellas, se encuentra la refinería La Pampilla S.A. (con participación de acciones Repsol), la mayor refinería en el mercado peruano. La Pampilla importa crudo para refinar y combustibles para comercializar. Cálidda tiene la concesión del estado por un plazo de 33 años prorrogables para diseñar, construir y operar el sistema de distribución de gas natural en el departamento de Lima y la provincia constitucional del Callao, Contugas que tiene la concesión en la zona de Pisco, Cañete y Quavii que tiene la concesión en el norte del país; la zona de Arequipa, Moquegua y Tacna la está manejando Petroperú. El segundo nivel está constituido por las distribuidoras mayoristas y plantas de abastecimiento, grupo compuesto, además de Repsol (Repsol mayorista), por Primax/Pecsa, Petroperú, Ferush, Numay, Herco entre otras. Estas empresas comercializan el combustible hacia los minoristas y consumidores directos.

El tercer nivel está constituido por los comercializadores minoristas y consumidores directos. Los comercializadores minoristas se encuentran compuestos por las estaciones de servicio distribuidas en el territorio nacional, así como por aquellos distribuidores minoristas que reparten combustible en cisternas a clientes finales (empresas mineras, constructoras, transporte terrestre, etc.), mientras que los consumidores directos adquieren combustible para su actividad principal y uso interno, no lo pueden comercializar dado que no cuentan con la autorización del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN).

La comercialización de combustible corresponde al sector comercio minorista, cuya actividad se encuentra definida como comercio minorista de combustible o venta al por menor de combustibles para vehículos automotores en comercios especializados, según lo descrito por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), según la Clasificación Internacional Industrial Uniforme, se tiene la clase 4730, grupo 473, división 47 y sección G comercio al por mayor y al por menor. En la Figura 1.4, se presenta la cadena de suministro de sector petróleo.

**Figura 1.4**

*Cadena de suministro del petróleo.*



*Nota.* Tomado de Guía de Negocios e Inversiones en el Perú para el Sector Hidrocarburos, por EY, 2016 (<https://slideplayer.es/slide/9688513/>)

Para que los comercializadores minoristas puedan transferir combustible al cliente final, deben contar con el registro correspondiente, emitido por el OSINERGMIN, tanto los puntos de venta (estaciones de servicio o grifos) como las unidades cisternas minoristas. Cabe mencionar que existen otras unidades cisternas en el mercado que se dedican únicamente al transporte de combustibles, y están prohibidas a comercializar. El canal minorista atiende el servicio de provisión de combustible en el punto de venta (estación de servicio o grifo) a las unidades vehiculares en general.

Otro tipo de comercialización minorista es con cisterna distribuidora minorista para el despacho encampo de combustible a las unidades vehiculares y maquinaria amarilla. Esta operación se da por dos motivos: primero, no hay un punto de venta cercano y las distancias de desplazamiento son largas; segundo, las maquinarias amarillas o equipos de construcción no pueden desplazarse a un punto de venta. Es importante precisar que las empresas pueden realizar actividades con una o más de las modalidades descritas. (Chiroque et al., 2017). En la Figura 1.5, se aprecia la cadena de suministro de GNV.

**Figura 1.5**

*Cadena de suministro de gas natural.*



*Nota.* Tomado de *Distribución de gas natural – Tumbes*, por J. Nevado, 2014 (<https://docplayer.es/6728656-Distribucion-de-gas-natural-tumbes.html>).

### 1.3 Descripción del problema

Dentro de los establecimientos de venta al público de GNV de la organización, se cuenta con dos formas de distribución del gas natural para las estaciones de servicio: distribución de gas natural por ductos; y distribución mediante la utilización de semirremolques (GNC). La organización dispone de un establecimiento de venta al público de GNV (En adelante Servicentro Chimbote), en el cual comercializa gas natural vehicular a los consumidores finales.

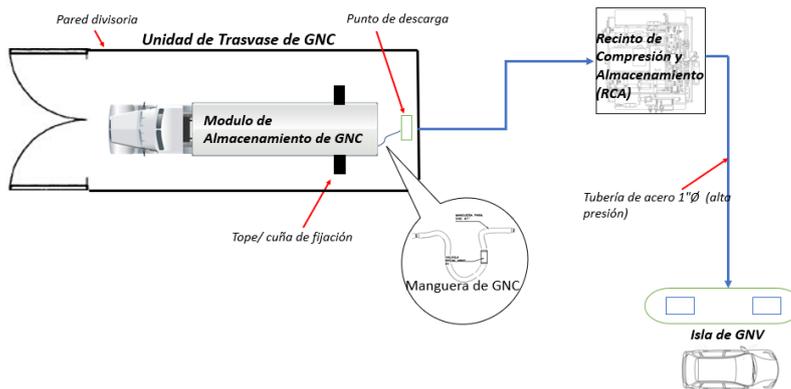
Para el suministro del gas natural, la estación dispone de un área que tiene las instalaciones mecánicas necesarias, para la recepción y almacenamiento de GNC (En adelante unidad de trasvase). En la Figura 1.6 se puede apreciar un esquema de la unidad de trasvase de GNC de la estación de servicio.

En el sistema actual de GN del Servicentro Chimbote, desde su distribución inicial hasta el despacho a los clientes finales, se determinó los siguientes problemas:

- Parada constante de los equipos de gas natural, por sobrecalentamiento, vibración, desajuste, realización de mantenimientos reactivos. Además, se generan fugas en el conexionado del sistema de GN, en las válvulas de seguridad, tubing, mangueras, roscas, entre otros. Se genera hasta un + 2% en pérdidas, las cuales son fiscalizadas por el OSINERGMIN, y observadas por control interno.

**Figura 1.6.**

*Esquema de la unidad de trasvase de GNC del Servicentro Chimbote.*



- Demora en tiempos de entrega del GNC, debido a atenciones imprevistas de mantenimiento de remolques, y problemas con logística, generando un abastecimiento tardío.
- Los semirremolques (propios de la empresa), tienen 10 años de antigüedad, y se encuentran en malas condiciones. Se atienden constantemente por problemas de mantenimiento, en sus componentes de carrocería, llantas, módulos de almacenamiento, entre otros, implicando la compra de componentes nuevos o reparación de los mismos, y generando altos costos.
- Los cilindros de almacenamiento de GNC (contenido en los módulos de almacenamiento), así como los componentes mecánicos como válvulas de seguridad, manómetros y tuberías requieren por normativa la realización de mantenimientos preventivos periódicos (NTP. 111.031), implicando un costo adicional. En la Figura 1.7 se aprecia un semirremolque, el cual transporta el GNC en cilindros de almacenamiento.

**Figura 1.7**

*Semirremolque de GNC, de recipientes verticales fijos.*

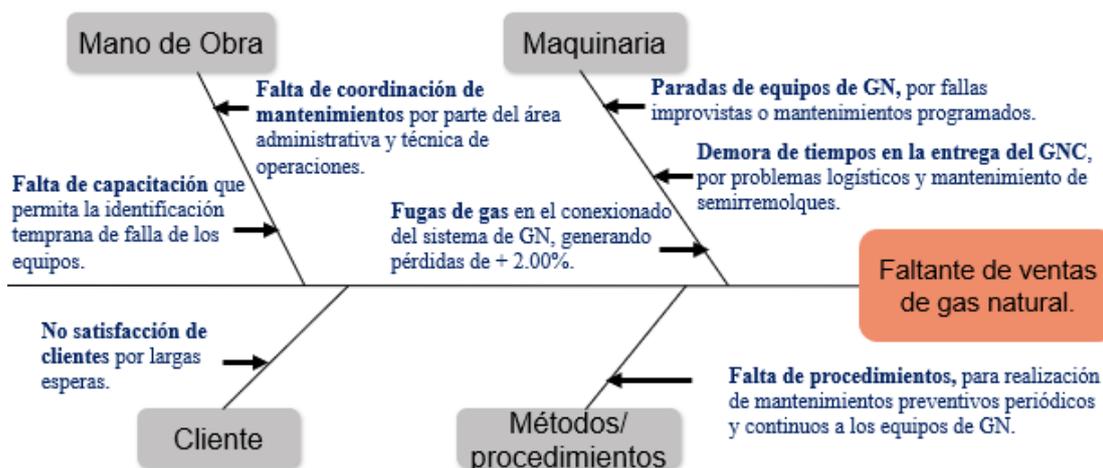


*Nota.* Tomado de Tecnologías de transporte de gas natural, OSINERGMIN, s.f., <http://gasnatural.osinerg.gob.pe/>

- Falta capacitación al personal técnico para identificación temprana y corrección de fallas parciales del conexionado y equipos de GN. También no se evalúan y establecen los mantenimientos preventivos necesarios a realizar en concordancia con la normativa vigente, debido la falta de comunicación entre el área técnica y administrativa de operaciones.
- No se cubre la alta demanda de GN en el Servicentro Chimbote, la cual genera largas esperas en el establecimiento, e insatisfacción en los clientes.
- Falta de planificación y procedimientos, para realización de mantenimientos preventivos periódicos y continuos a los equipos de GN, la cual puede conllevar a mayores desgastes de los equipos, fallas próximas, y fugas mayores. En la Figura 1.8 se puede apreciar un diagrama de ishikawa, el cual ilustra las causas, de los faltantes de venta (efecto) generada en el Servicentro Chimbote.

**Figura 1.8**

*Diagrama de ishikawa del Servicentro Chimbote.*

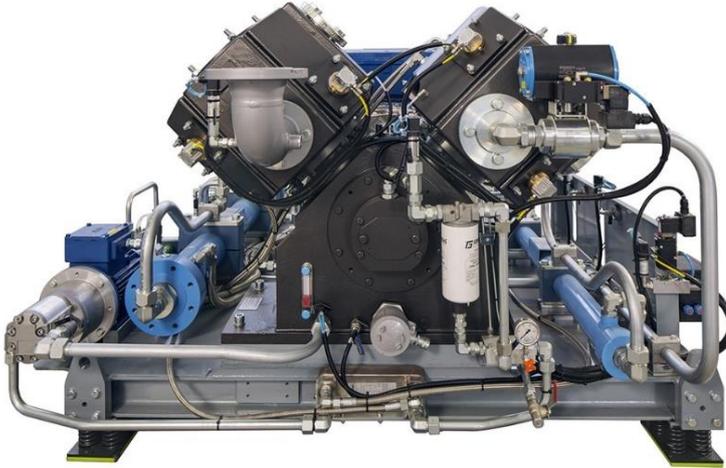


Se determina que el cuello de botella del sistema es el compresor recíprocante de gas natural marca Fornovo, el cual tiene como principal función la compresión del GN, mediante etapas de compresión y enfriamiento, para su posterior distribución hacia las botellas de almacenamiento, y hacia los dispensadores de despacho. Es identificado como cuello de botella debido a reportes constantes paros y averías que detienen el proceso de

compresión, almacenamiento y distribución de GN. En la Figura 1.9, se presenta un compresor recíprocante de gas natural.

**Figura 1.9**

*Compresor recíprocante de gas natural.*



*Nota.* Tomado de *Reciprocating compressor*, Fornovo, s.f. (<http://www.fornovogas.uz/productos/da300/>)

Una de las oportunidades el cual la empresa puede recurrir, es de solicitar la factibilidad de suministro por ductos a la concesionaria de gas natural de la zona (Quavii), debido a que hay la posibilidad de que sus redes de distribución de gas natural en la actualidad, se encuentren más alejadas a la estación de servicio, y consideren factible el proyecto de suministro por ductos. De esta forma, se cambia el modelo de distribución de gas natural. El consumo de gas natural mediante ducto, tiene beneficios debido al suministro continuo del GN, mantenimiento continuo de los ductos y acometidas por parte de la concesionaria, y se podría generar un ahorro relativo del 35%. (Quavii, s.f.)

Una de las principales amenazas del proyecto, en caso se disponga de la factibilidad para suministro de gas natural por ducto, son los plazos de respuesta de los expedientes presentados para modificación del establecimiento de venta de GNV (informes técnicos, expedientes municipales, ambientales, entre otros), por parte de las instituciones públicas como el OSINERGMIN, Minem, municipalidad, que debido a políticas internas y sobrecarga de expedientes que presentan, pueden superar hasta los 60 días hábiles.

## **CAPITULO II: OBJETIVOS, ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1. Objetivos de la Investigación**

#### **a. Objetivo General**

Propuesta e implementación de un sistema de gas natural por ducto, en el Servicentro Chimbote (establecimiento de venta al público de GNV.), para la reducción de los faltantes de venta a mediano plazo.

#### **b. Objetivos específicos**

- Utilizar herramientas de ingeniería industrial, para proponer la implementación de un sistema de distribución de GN por ductos, en el Servicentro Chimbote, y la utilización de una metodología de mejora continua de los equipos.
- Mejorar la eficiencia operativa del sistema de GN en un 85%.
- Asegurar la cobertura de la demanda no cubierta de GNV, mediante el incremento del caudal de consumo.
- Establecer un cronograma del proyecto, el cual describe los tiempos para el desarrollo de la propuesta, para seguimiento de aprobación documentaria ante organismos como OSINERGMIN, y de la ejecución de obra de modificación.
- Garantizar una diferencia de inventario (kardex) de  $\pm 1\%$ , referente a los ingresos y salidas en  $m^3$  de GNV.

### **2.2. Alcances y limitaciones**

La implementación del proyecto se planea desarrollar en el distrito de Chimbote, y la estación dispone de un área total para el proyecto de  $7000 m^2$ . La función del proyecto es la implementación de un sistema de distribución de GN en el Servicentro Chimbote, el cual involucra la propuesta para la conversión, contando actualmente con unidad de trasvase, a distribución de GNV por ductos. Además, la implementación de herramientas de ingeniería industrial para evaluación y mejora del rendimiento de los equipos de GN

existentes. La modificación del sistema de distribución involucra actividades de ampliación y modificación de los componentes mecánicos para implementar el sistema de red, también las obras civiles necesarias, la gestión de trámites documentarios ante entidades estatales, y la gestión de operaciones para su desarrollo.

Los componentes que se requieren instalar, en coordinación con la concesionaria, son los siguientes: una válvula de servicio de acceso de ingreso a la estación (AIE), una estación de regulación y medición (ERM) y tuberías de acero de baja presión, que permitan la conexión mecánica entre el AIE, la EFM.

### **Figura 2.1**

*Estación de regulación y medición (ERM)*



*Nota.* Tomado de *Estación de filtrado y medición, Procedimiento para el otorgamiento de Certificados de Supervisión GNV-GNC*, OSINERGMIN, 2012 (<http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/ProcedimientoOtorgamientoCertificadoSupervision.pdf>)

Al finalizado el proyecto de implementación, se presentará un plan abandono del área de unidad de transvase existente. Respecto al sistema de GN, se mejorará la eficiencia operativa de los componentes que quedarán existentes, al igual que el compresor de GNC. Debido al incremento de caudal necesario para cubrir una mayor demanda, se evaluará un incremento en el número de botellas de almacenamiento, al igual de la instalación de un dispensador de GN adicional. No estaba dentro del alcance, la ampliación o modificación de los componentes que permiten la comercialización de hidrocarburos líquidos en la estación como gasohol G90, G95, y tampoco alguna modificación en el market existente.

Con el fin de poder realizar las modificaciones descritas al establecimiento de GNV, las instituciones como el OSINERGMIN y Quavii, solicitan documentación previa para determinar la viabilidad técnica del proyecto, como memorias descriptivas del proyecto, planos de ubicación, de distribución, mecánicos, de seguridad, memorias de cálculo, entre otra información. Entonces, el proyecto queda condicionado a la elaboración, presentación y aprobación de los expedientes necesarios, y además se está sujeto a los plazos de revisión de estas instituciones, que están establecidas en sus políticas internas.

El proyecto a su vez, está condicionado de los recursos de personal, mano de obra y logísticos de empresas terceras. Para la elaboración de los expedientes técnicos a presentar ante OSINERGMIN o Quavii, se presupuesta y contrata con empresas especialistas en el sector hidrocarburos. Para la ejecución de obra del proyecto, está condicionada a los recursos de mano de obra y tiempos de entrega para su desarrollo, a su vez de los tiempos de fabricación o envío de los componentes nuevos a adquirir. En la Tabla 3.2 se presentan los requisitos requeridos para la aprobación de un proyecto de instalación de gas, con la concesionaria Cálidda. En la Tabla 2.1, se describen los principales requisitos, para autorización de informes técnicos que permitan la modificación y/o ampliación de una estación de servicios, y en la Tabla 2.2, se indican los requisitos necesarios, para el trámite y posterior autorización por parte de Cálidda, para instalación de punto de gas.

**Tabla 2.1**

*Requisitos para trámites de informe técnico favorable (OSINERGMIN)*

1	En caso de personas naturales, indicación expresa del número de DNI En caso de personas jurídicas <sup>1</sup> , copia de la vigencia de poder donde consta la representación legal, o documento suscrito por el representante legal, en la que señale el número de RUC, número de partida registral y asiento registral donde obre la representación, así como la zona registral a la que pertenece.
2	Declaración Jurada de Fiel Cumplimiento de las normas legales, técnicas, de seguridad y medio ambientales aplicables al proyecto.

---

Continua

## Continuación

N°	DETALLE
3	Memoria descriptiva del proyecto, incluyendo los sistemas y equipos de seguridad, firmada por el solicitante o su representante legal, por los profesionales de la especialidad inscritos y habilitados en el Colegio Profesional correspondiente y por el ingeniero colegiado registrado en la Categoría IG -3, quien será responsable técnico del proyecto. (*)
4	Estudio de Riesgos elaborado y firmado por un ingeniero inscrito y habilitado en el Colegio Profesional correspondiente, y firmado adicionalmente por el solicitante o su representante legal y por un ingeniero colegiado registrado como Instalador en la categoría de IG-3 del Registro de Instaladores de Gas Natural, responsable del diseño del proyecto de GNV. (*)
5	Especificaciones técnicas de construcción, materiales y equipos, firmadas por el solicitante o su representante legal, por los profesionales de la especialidad inscritos y habilitados en el Colegio Profesional correspondiente y por el ingeniero colegiado registrado en la Categoría IG-3, quien será responsable técnico del proyecto. (*)
6	<p>Planos del proyecto firmados (*) por el solicitante o su representante legal, por los profesionales de la especialidad inscritos y habilitados en el Colegio Profesional correspondiente y por un ingeniero colegiado registrado como Instalador en la categoría de IG-3 del Registro de Instaladores de Gas Natural, de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Situación en escala 1:5000</li> <li>b. Ubicación en escala 1:500</li> <li>c. Distribución en escala 1:100</li> <li>d. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&amp;ID)</li> <li>e. Isométrico</li> <li>f. Obras mecánicas</li> <li>g. Obras eléctricas y de instrumentación</li> <li>h. Clasificación de áreas peligrosas para instalaciones eléctricas.</li> <li>i. Obras civiles en escala 1:100</li> <li>j. Estructura del techo de las islas de despacho y/o patio de maniobras.</li> <li>k. Circulación y radio de giro en escala 1:100</li> <li>l. Instalaciones Sanitaria: En caso el proyecto incluya facilidades para el lavado y engrase de vehículos, deberá presentar adicionalmente el detalle de la trampa de aceites y grasas.</li> <li>m. Ubicación de equipos contra incendios.</li> </ul>
7	Relación de profesionales responsables del proyecto
8	Plan de Contingencias para la Etapa de Construcción, elaborado y firmado por un ingeniero inscrito y habilitado en el Colegio Profesional correspondiente, y firmado adicionalmente por el solicitante o su representante legal y por un ingeniero colegiado registrado como Instalador en la categoría de IG-3 del Registro de Instaladores de Gas Natural, responsable del diseño del proyecto de GNV. (*)

*Nota.* Tomado de *Estación de filtrado y medición, Procedimiento para el otorgamiento de Certificados de Supervisión GNV-GNC*, OSINERGMIN, 2012  
(<http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/ProcedimientoOtorgamientoCertificadoSupervision.pdf>)

**Figura 2.2**

*Requisitos para proyecto de instalación de gas natural (PIG)*

 <span style="float: right;">Revisión PIG - INDUSTRIALES</span>	
<b>1.- Datos Generales</b>	
Fecha:	Expediente:
Cilente:	Instalador:
Dirección:	
<b>2.- Lista de Verificación</b>	
Solicitud de Revisión de Expediente firmado por el IG3:	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Cronograma de Obras	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Consideraciones generales para el dimensionamiento y selección de materiales y equipos:	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Carga térmica de equipos:	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Consumo de gas natural:	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Características del consumo: demanda máxima y mínima.	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Criterios de caída de presión permitidos y velocidades máximas.	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
<b>Planos:</b>	
Plano de Ubicación:	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Plano de Layout:	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Muestra la ubicación de la estación y válvula de cierre principal:	
Muestras válvulas de cierre en el sistema de tuberías:	
Indica uso de áreas:	
Ubicación de equipos de consumo:	
Muestra Planilla de Consumos de equipos a instalar:	
Plano Isométrico:	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Muestra la ubicación de la estación y Válvula de Cierre Principal:	
Muestras válvulas de cierre en el sistema de tuberías:	
Indica de tipo de junta (soldado - roscado):	
Indica altura de tuberías (Ref al NPT):	
Ubicación de ERS:	
Planilla de cálculo de velocidades y caídas de presión:	
Planilla de Materiales y Equipos: Descripción, Marca, Normas y Presiones de Diseño:	
Plano Mecánico de ERS (*):	SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Vista de elevación y planta:	
Indica venteo a los 4 vientos:	
Planilla de cálculo de velocidades y caídas de presión:	
Planilla de Materiales y Equipos: Descripción, Marca, Normas y Presiones de Diseño:	

*Nota.* Tomado de *Cómo se distribuye el gas natural*, Cálidda, 2021. <https://www.calidda.com.pe/gas-natural/como-se-distribuye-el-gas-natural/>

# CAPITULO III: JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

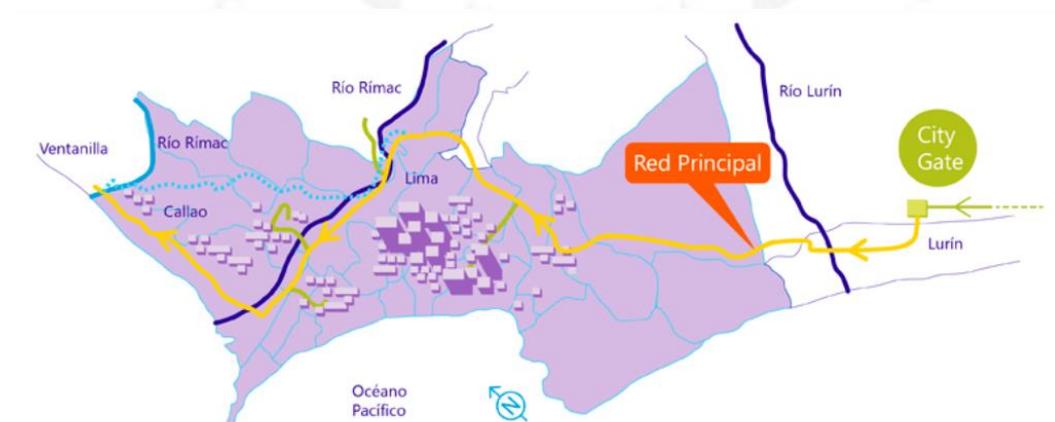
## 3.1 Justificación Técnica

Quavii es la concesionaria de gas natural que opera en parte de la zona norte del Perú, incluyendo el distrito de Chimbote. Esto da posibilidad a solicitar un derecho de conexión de GNV a sus redes de distribución aledañas al establecimiento de venta de GNV. Con respecto a la tecnología, la adquisición del equipamiento necesario para la conversión a estación madre (establecimiento de venta de GNV con distribución por ductos) es asequible en el mercado peruano, siendo factible su obtención en coordinación con la concesionaria, o alguna otra empresa especializada en hidrocarburos con permiso IG3 de OSINERGMIN.

Se cuenta con tecnología de distribución de gas natural por ductos, los cuales recorren largas distancias, desde el reservorio de Camisea hacia las centrales de distribución, y de estas a los consumidores industriales o residenciales. Esta red automatizada es controlada mediante estaciones de regulación, y monitoreado mediante centrales de control de las concesionarias; de esta forma se evalúan características de composición, presión y temperatura del gas.

### Figura 3.1

*Distribución de gas natural en Lima y Callao.*



*Nota.* Tomado de *Cómo se distribuye el gas natural*, Cálidda, 2021. <https://www.calidda.com.pe/gas-natural/como-se-distribuye-el-gas-natural/>

El OSINERGMIN, entidad encargada de la supervisión y fiscalización de las actividades de hidrocarburos, dispone de una división de supervisión de gas natural, el cual ya se tiene establecido los procedimientos y aspectos técnicos que se tiene que cumplir, para la correcta distribución y comercialización de gas natural. Se disponen de normativas, el cual permite la fiscalización de etapas pre-operativas y operativas del establecimiento, capacidad técnica, entre otros, el cual permite un suministro de gas natural confiable y seguro para los consumidores finales.

En el proyecto se aplicarán herramientas de ingeniería como el ciclo Deming, que beneficiará para la elaboración de planes de acción ante la problemática, verificación de los resultados y la estandarización de la solución. También se utilizará la metodología TPM, que permite desarrollar una cultura organizacional para la búsqueda de la productividad máxima de los equipos, eliminando pérdidas por averías, rendimiento, tiempos muertos, entre otros.

### **3.2 Justificación Económica**

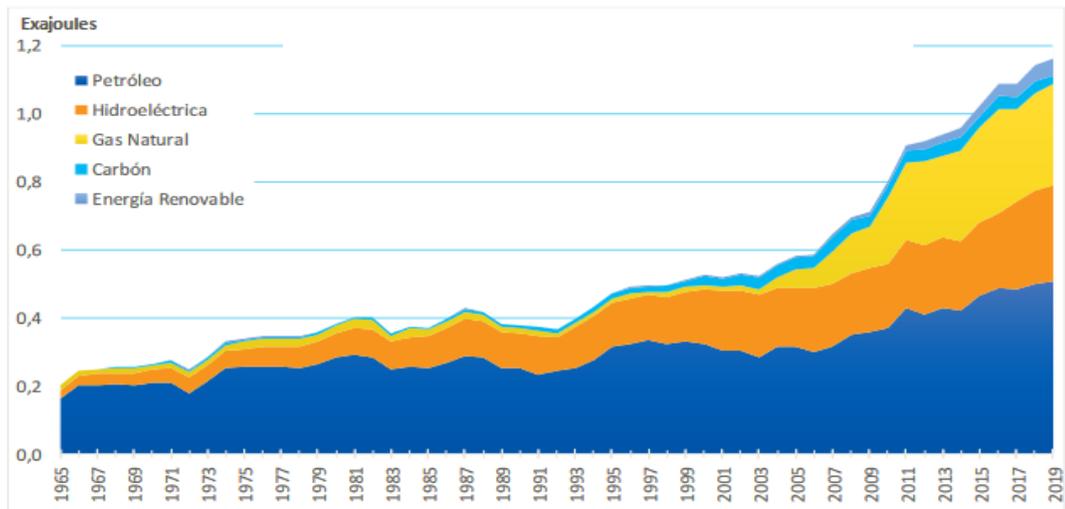
La demanda del gas natural vehicular en el Perú tuvo una tendencia creciente en los últimos años, generando una oportunidad económica para la empresa. Es oportuno la solicitud de un mayor caudal de ingreso de GNV, debido a este incremento de demanda.

En la Figura 3.2., se aprecia una matriz de consumo de hidrocarburos en Perú del 2019, que grafica el crecimiento de consumo de gas natural en un 3.7 %, a diferencia del petróleo 1,7% en el 2019. (OSINERGMIN, 2019).

El proyecto dará beneficios económicos a la empresa, para un incremento de ventas de GNV en más de un 23% de lo actualmente demandado. Se reducirán costos por menor disponibilidad de la maquinaria, por bajos rendimientos en el procesamiento de GN, por pérdidas debido a fugas en el sistema de interconexión del Servicentro Chimbote. Además, se reducirán elevados costos de mantenimiento correctivo, por averías o desperfectos de la maquinaria.

**Figura 3.2**

*Matriz de consumo de energía de hidrocarburos.*



*Nota.* Tomado de *Boletín informativo del consumo de hidrocarburos*, OSINERGMIN, 2019 (<http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/OSINERGMIN-boletin-estadistico-gas-natural-2021-I.pdf>.)

### 3.3. Justificación Social

En el desarrollo del proyecto para la conversión de una estación hija a una estación madre (estación de venta de GNV con suministro de red), habrá generación de empleo para empresas especializadas en el rubro de hidrocarburos, en los cuales se establecerán contratos (en caso de requerir) con las mismas, para la elaboración de expedientes técnicos, y ejecución de obras en el establecimiento.

A su vez, el establecimiento de venta será suministrado por un flujo continuo de gas natural, lo cual mejora la experiencia del usuario final, se eliminarán largas colas de espera y se incrementará el caudal para cubrir una mayor demanda. También reduce riesgos en la seguridad a terceros, al no utilizar semirremolques que ingresan a la estación de forma periódica, los cuales transportan gas natural comprimido a una presión mayor a 200 bares.

### 3.4. Justificación Ambiental

La empresa tiene el propósito de seguir contribuyendo con el servicio de comercialización de gas natural en el país. El GNV es más limpio y genera menor contaminación ambiental en comparación a otros hidrocarburos como el petróleo, dado a

que no sufren ninguna transformación química en su proceso de extracción y transporte a los establecimientos de GNV. (Conexión ESAN, 2019). Se reducirá el impacto ambiental de  $CO_2$  u otros contaminantes, que se emitía al transportar el gas natural en semirremolques propios. También se mitigarán las fugas en el sistema de GN, en los accesorios de seguridad, líneas de alta presión y equipos de compresión, contribuyendo de esta forma al medio ambiente.



## CAPITULO IV: PROPUESTAS Y RESULTADOS

### 4.1 Etapa Planificar (PHVA)

Para poder establecer los objetivos del proyecto, definir alternativas tecnológicas de distribución de GN y establecer las estrategias e indicadores para solucionar la problemática, se utilizará la primera etapa de planificación de proyecto, correspondiente a la herramienta de mejora continua PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar).

Respecto a la problemática de los faltantes de ventas de la estación, mejor especificada en la Figura 1.9. (Diagrama de ishikawa del Servicentro Chimbote), se realizó una reunión entre el área de operaciones y proyectos en conjunto con gerencia general. En la misma, se establecieron las siguientes metas:

- Mejora de las diferencias negativas del kardex de inventario de GNV en  $\pm 1\%$ , y así evitar inconvenientes con el área de control interno.
- Reducir la dependencia de utilización de semirremolques de GNC, y utilizar otra tecnología para el suministro de gas natural
- Realizar una capacitación continua al personal técnico y administrativo, y establecer reuniones constantes, para priorizar la realización de mantenimientos programados, y mejorar la eficiencia de los equipos.
- Incrementar el caudal de consumo de GNV, para cubrir la demanda así evitar insatisfacción de los clientes.

Se solicitó información al área comercial de la empresa, para que brinden información más detallada respecto a la demanda insatisfecha. Se indica que, respecto a las ventas actuales, que se reportan registros de demanda no cubierta y demanda insatisfecha de hasta 35% mensual. La solución que se propuso respecto a este indicador, en coordinación previa con área de operaciones y gerencia general, fue la implementación de un sistema de distribución de GN el cual pueda ofrecer un suministro continuo del mismo, y que permita a su vez aumentar las ventas en  $m^3$ .

#### **4.1.1 Propuesta de alternativas tecnológicas**

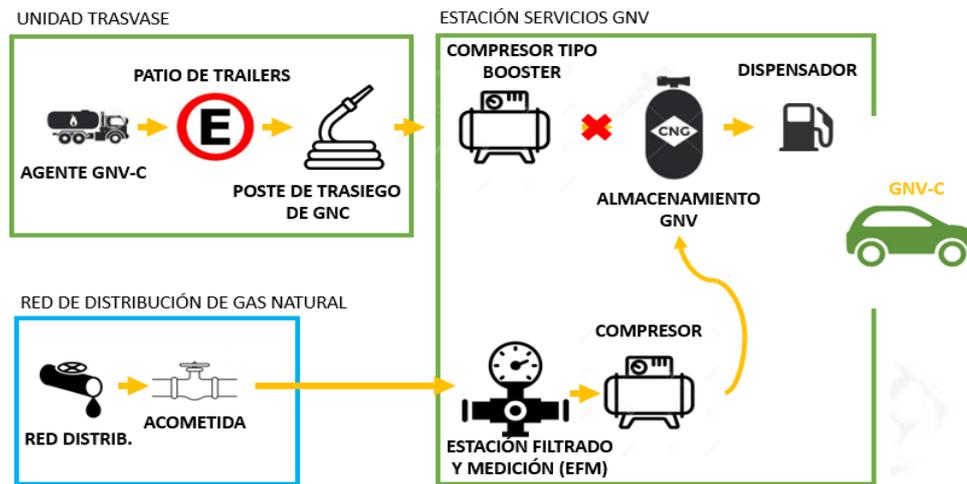
En el Servicentro Chimbote el gas natural se suministra, utilizando la tecnología de transporte terrestre de GNC, denominada por el OSINERGMIN como transporte virtual de gas natural, en el cual primero se comprime en las estaciones de carga, y después se almacena a presiones de 250 bar en semirremolques, para su posterior distribución; esto debido a la inexistencia de una concesión en la zona para distribuir gas natural por ducto. Además, se puede optar también por la distribución mediante gas natural licuefactado (GNL). Esta tecnología consiste en licuar el gas a bajas temperaturas de  $-162^{\circ}\text{C}$ . Su volumen en estado líquido es 600 veces menor, permitiendo una mayor autonomía en el transporte terrestre y marítimo. (sseconsulting, 2018).

Una segunda alternativa tecnológica es el transporte del GN por gasoductos y redes de distribución. Esta tecnología es empleada comúnmente, para el recorrido y distribución de largas distancias de hasta 3000 Km., de los pozos de gas a los centros de distribución de las concesionarias. Posteriormente, por medio de redes de distribución subterráneas, se suministra el GN a clientes residenciales, industriales y a establecimientos de venta al público de GNV. (sseconsulting, 2018). Se optó por esta alternativa para la conversión del Servicentro Chimbote (establecimiento de venta de GNV con unidad de trasvase), a una estación madre (establecimiento de GNV, suministrado por una red de distribución). En la Figura 4.1 se presenta el esquema de conversión de un establecimiento de venta al público de GNV, para instalación de un sistema de distribución de GN por ductos.

De esta forma se establecería un mayor caudal de forma continua e ininterrumpida, que elimina la dependencia de suministro de GNC por semirremolques, además de representar un menor peligro al trabajar con un suministro a baja presión. Los parámetros de presión, temperatura y caudal, mediante equipos y tableros de control, son monitoreados por la concesionaria de GN de la zona, en todo su sistema de distribución y también en la acometida de ingreso a las estaciones de servicio.

**Figura 4.1**

*Conversión de una estación hija a estación madre (Suministro mediante red de distribución de GNV)*



*Nota.* Tomado de *Gas natural vehicular. Estaciones hija y estaciones madre*, Primax, 2021 (<https://primax.com.pe/?s=estaciones>)

#### 4.1.2. Herramientas de ingeniería a utilizar

Se utilizará la herramienta de mejora continua PHVA, también conocida como ciclo Shewhart y acuñada por Edward Deming, con el fin de organizar la planificación del proyecto y de la mejora, y para la verificación de los resultados obtenidos en base a indicadores, con los objetivos. Además, se analizó la utilización de una estrategia de mantenimiento industrial, debido a constantes fallas que presentaban los equipos de gas natural en el Servicentro Chimbote. Con el fin de incrementar la eficacia de los equipos e involucrar a los altos directivos para esta mejora, se identificó la metodología de mejora continua de Mantenimiento Productivo Total (En adelante TPM). El TPM es una metodología desarrollada en Japón en 1971, que tiene como objetivo asegurar la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria, reduciendo averías, tiempos muertos, incrementar rendimiento de los equipos, y promoviendo la participación total del personal. Uno de los objetivos del TPM es la eliminación de “las seis grandes pérdidas” que puede presentar una organización. (Álvarez & Gonzáles, 2018)

Respecto a los indicadores, se utilizará el de ventas en  $m^3$  de GN, para medir el incremento de la misma, para cubrir la demanda insatisfecha en la estación. También de aplicará el indicador de pérdida de inventario (%), que representa la pérdida de gas

natural que se tuvo en el sistema de distribución, desde su ingreso hasta la venta al cliente final. Se utilizará el indicador de OEE (Overall Equipment Effectiveness), para medir el rendimiento integral del compresor de GNC, y para poder eliminar las 06 grandes pérdidas del mismo.

**Figura 4.2**

*Indicador OEE para cálculo de la disponibilidad, rendimiento y calidad de un proceso.*



*Nota.* Tomado de *Cálculo del OEE, por Sistemas OEE*, 2016 (<https://www.sistemasoe.com/productos/>)

### 4.1.3. Situación actual

Se solicitó al área de tesorería y contabilidad data actual de las ventas de GNV (salida) del periodo de setiembre de 2019 a febrero de 2020, y se calculó el factor pérdida con respecto a la compra de GNC en m3 (ingreso). En la Tabla 4.1 se presenta el registro de compras y ventas de gas natural en el Servicentro Chimbote, donde se registra una pérdida de inventario mayor al 2% por cada mes. Se presenta la cantidad ingreso y salida de GN, al igual que los costos de compra del proveedor por la carga de GNC, y los precios de venta establecidos en la estación.

**Tabla 4.1**

*Registro de compra y venta de GNV del Servicentro Chimbote. (Periodo 2019-2020).*

	19-Set	19-Oct	19-Nov	19-Dic	20-Ene	20-Feb
Compra GNC m <sup>3</sup>	124,200.00	129,200.00	126,004.00	122,600.00	125,052.00	122,360.00
p. compra (\$/)	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906
Compra GNC (\$/)	112,525.20	117,055.20	114,159.62	111,075.60	113,297.11	110,858.16
Venta GNV m <sup>3</sup>	121,529.70	126,616.00	122,349.88	117,953.46	122,425.91	118,566.84
p.venta (\$/)	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
Venta GNV (\$/)	183,509.85	191,190.16	184,748.32	178,109.72	184,863.12	179,035.93
Factor de perdida	0.9785	0.98	0.971	0.9621	0.979	0.969
Margen (\$/)	70,984.65	74,134.96	70,588.70	67,034.12	71,566.01	68,177.77
Porcentaje	38.68%	38.78%	38.21%	37.64%	38.71%	38.08%

Con el fin de medir el rendimiento del compresor marca Fornovo, considerado cuello de botella del sistema de distribución y compresión de GN, se optó por la utilización del indicador OEE para el análisis de las pérdidas por disponibilidad, rendimiento y calidad del compresor. A continuación, se presenta el cálculo del OEE del compresor, del periodo 2019-2020:

- Con respecto a la disponibilidad del equipo, el compresor está diseñado para operar de forma continua en promedio por 20 horas/día, pero debido a paros imprevistos, o atenciones programadas, generó pérdidas de disponibilidad, lo cual solo permitía producir por 16 horas/día, según indica:

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ productivo}{Tiempo\ disponible} = \frac{16hrs}{20hrs} = 0,8$$

- El compresor operaba hasta una capacidad de compresión de 280 m<sup>3</sup>/h para cubrir la demanda, pero al igual que su disponibilidad, tuvo una reducción en la cantidad de GN procesada. En la siguiente fórmula, se expresa la producción real, sobre su rendimiento máximo:

$$Rendimiento = \frac{Producción\ real}{Producción\ teórica} = \frac{260\ m^3/h}{280\ m^3/h} = 0,93$$

- Se generan pérdidas de gas, en su mayoría en la conexiones y accesorios de seguridad el compresor. Debido a estas pérdidas, la cantidad procesada de GN a ser vendida, se redujo en 253,28 m<sup>3</sup>/h:

$$Calidad = \frac{Producción}{Producción\ real} = \frac{253,28\ m^3/h}{260\ m^3/h} = 0,974$$

El OEE es calculado, multiplicando los 03 indicadores mencionados. Se dispone de un primer resultado de 72,5% para una venta de GNV de 4 052,45  $m^3/día$ . Se identifica una mayor pérdida en la disponibilidad del equipo, que posteriormente será mejorada con la metodología TPM.

#### **4.1.4. Propuesta del proyecto**

Con el objetivo de eliminar las pérdidas generadas, por la distribución de GNC por semirremolques (indicadas en la Figura 1.8 del diagrama de Ishikawa), se propuso la implementación de una nueva tecnología de sistema de GN por ductos, el cual es menos contaminante con el medio ambiente, más seguro por la distribución a presiones menores de 27 bar., se llega a controlar de manera eficaz los parámetros de gas debido al sistema de control de la concesionaria, y genera flujo de gas continuo a las estaciones de servicios.

Para el desarrollo del proyecto, se deberá presentar los expedientes técnicos necesarios a las entidades de concesión del gas y fiscalizadoras de hidrocarburos, para que se evalúe la factibilidad técnica del proyecto, y se apruebe el diseño. Se requiere aprobación del expediente de factibilidad de suministro por parte de Quavii, del informe técnico sustentado por parte del Gobierno Regional de Lima, y del informe técnico favorable de parte del OSINERGMIN. Con la autorización de las entidades estatales, ya se puede proceder con la modificación del sistema de distribución de GN del Servicentro Chimbote.

Para iniciar con la implementación de obra, se debe instalar el accesorio de ingreso a la estación (AIE) en uno de los ductos colindantes de la concesionaria, con su válvula de servicio que permite la regulación del flujo de GN. Se instala una estación de regulación y medición (ERM), que es un recinto que tiene como principal función regular la presión de entrada y salida, como a su vez el caudal en  $m^3$  ingresado de GN. Cuenta con reguladores, válvulas de seguridad, medidor y unidad correctora de volumen. Posteriormente se realiza una instalación subterránea de tubería de acero inoxidable, para poder conectar el AIE con la ERM, y se suministre gas a una baja presión de 5 a 19 bar. El procedimiento a seguir es la conexión mediante tubería de acero, de la EFM al compresor de GNC. En la Tabla 4.2. se presenta el cronograma de actividades, para el desarrollo del proyecto de implementación de GN en el año 2020.

**Figura 4.3***Cronograma del proyecto.*

		AÑO 2020							
Actividades		MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	Aprobación de factibilidad de derecho de conexión GN.								
2	Aprobación de ITS por parte del Gobierno Regional.								
3	Aprobación de ITF por el Osinergmin.								
4	Obra del proyecto, y operatividad del Servicentro con suministro de GN por ductos.								
5	Demolición de unidad de trasvase.								

Se aplicará la metodología TPM, el cual servirá además para establecer un plan de los mantenimientos periódicos de los equipos, establecer una comunicación más eficaz entre personal administrativo y personal técnico, y buscar la capacitación continua. Posteriormente se debe implementar lo propuesto para mejorar el indicador OEE, eliminando pérdidas de GN. Para llegar a un OEE de clase mundial (85%), se va a requerir que se recuperen pérdidas y se incremente el consumo hasta un 17%. Se considerará además la cantidad de  $m^3$  de gas restante respecto a la demanda no cubierta, para el cumplimiento del indicador del área de ventas. En la Tabla 4.3 se presenta el registro de compras y ventas propuesto de gas natural en el Servicentro Chimbote, para el año 2021, en la cual las pérdidas de inventario no son mayores al 1% por cada mes. Además, la cantidad de gas a solicitar a la concesionaria Quavii será de un 37% más respecto a la demanda actual por carga de GNC.

**Tabla 4.2***Registro de compra y venta propuesto del Servicentro Chimbote.**(Propuesta, Periodo 2021).*

	21-Ene	21-Feb	21-Mar	21-Abr	21-May	21-Jun
<b>Compra GN <math>m^3</math></b>	<b>167,838.40</b>	<b>175,039.27</b>	<b>169,141.62</b>	<b>163,146.13</b>	<b>169,280.88</b>	<b>163,581.64</b>
p. compra (\$/)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Compra GN (\$/)	166,160.01	173,288.88	167,450.20	161,514.67	167,588.07	161,945.83
<b>Venta GNV <math>m^3</math></b>	<b>166,495.69</b>	<b>173,463.92</b>	<b>167,619.34</b>	<b>161,596.24</b>	<b>167,723.49</b>	<b>162,436.57</b>
p.venta (\$/)	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
Venta GNV (\$/)	274,717.89	286,215.47	276,571.91	266,633.80	276,743.77	268,020.34
Factor de pérdida	0.992	0.991	0.991	0.9905	0.9908	0.993
Margen (\$/)	<b>108,557.87</b>	<b>112,926.59</b>	<b>109,121.71</b>	<b>105,119.13</b>	<b>109,155.70</b>	<b>106,074.52</b>
Porcentaje	<b>39.52%</b>	<b>39.46%</b>	<b>39.46%</b>	<b>39.42%</b>	<b>39.44%</b>	<b>39.58%</b>

## 4.2 Etapa Hacer (PHVA)

Se utiliza la etapa hacer de mejora continua de PHVA, para la implementación de la propuesta planteada. El área de operaciones y proyectos ya contando con la información necesaria, procedió al desarrollo de la propuesta. Se va a considerar solicitar la factibilidad a Quavii, concesionaria actual de la zona, para derecho de conexión de GNV al establecimiento de venta (Servicentro Chimbote). Se va a describir, primeramente, la aplicación de la herramienta TPM de mejora continua.

### 4.2.1 Aplicación de TPM

Las pérdidas que ocurren en el sistema de GN, se clasifican en 06 grandes pérdidas:

- **Averías del equipo:** Cuando el compresor de gas natural presenta vibraciones o su motor presenta temperatura alta, por seguridad se para el suministro de gas natural, para dar solución correctiva al equipo, generando pérdida en tiempos.
- **Tiempos de preparación de ajuste de los equipos:** Existen demoras en el conexionado de suministro GNC mediante la conexión flexible/ manguera y la unidad de trasvase de GNC. Además, el compresor de gas natural dispone de problemas en tiempos de preparación, por falta de lubricación de sus componentes.
- **Funcionamiento a velocidad reducida:** El compresor de gas natural presenta en los últimos años una reducción en su capacidad de operación, actualmente de  $260m^3/h$ , frente a su capacidad de normal de operación de  $280m^3/h$ .
- **Tiempo en vacío y paradas cortas:** Se presentan tiempos cortos de paro, debido a fugas que presentan los equipos de conexión como mangueras, uniones, roscas, válvulas, etc., y también dentro del recinto de compresión y almacenamiento.
- **Defectos en el proceso:** Al presentarse fugas en la distribución de GNC dentro de la Estación, se presenta faltantes de gas en la salida (ventas), reflejado en el kardex de inventario de  $\pm 2\%$ .

- **Puesta en marcha:** El compresor presenta problemas de arranque, después de cada intervención correctiva o mantenimiento programado.

Se pudieron identificar los principales problemas de mantenimiento en el Servicentro Chimbote, para poder implementar las mejoras. De acuerdo a este diagnóstico, se pueden aplicar mejoras enfocadas hacia el principal equipo de gas natural que es el compresor, también los equipos que presentan con mayor frecuencia las fallas como conexiones que permiten a distribución de gas natural (mangueras, válvulas, roscas) a su vez como falta de capacitación del personal para reducir tiempos en la distribución.

El área de operaciones es la encargada de presentar y analizar problemas operativos de equipamiento y componentes mecánicos y eléctricos, que se puedan reportar en los establecimientos de venta de GN y en las áreas de minimarket. Con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de los equipos de GN en el Servicentro Chimbote, reduciendo las fallas operativas de los mismos, se procedió a desarrollar una propuesta para la mejora de su eficiencia productiva, mediante la utilización de la metodología de TPM.

Se decidió proponer sus aplicaciones, y para su posterior aplicación en el segundo semestre del 2020, con el conocimiento previo de gerencia general. Los operarios que están en contacto directo con los componentes de gas natural, recibirán formación constante cada 2 semanas, para que pueda involucrarse más con los equipos de gas natural, para que puedan identificar correctamente las fugas en las conexiones de GN con solución jabonosa, además que sea capaz de identificar ruidos anómalos como vibraciones en el compresor. También que sea capaz de comprar, limpiar y lubricar el compresor de GN, y así desarrollándose de forma autónoma.

Además del mantenimiento autónomo, es recomendable la aplicación de un mantenimiento planificado de los equipos. En este punto, el jefe de operaciones, en conjunto con el asistente de operaciones se deben juntar para elaborar un listado de las actividades periódicas de mantenimiento para los equipos de GNV, a su vez que sean programadas y que se cumplan, estando en constante comunicación con el personal técnico. También podría ser desarrollado por personal de operaciones o se puede evaluar

la contratación de empresas terceras para que implementen su plan de mantenimiento, con la debida supervisión de nuestra representada.

Se realizó un plan de mantenimiento para el correcto funcionamiento del equipamiento existente de GN en el Servicentro Chimbote y también para el equipamiento nuevo en caso se requiere instalar. El plan de mantenimiento será informado a los técnicos de operaciones mediante reuniones semanales, para su cumplimiento. En la Tabla 4.4 se define el plan de mantenimiento para su realización continua de los componentes de GN.

**Tabla 4.3**

*Plan de mantenimiento preventivo, Servicentro Chimbote.*

<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>SERVICENTRO CHIMBOTE</b>	
<i>Elaborado Por:</i>		<b>AREA DE OPERACIONES</b>	
		<b>TIEMPO</b>	<b>FRECUENCIA MANTTO</b>
<b>MANTENIMIENTO SISTEMA DE COMPRESIÓN GNV Y DISPENSADORES</b>	Limpieza de la parte mecánica del interior del dispensador, válvulas, sensores de gas, entre otros.	30 MN	3 MESES
	Verificación y/o reparación de fugas de combustible por las tuberías y uniones.	10 MN	
	Verificación y/o reparación de las mangueras, codos giratorios, pistolas, válvulas break away y accesorios de cada dispensador de GNV.	25 MN	
	Limpieza general de las tarjetas electrónicas y componentes electrónicos de cada dispensador.	20 MN	
	Limpieza general del área del compresor (PCA) en el tubing, accesorios, almacenamientos de GNC.	30 MN	
	Verificar las conexiones de las tuberías GNC y del motor del compresor, descartar cualquier tipo de desajuste.	35 MN	
	Revisión y reparación de las conexiones antiexplosivas APE del sistema GNV Y GNC.	20 MN	
	Prueba de operatividad de todas las paradas de emergencia y sensores de GNV, y verificar el funcionamiento de las válvulas automáticas de seguridad en el sistema.	40 MN	
		<b>3.5 H</b>	
		<b>TIEMPO</b>	<b>FRECUENCIA MANTTO</b>
<b>MANTENIMIENTO DE TRASVASE GNC</b>	Limpieza general del área, eliminar todo material combustible.	10 MN	3 MESES
	Realizar el mantenimiento general de los componentes eléctricos y electrónicos del fill post.	10 MN	
	Prueba de operatividad de las paradas de emergencia del fillpost.	10 MN	
	Mantenimiento de mesa de descarga, conexiones y electromecánicas, medidores, entre otros.	20 MN	
	Verificar fugas de gas por las uniones y válvulas del sistema de trasvase GNC.	10 MN	
	Verificar el funcionamiento de los sistemas de sensores de gas, paradas de emergencia y válvulas de seguridad.	20 MN	
	Revisión y reparación de las conexiones antiexplosivas APE del sistema GNC.	20 MN	
	Revisión y/o cambio de mangueras de GNC, verificar presencia de abolladuras, oxidación en las uniones mecánicas.	20 MN	
		<b>2 H</b>	

Se propone que la jefatura y el área administrativa del área de operaciones, estén más involucrados en los mantenimientos de los equipos, debido a que hay mantenimientos programados y normados de periodicidad anual, quinquenal y semestral, los cuales no pueden ser desarrollados por personal técnico de la empresa, sino por empresas terceras calificadas, ante organismos como Inacal o Bureau Veritas. Estos mantenimientos involucran al compresor de gas natural, a las tuberías de alta presión, a las subestaciones eléctricas y a los almacenamientos de GNC de los Semirremolques. En ese sentido, es recomendable reuniones semestrales para planificar, tanto los costos como la implementación a tiempo de estos mantenimientos y que las jefaturas lleven un control utilizando libros de registro de inspecciones o algún programa especializado en registrar y automatizar recordatorios de los mismos.

También se propone afianzar las relaciones entre los técnicos del área de operaciones y sus empleados. Que el personal se comunique inmediatamente con la jefatura de operaciones o gerencia general en caso se identifiquen problemas de operatividad mayores, o alguna recomendación que pueda dar respecto a su ambiente de trabajo, y que la jefatura brinde un ambiente de confianza. Se pueden recurrir a programas de capacitación más avanzadas en instituciones como Senati, para que el técnico tenga una mentalidad de compromiso con el cuidado de los equipos, su importancia, de esta forma aportando con el rendimiento de los mismos.

Es recomendable, que tanto los técnicos como la jefatura de operaciones estén capacitados en temas de seguridad y medio ambiente. Para ello, se es recomendable capacitaciones bisemanales con el área de seguridad, salud y medio ambiente. De esta forma, se estará capacitando para la identificación de peligros y riesgos que se presentan al manipular o estar cerca de las áreas de GNV, como el compresor, las islas de venta, los almacenamientos de GNC, tableros eléctricos, entre otros. También se debe coordinar compras periódicas implementación y uso de EPP en la organización. Se es recomendable tener charlas con el área de adquisiciones. En la Tabla 4.5 se puede apreciar la mejora a implementar, en cada pilar de la TPM.

**Tabla 4.4**

*Descripción de los pilares de TPM, en el Servicentro Chimbote.*

Nro	Pilares del TPM	Descripción de la mejora (Servicentro Chimbote)
1	Mejoras enfocadas	Priorización de mantenimientos del sistema GNV, al equipamiento identificado en las 06 grandes pérdidas.
2	Mantenimiento Autónomo	Realización de charlas programadas al personal técnico, para que identifiquen correctamente las fugas o fallas de los equipos de GNV.
3	Mantenimiento Planificado	Desarrollo de plan de mantenimiento preventivo los componentes de GNV.
4	Mantenimiento de Calidad	Evaluación de la cromatografía de gas natural de los proveedores, para analizar su composición y calidad.
5	Prevención de mantenimiento	Registro de historial de las fallas operativas del compresor GNC, y costos de mantenimientos programados, y evaluación de las mismas para adquisición de nuevo, por el proyecto a desarrollar.
6	Actividades de departamentos administrativos	La jefatura de operaciones debe involucrarse en el control de los mantenimientos preventivos y correctivos, evaluar su costo, e identificar factibilidad en establecer contratos con terceros.
7	Formación y adiestramiento	Formación al equipo de operaciones mediante capacitación de mantenimiento en instituciones especializadas.
8	Gestión de Seguridad y Entorno	Realización de capacitaciones bisemanales con operarios y jefatura de operaciones, con el área SSOMA.

Las mejoras son implementadas hasta el segundo semestre del 2020, donde todavía se cuenta con el sistema de distribución virtual de GNC, el cual se aumentó la frecuencia de despacho al trasvase, para que el compresor puede succionar un mayor caudal. Se utiliza el indicador OEE, para evaluar las mejoras de disponibilidad del compresor. A continuación, se presenta el cálculo OEE del equipo compresor:

- Con respecto a la disponibilidad del equipo, se registra en el periodo una mejora, con una disponibilidad de operación de 18,5 horas/día, según indica:

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ productivo}{Tiempo\ disponible} = \frac{18,2\ hrs}{20hrs} = 0,915$$

- El compresor pudo obtener una mejora en su rendimiento, con una producción real en el periodo de  $267\ m^3/h$ , según indica:

$$Rendimiento = \frac{Producción\ real}{Producción\ teórica} = \frac{267\ m^3/h}{280\ m^3/h} = 0,95$$

- Con respecto a la calidad, se genera una menor pérdida por fugas de GN, siendo la capacidad procesada a ser vendida  $264,59\ m^3/h$ ., según indicado en formula:

$$Calidad = \frac{Producción}{Producción\ real} = \frac{264,59\ m^3/h}{267\ m^3/h} = 0,991$$

Al multiplicarse los 03 indicadores, se dispone de un resultado final de 85,7% de OEE, que representa en ventas del periodo de  $4\ 728,65\ m^3/día$ . Se identifica un aumento considerable en la disponibilidad del equipo, además de rendimiento y calidad, con la mejora aplicada del TPM.

#### 4.2.2. Implementación del nuevo sistema de distribución

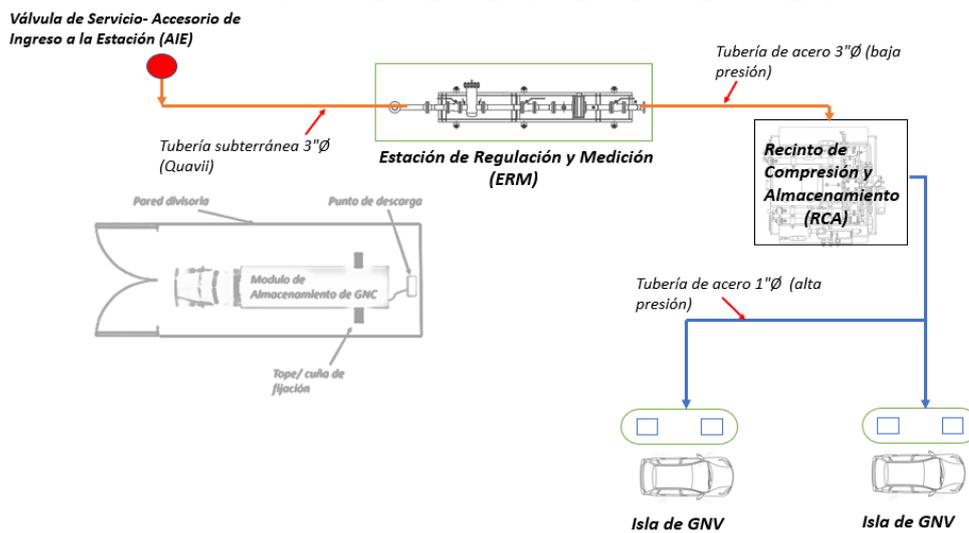
El área de operaciones, ya disponiendo de la información necesaria, procedió al desarrollo de la propuesta del Servicentro Chimbote. La implementación del nuevo sistema de distribución por ductos de GN, involucra el ingreso de ventas del periodo anterior existente de  $4\ 052,45\ m^3/día$ , además de un caudal adicional a solicitar a Quavii, para poder cubrir la demanda insatisfecha por baja productividad del sistema GN, y cubrir la oportunidad de consumo del 20%, indicada por el área comercial.

Para obtener el incremento de ventas para el primer semestre del 2021, se solicita a la concesionaria Quavii un caudal total de  $5\ 551,86\ m^3/día$  para la estación. Con este

ingreso, se puede coordinar con la concesionaria y proveedores, para el cálculo de los parámetros de ingreso de gas natural como la presión y temperatura, sus límites permisibles además del caudal, entre otras especificaciones técnicas para determinar el equipamiento requerido en la zona de filtrado y medición y en la zona de acceso de ingreso de gas natural. En la Figura 4.3, se presenta el esquema propuesto de sistema de distribución por ducto del Servicentro Chimbote, considerando el caudal mencionado.

#### Figura 4.4

*Sistema de distribución por ducto del Servicentro Chimbote.*



Se presentó formalmente mediante la convocación de una reunión, la mejora a implementar a Gerencia General, la cual fue aceptada. Posteriormente, se procedió a la implementación de la primera etapa. Se contrató a especialistas en el rubro de GNV (con certificación de IG3 de ser necesario) para la elaboración de los expedientes técnicos exigidos por las instituciones públicas como Cálida y el OSINERGMIN. Se exigía a los proveedores que establezcan una fecha límite, para tener un tiempo establecido para la culminación de los expedientes. Los proveedores cumplieron con los plazos, además de saber la importancia de un proyecto de GNV.

En caso de requerir permisos municipales, el área de operaciones realizó las coordinaciones con el área de proyectos de la empresa para determinar si era necesaria presentar ante la misma documentación adicional, como estudio de suelos del establecimiento. Se realizó una comunicación constante con las entidades públicas (Quavii, OSINERGMIN), para evitar problemas en los plazos de entrega de los

expedientes técnicos de conformidad, u oficio de observaciones. Se establecían recordatorios semanales, y resultó ser efectivo, dado a que se tuvo respuesta de los proyectos en tiempos menores de 20 días hábiles.

Se menciona que, para la ejecución de obra del proyecto, primero se licitó y se seleccionó al contratista considerando factores técnicos y económicos. Para evitar disponer problemas en los tiempos de entrega, se realizó reuniones periódicas semanales con el contratista. Estas coordinaciones eran necesarias para solventar dudas al proveedor, sobre problemas que se generaron en campo, y a su vez determinar si alguna actividad o modificación mecánica o eléctrica, requería de algún alcance adicional o existía alguna observación por parte de la concesionaria o entidad fiscalizadora. A su vez, se solicitaba y exigía a los proveedores, que establezcan cronogramas de obras periódicos, en caso de requerir ampliación para culminación del proyecto, el cual fue efectivo y se culminó la estación madre en el tiempo definido.

Se fue registrando progresivamente el funcionamiento de los equipos, como también analizando el registro de ventas del primer semestre del año 2021. En la Tabla 4.6, se presenta los resultados de compra y venta de GNV, del primer semestre 2021, donde se registra una pérdida de inventario menor a 1%. También se presenta al finalizar el periodo, un incremento de ventas respecto al periodo 2019 de 35,7%, llegando a tener una venta de 5 499,18  $m^3/día$  en el periodo.

**Tabla 4.5**

*Registro de compra y venta de GNV del Servicentro Chimbote (1er Semestre 2021)*

	Jan-21	Feb-21	Mar-21	Apr-21	May-21	Jun-21
<b>Compra GNV <math>m^3</math></b>	<b>166,413.52</b>	<b>173,553.45</b>	<b>167,536.62</b>	<b>161,646.99</b>	<b>167,708.42</b>	<b>162,111.03</b>
p. compra (\$/)	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Compra GNV(\$/)	174,734.20	182,231.12	175,913.45	169,729.33	176,093.84	170,216.59
<b>Venta GNV <math>m^3</math></b>	<b>164,915.80</b>	<b>171,817.91</b>	<b>166,028.79</b>	<b>160,062.85</b>	<b>166,131.96</b>	<b>160,895.20</b>
p.venta (\$/)	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
Venta GNV (\$/)	288,602.66	300,681.35	290,550.39	280,109.98	290,730.93	281,566.60
Factor de pérdida	0.991	0.99	0.991	0.9902	0.9906	0.9925
Margen (\$/)	<b>113,868.45</b>	<b>118,450.23</b>	<b>114,636.93</b>	<b>110,380.64</b>	<b>114,637.09</b>	<b>111,350.02</b>
Porcentaje	<b>39.46%</b>	<b>39.39%</b>	<b>39.46%</b>	<b>39.41%</b>	<b>39.43%</b>	<b>39.55%</b>

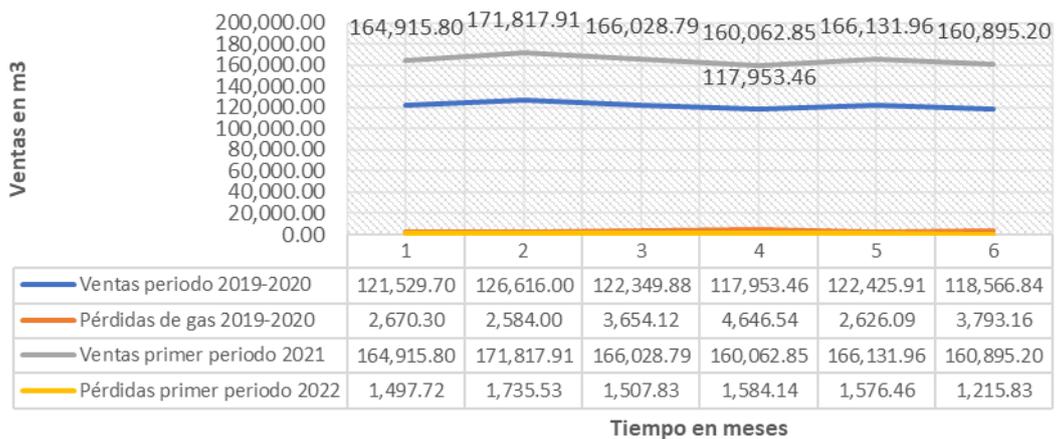
### 4.3 Etapa Verificar y Actuar (PHVA)

En esta etapa, se evalúa los resultados obtenidos con los objetivos o situación actual, descritas en la etapa planificar. Con respecto al indicador OEE del equipo compresor de GN, cumple con el objetivo, superando el porcentaje integral de 85% de rendimiento,

considerado de clase mundial. Se logra un incremento de ventas de GN en el primer periodo del 2021, por el incremento de caudal y de rendimiento del equipo compresor, generando como consecuencia una reducción de pérdidas. El área de operaciones y gerencia general validan el correcto cumplimiento de los objetivos del proyecto. Al no tener que realizar correcciones, se estandarizan estos procedimientos, para una futura mejora continua. En la Tabla 4.7, se aprecia los indicadores de venta y la pérdida de inventario, entre el periodo anterior y actual.

#### Figura 4.4

*Comparativo, de ventas y pérdidas de GN en Servicentro Chimbote.*



## CONCLUSIONES

- Se pudo obtener la factibilidad técnica y de ubicación, por parte de la concesionaria Quavii, y posteriormente la aprobación técnica por parte del OSINERGMIN, para poder iniciar con la ejecución de la Obra. (Instalación de un sistema de distribución de GNV por ducto).
- Se llegó a cumplir los plazos de entrega del proyecto exigidos por la gerencia general, en la aprobación de expedientes y seguida coordinación de ejecución de las obras civiles y mecánicas de la nueva estación madre de GNV.
- La implementación del sistema de distribución por ductos en el Servicentro Chimbote, permitió la cobertura de la demanda insatisfecha y potencial, con un incremento de ventas de 35,7% en el primer semestre del 2021, con un caudal diario de 5 499,18  $m^3/día$ .
- Se consiguió un OEE de 85,7% considerado en la escala de clase mundial, del del equipo compresor de GN, al finalizar el segundo semestre del 2020, conseguido por la implementación de TPM, que permitió establecer nuevos procedimientos para el desarrollo de mantenimientos preventivos, mejora de comunicación entre área administrativa y técnica, y capacitación constante.
- Se obtuvo una diferencia de inventario (kardex), desde el ingreso de GN en la EFM hasta su salida y venta a los clientes finales, en pérdidas menores al 1%.

## RECOMENDACIONES

- Revisar y evaluar constantemente los indicadores de venta y productividad, en presencia del área de operaciones, gerencia general y demás áreas, para la búsqueda de su mejora continua.
- Utilizar un software para el monitoreo de las variables de productividad de equipo compresor, permitiendo la automatización del cálculo y registro de su disponibilidad, desempeño y calidad.
- Tener en cuenta el estudio, para su aplicación en los demás establecimientos de venta al público de GNV de la empresa que disponga de una problemática similar, al establecimiento ubicado en Chimbote.



## REFERENCIAS

- Álvarez, E., & Gonzáles, R. (2018). Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM. [Trabajo para obtener el Título de Master Universitario en Tecnologías Marinas y Mantenimiento, Universidad de Oviedo]. Repositorio institucional de la Universidad de Oviedo. <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/47868>
- Cálidda. (2021). Cómo se distribuye el gas natural. <https://www.calidda.com.pe/gas-natural/como-se-distribuye-el-gas-natural/>
- Chiroque, L., Calderón, C., & Tovar, J. (2017). Plan estratégico de una empresa comercializadora de combustible 2016-2020. [Trabajo de investigación para optar el grado académico de Magíster en Administración, Universidad del Pacífico]. Repositorio Institucional de la Universidad del Pacífico. [https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/2232/Mario\\_Tesis\\_Maestria\\_2017.pdf?sequence=9](https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/2232/Mario_Tesis_Maestria_2017.pdf?sequence=9)
- Conexión ESAN (2019, 10 de enero). El gas natural y su impacto ambiental en la actualidad. <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/01/el-gas-natural-y-su-impacto-ambiental-en-la-actualidad/>.
- EY. (2016). Guía de Negocios e Inversiones en el Perú para el Sector Hidrocarburos. <https://slideplayer.es/slide/9688513/>
- Fornovo. (s.f.). Reciprocating compressor. <http://www.fornovogas.uz/productos/da300/>
- Nevado, J. (2014). Distribución de gas natural – Tumbes. <https://docplayer.es/6728656-Distribucion-de-gas-natural-tumbes.html>.
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2012). Estación de Filtrado y Medición. Procedimiento para el otorgamiento de Certificados de Supervisión GNV-GNC: <http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/ProcedimientoOtorgamientoCertificadoSupervision.pdf>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2019). Boletín Estadístico. <http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/>
- PRIMAX. (2021). Gas Natural Vehicular. Estacion hija y estación madre. <https://primax.com.pe/?s=estaciones>
- Quavii. (s.f.). <https://www.quavii.pe/beneficios-del-gas-natural-para-industrias>.
- sseconsulting. (2018, 27 de agosto). Masificacion gas natural en Peru II. <http://www.ssecoconsulting.com/masificacion-gas-natural-en-peru-ii.html>
- Sistemas OEE. (2016). Calcular OEE. <https://www.sistemasoe.com/calcular-oe/>

## BIBLIOGRAFÍA

- Global Estaciones de Servicio. (2017, 22 de junio). Protección contra incendios en estaciones de servicio. <https://globalestacionesdeservicio.com/proteccion-contra-incendios-en-estaciones-de-servicio/>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2013). Comercialización del gas natural comprimido, operación y medidas de seguridad. <http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/uploads/GFGN/Comercializacion--GNC-Operacion-Medidas-Seguridad.pdf>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2013). Instalación de estaciones de servicio con gas natural. <https://www.OSINERGMIN.gob.pe/newweb/uploads/Publico/OficinaComunicaciones/EventosRealizados/ForoArequipa/2/TEMA%205%20-%20GAS%20NATURAL%20VIRTUAL%20EN%20AREQUIPA.pdf>
- UPV. (s.f.). The supply chain behind the filling of the car tank. <https://logisticsmgepsupv.wordpress.com/2018/05/12/the-supply-chain-behind-the-filling-of-the-car-tank/>