



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR**

**CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**Proyecto Técnico previo a la obtención de Título de Ingeniería Industrial**

***Título:** Propuesta para mejorar la productividad de una empresa envasadora de gas licuado de petróleo de la ciudad de Guayaquil.*

***Title:** Proposal to improve labor productivity in a liquefied petroleum gas bottling company in the city of Guayaquil.*

**Autor:**

**Jimmy Alberto Gómez Ortega**

**Director: Ing. Pablo Alberto Pérez Gosende**

Guayaquil, Enero 2019

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA**

Yo, Jimmy Alberto Gómez Ortega, declaro que soy el único autor de este trabajo de titulación titulado “**PROPUESTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA ENVASADORA DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**”. Los conceptos aquí desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

---

**Jimmy Alberto Gómez Ortega**  
**CI: 0919697987**

## **DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Quien suscribe, en calidad de autor del trabajo de titulación titulado **“PROPUESTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA ENVASADORA DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.”**, por medio de la presente, autorizo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.

---

**Jimmy Alberto Gómez Ortega**  
**CI: 0919697987**

## **DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Quien suscribe, en calidad de director del trabajo de titulación titulado “**PROPUESTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA ENVASADORA DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.**”, desarrollado por el estudiante Jimmy Alberto Gómez Ortega, previo a la obtención del Título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de alto valor académico.

Dado en la Ciudad de Guayaquil, a los 29 días del mes de Enero de 2019

---

**Ing. Pablo Alberto Pérez Gosende**  
**Docente Director del Proyecto Técnico**

## **DEDICATORIA**

A mis hijos James Alexander y Jake Alejandro, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

Gracias a todos.

## **AGRADECIMIENTO**

Con todo mi cariño y mi amor para la persona que hizo todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a usted por siempre mi corazón y mi agradecimiento Mamá.

Agradezco a mis abuelos Inés María Macías y Marco Antonio Ortega, aunque ya no estén conmigo por su infinito amor.

## RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto técnico de Ingeniería Industrial, fue proponer mejorar a la productividad en una empresa envasadora de gas licuado de petróleo ubicada en la ciudad de Guayaquil. Para cumplir este propósito se midieron los tiempos de ejecución a lo largo de todo el proceso de llenado durante un período de tiempo determinado y se identificaron las actividades que no agregaban valor, y que a su vez generaban un cuello de botella para la ejecución de las actividades posteriores. Con estas mediciones y a través del Modelo de Eficiencia Global de Producción (EGP) se identificaron los índices de productividad de la planta.

Por medio de la realización de encuestas y entrevistas con operarios de experiencia y observación directa, se establecieron las causas que generaban deficiencias en los niveles de producción de la planta afectando la productividad y generando tiempos muertos. Otras de las técnicas aplicadas fueron el diagrama causa-efecto, el diagrama de Pareto y la aplicación del Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA), lo que permitió reconocer los factores que de manera indirecta afectaba a la producción.

Como resultado del estudio se identificó que para que los tiempos de producción mejoren y la productividad aumente de manera eficaz, era necesario canalizar fallas como: la falta de carruseles operativos las 24 horas del día y las cavitaciones por la entrada de aire que hacen que baje la presión en las islas de envasado, entre otros factores. También, fue importante establecer objetivos y metas, para generar índices de productividad acorde a la realidad, procedimientos y capacitaciones basados en un diagnóstico de necesidades. En este contexto, se espera que el estudio concluido aporte con la propuesta de mejora que permitirá optimizar el sistema de producción mediante el incremento de los niveles de productividad a través de la interrelación de índices más altos de utilización, eficiencia y calidad.

## ABSTRACT

The main objective of this technical project of Industrial Engineering, was to propose improvements to the productivity in a bottling company of liquefied petroleum gas located in the city of Guayaquil. To fulfill this purpose, the execution times were measured throughout the filling process during a determined period of time and the activities were identified that did not add value, and that in turn generated a bottleneck for the implementation of the subsequent activities. With these measurements and through the Global Production Efficiency Model (EGP), the productivity indices of the plant were identified.

By means of conducting surveys and interviews with operators of experience and direct observation, the causes that generated deficiencies in the production levels of the plant were established, affecting productivity and generating downtime. Other applied techniques were the cause-effect diagram, the Pareto diagram and the application of the Analysis of Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT), which allowed us to recognize the factors that indirectly affected production.

As a result of the study it was identified that for production times to improve and productivity to increase effectively, it was necessary to channel faults such as: the lack of operational carousels 24 hours a day and the cavitation's due to the air intake that cause it to fall the pressure on the packaging islands, among other factors. Also, it was important to establish objectives and goals, to generate indices of productivity according to reality, procedures and training based on a needs diagnosis. In this context, it is expected that the study concluded with the proposed improvement that will optimize the production system by increasing the levels of productivity through the interrelation of higher rates of use, efficiency and quality.

## DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Las definiciones han sido tomadas de libros y manuales de EPPetroecuador y Norma INEN: 327.

**GLP:** Gas licuado de petróleo, se obtiene de un proceso de refinación del petróleo. Puede ser propano y butano, o una mezcla de ambas. C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> (Propano), C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> (Butano).

**Peso tara (tare):** Es el peso del contenedor o empaque sin incluir el peso del producto (neto).  $\text{Peso Tara} = \text{Peso Bruto} - \text{Peso Neto}$ .

**Vástago (Pistón):** El vástago debe ser construido con material de igual o mejor calidad del cuerpo de la válvula y poseer en su conformación el alojamiento para el elemento pulsante, de tal forma que imposibilite su separación durante el funcionamiento. El desplazamiento del vástago debe permitir la salida del adecuado volumen de gas, sin posibilidad de inclinarse o atascarse en su funcionamiento. (INEN, 2008 vigente)

**Rotulado:** Todas las cajas para válvulas deben tener impresas en dos o más caras laterales del embalaje, los siguientes datos: a) nombre o marca del fabricante, b) hecho en Ecuador o país de origen, c) tipo de válvula, d) referencia a esta norma, NTE INEN 116), y a las demás especificaciones de ley vigentes. (INEN, 2008 vigente)

**Abolladuras:** Abolladura. Depresión o cavidad permanente en la superficie del cilindro, consecuencia de golpe recibido y que no afecta el espesor del cuerpo.

**Cilindro aprobado:** Aquel que ha pasado satisfactoriamente la revisión y puede continuar en servicio.

**Cilindro rechazado:** Aquel que luego de una revisión es sacado de servicio, hasta que una verificación o control posterior determine si es susceptible de ser reparado.

**Cilindro condenado (para destrucción):** Aquel que no satisface los parámetros establecidos en la presente norma para que pueda continuar en servicio, siendo obligatoria su destrucción total. En la destrucción no debe eliminarse la marcación original, con el fin de llevar un inventario.

**Corrosión:** Deterioro del material y de sus propiedades, producto de la reacción química o electroquímica entre el material y su entorno.

**Daño por fuego:** Calentamiento excesivo, general o localizado de un cilindro; usualmente evidenciado por pintura quemada (ampollada), metal base quemado, deformación del cilindro, partes de la válvula fundidas.

**Cambio de Válvula:** Se realiza el cambio de la válvula cuando esta sufre deformación externa e interna, así mismo cuando el oring cónico en su interior ha sufrido cristalización y picadura del mismo.

**Válvula de Alivio de presión:** La válvula de alivio tipo pop-acción permite abrir ligeramente para aliviar la presión en contenedores de GLP y amoniaco. Cuando la presión es superior a determinado tarado abre completamente, reduciendo rápidamente la sobrepresión.

**Tabla de Calibración: Calibración (aforo):** Proceso para determinar la capacidad total del tanque, o las correspondientes capacidades parciales a diferentes alturas.

**Pinza Puesta a Tierra:** Es una línea que termina con una pinza la cual se coloca en el tanquero para descargar la energía estática.

**Cavitación:** turbulencia en las líneas y en las bombas de GLP, ocasiona que vibren Y se afecten los cordones de soldaduras.

**EGP:** Son las siglas de Efectividad Global de Producción, proporciona una medida de la efectividad real del equipo productivo que incluye: maquinarias & equipos, personal, gestión y procesos en comparación con una productividad ideal, durante un período de tiempo específico. (EPPETROECUADOR, 2017)

## Contenido

<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA</b>	<b>II</b>
<b>DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR</b>	<b>III</b>
<b>DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>VIII</b>
<b>DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>X</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO 1: PROBLEMA</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Antecedentes</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Importancia y alcance</b>	<b>5</b>
<b>1.3 Delimitación</b>	<b>6</b>
<b>1.4 Problema de investigación</b>	<b>7</b>
<b>1.5 Objetivos del proyecto técnico</b>	<b>7</b>
<b>1.5.1 Objetivo General</b>	<b>7</b>
<b>1.5.2 Objetivos Específicos</b>	<b>7</b>
<b>1.6 Beneficiarios</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Concepto de Productividad</b>	<b>8</b>
<b>2.1.1 Características generales</b>	<b>8</b>
<b>2.1.2 Desarrollo de la productividad en las empresas</b>	<b>8</b>
<b>2.1.3 Tipos de productividad</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Factores que influyen en la productividad</b>	<b>10</b>
<b>2.2.1 Atribuibles a los diseños y los insumos no laborales</b>	<b>10</b>
<b>2.2.2 Atribuibles a la organización del trabajo</b>	<b>11</b>
<b>2.2.3 Atribuibles a los trabajadores</b>	<b>12</b>
<b>2.2.4 Atribuibles a condiciones externas</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Mejora de la productividad</b>	<b>13</b>

<b>2.4</b>	<b>Marco legal para plantas envasadoras de GLP</b>	<b>14</b>
<b>2.4.1</b>	<b>NTE INEN 116:2009 Cilindros para GLP de Uso Doméstico. Válvulas. Requisitos e Inspección</b>	<b>14</b>
<b>2.4.2</b>	<b>NORMAS INEN 327:2011 Revisión De Cilindros De Acero Para Gas Licuado.</b>	<b>33</b>
	<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>37</b>
<b>3.1</b>	<b>Tipos de Investigación</b>	<b>37</b>
<b>3.2</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>37</b>
<b>3.3</b>	<b>Técnicas de recolección de datos</b>	<b>37</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Entrevista</b>	<b>37</b>
<b>3.3</b>	<b>Instrumentos para la recolección de datos</b>	<b>38</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Los cinco ¿por qué?</b>	<b>38</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Las 5´s de Kaizen</b>	<b>38</b>
<b>3.4</b>	<b>Técnicas de representación de datos</b>	<b>39</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Diagrama causa - efecto</b>	<b>39</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Diagrama de Pareto</b>	<b>42</b>
	<b>CAPITULO IV: RESULTADOS</b>	<b>45</b>
<b>4.1</b>	<b>Descripción General del Proceso Productivo</b>	<b>45</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Diagrama de procesos</b>	<b>45</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Diagrama de procesos de envasado de cilindros</b>	<b>46</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Flujograma de envasado de cilindros de GLP</b>	<b>48</b>
<b>4.2</b>	<b>Recepción en los tanques esféricos</b>	<b>50</b>
<b>4.3</b>	<b>Recepción en los tanques horizontales</b>	<b>50</b>
<b>4.4</b>	<b>Alineación del sistema y descripción del proceso para el despacho de GLP en Autotanques.</b>	<b>50</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Despacho en Islas de Carguío a los Autotanques</b>	<b>51</b>
<b>4.5</b>	<b>Descripción del Proceso de Envasado de GLP en Cilindros</b>	<b>51</b>
<b>4.6</b>	<b>Gráfico de la Cadena de Valor.</b>	<b>52</b>

<b>4.6.1</b>	<b>Actividades Principales</b>	<b>52</b>
<b>4.6.2</b>	<b>Actividades de Apoyo</b>	<b>53</b>
<b>4.7</b>	<b>Programa EGP</b>	<b>54</b>
<b>4.7.1</b>	<b>Mediciones de Efectividad Productiva</b>	<b>54</b>
<b>4.7.2</b>	<b>EGP</b>	<b>55</b>
<b>4.7.3</b>	<b>Estandarización de criterios</b>	<b>60</b>
<b>4.8</b>	<b>Análisis de Pareto</b>	<b>65</b>
<b>4.9</b>	<b>Comités de efectividad y planes de acción</b>	<b>68</b>
<b>4.10</b>	<b>Propuesta de solución</b>	<b>70</b>
<b>4.10.1</b>	<b>Mejora continua</b>	<b>70</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>86</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>87</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>88</b>

## **INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b>	<b>Ubicación de la empresa objetivo de estudio. ....</b>	<b>6</b>
------------------	--	----------

<b>Figura 2.</b> Productividad por horas en distintos países año 2015.....	9
<b>Figura 3.</b> Válvula para cilindro de 15 kg de capacidad.....	15
<b>Figura 4.</b> Longitudes básicas de la rosca.....	16
<b>Figura 5.</b> Dimensiones de la rosca de la válvula.....	16
<b>Figura 6.</b> Equipo para ensayo de impacto en válvulas.....	19
<b>Figura 7.</b> Diagrama de equipo para ensayo de contacto con GLP.....	24
<b>Figura 8.</b> Diagrama para ensayo de presión neumática.....	26
<b>Figura 9.</b> Diagrama para ensayo de presión hidráulica.....	27
<b>Figura 10.</b> Ejemplo de diagrama causa - efecto.....	42
<b>Figura 11.</b> Flujograma de envasado de cilindros.....	49
<b>Figura 12.</b> Cadena de valores del terminal de GLP El Chorrillo.....	52
<b>Figura 13.</b> Análisis de Operación.....	57
<b>Figura 14.</b> Análisis de Operación.....	59
<b>Figura 15.</b> Eficiencia Global De Producción.....	61
<b>Figura 16.</b> Recolección de datos y seguimiento del EGP diario.....	62
<b>Figura 17.</b> Recolección de datos y análisis.....	64
<b>Figura 18.</b> Diagrama de Pareto nivel 0.....	65
<b>Figura 19.</b> Diagrama de Pareto nivel 3.1.....	66
<b>Figura 20.</b> Márgenes de retiro vs. Cupo.....	76
<b>Figura 21.</b> Cuadro de envasado de cilindros.....	78
<b>Figura 22.</b> Cuadro de confrontación Piso y despacho.....	79
<b>Figura 23.</b> Tiempo de vehículos al granel.....	83
<b>Figura 24.</b> Diagrama de espina de pescado de la capacidad de producción.....	84
<b>Figura 25.</b> Llenado de Cilindros tipo Industrial de 45Kg.....	89
<b>Figura 26.</b> Llenado de Cilindros tipo Industrial de 16 Kg.....	89
<b>Figura 27.</b> Paletizado de cilindros uso doméstico de 15 Kg.....	89
<b>Figura 28.</b> Línea de carga de ingreso de cilindros llenos a la paletizadora.....	89
<b>Figura 29.</b> Línea de carga de cilindros industriales a los pallets.....	89
<b>Figura 30.</b> Línea de Ingreso de Cilindros tipo domésticos al carrusel #3.....	89
<b>Figura 31.</b> Alimentación de cilindros y salida del mismo.....	89
<b>Figura 32.</b> Descarga de cilindros por la manga de la telescópica.....	89

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Dimensiones básicas de la rosca 20-14 NGT (GAS).....	17
<b>Tabla 2.</b> Propiedades mecánicas de la materia prima para la carcasa de la válvula..	18
<b>Tabla 3.</b> Ensayos en piezas y válvula armada.....	21

<b>Tabla 4.</b> Relación capacidad del cilindro - capacidad de agua.....	34
<b>Tabla 5.</b> Relación capacidad y diámetro del cilindro .....	35
<b>Tabla 6.</b> Significado de las 5's .....	39
<b>Tabla 7.</b> Diagrama de procesos de envasado de cilindros de GLP .....	47
<b>Tabla 8.</b> Factores de tiempo que afectan la producción .....	54
<b>Tabla 9.</b> Indicadores del EGP.....	58
<b>Tabla 10.</b> Subíndice que conforma el EGP .....	60
<b>Tabla 11.</b> Resumen de diagramas de Pareto de paros no programados mensuales nivel 4.....	69
<b>Tabla 12.</b> Resumen de diagramas de Pareto de paros no programados mensuales nivel 4.....	71
<b>Tabla 13.</b> Reporte mensual de Producción.....	72
<b>Tabla 14.</b> Ventas realizadas en el mes de marzo.....	75
<b>Tabla 15.</b> Análisis de producción .....	77
<b>Tabla 16.</b> Tiempos de subprocesos de envasado mensual .....	80
17. Tiempos promedios de espera de vehículo al granel .....	82
<b>Tabla 18.</b> Daños críticos por carrusel de producción .....	85

## INDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Ecuación básica de la Productividad .....	13
--	----

<b>Ecuación 2.</b> Relación Porcentual Entre El Tiempo Empleado Y Tiempo Asignado Para Las Operaciones .....	55
<b>Ecuación 3.</b> Índice de disponibilidad .....	55
<b>Ecuación 4.</b> Índice de productividad .....	56
<b>Ecuación 5.</b> Índice de calidad.....	56
<b>Ecuación 6.</b> Disponibilidad, Productividad o Eficiencia y Calidad .....	56

## **INDICE DE ANEXOS**

**Anexo 1.** Carrusel de envasado de cilindros de uso industrial de 45 Kg.

- Anexo 2.** Carrusel de envasado de cilindros de uso industrial de 16Kg.
- Anexo 3.** Área de paletizados de cilindros de uso doméstico de 15 Kg.
- Anexo 4.** Área de carga de cilindros
- Anexo 5.** Línea de carga a pallets.
- Anexo 6.** Carrusel 3 línea de abastecimiento
- Anexo 7.** Línea de abastecimiento de cilindros.
- Anexo 8.** Área de descarga de cilindros.

# INTRODUCCIÓN

En la actualidad se puede observar que en el ámbito laboral en el que nos desenvolvemos, nos encontramos con diversos procesos productivos que se encuentran obsoletos o por el contrario no se han aprovechado todas las oportunidades de mejora para adquirir mayor productividad de manera sostenible. Existen modelos aplicables para la mejora continua, para basarnos en modelos de mayor magnitud es esencial trabajar con modelos básicos e ir implementando por niveles de prioridad.

Aplicando metodologías como el análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, diagrama de Pareto y diagrama causa – efecto, se puede obtener una visión más profunda de los problemas directos e indirectos que afectan a la producción y poder priorizarlos para determinar objetivos de mejora continua.

El diagrama de causa – efecto es utilizado en la primera fase de diagnóstico y solución de un determinado problema, lo cual permite organizar y representar diferentes escenarios de teorías propuestas. Por ello se utiliza en primera instancia para determinar la causalidad de los cuellos de botella en las líneas de producción de interés.

El diagrama de Pareto permite identificar las minorías que son esenciales corregir, es decir puede detectar los problemas que tienen más relevancia, donde se especifica que existen muchos problemas sin importancia (80%) frente a solo un par de problemas graves (20%). Y por lo cual se puede utilizar recursos necesarios para determinar acciones correctivas sin desperdiciar esfuerzos.

El análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), permite desarrollar una planificación estratégica, mediante un análisis interno (fortalezas y debilidades) y externo (oportunidades y amenazas). Determinando las causas de mayor impacto que es necesario corregir y planificar para evitar problemas a futuro.

Una vez determinadas y ejecutadas las metodologías en relación a las líneas de producción se puede observar con facilidad los cuellos de botella que se han generado por diversos factores entre ellos tenemos: la falta de materiales, una planificación de mantenimiento preventivo deficiente de las maquinarias y además de tiempos muertos con mayor holgura a la estimada, lo que no permite cumplir con los indicadores de producción mensuales establecidos.

Para la realización del proyecto técnico se utilizará la optimización de tiempo y análisis de datos de materia prima inicial para la reducción de tiempos muertos y mejor abastecimiento en las líneas de control y despacho de GLP. Para la obtención de información se realizarán visitas técnicas, tomas de muestras a la empresa en estudio y demás información para la realización del diagnóstico inicial.

El proyecto se encuentra delimitado temporalmente por un periodo comprendido desde la aprobación del anteproyecto hasta la finalización y sustentación de este.

El ámbito espacial del proyecto se centra en las instalaciones de la empresa que se encuentra ubicada en el Terminal El Chorrillo Km 22.5 vía Daule. Para la ejecución de la propuesta se realizará de manera secuencial los siguientes pasos:

Se ejecutará un diagnóstico inicial donde se identificará las deficiencias productivas en cada línea de producción y se las dividirá en dos tipos de hallazgos:

1. Problemas internos
2. Problemas externos

Entre los problemas internos más frecuentes se obtuvieron los siguientes:

- La caída de presión de GLP desde las esferas y tanques hacia los diferentes puntos de envasado y llenado del GLP; esto se debe a la mezcla que llega en diferentes proporciones ocasionando que se gasifique el producto creando bolsas de vapor, causando vibraciones y cavitación en la succión de las bombas. Lo que ocasiona la variación de presión y esta provoca que el llenado de un autotanque se extienda hasta una hora; teniendo una pérdida de veinticinco minutos cuando el tiempo estimado para el llenado es de treinta y cinco minutos por autotanque. El mismo inconveniente ocurre en los carruseles de envasado de cilindros el tiempo estimado de llenado es de un minuto y al caer la presión los cilindros dan dos vueltas al carrusel perdiendo un minuto adicional por cada cilindro de llenado.
- La falta de repuestos para los equipos, en Ecuador no se cuenta con distribuidores.

Entre los problemas externos más relevantes se obtuvieron los siguientes:

- El retraso de la llegada de los camiones que se abastecen de GLP en el área de envasado de cilindros en el terminal Chorrillo de GLP. Lo mismo sucede en el área de llenado de autotanques, ya que la mayoría de ellos provienen de otras provincias y por diferentes factores retrasan su llegada al terminal.
- El área de envasado posee una falta de circulación de cilindros operativos lo que hace que la producción también se retrase.

Para la obtención de esta información se realizaron encuestas y mediante el análisis de observación directa, conjunto con el departamento de atención al cliente que proporcionó información sobre la atención de quejas de los transportistas donde son atendidos en tiempos demasiado prolongados con un máximo de una hora por cada cliente.

Adicional a esto se agrega el tiempo de facturación y registro lo que comprende alrededor de una hora más, en total el cliente ocupa dos horas en todos estos pasos, cuando el tiempo óptimo es de treinta y cinco minutos el despacho; mientras que el ingreso y facturación es de unos veinticinco minutos aproximadamente.

Mediante un análisis inicial se realizó una reunión con el departamento de producción para explicar el alcance del proyecto y poder receptor mayor información de los determinados turnos. De esta forma, se puede brindar información real y que permita mejorar los tiempos y metas establecidos para la producción. El cumplimiento de las normativas técnicas de los cilindros y su correcto manejo permitirá tener mayor productividad sin desperdiciar los recursos brindados por la alta gerencia.

El presente proyecto trata de la elaboración de una propuesta de mejora de la productividad del trabajo en una empresa envasadora de gas licuado de petróleo (GLP) que se dedica a la recepción, almacenamiento y venta al granel y autotanque de GLP, donde se puede observar una deficiencia en los procesos del sistema de producción de envasado de cilindros y llenado de autotanques de GLP, la propuesta de mejora de la productividad le permitirá a la empresa canalizar los posibles errores y en un futuro realizar los cambios necesarios para mejorar sus líneas de control, mediante la herramienta EGP (efectividad global de producción).

## **CAPITULO 1: PROBLEMA**

### **1.1 Antecedentes**

La empresa envasadora de gas licuado de petróleo (GLP), tiene más de 30 años realizando actividades de servicio de envasado de GLP a nivel nacional, se encuentra localizada en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas. Mediante un diagnóstico inicial se pudo detectar la necesidad de iniciar un proyecto que permita revisar los procesos del sistema de producción de envasado de cilindros de GLP y llenado de Tanqueros de GLP, con el fin de encontrar posibles errores y en un futuro hacer una propuesta de cambios necesarios requeridos para mejorar la productividad de la nueva planta Envasadora de GLP EL CHORRILLO.

Para describir el problema de la planta vamos a dividir en dos tipos de problemas:

1. Problemas internos
2. Problemas externos que tienen el mayor impacto sobre los procesos de envasado y llenado del GLP

Entre los problemas internos más frecuentes tenemos:

- La caída de presión de GLP desde las esferas y tanques hacia los diferentes puntos de envasado y llenado del GLP; esto se debe a la mezcla que llega en diferentes proporciones ocasionando que se gasifique el producto creando bolsas de aire, causando vibraciones y cavitando en la succión de las bombas. Ocasionando la variación de presión y esta provoca que el llenado de un tanquero se extienda hasta una 1 hora; teniendo una pérdida de 25 minutos por tanquero el tiempo estimado para el llenado es de 35 minutos. El mismo inconveniente ocurre en los carruseles de envasado de cilindros el tiempo estimado de llenado es de 1 minuto y al caer la presión los cilindros dan dos vueltas al carrusel perdiendo 1 minuto por cada cilindro llenado.
- Otro problema es la falta de repuestos para los equipos, en Ecuador no se cuenta con distribuidores.

Entre los problemas externos más relevantes tenemos:

- El retraso de la llegada de los camiones que se abastecen de GLP en el área de envasado de cilindros en el terminal Chorrillo de GLP. Lo mismo sucede en el área de llenado de tanqueros ya que la mayoría de ellos vienen de otras provincias y por diferentes factores retrasan su llegada al terminal.
- Otra problemática del área de envasado es la falta de circulación de cilindros operativos que hace que la producción también se retrase.

Para la obtención de esta información se realizaron encuestas y mediante el análisis de observación directa, conjunto con el departamento de atención al cliente que proporcionó información sobre la atención de quejas de los transportistas donde son

atendidos en tiempos demasiado prolongados con un máximo de una hora por cada cliente.

Adicional a esto se agrega el tiempo de facturación y registro lo que comprende alrededor de una hora más, en total el cliente ocupa dos horas en todos estos pasos, cuando el tiempo óptimo es de treinta y cinco minutos el despacho; mientras que el ingreso y facturación es de unos veinticinco minutos aproximadamente.

## **1.2 Importancia y alcance**

En el transcurso del diagnostico inicial se pudo detectar la necesidad de iniciar un proyecto que permita revisar los procesos del sistema de producción de envasado de cilindros de GLP y llenado de Tanqueros de GLP, con el fin de encontrar posibles errores y en un futuro hacer una propuesta de cambios necesarios requeridos para mejorar la productividad de la nueva planta Envasadora de GLP EL CHORRILLO.

Este estudio deberá aportar aspectos técnicos necesarios y suficientes para presentar esta propuesta a la Gerencia de Transporte y Almacenamiento de GLP. Que aporten a mejorar la productividad de la planta en mención, y así poder obtener una mayor eficiencia y eficacia en sus procesos de producción.

A través de este sistema se pretende mejorar posibles problemas en producción y encontrar soluciones para los problemas en procesos pudiendo ser el resultado el mejoramiento de la productividad en esta planta.

Para obtener mejoras en la producción es necesario implementar un plan de trabajo para el área de envasado para la cual será necesario poner en consideración los siguientes puntos:

- Realizar un plan de mejoras de mejoras continuas que se basará en las mejoras de la productividad basándose en las políticas de calidad análisis de los datos y revisión de la dirección.
- Evaluar los cinco porque en el área de envasado para poder determinar las relaciones de causa y efecto subyacentes a la problemática en dicha área y así poder identificar la causa raíz del problema.
- Recomendar el uso de la teoría de las 5 “S” que se basa en tener un mantenimiento integral del área de trabajo que tiene que ver con clasificación organización limpieza disciplina y compromiso por parte de todos los trabajadores
- Proponer la implementación de un diagrama causa efecto ya que es una herramienta que presenta la relación entre un efecto y todas las posibles causas que lo ocasionan.
- Planificar charlas y capacitaciones para el implemento de las normas de calidad
- Elaborar cronograma de capacitación de la implementación de las normas a los técnicos operadores del envasado.

- Proponer reuniones periódicas para analizar la problemática y mejorar los tiempos de respuesta en el mantenimiento de las áreas eléctricas mecánicas y automatización
- Realizar encuestas a nuestros clientes para la mejora de la productividad
- Diseñar un plan a corto y largo plazo de los objetivos trazados.

### 1.3 Delimitación

El proyecto técnico a realizarse esta estimado en un tiempo de 6 meses a partir de que el consejo de la carrera de ingeniería industrial apruebe el anteproyecto.

Ubicado en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas en el km 23 vía Daule como se muestra en la figura 1:

**Figura 1.** Ubicación de la empresa objetivo de estudio.



**Fuente:** Google Maps.

Este proyecto técnico como recurso académico se toma en cuenta las siguientes materias para la realización del mismo:

- Ingeniería de métodos
- Investigación operativa
- Seguridad e higiene industrial
- Finanzas a corto y largo plazo
- Supervisión industrial
- Administración de proyectos
- Gestión de recursos humanos

#### **1.4 Problema de investigación**

¿De qué forma podría aumentarse la productividad en la empresa envasadora de gas licuado de petróleo del Chorrillo?

#### **1.5 Objetivos del proyecto técnico**

Los objetivos del proyecto técnico se enuncian a continuación:

##### **1.5.1 Objetivo General**

Proponer mejorar a la productividad en una empresa envasadora de gas licuado de petróleo de la Ciudad de Guayaquil.

##### **1.5.2 Objetivos Específicos**

1. Medir los niveles de productividad actual de forma longitudinal mediante la utilización de los indicadores identificados.
2. Analizar las causas que generan deficiencia en los niveles de productividad del trabajo.
3. Proponer mejoras en el sistema de producción que permitan incrementar los niveles de productividad del trabajo.
4. Validar la propuesta de mejora.

#### **1.6 Beneficiarios**

El principal beneficiario de este proyecto es la empresa EP Petroecuador, que optimiza costes y tiempo dentro de su proceso productivo, evitando desperdicios de tiempo en el recorrido y preparación del material, maximizando la confiabilidad de la línea de producción al considerar los factores que inciden en el producto.

Los colaboradores también serían beneficiarios debido a la mejora en la organización de las herramientas y procesos dentro de la línea de producción, la reducción de riesgos y mejora de las condiciones de trabajo. Los departamentos de producción y calidad tendrán la mayor participación dentro del grupo de beneficiarios al contar con áreas mejor distribuidas que faciliten el orden, la limpieza, mantenimientos y mayor control de las líneas de producción. Con esto se logra evitar inconformidades relacionadas con la producción por factores externos beneficiando directamente la atención del cliente final.

## **CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **2.1 Concepto de Productividad**

La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema. En realidad, la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida. (Casavona, 2002)

#### **2.1.1 Características generales**

La productividad evalúa la capacidad de un sistema para elaborar los productos que son requeridos y a la vez el grado en que aprovechan los recursos utilizados, es decir, el valor agregado. Una mayor productividad utilizando los mismos recursos o produciendo los mismos bienes o servicios resulta en una mayor rentabilidad para la empresa. Por ello, el sistema de gestión de la calidad de la empresa trata de aumentar la productividad. La productividad tiene una relación directa con la mejora continua del sistema de gestión de la calidad y gracias a este sistema de calidad se puede prevenir los defectos de calidad del producto y así mejorar los estándares de calidad de la empresa sin que lleguen al usuario final. La productividad va en relación con los estándares de producción. Si se mejoran estos estándares, entonces hay un ahorro de recursos que se reflejan en el aumento de la utilidad y proceso.

#### **2.1.2 Desarrollo de la productividad en las empresas**

El término de productividad global es un concepto que se utiliza en las grandes empresas y organizaciones para contribuir a la mejora de la productividad mediante el estudio y discusión de los factores determinantes de la productividad y de los elementos que intervienen en la misma.

- Estudio de las etapas y cargas de trabajo, así también de cómo están distribuidos.
- Combinar tanto la productividad- calidad.
- Dar diferentes puntos de vista para los apoyos de la producción con el fin de mejorar la eficiencia.
- Estudiar la falta de eficiencia de dos aspectos tanto de los paros técnicos como de los rechazos en la producción.
- Revisión de materiales y obra en curso.
- Asesorar y participar activamente en las mejoras.

Según el psicólogo Frederick Herzberg, motivar significa estimular a una persona creando un entorno propicio para favorecer un comportamiento determinado. Para Herzberg, una de las técnicas más efectivas es el "enriquecimiento del puesto" que consiste en convertir al empleado en responsable de la planificación, la ejecución y la

evaluación de sus tareas. (Casavona, 2002) Por otro lado, una solución que se suele aplicar con el objetivo de aumentar la productividad laboral es el aumento de salario de los empleados, lo que Herzberg señala como un intento de aumentar la productividad negativo, ya que considera que las necesidades de nivel bajo, como la económica, son fáciles y rápidas de cubrir, pero que una vez iniciada la dinámica de subidas salariales es difícil detenerlas. (Más, 2005)

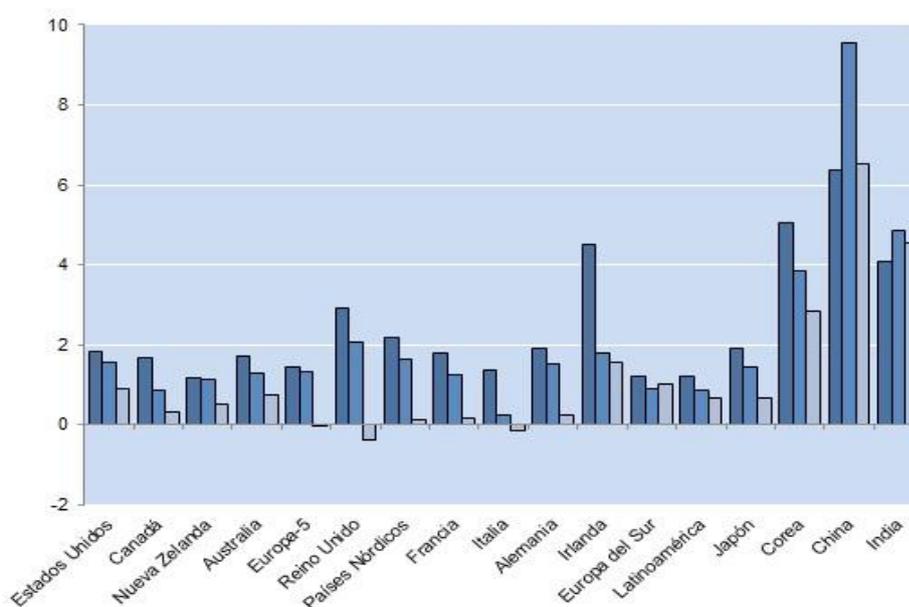
### 2.1.3 Tipos de productividad

Los conceptos básicos que se consideran serán dos: como productividad laboral y como productividad total de los factores (PTF).

#### 2.1.3.1 Productividad laboral

La productividad laboral o productividad por hora trabajada, podemos definirlo como el mayor o menor rendimiento en función del trabajo necesario para el producto final.

**Figura 2.** Productividad por horas en distintos países año 2015



**Fuente:** <http://www.oecd.org/eco/the-future-of-productivity.htm>

Productividad por hora trabajada o productividad laboral entre los países que forman parte de la OCDE en los últimos 10 años, medida como unidad de PIB por hora trabajada.

Las tasas de crecimiento del período son las medias anuales. Los grupos de países se agregan utilizando ponderaciones PIB-PPA. Europa-5 comprende: Austria, Bélgica, Luxemburgo, Países Bajos y Suiza; Países nórdicos incluye: Dinamarca, Finlandia, Islandia, Noruega y Suecia; Europa del Sur comprende: Grecia, Portugal y España; y América Latina comprende: Brasil, Chile y México. Los datos de productividad laboral de China e India se refieren al PIB por trabajador.

### **2.1.3.2 Productividad total de los factores**

La productividad total de los factores (PTF) se define como el aumento o disminución de los rendimientos en la variación de cualquiera de los factores que intervienen en la producción: trabajo, capital o técnica, entre otros.

Se relaciona con el rendimiento del proceso económico medido en unidades físicas o monetarias, por relación entre factores empleados y productos obtenidos. Es uno de los términos que define el objetivo del subsistema técnico de la organización. La productividad en las máquinas y equipos está dada como parte de sus características técnicas. (Zúniga-Gonzalez, 2012)

La productividad total de los factores (PTF) está asociada a la medición de la tecnología y la eficiencia técnica en relación a las variaciones interanuales o ritmo de crecimiento. La Eficiencia técnica puede ser explicada por la eficiencia "pura" y la eficiencia a escala (tamaño de la unidad productiva). Regularmente la PTF debe relacionarse con el ritmo de crecimiento poblacional, de tal manera que la medición de la productividad debe considerar los cambios en la tecnología y como los productores se asocian a esa determinada tecnología para contribuir al ritmo de crecimiento poblacional. (Zúniga-Gonzalez, 2012)

### **2.1.3.3 Productividad marginal**

También conocida como "producto marginal" del insumo, es el producto adicional que se fabrica con una unidad adicional de ese insumo mientras que los otros insumos permanecen constantes. (Samuelson y Nordhaus , 2005)

El principio de productividad marginal decreciente tiene un rol fundamental en la productividad al factor, pues indica que la productividad marginal de cada factor disminuye a medida que más unidades de éste se agregan al proceso de producción (dejando el resto de los factores productivos en una cantidad constante). De esta manera sobrepasar la cantidad óptima de un factor productivo puede resultar incluso en un decrecimiento de la productividad total. (Case, Karl E. & Fair, Ray C., 1999)

## **2.2 Factores que tienen alta influencia en la productividad**

Los factores que más pueden influir en la productividad de una fábrica y de servicios (la productividad agrícola, la productividad ganadera, la productividad forestal, la productividad minera o la productividad pesquera pueden verse afectadas por factores más específicos) son los siguientes:

### **2.2.1 Atribuibles a los diseños y los insumos no laborales**

- **Diseño de los productos o servicios:** si el producto está bien diseñado para que sea fácil producirlo (con los materiales, máquinas y personal de los que se dispone), la productividad será mayor. (Cuatrecasas Arbós, 2011)
- **Estabilidad de los diseños:** cuanto menos cambie un diseño a lo largo del tiempo, mayor será la productividad.

- **Calidad de las materias primas:** una buena calidad de los materiales hará que se tengan menos productos defectuosos. Una buena calidad del suministro eléctrico asegura que la producción se mantiene constante durante toda la jornada de trabajo. (Carro, 2012)
- **Calidad y mantenimiento** de las distintas máquinas que están en la empresa.
- **Calidad que se exige al producto terminado:** exigir una buena calidad con máquinas antiguas o trabajadores con poca capacitación dará como resultado que muchos productos terminados se tengan que desechar ya que no alcanzaran una calidad óptima. En ese caso la empresa deberá adquirir nuevas máquinas o invertir en la formación técnica de los trabajadores. Por otra parte, el fabricar un producto que supere notablemente el nivel de calidad del mercado (por duración, por sabor, etc.) puede ser favorable para la productividad si ese plus de calidad permite venderlo a un precio más elevado que compense los costes extra.
- **Tamaño de la empresa:** el rango de productividad en las empresas grandes es mayor que en las pequeñas. Por ejemplo, una empresa europea de más de 250 trabajadores muestran una productividad más o menos 65 % superior a la media, mientras que las de menor tamaño presentan una productividad aproximadamente la mitad de la media. (Carro, 2012)

### 2.2.2 Atribuibles a la organización del trabajo

- **Disposición y utilización del espacio:** la productividad será mayor si es el mínimo posible (o el más rápido) el recorrido de la materia prima sobre la que se va actuando hasta conseguir el producto. Así mismo será mayor si hay espacio suficiente para realizar sin interrupciones todas las operaciones de manipulación o abastecimiento. (Cuatrecasas Arbós, 2011)
- **Método de trabajo:** la productividad de un método de trabajo eficiente será mucho mayor.
- **Planificación de los insumos:** si está bien planificada la llegada de materias primas para que siempre las haya disponibles, la productividad será mayor que si se agota una de ellas y hay que parar la producción hasta reponerla.
- **Entorno:** la productividad será mayor si la iluminación es buena, si el nivel de ruido no sobrepasa el límite necesario para que los trabajadores puedan concentrarse (en tareas necesariamente ruidosas, la productividad será mayor si los trabajadores cuentan con protección acústica adecuada), si la temperatura está en los niveles de confort (entre 18 y 24°C), si no hay polvo ni suciedad, etc. (Casavona, 2002)
- **Tiempos de trabajo:** la productividad será mayor si el tiempo está bien distribuido entre los períodos de la jornada laboral en que se trabaja sin interrupción y los períodos de descanso. Los trabajadores agotados rinden menos, se equivocan más, tienen más accidentes y se ponen enfermos más a menudo. (Rincón de Parra, 2001)

- **Riesgo de accidentes:** la productividad será mayor si el riesgo de accidentes es bajo. (Cuatrecasas Arbós, 2011)

### 2.2.3 Atribuibles a los trabajadores

- **Formación:** la productividad será mayor si los trabajadores tienen la formación suficiente para manejar las máquinas y equipos informáticos necesarios, y han practicado esta formación el tiempo suficiente.
- **Estado físico de los trabajadores:** la productividad será mayor si los trabajadores están bien nutridos, han dormido lo suficiente, no están enfermos y no toman drogas.
- **Motivación:** la productividad será mayor si los trabajadores están motivados, lo que puede conseguirse con un entorno de trabajo agradable, unos sueldos adecuados, respeto y consideración por parte de los superiores, etc. Un estudio de la Universidad de Warwick cifra en un 12 % el aumento de productividad si los trabajadores son felices. (Cuatrecasas Arbós, 2011)
- **Absentismo:** la productividad será mayor cuanto menor sea el absentismo laboral.
- **Puntualidad:** mientras más puntual sea el personal la productividad será mayor ya que no habrá retrasos innecesarios.

### 2.2.4 Atribuibles a condiciones externas

- **Mercadotecnia:** supongamos que una empresa tiene capacidad para producir 900 unidades diarias de un producto. Pero como solo consigue vender 700, solo produce 700. Decide entonces emprender una campaña publicitaria, con lo que sus ventas aumentan a 850, e incrementa la producción (sin necesidad de contratar nuevos trabajadores ni ampliar sus instalaciones) para responder a ese incremento de demanda. De esta forma la productividad de la empresa ha aumentado. Un estudio del desarrollo en 2009 concluye que la innovación en la gestión y en el marketing aumenta la productividad. (Casavona, 2002)
- **Internacionalización:** las empresas que exportan presentan mayor productividad, aunque lo más probable es que primero consigan esa productividad y luego, gracias a ella, consigan exportar con éxito. (Zúniga-Gonzalez, 2012)
- **Entorno económico:** los ciclos de crecimiento y desaceleración afectan a la evolución de la productividad. Entre 2007 y 2009 (crisis) en la Unión Europea la productividad crece 2 puntos porcentuales menos que en el período expansivo 1995-2007. En España, sin embargo, durante la crisis, la productividad creció al 2,6 %, debido a la fuerte destrucción de empleo (menos trabajadores tuvieron que producir una cantidad parecida de bienes y servicios).

### 2.3 Mejora de la productividad

La productividad se puede ver reflejada de una manera sencilla mediante entradas y salidas, como se detalla en la ecuación 1:

**Ecuación 1.** Ecuación básica de la Productividad

$$Productividad = \frac{Salida}{Entradas}$$

**Fuente:** Productividad y competitividad. Carro, R., & González Gómez, D. A. (Carro, 2012)

Las entradas son mano de obra, materias primas, maquinaria, energía y capital. La salida es el producto o servicio. Teniendo esto en cuenta se puede mejorar la productividad consiguiendo:

- Una mayor salida con las mismas entradas
- Idéntica salida con menores entradas
- Incrementar la salida con menores entradas
- Incrementar salida en mayor proporción que las entradas
- Disminuir la salida en menor proporción que las entradas

La mejora de la productividad se obtiene con mejoras en:

- **Tecnología:** las mejoras en la tecnología resultan en un aumento de la producción marginal del factor que experimentó el avance tecnológico. De esta manera se puede aumentar la producción total sin gastar más recursos en la implementación de otros insumos. (Cuatrecasas Arbós, 2011)
- **Organización:** Una buena organización aumenta la eficiencia de los procesos, al hacer que todos los parámetros funcionen dentro de un sistema que establece papeles específicos para cada uno. De esta manera las distintas partes no interferirán entre sí y sabrán cómo y cuándo actuar teniendo en cuenta lo que los demás hacen. (Rincón de Parra, 2001)
- **Recursos humanos:** Mientras haya una mayor estimulación en los trabajadores la productividad será mayor.
- **Relaciones laborales:** Trabajo en equipo armónico y sincronizado en condiciones ambientalmente favorables, manteniendo valores como el respeto, servicio, entre otros. (Zúniga-Gonzalez, 2012)
- **Condiciones de trabajo:** Es necesario que cada trabajador cuente con las herramientas necesarias para realizar su trabajo eficientemente, al haber carencias entonces la productividad se verá afectada pues habrá una parte de la tarea que no se podrá cumplir por deficiencias técnicas. Además, es necesario

asegurarse de mantener a los trabajadores en condiciones de trabajo dignas en cuanto a sanidad, seguridad y jornadas de descanso de manera de no denigrar su fuente de ingresos y cumplir también con las leyes locales en cuanto a estos temas. (Cuatrecasas Arbós, 2011)

- **Calidad:** Para generar un incremento en la productividad es necesario dar prioridad a las estrategias de garantía de calidad, para obtener una mayor confiabilidad en cuanto a los clientes estratégicos. Además, genera una minimización de costos y un aumento directamente proporcional en la productividad. (Rincón de Parra, 2001)

## **2.4 Marco legal para plantas envasadoras de GLP**

### **2.4.1 NTE INEN 116:2009 Cilindros para GLP de Uso Doméstico. Válvulas.**

**Requisitos e Inspección** (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

#### **2.4.1.1 Objeto**

Esta norma establece los requisitos generales de construcción y los métodos de ensayo a los que deben someterse las válvulas, tipo acoplamiento rápido, destinadas a cilindros para gas licuado de petróleo-GLP de uso doméstico. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

#### **2.4.1.2 Alcance**

Esta norma se aplica a las válvulas destinadas a cilindros para gas licuado de petróleo, con capacidad de agua de hasta 40 litros (dm<sup>3</sup>). (INEN, 2008 vigente)

#### **2.4.1.3 Definiciones**

Para efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

- a) Válvula:** Es un dispositivo mecánico, normalmente cerrado, que permite el paso del gas licuado de petróleo, de acuerdo con el accionamiento del regulador de presión con el que va acoplado.
- b) Mecanismo de apertura y cierre:** Es un conjunto de piezas, montadas en el interior de la carcasa que, al ser accionadas por el regulador de presión, permite el paso del flujo de gas. (INEN, 2008 vigente)
- c) Carcasa (ver figura 1):** Es el cuerpo rígido de la válvula que está conformado por tres secciones:
  - Sección superior, que permite el acople con el regulador.
  - Sección central, de forma tal que permita la utilización de una herramienta adecuada para la instalación de la válvula.
  - Sección inferior, parte roscada de la válvula que acopla en la porta válvula, y que aloja en su interior el mecanismo de apertura y cierre. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- d) Empaquetaduras:** Son los elementos que permiten una unión hermética entre:

- El mecanismo de apertura, cierre de la válvula y la carcasa.
- El regulador de presión y la válvula.

e) **Entrada de la válvula:** Es la parte de la válvula por donde ingresará el gas licuado de petróleo-GLP contenido en el cilindro.

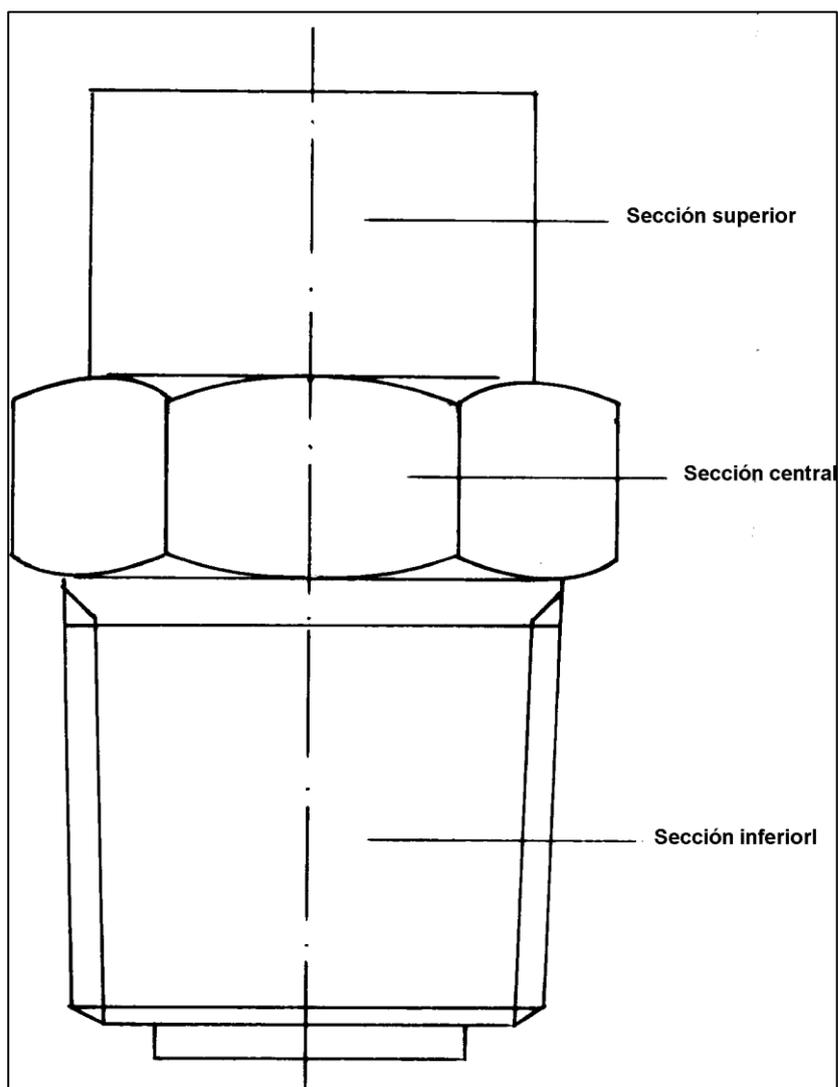
f) **Salida de la válvula:** Es la parte de la válvula que se conecta al regulador de presión de GLP. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

#### 2.4.1.4 Requisitos

a) **Requisitos específicos:** dimensionales, materiales, funcionamiento e identificación. (INEN, 2008 vigente)

a.1) **Dimensionales:** Las dimensiones de las partes de la carcasa deben estar de acuerdo con:

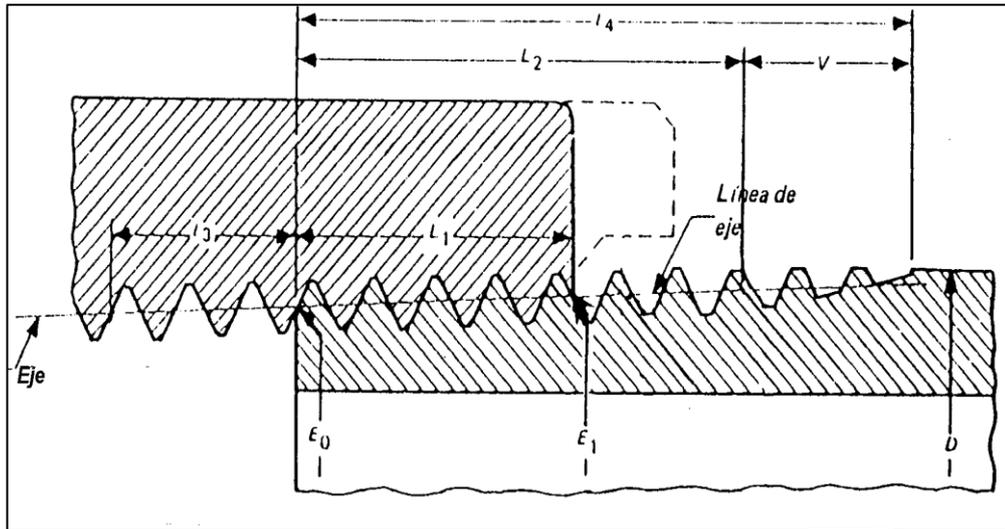
**Figura 3.** Válvula para cilindro de 15 kg de capacidad



**Fuente:** Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009

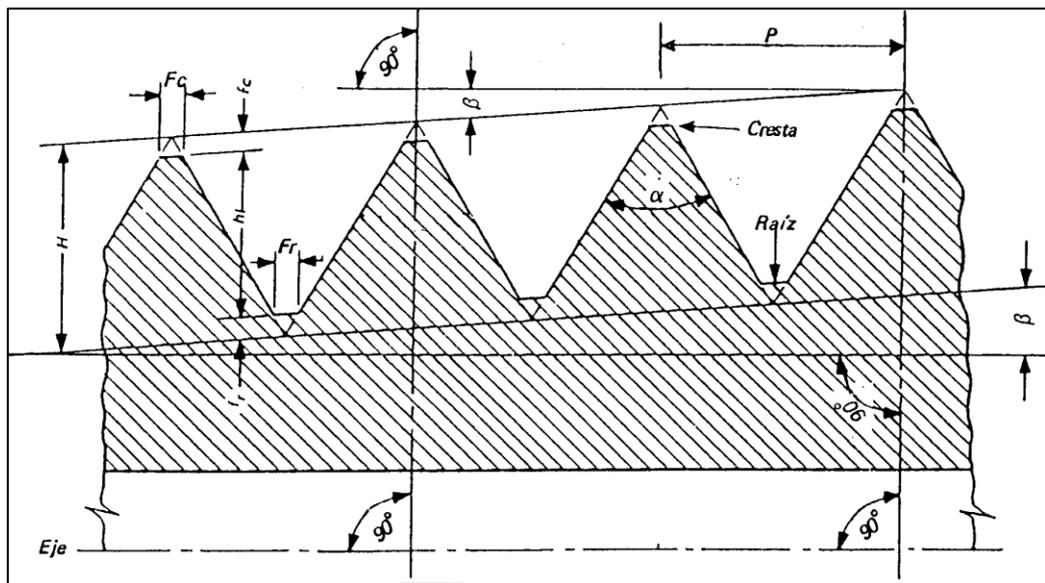
- La sección superior, diseñada para el acople con el regulador de presión.
- La sección inferior, diseñada para cumplir con los requisitos dimensionales de la rosca 20-14 NGT (tabla 1) y de acuerdo con lo que se ilustra en las figuras 4 y 5 (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

**Figura 4.** Longitudes básicas de la rosca



**Fuente:** Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009

**Figura 5.** Dimensiones de la rosca de la válvula



**Fuente:** (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

**Tabla 1.** Dimensiones básicas de la rosca 20-14 NGT (GAS).

DEFINICIÓN *	SÍMBOLO/ Unidad **	DIMENSIONES	
		mín.	máx.
Diámetro exterior del tubo	D (mm)	26,67	--
Número de hilos en 25,4 mm	n (hilos)	14	--
Paso de la rosca	P (mm)	1,74	1,89
Altura real de la rosca	h1 (mm)	1,288	1,451
Truncado de la cresta	fc (mm)	0,061	0,142
Truncado de la raíz	fr (mm)	0,061	0,142
Ancho de la cresta	Fc (mm)	0,069	0,163
Ancho de la raíz	Fr (mm)	0,069	0,163
Longitud de roscado a mano	L1 (mm)	6,79	--
Longitud básica de rosca útil	L2 (mm)	13,86	--
Longitud de rosca imperfecta	V (mm)	20,16	6,30
Longitud total	L4 (mm)	1°38'	--
Conicidad sobre la línea de paso	$\beta$ (° grados)	58°	2°05'
Ángulo de los flancos de la rosca	$\alpha$ (° grados)		62°

**Fuente:** (INEN, 2008 vigente)

(Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

### a.2) Material

- **Carcasa,** es el material de la carcasa debe ser de aleación de cobre u otro material que no produzca chispa:
  - **Características químicas:** El material utilizado en la construcción de la carcasa de la válvula, no debe reaccionar con el gas licuado de petróleo.
  - **Características mecánicas:** La materia prima para la carcasa de la válvula debe cumplir con lo especificado en la tabla 2. (INEN, 2008 vigente)
  - **Fabricación:** La carcasa debe ser fabricada mediante procedimientos que aseguren un producto exento de foliaciones, repliegues, porosidades, fisuras o cualquier otro defecto y debe cumplir con las especificaciones y ensayos de esta norma. (INEN, 2008 vigente)

**Tabla 2.** Propiedades mecánicas de la materia prima para la carcasa de la válvula

Material	Resistencia a tracción* Mpa (mín.)	Alargamiento* % (mín)	Dureza Vickers HV10 (min)	Dureza Brinell HB (min)	Dureza Rockwel 1 HRB (min)
Aleaciones de Cobre	400	18	120	110	65
	460	12	130	125	70

NOTAS:  
\* Con probeta de 50 mm entre marcas y diámetro entre 6 y 18 mm de zona calibrada, y a una velocidad de ensayo de 2 mm/minuto  
- Los ensayos de dureza se realizarán de acuerdo a NTE INEN 124, o 123 o 125 respectivamente. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

**Fuente:** Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009

- **Mecanismo de apertura y cierre:** El material del que están hechas las piezas componentes de este mecanismo debe cumplir con los requisitos establecidos en 4.1.2.1 literales a) y b), en lo que corresponda y no presentar una variación en volumen mayor a 3% luego del ensayo de envejecimiento acelerado y una variación en la dureza menor al 2% luego del ensayo de contacto con GLP (ver 6.2) (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009) para piezas no metálicas.
- **Empaquetaduras:** Las empaquetaduras deben tener suficiente elasticidad para producir un cierre hermético, poseer escasa adherencia con las paredes, tanto del cuerpo de la válvula, como con la entrada del regulador de presión y cumplir con el ensayo de envejecimiento acelerado (6.1), acoplarse a la cavidad sin juego en el diámetro ni en el espesor, ser de difícil extracción para el usuario y no reaccionar con el GLP. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- **Vástago o pistón:** El vástago debe ser construido con material de igual o mejor calidad del cuerpo de la válvula y poseer en su conformación el alojamiento para el elemento obturante, de tal forma que imposibilite su separación durante el funcionamiento. El desplazamiento del vástago debe permitir la salida del adecuado volumen de gas, sin posibilidad de inclinarse o atascarse en su funcionamiento. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)
- **Resorte de empuje:** El resorte de empuje tiene que ser de material resistente al GLP, contribuyendo al cierre hermético del conjunto. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

- **Elemento de fijación:** El elemento puede ser del mismo material que el cuerpo de la válvula o de otro que garantice su estabilidad y seguridad; poseer en su estructura orificios para el paso del gas y en su periferia, en caso de ser roscado llevar cortada una rosca de por lo menos cuatro filetes completos para el ajuste, alineación y fijación al cuerpo de la válvula del mecanismo de apertura y cierre. El elemento debe ser fijado al cuerpo de la válvula por cualquier medio que impida su movilización. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

**a.3) Funcionamiento.** Según la normativa (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009) La válvula armada debe satisfacer los ensayos de funcionamiento forzado, impacto y torque y estar de acuerdo con los requisitos establecidos en las tablas 1, 2 y 3.

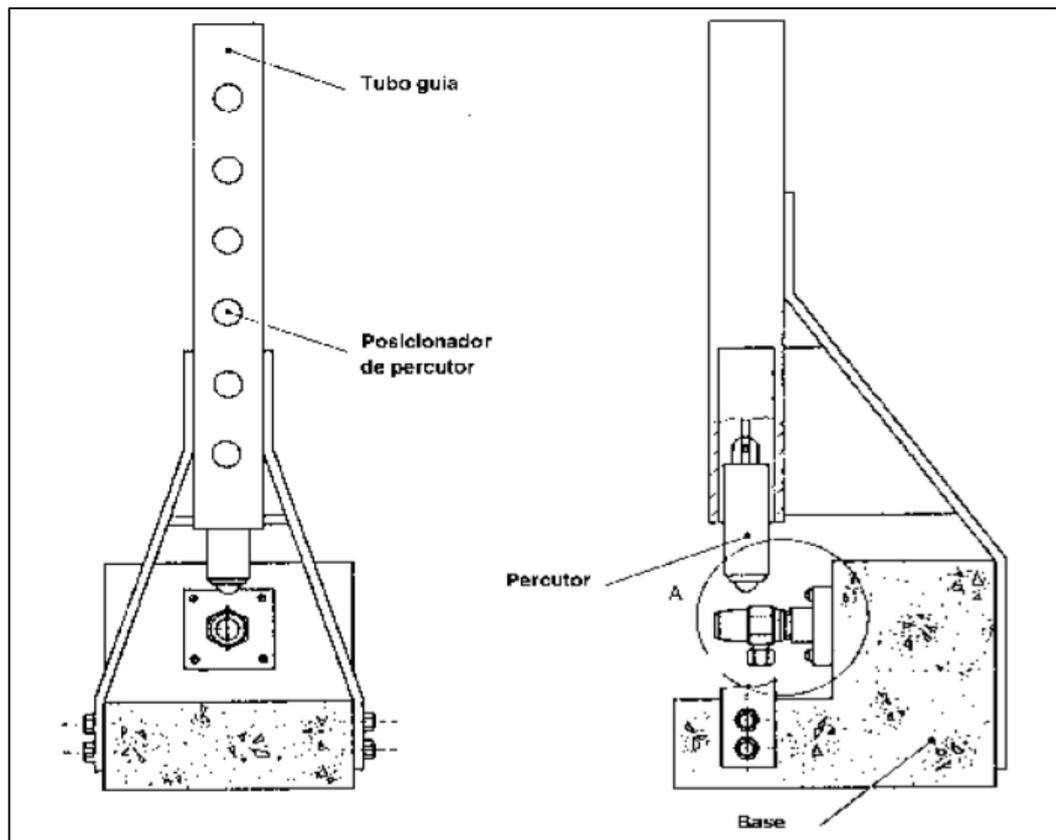
**Funcionamiento forzado.** Todas las válvulas sometidas a este ensayo no deben presentar signos de deterioro, fisuras, grietas, hoyos y obturación del mecanismo de apertura y cierre y cumplir con lo especificado en 6.3. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

- **Impacto.** La válvula armada debe resistir el impacto vertical de 6 kg, mínimo, a una velocidad de 3 m/s ejecutado de acuerdo a 6.4 (ver figura 4).
- **Torque.** La válvula armada debe resistir un esfuerzo de torque mínimo de 110 N-m, realizado de acuerdo con 6.5 y con el equipo adecuado para cada tipo de válvula. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

#### a.4) Identificación

- Todas las válvulas deben tener en la carcasa de manera clara y que no tenga la posibilidad de borrarse o deteriorarse en el tiempo de vida útil de la válvula, (grabada, moldeada o estampada) la información siguiente (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)
  - El lote al que pertenecen,
  - La empresa fabricante,
  - Fecha de fabricación,
  - Hecho en el Ecuador o, país de origen.
- Cuando la identificación este en la sección de ajuste, debe ser en bajo relieve (estampada).

**Figura 6.** Equipo para ensayo de impacto en válvulas



**Fuente:** Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009

## b) Requisitos complementarios

**b.1) Almacenamiento:** Las válvulas armadas y terminadas para efectos de almacenamiento y transporte deben ser colocadas en cajas de cartón corrugado, madera, plástico, etc., con separadores para prevenir que el choque entre ellas pueda ocasionar el deterioro de la rosca. El número de válvulas contenidas en las cajas será determinado de acuerdo con los números preferidos. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

## b.2) Certificado.

- Todos los lotes de válvulas deben estar amparados por un certificado de conformidad con norma, emitido por el INEN. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

**Tabla 3.** Ensayos en piezas y válvula armada

PIEZAS A ENSAYAR	ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO
Piezas metálicas  Piezas no metálicas Válvula completa	Resistencia a la tracción Dureza: Brinell Vickers Rockwell Envejecimiento acelerado en estufa Contacto con GLP Funcionamiento forzado Impacto Torque	NTE INEN 109 * NTE INEN 123 * NTE INEN 124 * NTE INEN 125 * Ver 6.1 Ver 6.2 Ver 6.3 Ver 6.4 Ver 6.5
* De acuerdo con el material utilizado		

**Fuente:** Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009

### 2.4.1.5 Inspección

#### a) Muestreo

**a.1) Materia prima.** - Los certificados de origen de la materia prima y otros serán aceptados por el INEN, siempre y cuando cumplan con los requisitos establecidos en esta norma. El INEN se reserva el derecho de realizar el muestreo, ensayos de características químicas y mecánicas cuando lo creyere conveniente. El muestreo se realizará, extrayendo de los paquetes, bultos, atados o como fuesen enviados por las empresas productoras del país o del exterior, debiendo hacerlo en la bodega del productor o del usuario, como paso previo a su distribución, venta y/o uso. La muestra será tomada, al azar, utilizando el procedimiento establecido en la NTE INEN 255; Plan de muestreo simple para inspección normal, usando un Nivel de Aceptación 3 y con un AQL del 4%, considerando lotes de 25 toneladas o parte de este. La materia prima podrá utilizarse para la fabricación de válvulas, siempre y cuando cuenten con una certificación y autorización previa del INEN. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

**a.2) Válvulas.** - Para establecer el plan de muestreo, se debe usar el procedimiento establecido en la NTE INEN 255, utilizando un plan de muestreo simple para inspección normal con nivel de aceptación S-3 y un AQL del 4%. El lote del cuál va a extraerse la muestra para los ensayos respectivos, debe estar definido e identificado previamente; luego de tomada la muestra, debe sellarse y aislarse del resto de lotes, hasta que sea aprobado o rechazado. (Norma Técnica Ecuatoriana

NTE INEN 327, 2011) La muestra de válvulas tomada del lote en consideración, debe marcarse y colocarse en recipientes o elementos adecuados, que no ocasionen daño a la estructura física de la válvula, especialmente de la rosca, al ser transportadas al laboratorio en el que va a realizarse los ensayos. Todos y cada uno de los elementos de la muestra (válvulas), deben ser ensayados. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

## **b) Aceptación o rechazo**

**b.1) Materia prima:** La materia prima será aceptada si cumple con todos los requisitos especificados en esta norma (tabla 2). (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

**b.2) Válvulas:** El lote de válvulas será aceptado, una vez que cumpla los ensayos de funcionamiento forzado, impacto y torque, y todas las especificaciones y requisitos establecidos en esta norma. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

- Si el número de válvulas defectuosas sobrepasa el de aceptación, el lote será rechazado y se procederá a su destrucción.

### **2.4.1.6 Métodos de ensayo**

#### **a) Ensayo de envejecimiento acelerado en estufa**

**a.1) Resumen:** El método consiste en comprobar el comportamiento de las piezas no metálicas utilizadas en la válvula, cuando están sometidas a envejecimiento acelerado. (INEN, 2008 vigente)

**a.2) Equipo:** Se debe contar con una estufa de temperatura variable y posibilidad de fijación a una cierta temperatura, por un largo período de tiempo, con una variación de  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , contando con elementos que permitan tener suspendidas a las piezas sometidas a este ensayo (pinzas, sujetadores, etc.). (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

**a.3) Preparación de la muestra:** Las probetas deben ser las que se utilizan en las válvulas, acompañadas de tramos del mismo material, laminado de forma rectangular de relación 1/2 en sus dimensiones, preferentemente 25 mm x 50 mm; y cuando dos o más elementos conformen una pieza, ésta debe ser ensayada en ese estado. Todas las piezas que se van a ensayar, deben limpiarse perfectamente, para evitar la presencia de polvos, impurezas u otros materiales que afecten al ensayo. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

#### **a.4) Procedimiento**

- En cada probeta que se va a ensayar, colocar un sujetador; en caso de contar con sujetadores múltiples, insertar el número de probetas necesarias, con sumo cuidado, procurando no dañarlas en el montaje. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- Colocar los sujetadores con las probetas en la estufa, separadamente, sin que tengan posibilidad de chocar unas con otras, con el suficiente espacio para la circulación del aire caliente. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- Encender la estufa y elevar la temperatura hasta 70°C; cuando ésta se haya alcanzado, enclavarla y mantenerla por espacio de 70 horas. Luego de cumplido el tiempo especificado, apagar la estufa y retirar las probetas ensayadas, someterlas a un enfriamiento, a temperatura ambiente, por 30 minutos; determinar y registrar el estado en el que se encuentra cada probeta. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

#### **a.5) Informe de resultados**

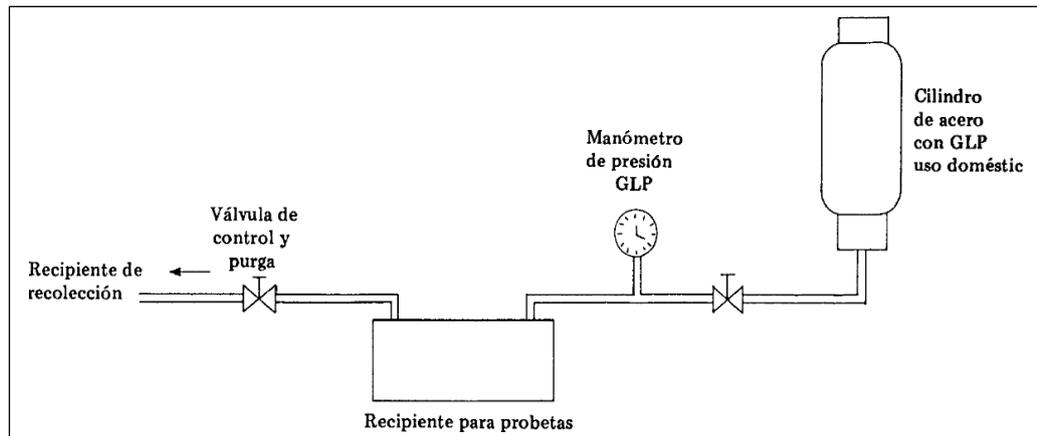
- En el informe debe constar de:
  - El estado general de las probetas luego del ensayo.
  - Porcentaje de deformación, hinchazón o deterioro, con referencia a la inicial.
  - Cualquier otro defecto observado durante el ensayo.

#### **b) Ensayo de contacto con GLP**

**b.1) Resumen:** El método consiste en determinar el cambio en el volumen y en la dureza de las piezas no metálicas de una válvula, cuando están sometidas a la acción del gas licuado de petróleo, GLP. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

**b.2) Equipo:** Para determinar el cambio de volumen en piezas no metálicas de las válvulas, es necesario contar con un equipo que permita introducir y extraer las probetas, un cierre hermético durante todo el ensayo, entrada del GLP en forma líquida, extracción del gas, incluido un cilindro de acero lleno de gas, accesorios y mangueras (ver figura 7). (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

**Figura 7.** Diagrama de equipo para ensayo de contacto con GLP.



**Fuente:** Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009

Para determinar la dureza de la probeta se debe utilizar un durómetro de escala Irhd, según la NTE INEN 887.

**b.3) Reactivos:** El reactivo utilizado será el GLP que se usa como combustible doméstico en el país. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

#### **b.4) Preparación de las probetas**

- Las probetas para este ensayo deben ser, las mismas que se utilizan en las válvulas y con tramos del mismo material laminado, de forma rectangular en relación de dimensiones 1/2, preferentemente de 25 mm x 50 mm. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)
- Cuando dos o más elementos conforman una pieza, esta debe ser ensayada en ese estado.
- Todas las probetas, antes de ser sometidas al ensayo, deben limpiarse perfectamente. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

#### **b.5) Procedimiento**

- Realizar la medición del ancho, largo y espesor, en tres puntos diferentes de las probetas previamente señalizados, con un instrumento de medida que permita una apreciación de 0,01 mm. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- Colocar las probetas en el interior de la caja del equipo, cerrar la compuerta hermética, introducir el GLP de uso doméstico a la caja, verificar que en el interior de la caja esté el gas líquido, y mantenerlo en esta condición por un período de 72 horas  $\pm$  2 horas, controlando esporádicamente que el gas se mantenga en estado líquido en el interior de la caja. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

- Luego de cumplido el tiempo establecido, evacuar el gas del interior de la caja, extraer las probetas y observar el cambio que se haya producido o no en ellas (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
  - Medir las probetas como comparar con los datos iniciales y determinar la variación en volumen. , (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
  - Determinar la dureza de cada probeta como en comparar con los datos iniciales y determinar la variación en dureza. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

#### **b.6) Informe de resultados**

En el informe debe constar lo siguiente:

- la variación en volumen de la pieza ensayada.
- la variación de la dureza en la probeta ensayada.
- cualquier otro defecto observado durante el ensayo. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

#### **c) Ensayo de funcionamiento forzado**

##### **c.1) Ensayos dimensionales**

- **Resumen:** El ensayo consiste en determinar las dimensiones de la rosca de la válvula y definir su acoplamiento con la porta válvula. (INEN, 2008 vigente)
- **Equipo:** Para la ejecución de estos ensayos, es necesario contar con máquinas, equipos, instrumentos y herramientas de medición que permitan verificar lo establecido. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- **Preparación de las probetas:** Las roscas de las válvulas a ensayar deben estar limpias. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)
- **Procedimiento:** Sujetar la válvula y realizar las mediciones establecidas en la tabla 1 con uno de los procedimientos normalizados (graficador de perfiles, proyector de perfiles, los tres alambres, patrones de conicidad, calibres, calibradores o micrómetros). Para la comprobación del roscado a mano, debe utilizarse un calibre patrón de ajuste para inspección 20-14 NGT. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- **Informe de resultados:** En el informe debe constar:
  - Fecha de medición.
  - Temperatura del medio ambiente.
  - Instrumento de medida utilizado y mínima graduación.

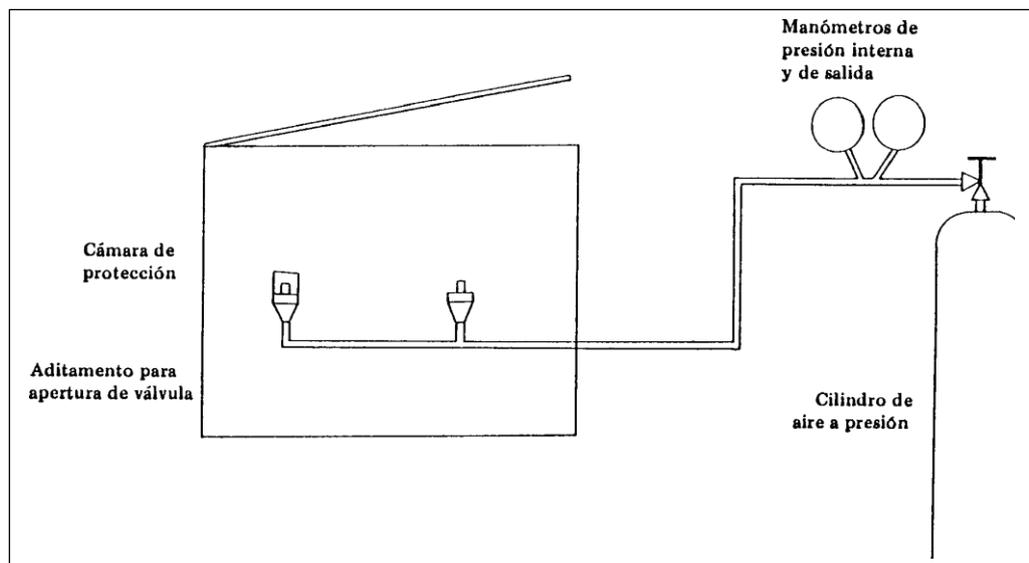
- Número de mediciones realizadas en cada elemento.
  - Desviación estándar del grupo de mediciones.
  - Nombre y firma de responsabilidad del Técnico que realizó las determinaciones.
  - Análisis de resultados obtenidos.
- (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

### c.2) Ensayo de presión

- **Ensayo de baja presión (presión neumática)**

- Consiste en determinar la presencia o ausencia de fugas cuando la válvula está sometida a la acción del aire a una presión de 0,1 MPa. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)
- **Equipo:** Para la ejecución de este ensayo es necesario contar con un equipo, máquinas, instrumentos y herramientas para aire a presión o nitrógeno, incluidos los accesorios necesarios para medir la presión de ensayo (ver figura 8). (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

**Figura 8.** Diagrama para ensayo de presión neumática



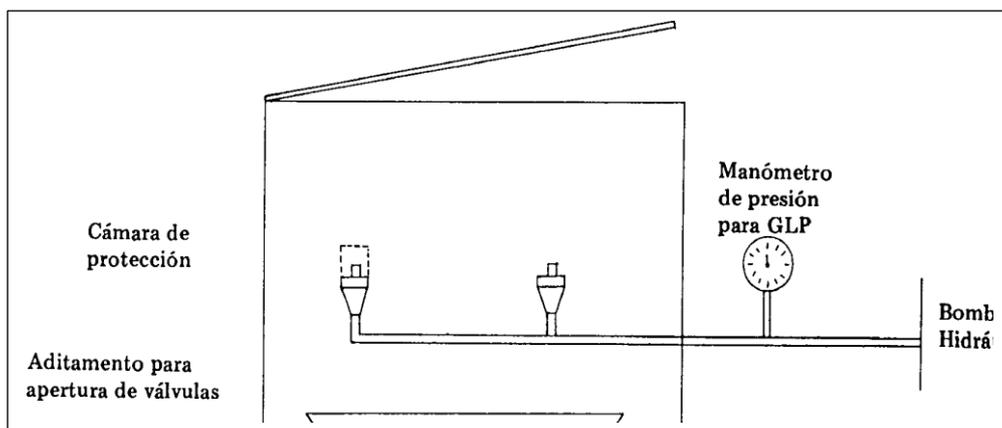
**Fuente:** Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009

- **Preparación de las probetas:** Limpiar perfectamente las probetas, tanto interna como externamente, luego, colocar capas arrolladas de cinta de poli tetrafluoretileno u otro material que permita un cierre hermético, entre la rosca de la válvula y la del equipo de ensayo. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)
- **Procedimiento:** Instalar las válvulas en el equipo de ensayo, y con una

herramienta adecuada para la sección central o de ajuste de la válvula a ensayarse, apretarla al soporte con un torque mínimo de 60 Nm. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

- En posición cerrada, aplicar por la entrada de la válvula una presión neumática de 0,1Mpa, utilizando gases inertes (aire o nitrógeno).
  - Registrar si existen o no fugas, que serán observadas, cuando previamente se coloque agua en la cavidad superior de la válvula. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)
- **Ensayo de alta presión (presión hidráulica)**
    - **Resumen:** Consiste en determinar la presencia o ausencia de fugas o fallas estructurales en el cuerpo de la válvula, cuando es sometida a una presión hidráulica de 4,5 MPa. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
    - **Equipo:** Para la ejecución de este ensayo, es necesario contar con un equipo que permita la instalación de dos o más válvulas y que provea presión hasta 10 MPa, sea en forma manual o automática (ver figura 9). (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

**Figura 9.** Diagrama para ensayo de presión hidráulica.



**Fuente:** Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009

- **Preparación de las probetas:** La rosca de las válvulas debe estar limpias, y colocar capas arrolladas de cinta de politetrafluoroetileno u otro material que permita un cierre hermético, entre la rosca de la válvula y la del equipo de ensayo. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)
- **Procedimiento:** Con una herramienta adecuada para la sección central o de

ajuste de la válvula que va a ensayarse, apretarla al soporte con un torque mínimo de 60 Nm. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

- En posición cerrada, aplicar, por la entrada de la válvula, una presión hidráulica de 4,5 MPa. d.2) Alcanzada la presión de ensayo, mantenerla por espacio de un minuto, observando si no existen fugas y/o fallas estructurales en el cuerpo de la válvula durante este tiempo y registrarlo.  
(Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

### c.3) Ensayo de contacto con gas licuado de petróleo

- **Resumen:** Consiste en determinar si existe daño o no de las partes no metálicas, cuando es sometido a la acción del GLP. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)
- **Equipo:** Para la ejecución de este ensayo, es necesario contar con el equipo adecuado, los aditamentos y accesorios para mantener las válvulas en contacto con GLP en fase líquida. (Ejemplo ver figura 7). (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- **Preparación de las probetas:** Las válvulas deben estar libres de impurezas antes de ser colocadas en el equipo de ensayo.
- **Procedimiento**
  - Colocar las válvulas en el equipo de ensayo, con el aditamento que mantiene la posición abierta.
  - Comprobar que el gas esté en forma líquida y, en estas condiciones, dejarlas por espacio de 72 horas.
  - Comprobar, por lo menos cada 24 horas, que el gas esté en estado líquido en el interior del equipo de ensayo.
  - Inmediatamente después, extraer las válvulas del equipo y repetir los ensayos de (baja presión) , alta presión y proceder de manera similar a (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

### c.4) Ensayo de comportamiento a altas temperaturas

- **Resumen:** Consiste en comprobar el funcionamiento normal de la válvula a baja y alta presión, luego que esta es sometida a altas temperaturas por un período de tiempo. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)
- **Equipo:** Para la ejecución de este ensayo se debe contar con una estufa, con un sistema de fijación, que permita mantener una temperatura determinada por un período largo de tiempo. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- **Preparación de las probetas:** Previamente a la colocación de las válvulas en la estufa, éstas deben limpiárselas perfectamente.
- **Procedimiento:** Colocar separadamente las válvulas en el interior de la estufa, para permitir la transmisión de la temperatura por todo el cuerpo. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

- Encender la estufa y fijar la temperatura en 70°C; tomar el tiempo de ensayo desde que la temperatura haya llegado a 70°C y dejarla por espacio de 70 horas. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- Inmediatamente después, someter a todas las válvulas a los ensayos de baja presión, de alta presión y proceder de manera similar a (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

#### c.5) Ensayo de comportamiento a bajas temperaturas

- **Resumen:** Consiste en comprobar el funcionamiento normal de la válvula, a baja y alta presión, luego de que está sometida a baja temperatura (-20°C) por un período de tiempo. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
  - **Equipo:** Para la ejecución de este ensayo se debe contar con un congelador que tenga control de temperatura. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)
  - **Preparación de las probetas:** Previamente a la colocación de las válvulas en el congelador, deben limpiárselas perfectamente.
  - **Procedimiento:** Colocar separadamente las válvulas en el interior del congelador, permitiendo la circulación de la temperatura por todo el cuerpo de las válvulas. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- La temperatura de ensayo es de - 20°C ± 5°C, por espacio de 70 horas.
  - Inmediatamente después, someter a todas las válvulas a los ensayos de baja presión, alta presión y proceder de manera similar a (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

#### c.7) Ensayo de operación continúa

- **Resumen:** Consiste en comprobar el funcionamiento normal de la válvula a baja y alta presión luego de que el mecanismo de apertura y cierre, ha sido sometido a una operación continua (1 500 ciclos). (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- **Equipo:** Para la ejecución de este ensayo, se debe contar con un equipo que permita el accionamiento del mecanismo de apertura y cierre de las válvulas. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- **Preparación de las probetas:** Previamente al montaje de las válvulas en el equipo de operación continua, éstas deben limpiarse perfectamente.
- **Procedimiento:** Colocar las válvulas en el equipo, ajustar el mecanismo de accionamiento del sistema de apertura y cierre de la válvula para un desplazamiento máximo de 70% de la apertura de diseño, poner en cero el contador mecánico y someter a cada válvula a 1 500 ciclos seguidos de apertura y cierre totales a intervalo de 4 segundos ± 1 segundo cada ciclo. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

- Inmediatamente después someter a todas las válvulas a ensayos de baja presión, alta presión y proceder de manera similar a (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

#### **c.8) Ensayo de vibración forzada**

- **Resumen:** Consiste en la verificación del funcionamiento normal de la válvula a baja y alta presión, luego de ser sometida a vibración por un determinado período de tiempo. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
  - **Equipo:** Para la ejecución de este ensayo es necesario contar con un equipo o máquina vibratoria, de movimiento vertical, de frecuencia regulable de 10 Hz a 200 Hz, con regulación en su amplitud y que, en su estructura, cuente con aditamentos para el montaje de las válvulas, objeto de ensayo, en forma vertical. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
  - **Preparación de las probetas:** Previamente al montaje de las válvulas en el equipo, éstas deben limpiarse perfectamente.
  - **Procedimiento:** Instalar las válvulas en el equipo, ajustarlas con una presión de 30 Nm, regular la frecuencia en 50 ciclos  $\pm$  10 ciclos por segundo y la amplitud ; encender la máquina por espacio de 60 minutos  $\pm$  5 minutos; terminado el ensayo, parar la máquina y extraer las probetas. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- 
- Inmediatamente después someter a todas las válvulas a ensayos de baja presión alta presión y proceder de manera similar a (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

#### **c.9) Informe de resultados**

- En cada uno de los ensayos realizados se debe observar e informar los siguientes aspectos:
  - La apariencia general de las válvulas, luego de cada ensayo.
  - El hecho de que hayan existido o no fugas durante los ensayos de presión.
  - La presencia de desprendimiento de material de la carcasa, fallas de funcionamiento, aflojamientos o roturas durante el ensayo.
  - Si se han presentado o no, obstrucciones, adherencias o deterioro de las partes no metálicas de la válvula.
  - Registrar las condiciones en las que se efectuó el ensayo, si las fallas encontradas afectan o no al funcionamiento normal, quien realizó el ensayo y condiciones ajenas que pueden perjudicar al ensayo. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

#### **d) Ensayo de impacto**

**d.1) Resumen:** El método consiste en comprobar el comportamiento de la válvula, cuando está sometida a esfuerzos de impacto.

**d.2) Equipo:** Para la ejecución de este ensayo es necesario contar con el equipo indicado en la figura 4. La punta del percutor de impacto es una bola de acero endurecido (templado) de 13 mm de diámetro, centrado, al eje longitudinal de la válvula y cuyo punto de impacto se encuentre en las dos terceras partes de la válvula libre del soporte. (Ver Norma BSI 341 parte 1/ 1991) (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

**d.3) Preparación de la muestra:** Las probetas para este ensayo deben ser tomadas del grupo de válvulas del ensayo de funcionamiento forzado, previamente limpiadas. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

**d.4) Procedimiento:** Colocar la válvula a ensayarse en el soporte de ensayo y ajustarla con un torque de 60 Nm. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

- Determinar la altura de caída del percutor, dejarlo caer libremente al punto de impacto (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- Luego de efectuado el ensayo, extraer la válvula y observar si en la probeta no se han producido grietas o roturas, determinar y registrar el estado en que se encuentre la probeta.
- Comprobar el funcionamiento del mecanismo interno de la válvula y registrarlo.

#### **d.5) Informe de resultados**

- En el informe debe constar:
  - El estado general de las probetas luego del ensayo.
  - Presencia de desprendimiento de material, fallas en el funcionamiento, obstrucción, roturas y/o grietas luego del ensayo.
  - Registrar las condiciones en las que se realizó el ensayo, quién lo realizó y fecha de ejecución. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

#### **e) Ensayo de torque**

**e.1) Resumen:** El ensayo consiste en determinar la resistencia al torque que tiene la carcasa de la válvula. (INEN, 2008 vigente)

**e.2) Equipo:** Para la ejecución de este ensayo, es necesario contar con un torquímetro graduado en Nm, un dado del diámetro del cuello de ajuste de la válvula y un soporte de acero roscado (20-14 NGT), para el alojamiento de la válvula. (INEN, 2008 vigente)

**e.3) Preparación de las probetas:** Las válvulas que van a ensayarse son el 75% de la muestra tomada según 5.1.2, las cuales, deben limpiarse previamente. Estas

válvulas no serán sometidas al ensayo de impacto. (INEN, 2008 vigente)

**e.4) Procedimiento:** Colocar la válvula en el soporte de ensayo, ajustar con el torquímetro hasta alcanzar el requisito del ensayo (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009), caso contrario, registrar el valor obtenido.

- Luego de efectuado el ensayo, extraer la válvula o las partes de ella y registrar las novedades observadas.
- Comprobar el funcionamiento del mecanismo interno de la válvula y registrarlo. (INEN, 2008 vigente)

**e.5) Informe de resultados**

- En el informe debe constar:
  - El estado general de las probetas luego del ensayo.
  - Valor de torque alcanzado.
  - Fecha de ejecución del ensayo, nombre y firma del técnico responsable.
  - Cualquier otro aspecto observado durante el ensayo que pueden afectar en los resultados o en el funcionamiento de la válvula.(Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

**2.4.1.7 Envasado y embalado**

- a) Todas las válvulas componentes de un lote deben estar envasadas en cajas de cartón corrugado, madera, plástico o de construcción mixta, incluidas las protecciones respectivas, utilizando la serie 1, 2,5 (ver INEN 328, tabla 2, Ra3) para determinar la cantidad de válvulas que van a envasarse y/o embalsarse a efectos de transporte, almacenamiento o distribución. (INEN, 2008 vigente)

**2.4.1.8 Rotulado**

- a) Todas las cajas para válvulas deben tener impresas en dos o más caras laterales del embalaje, los siguientes datos:
- a.1) Nombre o marca del fabricante,
  - a.2) Hecho en Ecuador o país de origen,
  - a.3) Tipo de válvula,
  - a.4) Referencia a esta norma, NTE INEN 116, y
  - a.5) Las demás especificaciones de ley vigentes. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

## **2.4.2 NORMAS INEN 327:2011 Revisión De Cilindros De Acero Para Gas Licuado.**

### **2.4.2.1 Requisitos específicos.**

#### **a) Revisión de rutina y/o especial**

**a.1) Lugar:** Se iniciará en la plataforma de envasado, inmediatamente antes de proceder a su envase y/o durante el proceso. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

**a.2) Revisión:** En la revisión de rutina y/o especial se aplicará la siguiente calificación:

- Cilindro para circulación (envasado)
- Cilindro para inspección total (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- El cilindro para circulación debe cumplir con los siguientes requisitos:
  - Identificación completa según la NTE INEN 111
  - Las asas y las bases deben estar en condiciones que cumplan las funciones para las cuales fueron diseñadas.
  - Mantener pintura no menor al 70%. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)
  - No debe tener:
    - Golpes cortantes (punzantes) que produzca una reducción al espesor mayor a 1/10 del espesor mínimo de la chapa del cilindro, conforme al (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011) de esta norma
    - Abolladuras que reduzca su capacidad de agua en valores superiores a los especificados en la (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011) de esta norma, el mismo que será calculado del volumen mínimo especificado en la tabla 1 de la NTE INEN 111 (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
    - Grietas visibles

- Cordones o puntos de soldadura en lugares diferentes a los especificados en la NTE como se observa en la ilustración 2.  
(Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)



**Fuentes:** Normativas NTE INEN 111

- **Cilindro para inspección total**
  - Los cilindros que no cumplan con algún requisito de los establecidos en el numeral 4.1.2.1 (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011); deben ser separados para que se efectúe la inspección total que permitirá determinar los cilindros que irán a reparación o que saldrán fuera de uso (destrucción).
  - Los criterios de eliminación son los siguientes:
    - Cuando no existe la identificación completa según la NTE INEN 111.
    - Cuando el cilindro presenta oxidación (corrosión) que disminuya el espesor de pared a valores menores que el mínimo fijado en la NTE INEN 111.

**Tabla 4.** Relación capacidad del cilindro - capacidad de agua

CAPACIDAD DEL CILINDRO (Kg)	CAPACIDAD EN AGUA (dm <sup>3</sup> )
5	0,1
10	0,2
15	0,3
45	0,3

**Fuente:** Normativas NTE INEN

- Cuando el cilindro presente golpes cortantes (punzantes), que disminuyan el espesor de pared de la chapa del cilindro, a valores inferiores al espesor mínimo establecido en la NTE INEN 111. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- Cuando los cilindros presenten abolladuras que reduzcan su capacidad de agua, en valores que excedan a los de la siguiente tabla. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- Cuando el material base del cilindro, ha sido afectado por exposición al fuego directo, dando a éste cualquier color de revenido. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- Cuando el cilindro se encuentra deformado y su perímetro ha aumentado a un valor superior a lo especificado en la siguiente tabla (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

**Tabla 5.** Relación capacidad y diámetro del cilindro

<b>CAPACIDAD DEL CILINDRO (Kg)</b>	<b>PERÍMETRO (mm)</b>
5	>850
10 y 15	>1040
45	>1235

**Fuente:** Normativas NTE INEN 111

- Cuando el cilindro presenta grietas visibles a simple vista en la chapa del cilindro o en el cuerpo de la porta válvula. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- Cuando el cilindro tenga cordones o puntos de soldadura en lugares diferentes a los especificados en la NTE INEN 111.
- Cuando se presenten fugas de gas, en cualquier parte del cilindro, excepto, en cordones principales de soldadura, que son susceptibles de reparación según lo establecido en la NTE INEN 111.

**b) Prueba hidráulica.** Todo cilindro que haya sido reparado debe ser sometido al ensayo de presión hidráulica a 3,5 MPa durante 30 segundos.

b.1) Los cilindros que aprueben este ensayo, garantizan su aptitud para el uso (circulación).

b.2) Los cilindros que no aprueben este ensayo serán eliminados (cilindro fuera de uso). (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

- c) **Prueba de estanqueidad.** Todo cilindro que haya sido reparado debe ser sometido a la prueba de estanqueidad a 690 kPa (100 psi) durante 30 segundos y no debe presentar fugas. (NTE INEN 112). (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

c.1) Los cilindros que no aprueben este ensayo, no saldrán a circulación, hasta que se corrija el defecto (fuga). (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

#### **2.4.2.2 Marcado**

- a) Todos los cilindros que hayan aprobado los ensayos de: prueba hidráulica y estanqueidad, se les marcará en el sitio del asa destinado para ello (Rv) (ver NTE INEN 111), o se rotulará con pintura o tinte de larga duración, en el casquete superior, con los siguientes datos: fecha de inspección (año y mes), la identificación del taller que efectuó los ensayos y la tara si existe variación de  $\pm 200$  g de la tara anterior, esta debe ser actualizada. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327, 2011)

#### **2.4.2.3 Registros**

- a) El taller de reparación de cilindros de acero, implementará un sistema de registro de cilindros sometidos a reparación, en el que conste: identificación del cilindro, fecha de reparación, causa y taller que reparó el cilindro. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)
- b) Se implantará un registro para los cilindros eliminados (fuera de uso) en el que conste: identificación, causa de eliminación y fecha: (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

b.1) Estos registros deben ser realizados por el representante del taller y estar a disposición de los miembros de la Comisión de Investigación y Peritaje de accidentes con cilindros para GLP, legalmente establecidos e instituciones de control estatales o privadas debidamente acreditadas y autorizadas. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

#### **2.4.2.4 Eliminación**

- a) Los cilindros eliminados deben ser destruidos mediante el aplastamiento total bajo prensa. (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116, 2009)

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Tipos de Investigación**

La metodología a utilizar en esta investigación fue principalmente de naturaleza cuantitativa con alcance explicativo. Se empleará la herramienta EGP, la cual proporciona el detalle de los datos, de tal manera ejerce un impacto positivo en la producción. El objetivo de la implementación de la herramienta EGP, consiste en el conocimiento detallado de las operaciones y periodos de tiempos muertos, debido que permite extraer de las actividades, objetivos y procesos de las operaciones. Esta herramienta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables.

Las técnicas de recolección de datos que se usará serán:

- Revisión documental
- Observación directa
- Encuestas
- Lista de Control - Check list.
- Diagrama de causa y efecto (Ishikawa)
- Diagrama de Pareto

### **3.2 Unidad de análisis**

La unidad de análisis se refiere a que o quienes son objeto de investigación, en este proyecto la unidad de análisis comprende de 110 trabajadores en una envasadora de GLP en cilindros y en tanqueros, distribuidos en las siguientes áreas de proceso como: despachador, control de pasa no pasa, tabulador, control de repesado, control de fuga, evacuador de cilindros, control de toroide, colocación de tapas plásticas, control de calidad.

### **3.3 Técnicas de recolección de datos**

#### **3.3.1 Entrevista**

Se realizó entrevistas al jefe de planta y supervisores de las áreas operativas con la finalidad de verificar y obtener información sobre los márgenes de la producción que se han desarrollado en el tiempo de estudio.

#### **3.3.2 Observación directa**

La observación directa nos permite obtener información sobre el fenómeno o el objeto en estudio ya que es una técnica objetiva en recolección de datos, con ella se puede obtener información aun cuando no exista el deseo de proporcionarla y es independiente de la capacidad y veracidad de las personas a estudiar. La observación puede adoptar diferentes modalidades:

### **3.3.2.1 Según los medios utilizados: Observación no estructurada.**

Consiste en recoger y anotar todos los hechos que sucedan en determinado momento sin poseer guía alguna de lo que se va a observar.

### **3.3.2.2 Según el tipo de participación del observador: Observación participante.**

Consiste en la participación directa del observador con la comunidad, el grupo o la situación determinada.

### **3.3.2.3 Según el número de observadores: Colectiva**

Es una observación en equipo, puede realizarse de las siguientes maneras: todos observan lo mismo o cada uno observa un aspecto diferente.

## **3.3 Instrumentos para la recolección de datos**

### **3.3.1 Los cinco ¿por qué?**

Es una técnica para realizar preguntas iterativas usadas, para explorar las relaciones de causa y efecto subyacentes a un problema particular. El objetivo principal de la técnica es determinar la causa raíz de un defecto o problema repitiendo la pregunta "¿Por qué?". Cada respuesta forma la base de la siguiente pregunta. El "5" en el nombre se deriva de la observación empírica en el número de iteraciones típicamente requeridas para resolver el problema.

Se utiliza de la siguiente forma:

1. Se comienza realizando una tormenta de ideas, normalmente utilizando un Diagrama de causa y efecto.
2. Una vez se hayan identificado las causas, se empieza a preguntar "¿por qué es así?" o "¿por qué está pasando esto?"
3. Se continúa preguntando por qué al menos cinco veces. Esto permite buscar a fondo y no conformarse con causas ya "probadas y ciertas".
4. Surgirán ocasiones donde se podrá ir más allá de las cinco veces preguntando por qué para poder obtener las causas principales.
5. Durante este tiempo se debe tener cuidado de no empezar a preguntar "¿Quién?". Hay que recordar que el proceso debe enfocarse hacia los problemas y no hacia las personas involucradas. (Asociación Española para la Calidad (AEC) 2016, 2016)

### **3.3.2 Las 5's de Kaizen**

Es una práctica de Calidad ideada en Japón referida al "Mantenimiento Integral" de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos. En Inglés se ha dado en llamar "housekeeping" que traducido es "ser amos de casa también en el trabajo".

Las Iniciales de las 5 S:

**Tabla 6.** Significado de las 5's

JAPONES	CASTELLANO
Seiri	Clasificación y descarte
Seiton	Organización
Seiso	Limpieza
Seiketsu	Higiene y visualización
Shitsuke	Disciplina y compromiso

**Fuente: Fernando Casanova formación profesional productiva y trabajo decente año 2002 (Casavona, 2002)**

### **3.4 Técnicas de representación de datos**

Los gráficos son medios popularizados y a menudo los más convenientes para presentar datos, se emplean para tener una representación visual de la totalidad de la información. Los gráficos estadísticos presentan los datos en forma de dibujo de tal modo que se pueda percibir fácilmente los hechos esenciales y compararlos con otros.

#### **3.4.1 Diagrama causa - efecto**

Es una herramienta que representa la relación entre un efecto (problema) y todas las posibles causas que lo ocasionan. Es denominado diagrama de ishikawa o diagrama de espina de pescado por ser parecido con el esqueleto de un pescado. Se utiliza para clarificar las causas de un problema. Clasifica las diversas causas que se piensa que afectan los resultados del trabajo, señalando con flechas la relación causa – efecto entre ellas. La teoría que servirá para mejorar la productividad es el diagrama causa – efecto.

##### **3.4.1.1 ¿Cuándo se utiliza?**

El Diagrama de Causa y Efecto es utilizado para identificar las posibles causas de un problema específico. La naturaleza gráfica del Diagrama permite que los grupos organicen grandes cantidades de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles causas. Finalmente, aumenta la probabilidad de identificar las causas principales. El Diagrama de Causa y Efecto se debe utilizar cuando se pueda contestar “sí” a una o a las dos preguntas siguientes:

- a) ¿Es necesario identificar las causas principales de un problema?
- b) ¿Existen ideas y/u opiniones sobre las causas de un problema?

Con frecuencia, las personas vinculadas de cerca al problema que es objeto de estudio se han formado opiniones sobre cuáles son las causas del problema. Estas opiniones pueden estar en conflicto o fallar al expresar las causas principales. El uso de un

Diagrama de Causa y Efecto hace posible reunir todas estas ideas para su estudio desde diferentes puntos de vista.

El desarrollo y uso de Diagramas de Causa y Efecto son más efectivos después de que el proceso ha sido descrito y el problema esté bien definido. Para ese momento, los miembros del equipo tendrán una idea acertada de qué factores se deben incluir en el Diagrama. También pueden ser utilizados para otros propósitos diferentes al análisis de la causa principal. El formato de la herramienta se presta para la planeación.

El Diagrama de Causa y Efecto bien preparado es un vehículo para ayudar a los equipos a tener una concepción común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle requerido.

#### 3.4.1.2 ¿Cómo se utiliza?

1. **Identificar el problema:** El problema es algo que queremos mejorar o controlar. El problema deberá ser específico y concreto. Ejemplo: incumplimiento con las citas para instalación, cantidades inexacta en la facturación, errores técnicos en las cuentas de proveedores, errores de proveedores. Esto causará que el número de elementos en el Diagrama sea muy alto. (Carro, 2012)
2. **Registrar la frase que resume el problema:** Escribir el problema identificado en la parte extrema derecha del papel y dejar espacio para el resto del Diagrama hacia la izquierda. Dibujar una caja alrededor de la frase que identifica el problema (algo que se denomina algunas veces como la cabeza del pescado). (Carro, 2012)
3. **Dibujar y marcar las espinas principales:** Las espinas principales representan el input principal/ categorías de recursos o factores causales. Las categorías o causas que se deben utilizar son los materiales, métodos, máquinas, personas, y/o el medio. Dibujar una caja alrededor de cada título. El título de un grupo para su Diagrama de Causa y Efecto puede ser diferente a los títulos tradicionales; esta flexibilidad es apropiada y se invita a considerarla. (Carro, 2012)
4. **Realizar una lluvia de ideas de las causas del problema:** Este es el paso más importante en la construcción de un Diagrama de Causa y Efecto. Las ideas generadas en este paso guiarán la selección de las causas de raíz. Es importante que solamente causas, y no soluciones del problema sean identificadas. Para asegurar que su equipo está al nivel apropiado de profundidad, se deberá hacer continuamente la pregunta ¿Por Qué? para cada una de las causas iniciales mencionadas. Si surge una idea que se ajuste mejor en otra categoría, no discuta la categoría, simplemente escriba la idea. El propósito de la herramienta es estimular ideas, no desarrollar una lista que esté perfectamente clasificada. (Carro, 2012)

5. **Identificar los candidatos para la “causa más probable”:** Las causas seleccionadas por el equipo son opiniones y deben ser verificadas con más datos. Todas las causas en el Diagrama no necesariamente están relacionadas de cerca con el problema; el equipo deberá reducir su análisis a las causas más probables. Encerrar en un círculo la causa(s) más probable seleccionada por el equipo o marcarla con un asterisco. (Carro, 2012)
6. **Cuando las ideas ya no puedan ser identificadas,** se deberá analizar más a fondo el Diagrama para identificar métodos adicionales para la recolección de datos. (Ishikawa, 2013)

Después de completar el paso 5, el equipo de resolución de problemas deberá:

- a) Dibujar la versión final en un tamaño más grande.
- b) Exhibir el Diagrama en una zona de alto tráfico o en una cartelera con una invitación para ser estudiado por otros y para que agreguen sus ideas en “Post-It” en las categorías respectivas.
- c) Después de un período específico de tiempo (1 ó 2 semanas) el Diagrama se retira y se revisa para incluir la información adicional. Un Diagrama completo más pequeño se publica nuevamente con una nota de agradecimiento.
- d) En este momento, el equipo avanza al siguiente paso para un análisis más profundo, y para reunir datos adicionales (ver paso 6). El Diagrama completo también puede exhibirse (o dejarse). Luego, a medida que una y otra causa es atendida, se pueden anotar las ganancias. Una vez que las causas sean retiradas, se deberán tachar y apuntar la fecha de su terminación. Las causas que actualmente están siendo atendidas también pueden indicarse. De esta manera toda el área de trabajo tiene un indicador de progreso y se puede percibir cierta relación de lo que se está haciendo

#### **3.4.1.3 Consejos para la Construcción/ Interpretación:**

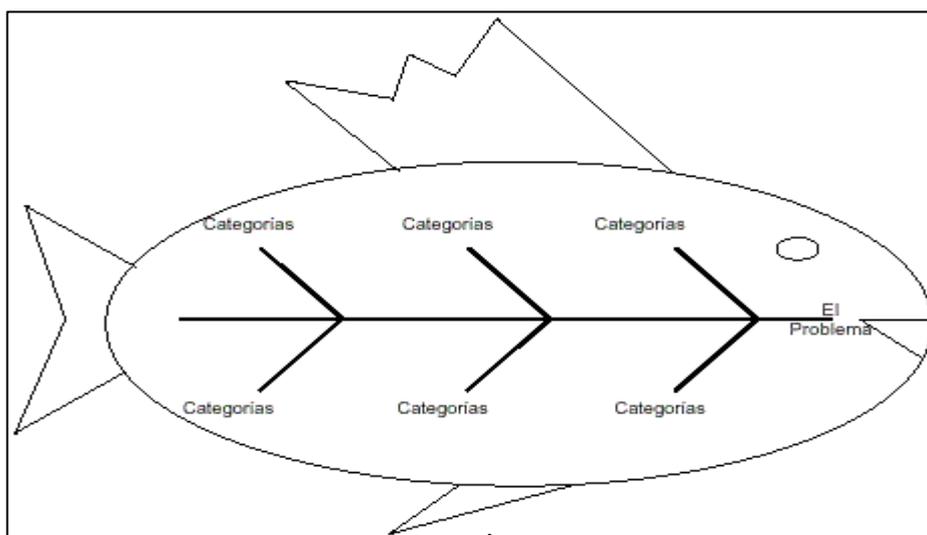
Se debe recordar que los Diagramas de Causa y Efecto únicamente identifican causas posibles. Aun cuando todos estén de acuerdo en estas causas posibles, solamente los datos apuntarán a las causas.

#### **3.4.1.4 Relación con otras Herramientas**

El diagrama de causa y efecto normalmente se relaciona con las siguientes técnicas:

- Lluvia de Ideas
- Diagrama de Interrelaciones
- Gráfica de Pareto
- Multi-votación
- Técnica de Grupo Nominal
- Diagrama de Afinidad
- Cinco Por Qué

**Figura 10.** Ejemplo de diagrama causa - efecto



**Fuente:** Ishikawa, K., & Gonzalez, M. F. (1985). Guía de control de calidad (No. TS156. I3718 1985.). New Cork: Unipub.

### 3.4.2 Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De tal modo que se pueda asignar un orden de prioridades. Nos permite detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Por lo general el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos.

La minoría vital aparece a la izquierda de la gráfica y la mayoría útil a la derecha. Hay veces que es necesario combinar elementos de la mayoría útil en una sola clasificación denominada otros, la cual siempre deberá ser colocada en el extremo derecho. La escala vertical es para el costo en unidades monetarias, frecuencia o porcentaje.

La gráfica es muy útil al permitir identificar visualmente en una sola revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar esfuerzos.

Algunos ejemplos de tales minorías vitales serían:

- La minoría de clientes que representen la mayoría de las ventas.
- La minoría de productos, procesos, o características de la calidad causantes del grueso de desperdicio o de los costos de reelaboración.
- La minoría de rechazos que representa la mayoría de quejas de la clientela.
- La minoría de vendedores que está vinculada a la mayoría de partes rechazadas.
- La minoría de problemas causantes del grueso del retraso de un proceso.

- La minoría de productos que representan la mayoría de las ganancias obtenidas.
- La minoría de elementos que representan al grueso del costo de un inventario.

Por lo tanto, el Análisis de Pareto es una técnica que separa los “pocos vitales” de los “muchos triviales”. Una gráfica de Pareto es utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema desde los triviales de manera que un equipo sepa dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar. Reducir los problemas más significativos (las barras más largas en una Gráfica Pareto) servirá más para una mejora general que reducir los más pequeños. Con frecuencia, un aspecto tendrá el 80% de los problemas. En el resto de los casos, entre dos y tres aspectos serán responsables por el 80% de los problemas.

En relación con los estilos gerenciales de Resolución de Problemas y Toma de Decisiones (Conservador, Bombero, Oportunista e Integrador), vemos como la utilización de esta herramienta puede resultar una alternativa excelente para un gerente de estilo Bombero, quien constantemente a la hora de resolver problemas solo “apaga incendios”, es decir, pone todo su esfuerzo en los “muchos triviales”.

#### **3.4.2.1 ¿Cuándo se utiliza?**

- Al identificar un producto o servicio para el análisis para mejorar la calidad.
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problema o causas de una forma sistemática.
- Al identificar oportunidades para mejorar
- Al analizar las diferentes agrupaciones de datos (ej: por producto, por segmento, del mercado, área geográfica, etc.)
- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones
- Al evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso (antes y después)
- Cuando los datos puedan clasificarse en categorías
- Cuando el rango de cada categoría es importante

Un equipo puede utilizar la Gráfica de Pareto para varios propósitos durante un proyecto para lograr mejoras:

- Para analizar las causas
- Para estudiar los resultados
- Para planear una mejora continua
- Las Gráficas de Pareto son especialmente valiosas como fotos de “antes y después” para demostrar qué progreso se ha logrado. Como tal, la Gráfica de Pareto es una herramienta sencilla pero poderosa.

### 3.4.2.2 ¿Cómo se utiliza?

1. Seleccionar categorías lógicas para el tópico de análisis identificado (incluir el periodo de tiempo).
2. Reunir datos. La utilización de un Check List puede ser de mucha ayuda en este paso.
3. Ordenar los datos de la mayor categoría a la menor
4. Totalizar los datos para todas las categorías
5. Calcular el porcentaje del total que cada categoría representa
6. Trazar los ejes horizontales (x) y verticales (y primario – y secundario)
7. Trazar la escala del eje vertical izquierdo para frecuencia (de 0 al total, según se calculó anteriormente)
8. De izquierda a derecha trazar las barras para cada categoría en orden descendente. Si existe una categoría “otros”, debe ser colocada al final, sin importar su valor. Es decir, que no debe tenerse en cuenta al momento de ordenar de mayor a menor la frecuencia de las categorías.
9. Trazar la escala del eje vertical derecho para el porcentaje acumulativo, comenzando por el 0 y hasta el 100%
10. Trazar el gráfico lineal para el porcentaje acumulado, comenzando en la parte superior de la barra de la primera categoría (la más alta)
11. Dar un título al gráfico, agregar las fechas de cuando los datos fueron reunidos y citar la fuente de los datos.
12. Analizar la gráfica para determinar los “pocos vitales”

La interpretación de un Diagrama de Pareto se puede definir completando las siguientes oraciones de ejemplo:

“Existen (número de categorías) contribuyentes relacionados con (efecto). Pero estos (número de pocos vitales) corresponden al (número) % del total (efecto). Debemos procurar estas (número) categorías pocos vitales, ya que representan la mayor ganancia potencial para nuestros esfuerzos.”

### 3.4.2.3 Relación con otras herramientas

Un Diagrama de Pareto generalmente se relaciona con las siguientes herramientas:

- Diagrama de Causa y Efecto (Ishikawa)
- Check List de Revisión
- Check List de reunión de datos
- Matriz para la Planeación de Acciones

## CAPITULO IV: RESULTADOS

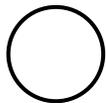
### 4.1 Descripción General del Proceso Productivo

El proceso de producción empieza cuando se efectúa la descarga del gas desde el Terminal Monteverde enviado por una tubería llamado gasoducto de 124 km hacia el Terminal Chorrillo. Es almacenado, en las cuatro esferas y los 16 tanques horizontales, antes de prender las bombas para el envío del producto se procede a realizar el aforo inicial y luego se procede al control de calidad mediante la toma de muestra de Gas Licuado de Petróleo (GLP).

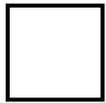
#### 4.1.1 Diagrama de procesos

Los diagramas de procesos usan símbolos, tiempo y distancia para proporcionar una forma objetiva y estructurada sobre como analizar y registrar las actividades que conforman un proceso. El uso de diagramas de proceso consiste en el estudio detallado de las operaciones productivas de envasar, permitiendo definir cada etapa que conforma el proceso, sea que agregué o no valor al producto final.

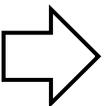
Para el desarrollo del diagrama de proceso se distingue su simbología representativa que se muestra a continuación:



**Operación:** Ocurre cuando un objeto está siendo modificado en sus características, se está creando, planeando o agregando algo.



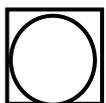
**Inspección:** La inspección se produce cuando los artículos son comprobados, verificados, revisados o examinados en relación con la calidad y cantidad, sin que sufra ningún cambio.



**Transporte:** Es el movimiento de un objeto o grupo de ellos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección.



**Demora:** También conocido como retraso, ocurre cuando se interfiere con el flujo normal del proceso.



**Actividad combinada:** Cuando se desea indicar que existe en el mismo lugar de trabajo actividades de operación e inspección ejecutados por el mismo operador.



**Almacenamiento temporal:** Consiste en un lugar físico dispuesto para uso temporal. Depende de la naturaleza del proceso objeto de estudio.



**Almacenamiento:** El almacenamiento se produce cuando un producto o grupo de ellos permanece en un sitio sin existir movimiento u operaciones planeadas posteriormente

#### **4.1.2 Diagrama de procesos de envasado de cilindros**

El siguiente diagrama de procesos es aplicable tanto para cilindros de uso doméstico es decir de 15 Kg y de uso industrial siendo este de 45 Kg, como se puede apreciar en la tabla 7.

**Tabla 7.** Diagrama de procesos de envasado de cilindros de GLP

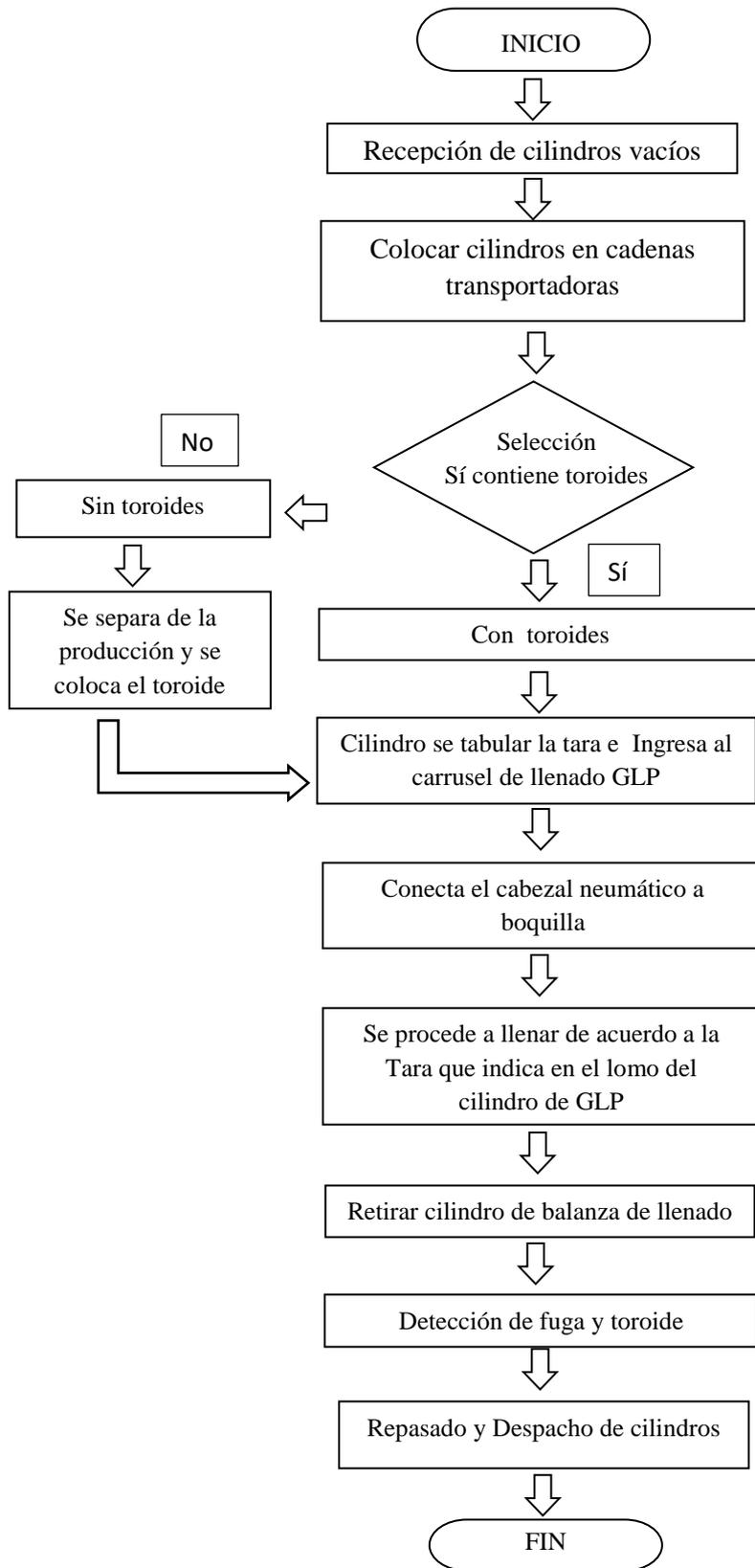
DIAGRAMA N°					HOJA N°1/1							
RESUMEN					TIPO DE DIAGRAMA							
ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPUESTA	DIFERENCIA	OPERADOR <input type="checkbox"/>	PRODUCTO <input checked="" type="checkbox"/>	EQUIP. <input type="checkbox"/>					
	OPERACIÓN 	7	5	2	ANALISIS							
	INSPECCIÓN 	2	1	1	DISTRIBUCIÓN ACTUAL							
	TRANSPORTE 	5	3	2	OPERACIÓN							
	DEMORA 	2	1	1								
	OP. COMBINADA 	2	1	1								
	ALMACENAMIENTO TEMPORAL 	1	0	1								
	ALMACENAMIENTO 	1	0	1								
DISTANCIA (METROS)		95	55	40	ENVASADO DE CILINDROS DE GLP							
TIEMPO (MINUTOS)		15	10	5	ELABORADO POR: AUTOR							
#	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISTANCIA (m)	TIEMPO (min).								OBSERVACION
1	Se descargan los cilindros vacíos en la Telescópica y paletizados.			25								2 Operador
2	Se colocan los cilindros en cadenas transportadoras.			2,5								1 Operador
3	Se verifica si contienen toroides en las válvulas de los cilindros y se realiza el pasa o no pasa.			1,0								1 Operador
4	Se ingresa el cilindro al carrusel de llenado de GLP en su respectiva balanza	+/- 10kg.	500,00	2,5								2 Operador
5	Se calibra la balanza del carrusel de llenado de peso neto y de tara del cilindro.			1,5								1 Operador
6	Se conecta el cabezal neumático a la boquilla de la válvula del cilindro.			1,0								1 Operador
7	Se activan las bombas			1,5								1 Operador
8	Se procede al respectivo llenado de GLP.		20,0	1,0								2 Operador
9	Se retira el cilindro lleno de las balanzas dl carrusel de llenado.	30,0 kg		1,5								1 Operador
10	Se comprueba el peso del cilindro lleno.	+/-0,02 kg	15,0	1,0								1 Operador
11	Se realiza la detección de fuga y detectora de toroide.		10,0	1,0								2 Operador
12	Se embarcan los cilindros llenos a los respectivos vehículos transportadores de las comercializadoras.		20,0	2,5								1 Operador
13	Se procede a la emisión de la guía de remisión en el sistema de facturación.		150,0	5,0								1 Operador
14	Retiro del vehículo del área de despacho.		250,00	1,0								1 Operador

FUENTE: AUTOR

### **4.1.3 Flujograma de envasado de cilindros de GLP**

El flujograma es una representación gráfica de un proceso, estos gráficos están unidos entre sí por flechas para indicar que se debe continuar el siguiente proceso como se muestra en la Figura 12.

**Figura 11.** Flujograma de envasado de cilindros



**Fuente:** Autor

#### **4.2 Recepción en los tanques esféricos**

Para realizar la recepción del Gas en las esferas se verifica que el control del operador hidráulico, la presión de aceite oscile entre los 400 PSIG a 600 PSIG, y controlar que el indicador de nivel llegue a un máximo de 18 metros. Luego se procede a abrir la válvula de ingreso de líquido a la esfera receptora, verificando que la válvula de salida del líquido esté cerrada por un tramo, y abierta la válvula de salida del vapor a la unidad de relicuefacción. La presión de los tanques debe oscilar entre los 90 a 110 PSIG dependiendo de la presión se pondrá en funcionamiento la unidad de relicuefacción. Luego se procede a revisar que la válvula que interconecta el gasoducto a los tanques esté cerrada. Después de haber realizado los pasos anteriores se coordina el inicio de la descarga con el personal de Sala de Control vía radio, para la alineación del sistema de recepción, durante la descarga se controla constantemente la presión, nivel y temperatura de la esfera receptora. El nivel máximo de líquido es de 18 m, la presión máxima de operación es 120 PSIG.

#### **4.3 Recepción en los tanques horizontales**

En los tanques del parque norte, y parque sur permanente se debe controlar que el nivel del líquido no supere el 90%. Con 100 toneladas cada uno de ellos. Para poder realizar la recepción de producto deberá abrir la válvula de vapor del parque hacia la unidad de relicuefacción y la válvula de ingreso del líquido de dicho tanque.

Para realizar esta operación se deberá comenzar por cerrar la válvula de retorno del líquido del despacho de los autotanques, posteriormente abrir las válvulas del puente de medición y así luego se debe verificar el cierre de la válvula de interconexión del Gasoducto. Luego se debe abrir la válvula de ingreso de líquido al tanque que se está efectuando la recepción, para realizar la continuidad del proceso abrir la válvula que se conecta hacia los tanques cilíndricos.

#### **4.4 Alineación del sistema y descripción del proceso para el despacho de GLP en Autotanques.**

Para realizar el despacho de GLP por medio de Autotanques en algunas de las islas de carga, primero se realiza la alineación del sistema que consiste en: se inspecciona el nivel de aceite para accionar los operadores hidráulicos controlando que la presión oscile entre los 400 y 600 PSIG y luego se verifica que todas las válvulas se encuentren totalmente cerradas, luego abrir las válvulas de salida y retorno del líquido del tanque que va a ser utilizado y en el caso de los tanques esféricos abrir la válvula de interconexión con la salida del líquido de los tanques cilíndricos y las válvulas del puente de medición, para el retorno del líquido a las esferas. Luego se procede a abrir las dos válvulas que están a la descarga del compresor Worthington que interconectan el retorno del vapor, luego se prenden las bombas y se abren las válvulas de succión y descarga.

#### **4.4.1 Despacho en Islas de Carga a los Autotanques**

Luego de realizar las respectivas operaciones de alineación del sistema se verifica que las ordenes de carga estén correctamente, luego se procede a preparar el auto tanque, (revisión e inspección) especialmente que se coloque correctamente la conexión a tierra, se verifica que purgas y drenajes se encuentren cerradas y que las conexiones de las mangueras del líquido y vapor al tanquero estén fijadas, seguras y sin fugas, se toman datos de nivel de presión y temperatura del auto tanque , luego se ubica el rotogate del auto tanque a un nivel del 85%

Luego el operador abre las válvulas del líquido y vapor del auto tanque en forma lenta y segura, luego abrirá las válvulas de líquido de la correspondiente isla de carguío, después se prende la bomba de llenado verificando que la purga del rotogate o sonda del auto tanque este abierta en un 85%, durante el llenado se controla permanentemente la presión y el nivel del auto tanque. Cuando el líquido comience a salir al 85% por las purgas del auto tanque de inmediato debe colocarse la purga indicadora a un nivel máximo del 90% y apagar la bomba de llenado y luego cerrar las válvulas de la isla de carguío. Cabe señalar que al final del proceso de llenado al desconectar las mangueras de del auto tanque existe fuga de Gas al medio ambiente, anomalía propia del sistema.

#### **4.5 Descripción del Proceso de Envasado de GLP en Cilindros**

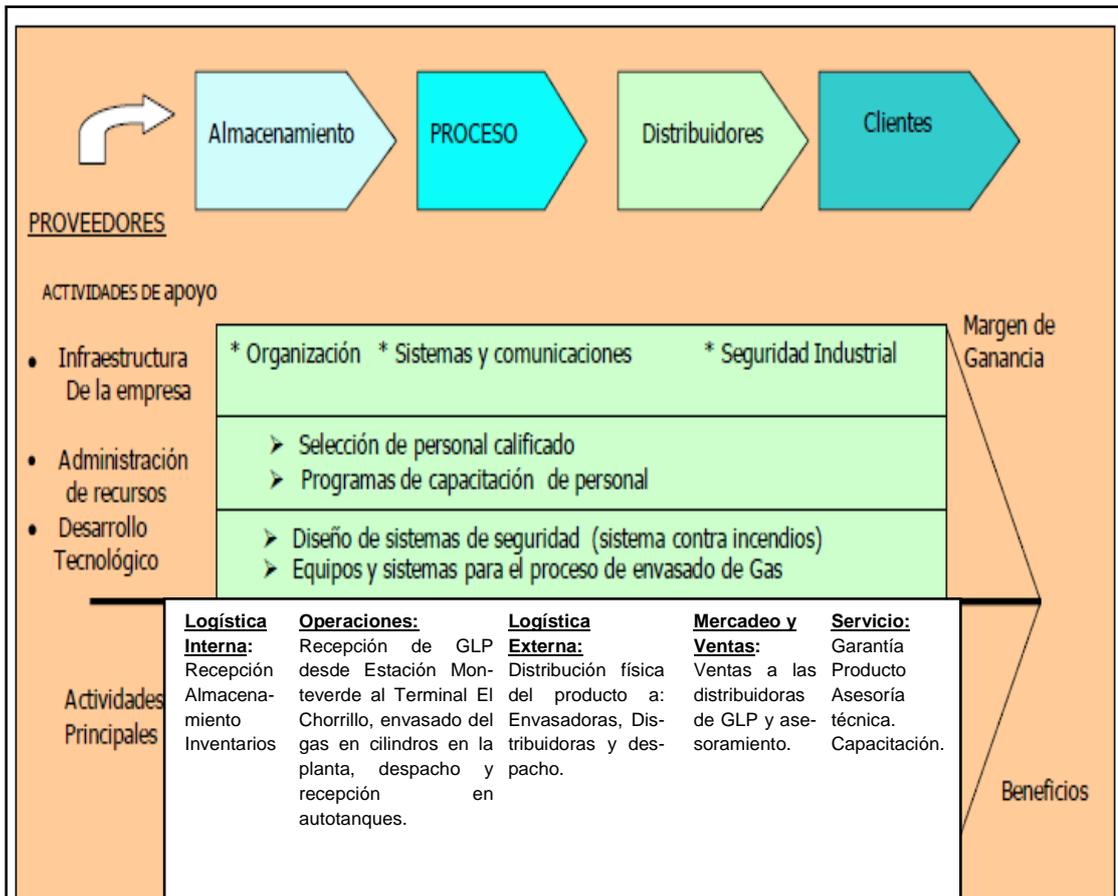
Para el proceso de envasado y despacho de cilindros se debe poner en funcionamiento la alineación del sistema que consiste en: activar las bombas y abrir las válvulas de succión y descarga de las bombas a utilizarse. Luego abrir las válvulas de interconexión y bloqueo entre los carruseles y estacionarias. Luego se debe prender las bombas respectivas para cada carrusel y las estacionarias, controlando que la presión no supere los 300 PSIG y se procede al llenado de gas en cilindros de 15 y 45 kg, en un tiempo de 55-60 segundos por cilindro, los equipos de envasando constan de, tres carruseles con 24 balanzas cada uno y cinco estacionarias, los carruseles son accionados por motores eléctricos combinado con un motor eléctrico reductor que reduce la velocidad a 114 rpm, lo que permite al carrusel dar una vuelta completa en 1 minuto.

Los cilindros vacíos son bajados de los vehículos que los transportan y colocados en un sistema tren de cadenas transportadoras activados por motores eléctricos combinados con motores reductores para ser trasladados a los carruseles y/o balanzas estacionarias, el operador conecta el cabezal de llenado a la válvula del cilindro mediante un sistema neumático y semiautomático con la que inyecta al cilindro de 15 kg de gas licuado de petróleo, una vez lleno el cilindro automáticamente se desacopla el cabezal de llenado, luego se inspecciona la válvula del cilindro para comprobar fugas de gas mediante los equipos calibrados .

#### 4.6 Gráfico de la Cadena de Valor.

La cadena de valor representada en la figura 13, está constituida por tres elementos básicos: actividades principales, actividades de apoyo y el margen de ganancia.

**Figura 12.** Cadena de valores del terminal de GLP El Chorrillo



**Fuente:** Manual de operaciones de EP Petroecuador

##### 4.6.1 Actividades Principales

Son todas aquellas actividades que tienen relación con la Logística Interna, Operaciones, Logística externa, Mercadeo y Ventas, Servicios.

- **Logística Interna.** - Como logística interna comprende las actividades primarias asociadas con la recepción, almacenamiento, control de los inventarios, programación y retorno de los buques alijadores o de cabotaje, el Terminal de GLP a su vez tiene 16 Tanques Horizontales cada uno de ellos 100ton y 4 esfera de cilíndricas de capacidad de 3200 ton para el almacenamiento del GLP, con una capacidad de almacenamiento de 14.400 TM.
- **Operaciones.** - Es otra parte de la cadena de valores que indica los principales procesos de producción que se desarrollan en la planta de GLP.
- **Logística externa:** Tiene relación con la distribución física del producto a los compradores, despachos, control del movimiento del producto, procesamiento de pedidos y programación.

- **Mercadeo y ventas.** - La empresa realiza las ventas con la autorización de la Dirección Nacional de Hidrocarburos, a las diferentes envasadoras y distribuidoras de GLP, para la venta al público en el país. Como actividades en esta parte de la cadena de valores son facturación, Caja, y Cobranzas.
- **Servicio.** - El servicio al cliente que presta la empresa es: Garantía del producto, asesorías técnicas, charlas de capacitación en temas de Seguridad Industrial a los clientes.

#### 4.6.2 Actividades de Apoyo

Son las actividades de soporte que permiten llevar a cabo las actividades primarias que están relacionadas con **la Infraestructura del Terminal, Administración de Recursos Humanos y Desarrollo Tecnológico.**

- **Infraestructura del Terminal de GLP.** - La infraestructura del Terminal está distribuida de la siguiente manera: Con una extensión de 5,7 Ha (57.000 m<sup>2</sup>) de terreno, la superficie construida es aproximadamente del 50%. Donde están las edificaciones para el funcionamiento de las oficinas administrativas y operativas del Terminal “El Chorrillo”.
- **Administración de Recursos Humanos.** - En lo que se refiere a recursos humanos el Terminal de GLP, como parte de Petroecuador se rige a la política establecida por su Matriz, el cual a implanto un verdadero sistema de carrera institucional y la puesta en práctica del mismo generó una nueva estructuración y valoración de cargos. El departamento de Recursos Humanos realiza las debidas selecciones para escoger al personal adecuado de acuerdo al perfil de cada función, además de su compromiso con actividades en beneficio de la salud y bienestar del trabajador, mediante programas de motivación y capacitación.
- **Desarrollo tecnológico:** El desarrollo tecnológico de las operaciones dentro del terminal chorrillo en su mayoría se encuentra automatizado mediante herramientas Scada, radares y sensores, que permiten visualizar las operaciones en tiempo real. Los procesos se encuentran monitoreados mediante softwares de control, de esta manera se optimizan los recursos brindados y las operaciones de supervisión.

El Terminal Chorrillo de GLP, realiza su operación durante las 24 horas del día, en turnos rotativos para lo cual cuenta con un número de 150 trabajadores distribuidos en las diferentes áreas administrativas y operativas del Terminal de GLP, de los cuales unos pertenecen directamente a Petroecuador y otro grupo de personal de apoyo como el personal de limpieza, personal del comedor, personal de seguridad física.

## 4.7 Programa EGP

### 4.7.1 Mediciones de Efectividad Productiva

El negocio de GLP en Ecuador se ha ido tornando cada vez más difícil dadas las regulaciones y controles por parte de los gobiernos respecto de la comercialización de este combustible. En dicho entorno de mercado los márgenes del negocio deben cuidarse al máximo y la correcta gestión de la producción pasa a ser un factor importante para lograr este objetivo. Las empresas de excelencia están en búsqueda continua de herramientas y procedimientos que le permitan alcanzar la mayor productividad posible con el más bajo coste. La herramienta más difundida actualmente es la Efectividad Global de Producción (EGP). A continuación, se presentan el proyecto de gestión de la eficiencia que se está implementando en Terminal Chorrillo.

1. Merms del tiempo productivo
2. Estandarización de criterios
3. Recolección de datos y análisis de tiempos
4. Análisis de Pareto
5. Comités de Efectividad y Planes de Acción
6. Conclusiones

El tiempo al igual que cualquier otro recurso productivo, está sujeto a merms programadas o no asignables a la actividad propia de cada planta. Es así que podemos clasificar estas merms en función de su origen y características propias. Mundialmente se reconocen seis grandes pérdidas de tiempo que afectan a los procesos productivos. Cada tipo de pérdida puede agruparse en tres grandes categorías como se explica en la Tabla 8:

**Tabla 8.** Factores de tiempo que afectan la producción

CATEGORÍAS	LAS 6 GRANDES PÉRDIDAS
Tiempo sin producción (pérdida de <b>Disponibilidad</b> )	1. Fallas de los Equipos, arreglos o ajustes 2. Esperas (por materia prima, personal, etc.)
Tiempo con producción, pero con bajo rendimiento (pérdida de <b>Eficiencia</b> o <b>Productividad</b> )	3. Estados ociosos o paros menores no-cuantificables 4. Velocidad de operación reducida
Tiempo con producción defectuosa (pérdida de <b>Calidad</b> )	5. Descartes y re-procesos 6. Pérdidas de re-arranque de equipos

**Fuente:** Manual de operaciones de EP Petroecuador.

Las herramientas como la medición y seguimiento del EGP permiten gestionar estas pérdidas y minimizarlas atacando la causa raíz de los problemas.

## 4.7.2 EGP

Son las siglas de Efectividad Global de Producción y es una medida que representa el porcentaje del tiempo en que una máquina o conjunto de máquinas producen realmente piezas de calidad, comparado con el tiempo que fue planeado para hacerlo. El **EGP** proporciona una medida de la efectividad real del equipo productivo que incluye: maquinarias & equipos, personal, gestión y procesos en comparación con una productividad ideal, durante un período de tiempo específico. Se calcula como la relación porcentual entre el tiempo empleado en obtener salidas dentro de especificaciones y el tiempo total asignado para la operación de la línea de producción: (EPPETROECUADOR, 2017)

**Ecuación 2.** Relación Porcentual Entre El Tiempo Empleado Y Tiempo Asignado Para Las Operaciones

$$EGP = \frac{\textit{Producción conforme}}{\textit{T. disponible para producción}}$$

**Fuente:** Manual de operaciones de EP Petroecuador

### 4.7.2.1 Índice de Disponibilidad

Cuantifica que porcentaje del tiempo programado para operación (tiempo disponible) la línea productiva estuvo realmente generando salidas independientemente de la cantidad y calidad de las mismas.

**Ecuación 3.** Índice de disponibilidad

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{\textit{T. disponible} - \textit{Paros no Programados}}{\textit{Tiempo disponible}} = \frac{\textit{T. Operación}}{\textit{T. disponible}}$$

**Fuente:** Manual de operaciones de EP Petroecuador

Este índice cuantifica el tiempo perdido por fallas en los equipos (confiabilidad); por puesta a punto/ajustes de estos (mantenibilidad) y los tiempos en que línea no produce porque está esperando por algo (materia prima, personal, etc.). En forma general cuantifica el tiempo perdido.

### 4.7.2.2 Índice de Productividad

Compara la cantidad de salidas reales obtenidas durante el tiempo de operación frente a la cantidad teórica de salidas que debieron producirse dentro de ese tiempo. La cantidad teórica de salidas se define mediante una velocidad de producción teórica (generalmente dada por la capacidad nominal del equipo principal).

#### **Ecuación 4.** Índice de productividad

$$Productividad = \frac{Salida\ real}{Salida\ teórica} = \frac{Salida\ Real}{Tiempo\ de\ operación\ x\ Velocidad\ teórica}$$

**Fuente:** Manual de operaciones de EP Petroecuador

Este índice cuantifica la eficiencia en la operación de los equipos. Las pérdidas de producción cuantificadas en este índice responden a tiempos de operación a baja velocidad y paros menores no-cuantificables.

#### **4.7.2.3 Índice de Calidad**

Compara la cantidad de salidas dentro de especificaciones (conformes) frente a la cantidad total de salidas (conformes + no-conformes).

#### **Ecuación 5.** Índice de calidad

$$Calidad = \frac{Salida\ real - Salida\ real\ no\ conforme}{Salida\ real} = \frac{Salida\ Real\ conforme}{Salida\ real}$$

**Fuente:** Manual de operaciones de EP Petroecuador

Este índice cuantifica la capacidad del equipo productivo (instalaciones + personal) para producir salidas sin defectos a la primera corrida. Las salidas no-conformes que requieren de re-procesos, descartes o retoques son las responsables de la merma de tiempo que se cuantifica mediante este índice. En la planta Envasado de El Terminal El Chorrillo se ha adoptado una misión que busca homogenizar los criterios para la clasificación de los tiempos improductivos. Sobre la base de esta plana de trabajo se generó una matriz de definiciones personalizada y aplicable a todas nuestras plantas como es la automatización.

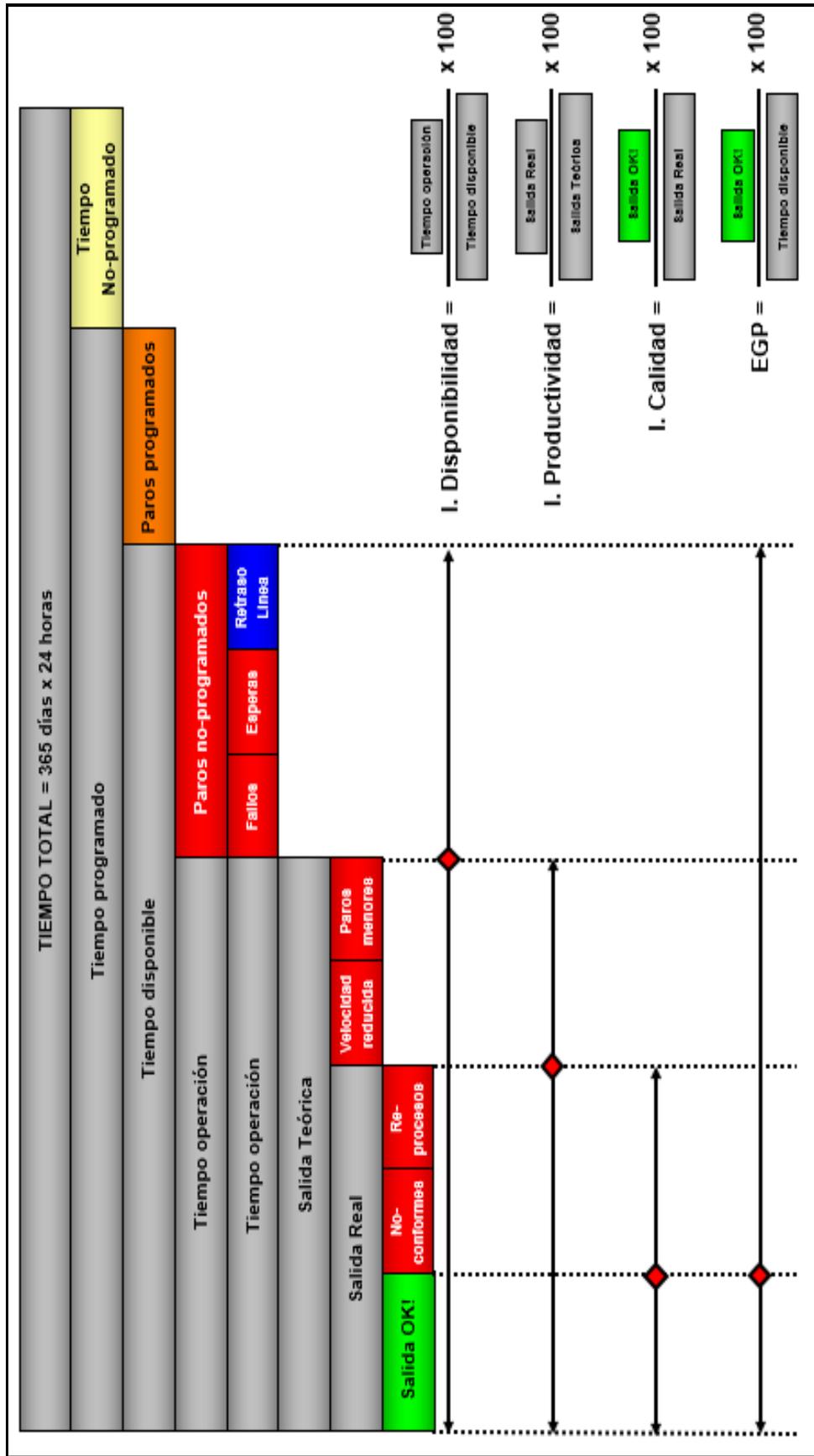
El EGP también puede calcularse mediante el producto de tres subíndices: Disponibilidad, Productividad o Eficiencia y Calidad:

#### **Ecuación 6.** Disponibilidad, Productividad o Eficiencia y Calidad

$$EGP = Ind.\ Disponibilidad\ x\ Ind.\ Productividad\ x\ Ind.\ Calidad$$

**Fuente:** Manual de operaciones de EP Petroecuador

Figura 13. Análisis de Operación



Fuente: Autor

A partir de la misma información que se recopila para el cálculo del EGP se pueden obtener otros indicadores muy útiles para la gestión de los activos productivos a nivel gerencial. Dentro de la herramienta que estamos implementado se empezará a medir adicionalmente al EGP los siguientes indicadores descritos en la tabla 9:

**Tabla 9.** Indicadores del EGP

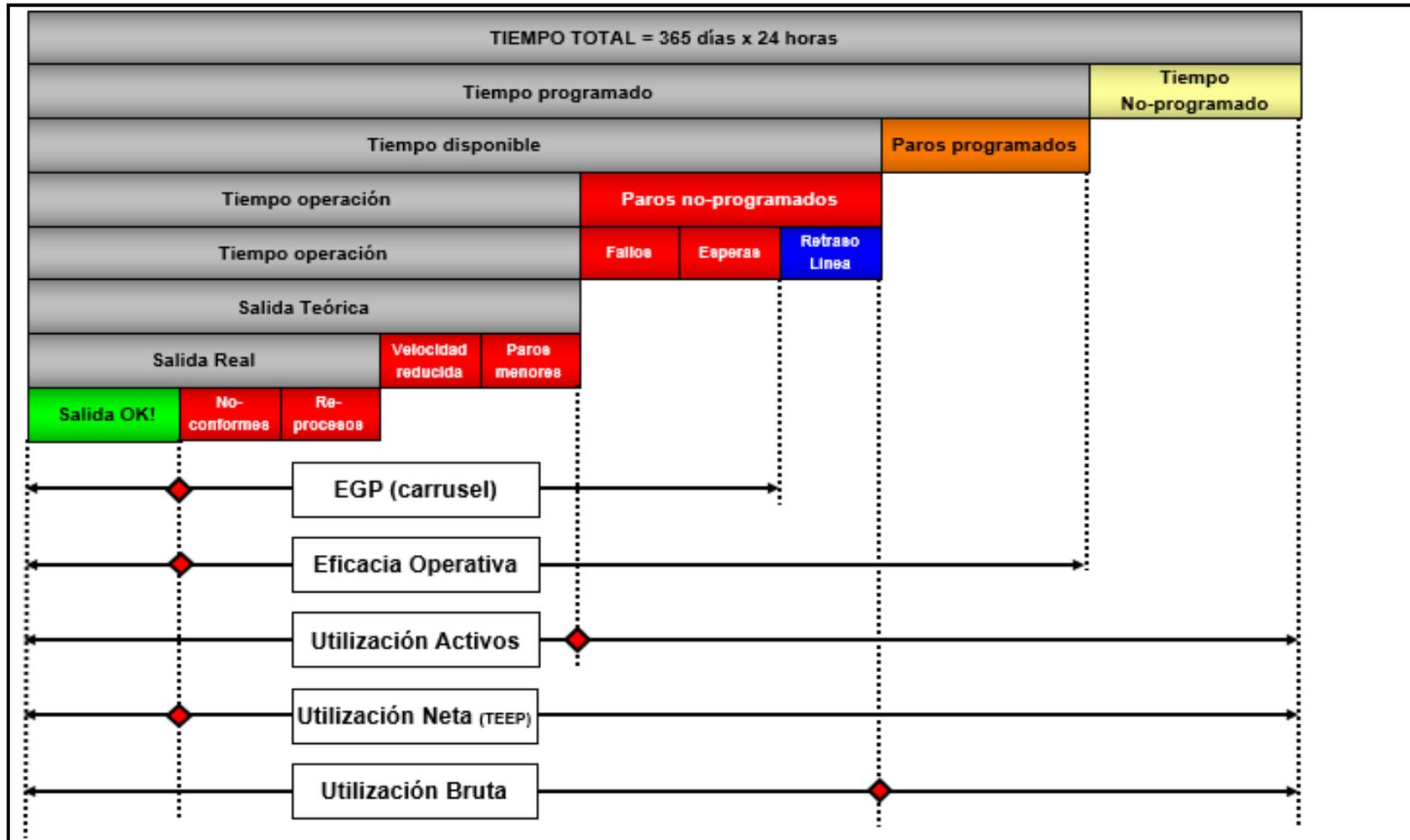
INDICADORES	DESCRIPCIÓN
<b>EGP (Carrusel)</b>	GLP, únicamente del carrusel sin tener en cuenta desbalances en la línea de producción y falta de eficiencia en los otros equipos asociados, Por ejemplo si hay paros en transportadores, tabuladora, termosellado, etc.
<b>Eficacia Operativa</b>	Mide el porcentaje de tiempo utilizado en producción cilindros conformes del total del tiempo programado. Este indicador esta fuera del alcance de las áreas productivas ya que incluye el tiempo en que los equipos no están disponibles para producción. Este indicador en gran parte lo define la Gerencia de Operaciones.
<b>Utilización de Activos</b>	Qué porcentaje del tiempo total calendario en uso los activos de la empresa para actividades productivas.
<b>Utilización Neta ( TEEP).</b>	Qué porcentaje del tiempo total calendario se ha utilizado para una producción efectiva dentro de especificaciones.
<b>Utilización Bruta</b>	Qué porcentaje del tiempo total calendario podría utilizarse para una producción efectiva dentro de especificaciones.

**Fuente:** Manual de operaciones de EP Petroecuador

En la tabla 9, se describe cada una de los indicadores del EGP

**EGP(Carrusel):**Únicamente del carrusel sin tener en cuenta desbalance en la línea de producción. **Eficiencia Operativa:** Mide el porcentaje de tiempo utilizado en producción / envasado de cilindros. **Utilización de Activos:** Que porcentaje del tiempo total calendario en uso los activos. **Utilización Neta (TEEP):** Que porcentaje del tiempo total se ha utilizado en una producción. **Utilización Bruta:** Que porcentaje del tiempo total calendario podría utilizarse para una producción.

**Figura 14.** Análisis de Operación



Fuente: Autor

En la figura 15, se detalla Tiempo Total, menos tiempo no programado, tiempo programado, menos paros programados, tiempo operaciones, menos paros no programados. Tiempo operación, menos fallos, menos espera, menos retraso de línea. Salida teórica, menos velocidad reducida, paros menores. SALIDA OK, No conforme, reproceso.

El valor de EGP reconocido mundialmente como objetivo a alcanzar por las empresas de excelencia es de **85,0%** o mayor. Este valor desplegado por cada sub-índice que conforma el EGP como se muestra en la tabla 10:

**Tabla 10.** Subíndice que conforma el EGP

ÍNDICES	OBJETIVOS
Disponibilidad	90,0%
Productividad	95,0%
Calidad	99,9%
<b>EGP</b>	<b>85,0%</b>

**Fuente:** Manual de Operaciones Chorrillo

Cada empresa puede establecer sus objetivos de EGP en función de la tecnología que dispone, los recursos asignados para mejoras y los sistemas de gestión con que desarrollan sus actividades (Six sigma, ISO 9001, etc.). Varios estudios a nivel mundial coinciden en que el promedio del EGP para las empresas de manufactura esta entre el **60 y 70%**. Valores bajos de EGP, al contrario de indicar una deficiencia productiva, dan un amplio rango para mejoras en la efectividad de la planta con mayores márgenes para el negocio.

#### **4.7.3 Estandarización de criterios**

Una de las ventajas de contar con la medición del EGP es poder realizar “benchmarking” entre distintas plantas para “aprender” de aquellas con mejores prácticas. Para que el aprendizaje sea valioso debemos contar con una herramienta “estándar” en cuanto a los criterios para medir y clasificar las mermas del tiempo productivo.

**Figura 15. Eficiencia Global De Producción**

<b>EFICIENCIA GLOBAL DE PRODUCCION (EGP)</b>											
<b>VALOR ACUMULADO:</b>		<b>79,7%</b>									
MES:	Abr-2010										
PLANTA:	P.Santo Domingo										
CARRUSEL:	Carrusel 1										
VELOCIDAD ESTANDAR (cil/hora):	1.200										
REVISADO POR:											
<b>DIAS</b>				<b>05 Lunes</b>				<b>06 Martes</b>			
				1				2			
	Unidades	Código	Area	T1	T2	T3	TOTAL	T1	T2	T3	TOTAL
<b>CALCULOS</b>											
Velocidad Estándar	cilindros/min	--	--	20	20	20	20	20	20	20	20
Tiempo Total	minutos	--	--	--	--	--	1.440	--	--	--	1.440
Tiempo Programado	minutos	--	--	630	--	--	630	570	--	--	570
Tiempo No-programado	minutos	--	--	--	--	--	810	--	--	--	870
Tiempo Disponible	minutos	--	--	570	--	--	570	510	--	--	510
Tiempo Retraso de Línea	minutos	--	--	6	--	--	6	25	--	--	25
Tiempo de Espera	minutos	--	--	5	--	--	5	--	--	--	--
Paros por Fallos	minutos	--	--	58	--	--	58	15	--	--	15
Tiempo de Operación Real	minutos	--	--	501	--	--	501	470	--	--	470
Producción Máxima en Tiempo Disponible	cilindros	--	--	11.400	--	--	11.400	10.200	--	--	10.200
Producción Teórica en Tiempo de Operación	cilindros	--	--	10.020	--	--	10.020	9.400	--	--	9.400
Producción Real	cilindros	--	--	11.132	--	--	11.132	9.383	--	--	9.383
Producción Real Conforme	cilindros	--	--	11.051	--	--	11.051	9.318	--	--	9.318
Velocidad Real	cilindros/min	--	--	22,06	--	--	22,06	19,83	--	--	19,83
Horas-hombre	horas	--	--	73,5	--	--	73,5	66,5	--	--	66,5
Horas-máquina	horas	--	--	8,4	--	--	8,4	7,8	--	--	7,8
<b>INDICADORES</b>											
I. Disponibilidad	Porcentaje	--	--	87,9%	--	--	87,9%	92,2%	--	--	92,2%
I. Calidad	Porcentaje	--	--	99,3%	--	--	99,3%	99,3%	--	--	99,3%
I. Productividad	Porcentaje	--	--	111,1%	--	--	111,1%	99,8%	--	--	99,8%
<b>EGP</b>				<b>96,9%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>96,9%</b>	<b>91,4%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>91,4%</b>
EGP (solo carrusel)	Porcentaje	--	--	98,0%	--	--	98,0%	96,1%	--	--	96,1%
Eficacia Operativa	Porcentaje	--	--	87,7%	--	--	87,7%	81,7%	--	--	81,7%
Utilización de activos	Porcentaje	--	--	--	--	--	34,8%	--	--	--	32,6%
Utilización Neta	Porcentaje	--	--	--	--	--	38,4%	--	--	--	32,4%
Utilización Bruta	Porcentaje	--	--	--	--	--	39,6%	--	--	--	35,4%

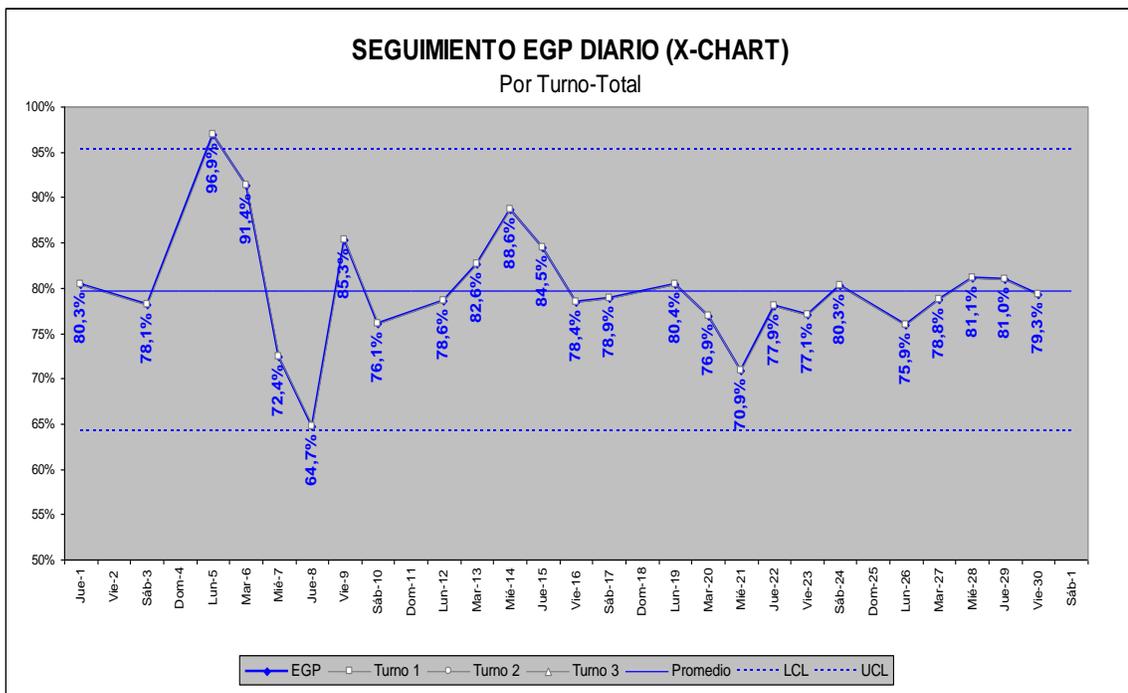
Fuente: Autor

En la figura 16, de detalla el EGP, el cual consiste en tomar la lectura de cada carrusel, durante las 12 primeras horas y luego las 12 horas correspondiente a un día de producción.

En los indicadores se aprecia que el tiempo (minutos), de paras no programado de los equipos y se resta de la eficiencia del día.

La herramienta EGP descrita en la figura anterior nos permite hacer el seguimiento y el análisis de la información desarrollada diariamente como se puede apreciar, nos muestra que el valor acumulado es del 79,7% de la eficiencia global de la producción, en el mes de abril. Como la herramienta nos permite visualizar los índices con mayor exactitud se muestra que el índice de disponibilidad de cilindros oscila entre el 87,9% al 92,2% lo que representa el stock de cilindros Por otra parte, el índice de Calidad oscila entre el 99,3 % al 96,1%, lo que representa que los cilindros son despachados con los estándares de calidad que exige la normativa y el índice de productividad oscila entre el 111,1% al 99 de la producción total.

**Figura 16.** Recolección de datos y seguimiento del EGP diario



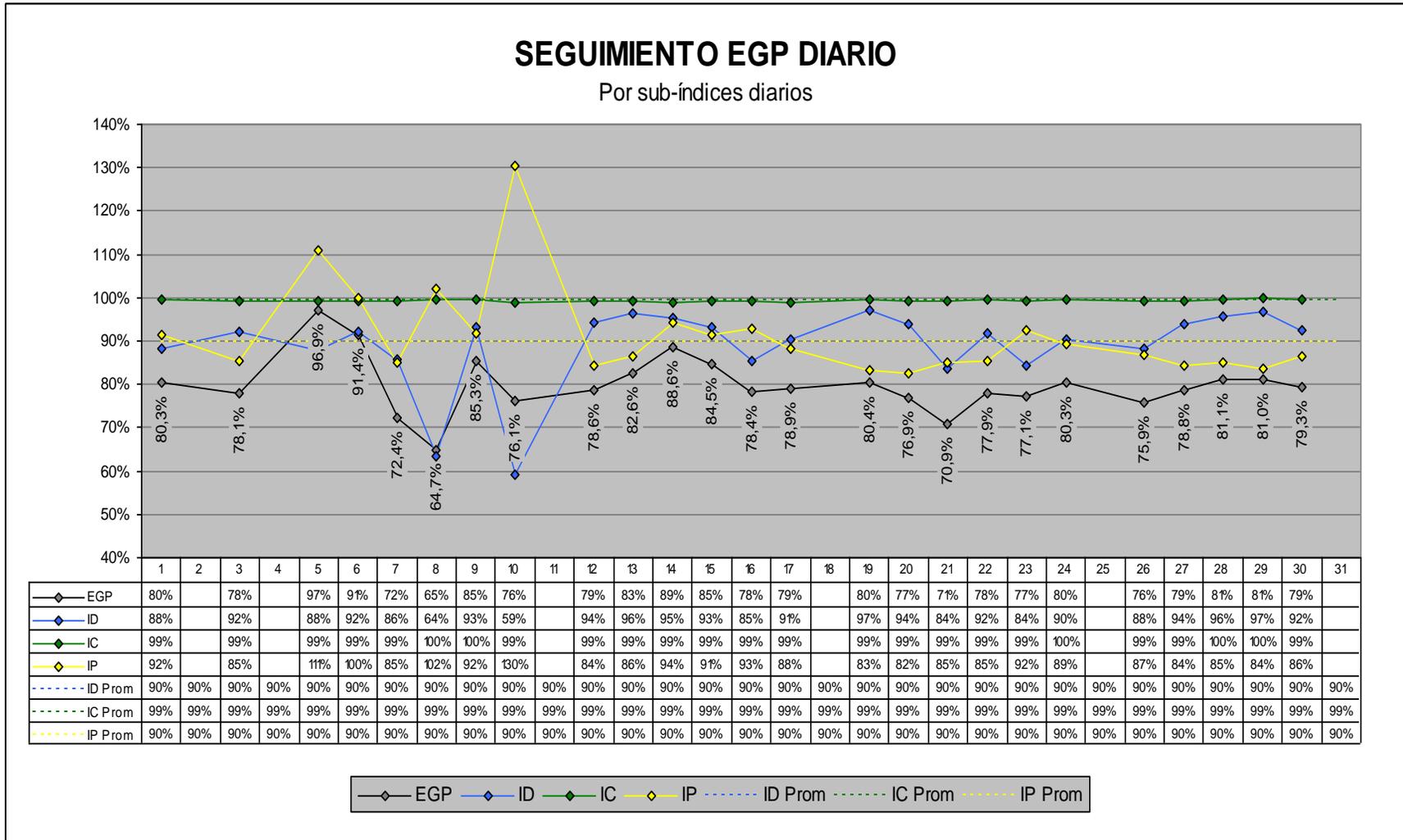
**Fuente:** Manual de operaciones de EP Petroecuador

En la figura 17 se analiza un mes de producción; el cual se evaluar durante toda la jornada de 24 horas de trabajo.

Se aprecia los picos de la demanda de cilindros, son los días lunes y viernes que incrementan la producción diaria al 95% y 85%.

El promedio de la demanda diaria es del 80%, de los 3 turnos de trabajo, de lunes a sábado y el domingo en media jornada de 12 horas de trabajo por temas del mantenimiento de los equipos.

Figura 17. Recolección de datos y análisis



Fuente: Manual de operaciones de EP Petroecuador

En la figura 18, se visualiza el seguimiento de cada sub-índice donde se verifica que componente del **EGP** es el que está afectando al desenvolvimiento global como se demuestra a continuación.

Este análisis de lo hace durante el mes, donde se analiza cada una de las variables, para determinar cómo poder atacarla e incrementar el EGP, se apunta a llegar a un EGP de 100%.

#### 4.8 Análisis de Pareto.

La herramienta Excel del sistema operativo Windows genera de forma automática diagramas de Pareto de distintos niveles; los cuales, basados en el principio 80/20, nos van llevando a las causas principales de las mermas de tiempo productivo teniendo indicadores que varían de acuerdo al proceso a analizar, como por ejemplo por área responsable, paros programados, paros no programados.

Es importante aclarar que los diagramas de Pareto se aplican tanto en los paros programados como en los paros no-programados. Es por esto que es de mayor importancia su aplicación en el proceso productivo para su respectivo seguimiento

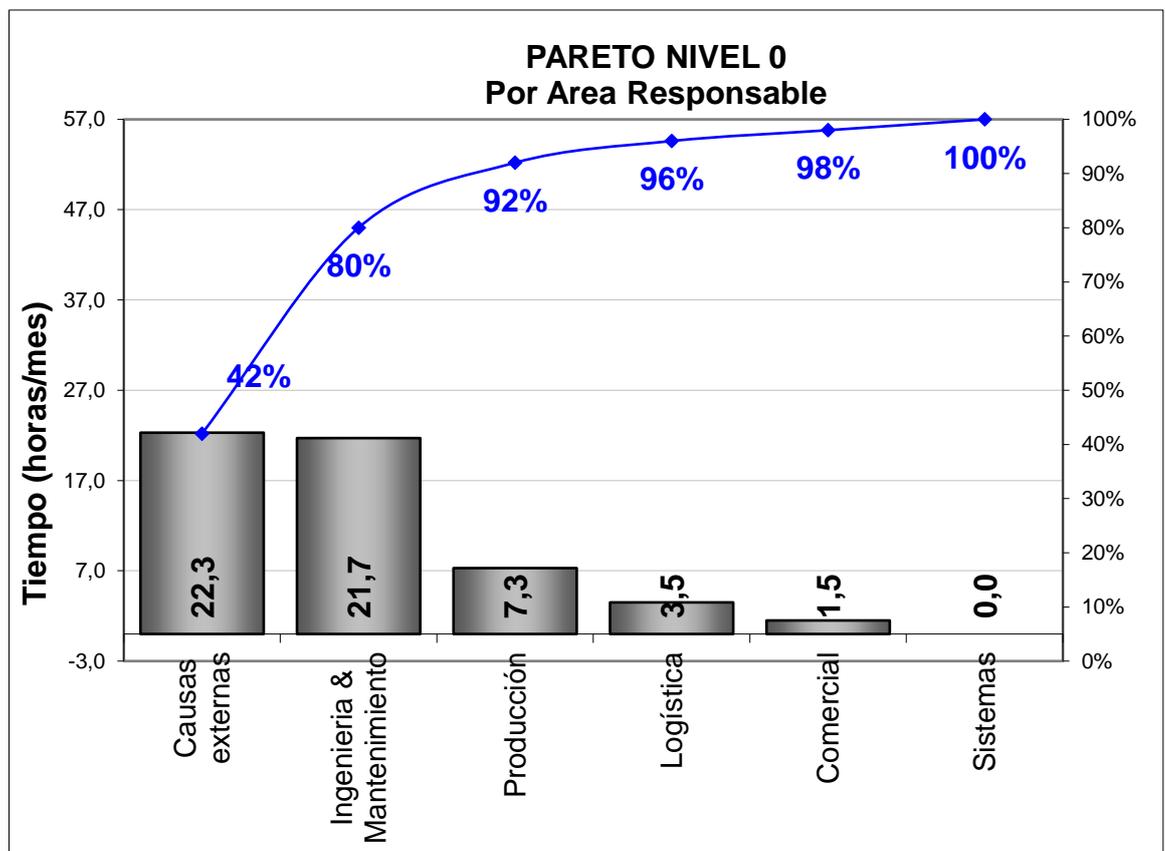
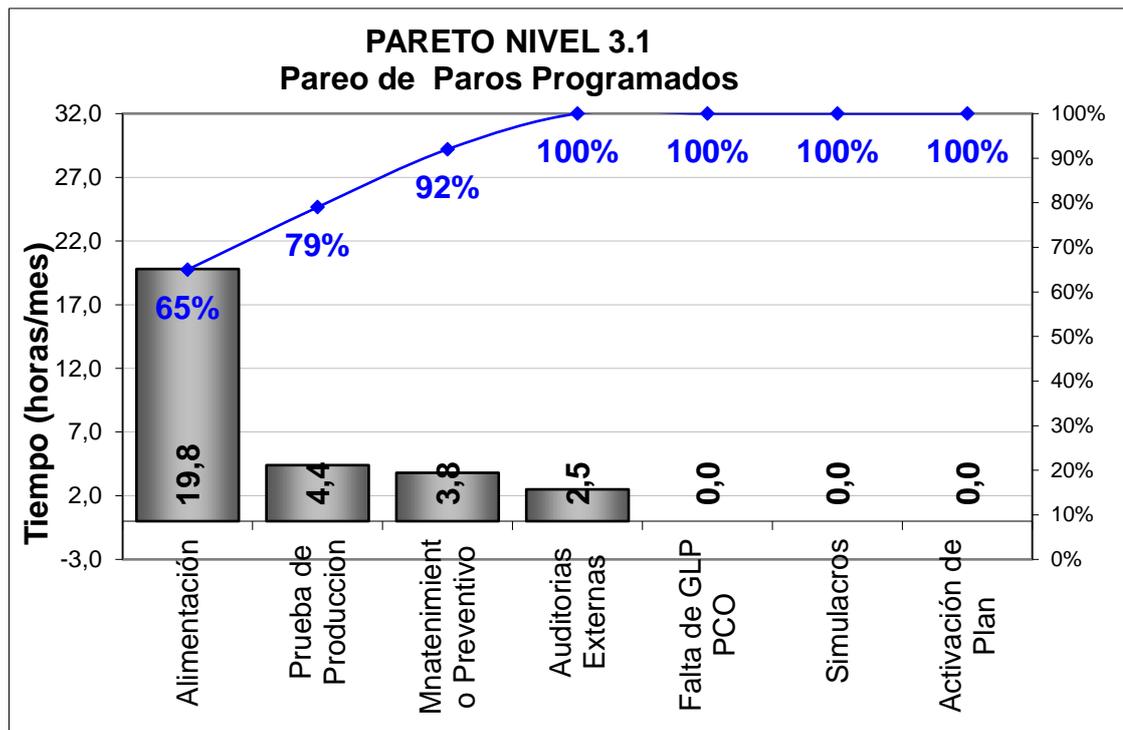


Figura 18. Diagrama de Pareto nivel 0

Fuente: Autor

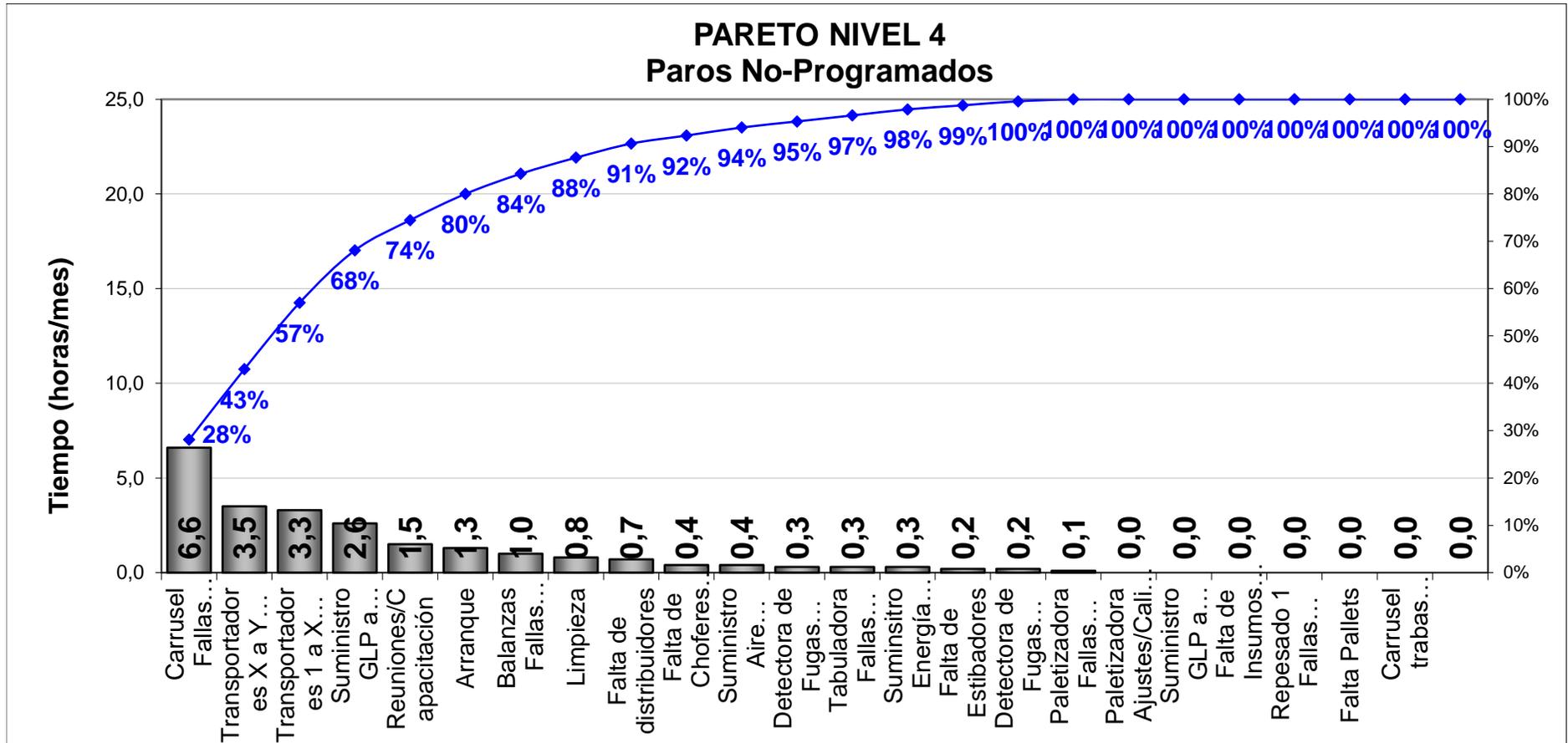
En la figura 19 se muestra el diagrama de Pareto de nivel 0 por área responsable, el cual nos permite identificar el área de la empresa que tiene mayor incidencia en la merma del tiempo productivo. Esta herramienta lejos de “buscar culpables” nos brinda apoyo para enfocarnos en las áreas más vulnerables en cuanto a la asignación de recursos para mejorar la productividad



**Figura 19.** Diagrama de Pareto nivel 3.1

**Fuente:** Autor

En la figura 20 se muestra el diagrama de Pareto nivel 3.1 de paros programados donde existe cierta capacidad de gestión de estos paros en función de las habilidades de negociación con entidades externas, la programación de mantenimientos, simulacros, etc. El diagrama de Pareto en los paros programados permite conocer las actividades, fuera de la responsabilidad del equipo productivo, con mayor consumo de tiempo.



**Figura 21:** Diagrama de Pareto Nivel 4

**Fuente:** Autor

La figura 21 representa el diagrama de Pareto nivel 4 de Paros No-Programados el cual nos permite llegar a la causa raíz de las mermas del tiempo productivo que en este caso con mayor frecuencia son la des calibración de las balanzas. Otros factores que indican en el retraso de la producción (paros no programados) son fallas técnicas en los carruseles y la transportación de los cilindros (cadenas) que producen retraso en la eficiencia de la producción. Este diagrama es una herramienta que la que podemos cuantificar tiempos improductivos por medio de porcentaje y así podemos plantear una solución para el problema a corto, mediano o largo plazo.

#### **4.9 Comités de efectividad y planes de acción**

Una vez recopilada la información de un mes de producción se han establecido Comités de Efectividad en cada planta y a nivel nacional para analizar los reportes generados por la herramienta del EGP.

Los Comités de Efectividad se encargan de establecer los Planes de Acción, ya sean estos inmediatos o futuros para mitigar la causa raíz de la merma del tiempo productivo.

El Comité de efectividad en cada planta está conformado por:

- Jefe de Planta
- Supervisor de Planta
- Técnico de Planta
- Asistente de Logística
- Despachador de Nave

En el caso del Comité de Efectividad Nacional:

- Coordinador de Producción
- Coordinador de Ingeniería & Mantenimiento
- Coordinador de Logística
- Representantes Comerciales
- Sistemas

Tomando como ejemplo el diagrama de Pareto Nivel 4 de la Planta Santo Domingo del mes de abril del 2016, en donde se elabora un plan de acción para las causas raíz que se visualiza en la tabla 11.

**Tabla 11.** Resumen de diagramas de Pareto de paros no programados mensuales nivel 4

<b>PAROS NO PROGRAMADOS</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>TIEMPO (HORAS/MES)</b>	<b>ACUMULADO (HORAS/MES)</b>	<b>PORCENTAJE ACUMULADO</b>
Balanzas Ajustes / Calibraciones	F-5	6,6	6,6	28%
Carrusel Fallas Técnicas	F-1	3,5	10,0	43%
Transportadores X a Y Fallas Técnicas	L-18	3,3	13,3	57%
Transportadores 1 a X Fallas Técnicas	L-7	2,6	15,9	68%
Suministro GLP a Planta: Fallas Operación Lógica	I-8	1,5	17,4	75%
Reuniones /Capacitación	I-3	1,3	18,7	80%
Arranque	I-1	1,0	19,7	85%
Balanzas Fallas Técnicas	F-3	0,8	20,7	88%
Limpieza	I-24	0,7	21,2	91%
Falta de Distribuidores	I-14	0,4	21,6	93%
Falta de Choferes de Distribuidores	I-16	0,4	21,9	94%
Suministro Aire Comprimido	I-20	0,3	22,3	96%
Detector de Fuga Ajustes/ Calibraciones	L-14	0,3	22,6	97%
Tabuladora Fallas Técnicas	L-5	0,3	22,8	98%
Suministro Energía Eléctrica	I-19	0,2	23,0	99%
Falta de Estibadores	I-15	0,2	23,1	100%

**Fuente:** Autor

#### **4.10 Propuesta de solución**

Como parte de la propuesta de solución se puede identificar mediante el análisis final que para optimizar los procesos de producción de la envasadora de GLP se debe contar con la estandarización de procesos, como se puede evidenciar en los siguientes apartados. La falta de mantenimientos genera un cuello de botella en la producción, debido a que minimiza los recursos obtenidos de la empresa. Lo que se propone es tratar de implementar las siguientes mejoras para la empresa:

- Minimizar la devolución de cilindros por fugas.
- Evitar multas por el Agente regulador por cilindros fuera de peso.
- Implementar técnicas de análisis de causas y sus posibles efectos para la mejora de la calidad y a su vez mejorar el entorno del trabajador.

##### **4.10.1 Mejora continua**

Es necesario aplicar los principios de mejora continua para la eficacia del sistema, el mismo que debe regirse bajo la Norma INEN 327:2011, donde los procedimientos para la selección, manipulación y distribución de cilindros se estandarizan mediante la política de calidad, los resultados de las verificaciones de inspección, el análisis de los datos, las acciones correctivas y preventivas y la revisión de la Dirección.

Es primordial que la organización mejore constantemente la eficacia del sistema aplicando principios de retroalimentación para la disminución de falencias que pueden generarse en primera instancia del manejo piloto de optimización de la producción. Se deberá identificar de qué manera los procesos citados contribuyen a la mejora constante del Sistema de Gestión de Calidad. Además, se debe contar con los recursos técnicos y económicos para que se pueda obtener la eficacia del Sistema de Gestión de Calidad. (9001, s.f.)

##### **4.10.2 Plan de acción**

Se realizó un plan de acción en base a los parámetros estudiados en la envasadora de GLP El Chorrillo, donde se prioriza las no conformidades encontradas en cada proceso de producción como se muestra en la tabla 12.

**Tabla 122.** Resumen de diagramas de Pareto de paros no programados mensuales nivel 4

Paros no Programados	Código	Tiempo (horas /mes)	Acumulado (horas/meses)	porcentaje Acumulado	Área Responsable	Ejecutor Responsable	Acciones	Prioridad
Balanzas Ajustes/Calibraciones	F-5	6,6	6,6	28%	Importación y Mantenimiento	M. Mecánico	Verificarlos reportes de Plan de Mantenimiento para verificar la realización de mantenimientos preventivos. Identificar las balanzas con mayor tiempo de funcionamiento para recambio.	Alta
Carrusel Fallas Técnicas	F-1	3,5	10	43%	Importación y Mantenimiento	M. Mecánico	Verificarlos reportes de Plan de mantenimiento para verificar la realización de mantenimientos preventivos. Identificar los elementos del carrusel que están presentando problemas: palanquilla, brazos etc.	Alta
Transportadores X a Y Fallas Técnicas	L-18	3,3	13,3	57%	Importación y Mantenimiento	M. Mecánico	Revisar el registro de mantenimiento correctivos de Plan de Mantenimiento. Cambiar directamente los tramos de transportadores con mayor número de fallos	Media
Transportadores 1 a X Fallas Técnicas	L-7	2,6	15,9	68%	Importación y Mantenimiento	M. Mecánico	Revisar el registro de mantenimiento correctivos de Plan de Mantenimiento. Cambiar directamente los tramos de transportadores con mayor número de fallos	Media
Suministro GLP a Planta: Fallas Operación Logística	I-8	1,5	17,4	75%	Logística	Supervisor de operaciones	Hacer un análisis logístico de recursos y demanda GLP en las plantas. Verificar la necesidad de contar con más camiones cisterna	Media

**Fuente:** Autor

**Tabla 13.** Reporte mensual de Producción

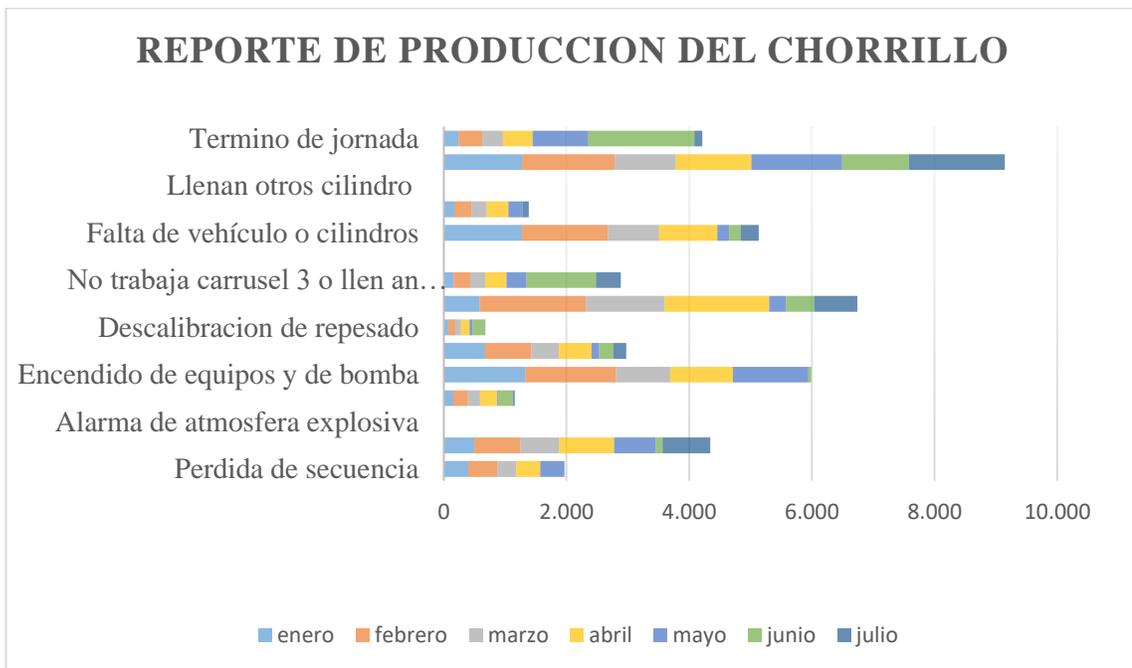
Reporte de Producción Chorrillo												
NOVEDADES DE PRODUCCIÓN	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Perdida de Secuencia	398	474	313	389	395	0	0	0	0	0	0	0
Salida de Cadena	498	754	633	889	683	110	780	0	0	0	0	0
Alarma de Atmosfera explosiva												
Corte de Energía	157	237	199	279	18	244	24	0	0	0	0	0
Encendido de Equipo y de Bombas	1.330	1.475	883	1.028	1.229	45	0	0	0	0	0	0
Descalibración de Balanzas	673	751	454	532	123	231	211	0	0	0	0	0
Descalibración de Repesado	72	112	96	136	53	209	0	0	0	0	0	0
Sensor de Ingreso de Cil. O Avería en Mec. de Rota	588	1729	1285	1705	270,83	460.3	705	0	0	0	0	0
No trabaja Carrusel #3 o llena PCO	161	269	243	351	323	1.133	405	0	0	0	0	0
Almuerzo												
Falla DE Vehículo o Cilindros	1.277	1.403	827	953	198	178	299	0	0	0	0	0
Falta de Termo Selladora	171	279	248	356	233	0	100	0	0	0	0	0
Llenan otros Cilindros												
Improductividad por Cabezales no Operativos	1.276	1.513	993	1.230	1.480	1.090	1.563	0	0	0	0	0
Termino de Jornada	241	386	338	483	908	1.728	130	0	0	0	0	0
Ausencia del Despachador Carrusel PCO												
Ausentismo del Cajero Facturador												
Circuito Cerrados en Tiempo Real												
Demora en Cierre de Inventario Diario	1	1	1	1	2	4	0	0	0	0	0	0
Demora en Facturación												
Falla Mecánica o Eléctrica Carrusel PCO	11	16	11	14	10	5	8	0	0	0	0	0
Falla Sistema Sap												
Falla Suministro Eléctrico	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Falta de Clientes OLC												
Falta de Cilindros OP. Exceso de Competencia												
Falta de Extintor/Arrestallamas												
Falta de Montacargas Operativos												
Falta de Montacarguista												
Finalización de Cupo diario de Dist.												
Parada de Carrusel por Comida PCO	0	1	1	1	1	3	1	0	0	0	0	0
Vehículo No Ingresa	3	3	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0
Vehículo averiado												
Carga Otros Cilindros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tomamos la cantidad total de minutos y la dividimos para 22 días que es los días promedios que se laboran en el mes, ese resultado lo dividimos para 20 que es el promedio de vehículos que ingresan de distribuidor.

**Fuente:** Autor

En la tabla 13 se muestra el detalle mensualmente cada una de las actividades que formaron parte de la baja de producción y a la vez se cuantifica cuáles son las variables que intervienen con mayor frecuencia.

Los mismo que son reportados y analizados las recurrencias dentro de las auditorías internas trimestrales de la Empresa se toma los planes de acciones y para incrementar la producción y establecer una mejora continua.

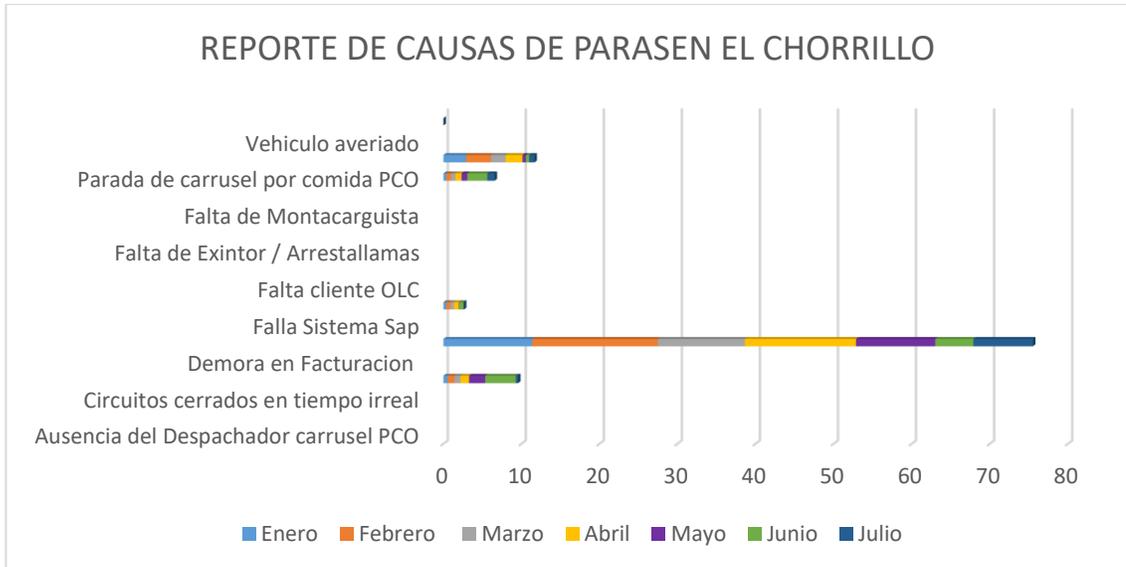


**Figura 23:** Reporte mensual de las causas de la baja producción

**Fuente:** Autor

En la figura 23, se muestra las causas de la baja producción durante los siete primeros meses del año donde se puede apreciar que los meses de febrero, abril, mayo y julio son los meses donde las fallas se incrementan esto hace que disminuya nuestro EGP.

Con las causas identificadas se procede a realizar trabajo de mejoras en el departamento con el propósito de incrementar la demanda de envasado de GLP.



**Figura 24.** Cuadro de producción

**Fuente:** Autor

En la figura 24 se detalla cada una de las novedades y eventos reportados por el supervisor de turno y el mes de abril es el que tiene mayor incremento de “demora en la facturación”.

La facturación depende de la misma compañía propietaria de los cilindros, por lo que van atendiendo a la medida que su sistema OLC le emite la factura.

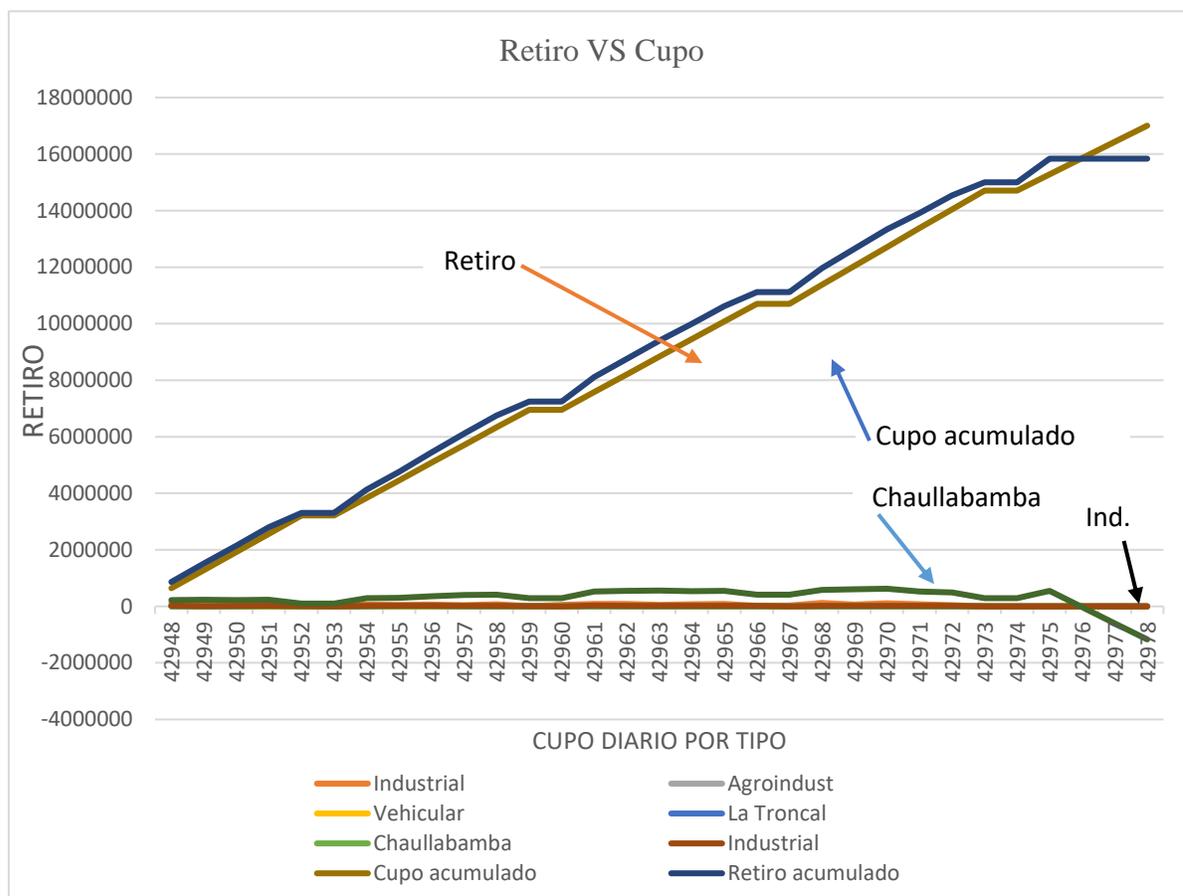
**Tabla 145.** Ventas realizadas en el mes de marzo

	Domestico	Domestico	Industrial	Porrasteado	Cupo acumulado	Retiro acumulado	diferencia
01-mar-16	-	862.755	28.029	642.181	642.181	862.755	220.574
02-mar-16	6.840	651.510	13.214	642.181	1.284.363	1.521.105	236.742
03-mar-16	-	625.110	25.029	642.181	1.926.544	2.146.215	219.671
04-mar-16	-	651.660	16.837	642.181	2.568.725	2.797.875	229.150
05-mar-16	-	512.640	13.110	642.181	3.210.907	3.310.515	99.608
06-mar-16	-	-	-	-	3.210.907	3.310.515	99.608
07-mar-16	7.330	812.085	22.493	624.343	3.835.250	4.129.930	294.680
08-mar-16	7.270	618.210	19.504	624.343	4.459.593	4.755.410	295.817
09-mar-16	13.770	671.685	17.460	624.343	5.083.936	5.440.865	356.929
10-mar-16	6.630	665.835	23.019	624.343	5.708.279	6.113.330	405.051
11-mar-16	-	637.980	16.493	624.343	6.332.622	6.751.310	418.688
12-mar-16	-	493.470	7.845	624.343	6.956.965	7.244.780	287.815
13-mar-16	-	-	-	-	6.956.965	7.244.780	287.815
14-mar-16	7.090	855.450	26.848	624.343	7.581.308	8.107.320	526.012
15-mar-16	-	644.160	18.774	624.343	8.205.651	8.751.480	545.829
16-mar-16	13.990	627.945	18.619	624.343	8.829.994	9.393.415	563.421
17-mar-16	-	603.945	19.635	624.343	9.454.337	9.997.360	543.023
18-mar-16	-	627.510	15.798	624.343	10.078.680	10.624.870	546.190
19-mar-16	-	492.690	18.275	624.343	10.703.023	11.117.560	414.537
20-mar-16	-	-	-	-	10.703.023	11.117.560	414.537
21-mar-16	-	841.920	19.082	668.358	11.371.381	11.959.480	588.099
22-mar-16	20.880	662.955	22.664	668.358	12.039.739	12.643.315	603.576
23-mar-16	6.920	682.350	16.865	668.358	12.708.097	13.332.585	624.488
24-mar-16	-	572.910	21.772	668.358	13.376.455	13.905.495	529.040
25-mar-16	13.770	621.240	15.014	668.358	14.044.814	14.540.505	495.691
26-mar-16	7.080	452.025	-	668.358	14.713.172	14.999.610	286.438
27-mar-16	-	-	-	-	14.713.172	14.999.610	286.438
28-mar-16	-	836.880	-	572.878	15.286.050	15.836.490	550.440
29-mar-16	-	-	-	572.878	15.858.929	15.836.490	-22.439
30-mar-16	-	-	-	572.878	16.431.807	15.836.490	-595.317
31-mar-16	-	-	-	572.878	17.004.685	15.836.490	-1.168.195
<b>TOTAL</b>	111.570	15.724.920	416.379	17.004.685			

Fuente: Autor

En la tabla 15, se puede apreciar el despacho por día de las distintas presentaciones de GLP, como son domésticos, industriales; luego de ellos se confronta el cupo acumulado, el producto retirado y la diferencia de la misma.

Con este seguimiento se determina la eficiencia de la producción de GLP, para el abastecimiento a nivel nacional del País.



**Figura 20. Márgenes de retiro vs. Cupo**

**Fuente:** Autor

En esta figura 24, se analiza el cupo retirado Vs cupo de GLP el mismo que en el mes es asignado por la ARCH; de acuerdo a la demanda de GLP en el país.

La demanda está dentro de las 750ton/día, aunque el cupo asignado por la ARCH, es de 605. Ton. Se adelanta el cupo del fin de semana para satisfacer la demanda del país.

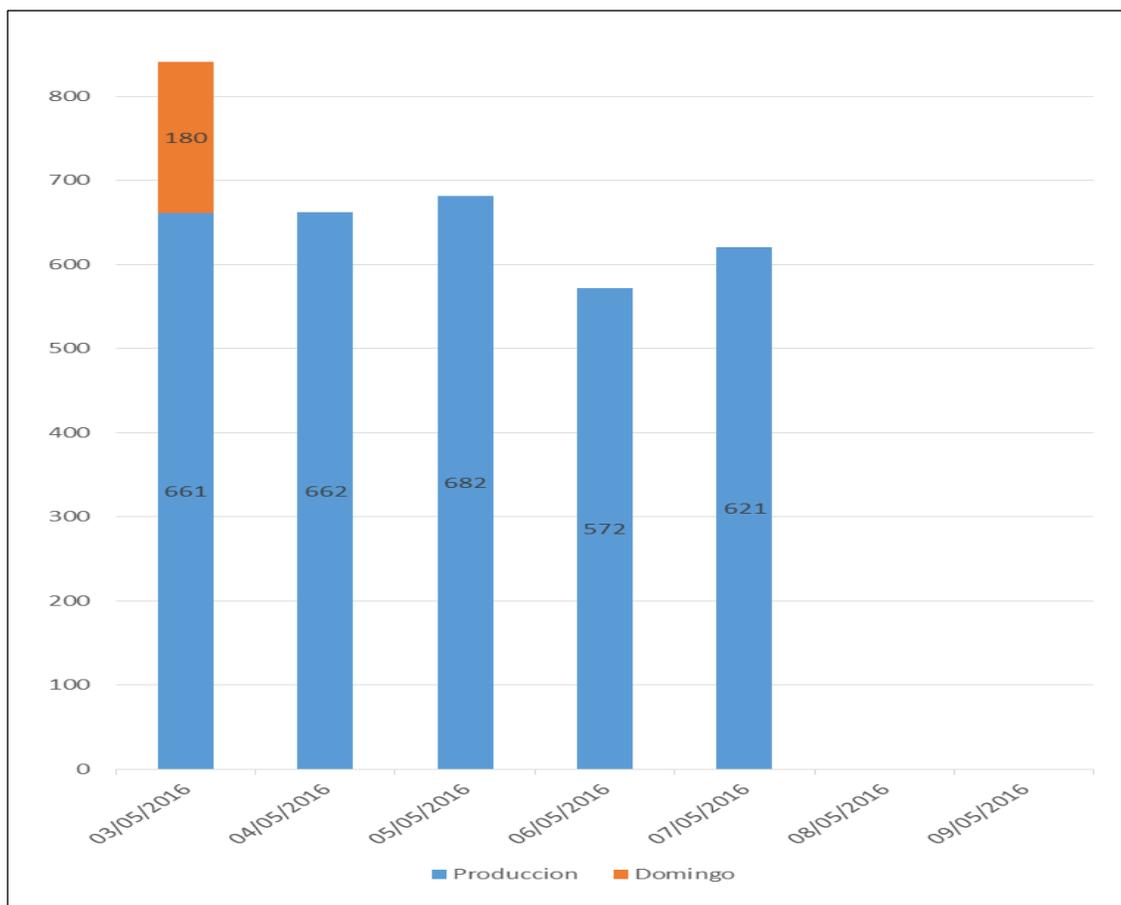
**Tabla 15.** Análisis de producción

DIA	FECHA	PRODUCCION	DOMINGO
VIERNES	01/04/2016	692	
SÁBADO	02/04/2016	643	
DOMINGO	03/04/2016	651	156
LUNES	04/04/2016	610	
MARTES	05/04/2016	566	
MIÉRCOLES	06/04/2016	520	
JUEVES	07/04/2016	624	
VIERNES	08/04/2016	649	
SÁBADO	09/04/2016	605	
DOMINGO	10/04/2016	607	154
LUNES	11/04/2016	606	
MARTES	12/04/2016	528	
MIÉRCOLES	13/04/2016		
JUEVES	14/04/2016	400	
VIERNES	15/04/2016	862	
SÁBADO	16/04/2016	651	
DOMINGO	17/04/2016	625	166
LUNES	18/04/2016	652	
MARTES	19/04/2016	512	
MIÉRCOLES	20/04/2016		
JUEVES	21/04/2016	641	
VIERNES	22/04/2016	618	
SÁBADO	23/04/2016	671	
DOMINGO	24/04/2016	665	171
LUNES	25/04/2016	637	
MARTES	26/04/2016	493	
MIÉRCOLES	27/04/2016	679	
JUEVES	28/04/2016	650	
VIERNES	29/04/2016	621	
SÁBADO	30/04/2016	603	
DOMINGO	01/05/2016	627	176
LUNES	02/05/2016	492	
MARTES	03/05/2016	661	
MIÉRCOLES	04/05/2016	662	
JUEVES	05/05/2016	682	
VIERNES	06/05/2016	572	
SÁBADO	07/05/2016	621	
DOMINGO	08/05/2016		180
LUNES	09/05/2016		
MARTES	10/05/2016		
MIÉRCOLES	11/05/2016		

**Fuente:** Autor

En la tabla 15, se visualiza el análisis del mes de abril de la producción de envasado, donde se procede a despachar diariamente el producto a los distintos distribuidores, con esto se determina que los días más altos de producción son lunes, martes, y miércoles, con el piso (stock) del día, ayuda a mantener la demanda del mercado.

### TOTAL DE ENVASADO DE GLP

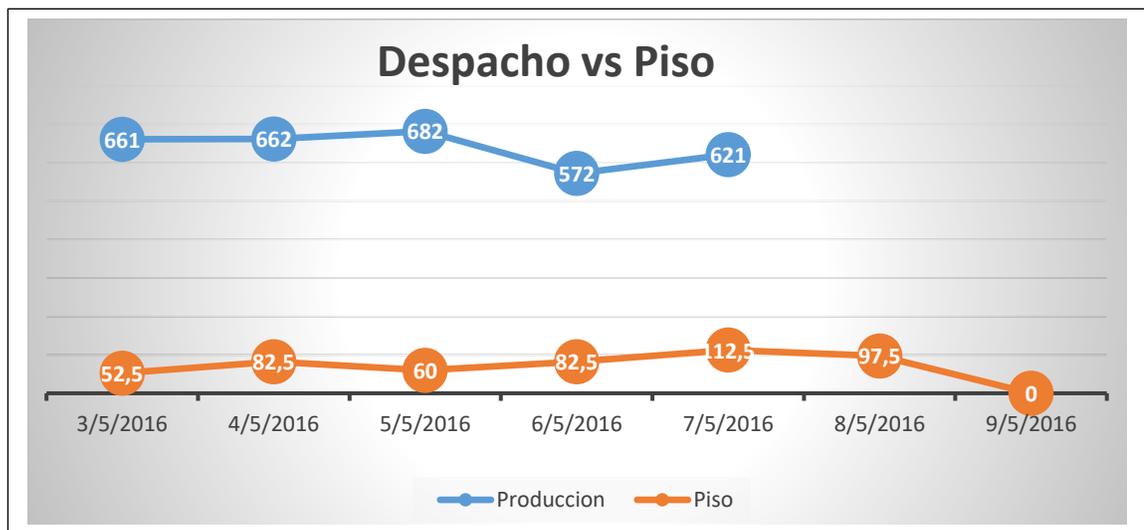


**Figura 21.** Cuadro de envasado de cilindros

**Fuente:** Autor

En la figura 25 se muestra el análisis de datos tomados por día de la cantidad de cilindros despachados (toneladas) que reporta el área de facturación, se puede indicar que el día de mayor despacho es el 03 de mayo con una cantidad de 661 ton /día, más el despacho que se realiza el día domingo

**Figura 22.** Cuadro de confrontación Piso y despacho



**Fuente:** Autor

En la figura 26, se puede visualizar los picos de confrontación entre la cantidad de despacho y la cantidad de piso (stock), el mismo que está en un promedio de 60 ton/ día.

Se puede apreciar que la demanda tiene un alza mensual, debido a que el proyecto de cocinas de inducción no obtuvo la acogida esperada. Por ello, se ve reflejado la preferencia de uso de GLP. Por otra parte, el piso (stock), comprende la cantidad de cilindros llenos listos para ser embarcados en los camiones.

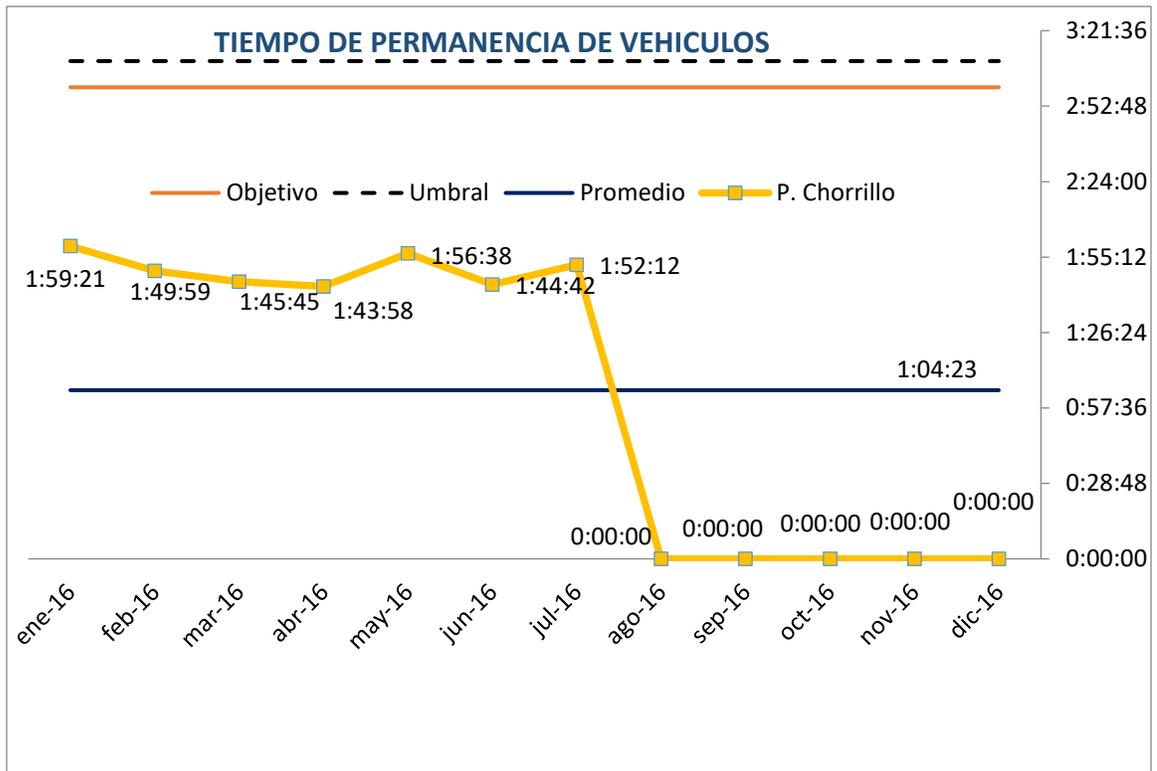
**Tabla 16.** Tiempos de subprocesos de envasado mensual

	<b>P. CHORRILLO</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>UMBRAL</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Enero-16</b>	<b>1:14:14</b>	<b>1:50</b>	<b>1:58</b>	
<b>Feb-16</b>	<b>1:38:17</b>	<b>1:50</b>	<b>1:58</b>	<b>0:51:26</b>
<b>Mar-16</b>	<b>1:37:36</b>	<b>1:50</b>	<b>1:58</b>	<b>0:51:26</b>
<b>Abr-16</b>	<b>1:29:51</b>	<b>1:50</b>	<b>1:58</b>	<b>0:51:26</b>
<b>May-16</b>	<b>1:39:33</b>	<b>1:50</b>	<b>1:58</b>	<b>0:51:26</b>
<b>Jun-16</b>	<b>1:28:16</b>	<b>1:50</b>	<b>1:58</b>	<b>0:51:26</b>
<b>Jul-16</b>	<b>1:32:16</b>	<b>1:50</b>	<b>1:58</b>	<b>0:51:26</b>
<b>Ago-16</b>	<b>0:00</b>	<b>1:50</b>	<b>1:58</b>	<b>0:51:26</b>
<b>Sep-16</b>	<b>0:00</b>	<b>1:50</b>	<b>1:58</b>	<b>0:51:26</b>
<b>Oct-16</b>	<b>0:00</b>	<b>1:50</b>	<b>1:58</b>	<b>0:51:26</b>
<b>Nov-16</b>	<b>0:00</b>	<b>1:50</b>	<b>1:58</b>	<b>0:51:26</b>
<b>Dic-16</b>	<b>0:00</b>	<b>1:50</b>	<b>1:58</b>	<b>0:51:26</b>

**Fuente:** Autor.

En la tabla 16 se muestra el tiempo de espera que toma un vehículo en descargar y cargar los Pallets, el mismo que se encuentra en un promedio de 0:51 minutos.

**Figura 27:** Tiempo de permanencia de vehículos



En la figura 27 se muestra el tiempo de permanencia de los vehículos en el Terminal Chorrillo que transporta los pallets, se puede apreciar que el promedio de minutos que un tanquero permanece en el terminal el chorrillo es de 51 min con 26 segundos.

	<b>P. CHORRILLO</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>UMBRAL</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Enero-17</b>	<b>1:59:21</b>	<b>3:00</b>	<b>3:10</b>	<b>1:04:23</b>
<b>Feb-17</b>	<b>1:49:59</b>	<b>3:00</b>	<b>3:10</b>	<b>1:04:23</b>
<b>Mar-17</b>	<b>1:45:45</b>	<b>3:00</b>	<b>3:10</b>	<b>1:04:23</b>
<b>Abr-17</b>	<b>1:43:58</b>	<b>3:00</b>	<b>3:10</b>	<b>1:04:23</b>
<b>May-17</b>	<b>1:56:38</b>	<b>3:00</b>	<b>3:10</b>	<b>1:04:23</b>
<b>Jun-17</b>	<b>1:44:42</b>	<b>3:00</b>	<b>3:10</b>	<b>1:04:23</b>
<b>Jul-17</b>	<b>1:52:12</b>	<b>3:00</b>	<b>3:10</b>	<b>1:04:23</b>
<b>Ago-17</b>	<b>0:00</b>	<b>3:00</b>	<b>3:10</b>	<b>1:04:23</b>
<b>Sep-17</b>	<b>0:00</b>	<b>3:00</b>	<b>3:10</b>	<b>1:04:23</b>
<b>Oct-17</b>	<b>0:00</b>	<b>3:00</b>	<b>3:10</b>	<b>1:04:23</b>
<b>Nov-17</b>	<b>0:00</b>	<b>3:00</b>	<b>3:10</b>	<b>1:04:23</b>
<b>Dic-17</b>	<b>0:00</b>	<b>3:00</b>	<b>3:10</b>	<b>1:04:23</b>

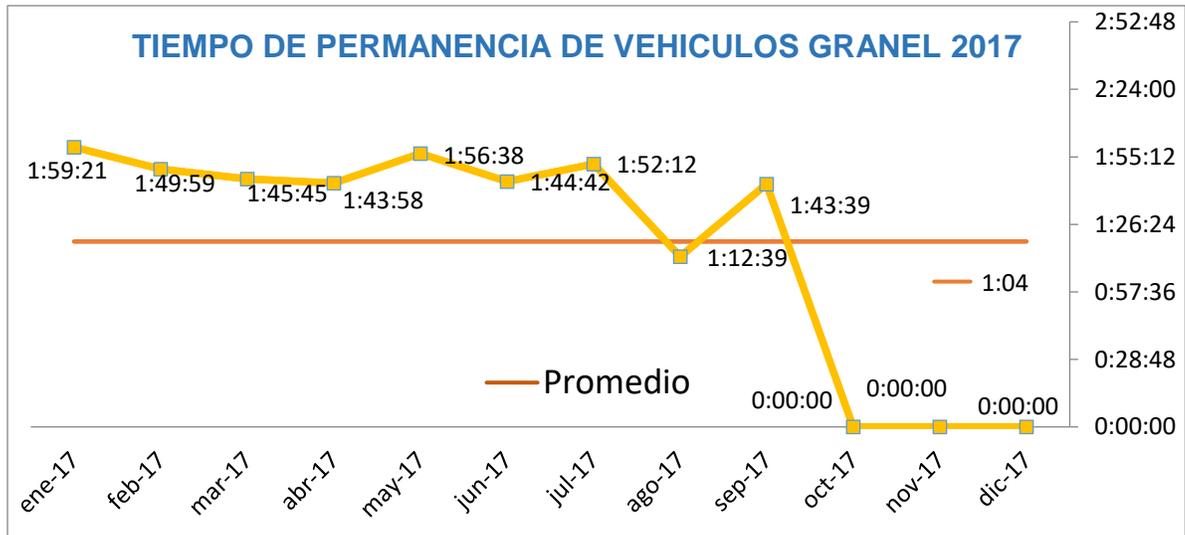
promedios de espera de vehículo al granel

17.  
Tiempos

**Fuente:** Autor

En la tabla 17 se muestra el tiempo de espera que toma un vehículo al granel en descargar y cargar los Pallets, el mismo que se encuentra en un promedio óptimo es de 1:04 minutos, promedio actual es de 1:48 minutos.

**Figura 238.** Tiempo de vehículos al granel

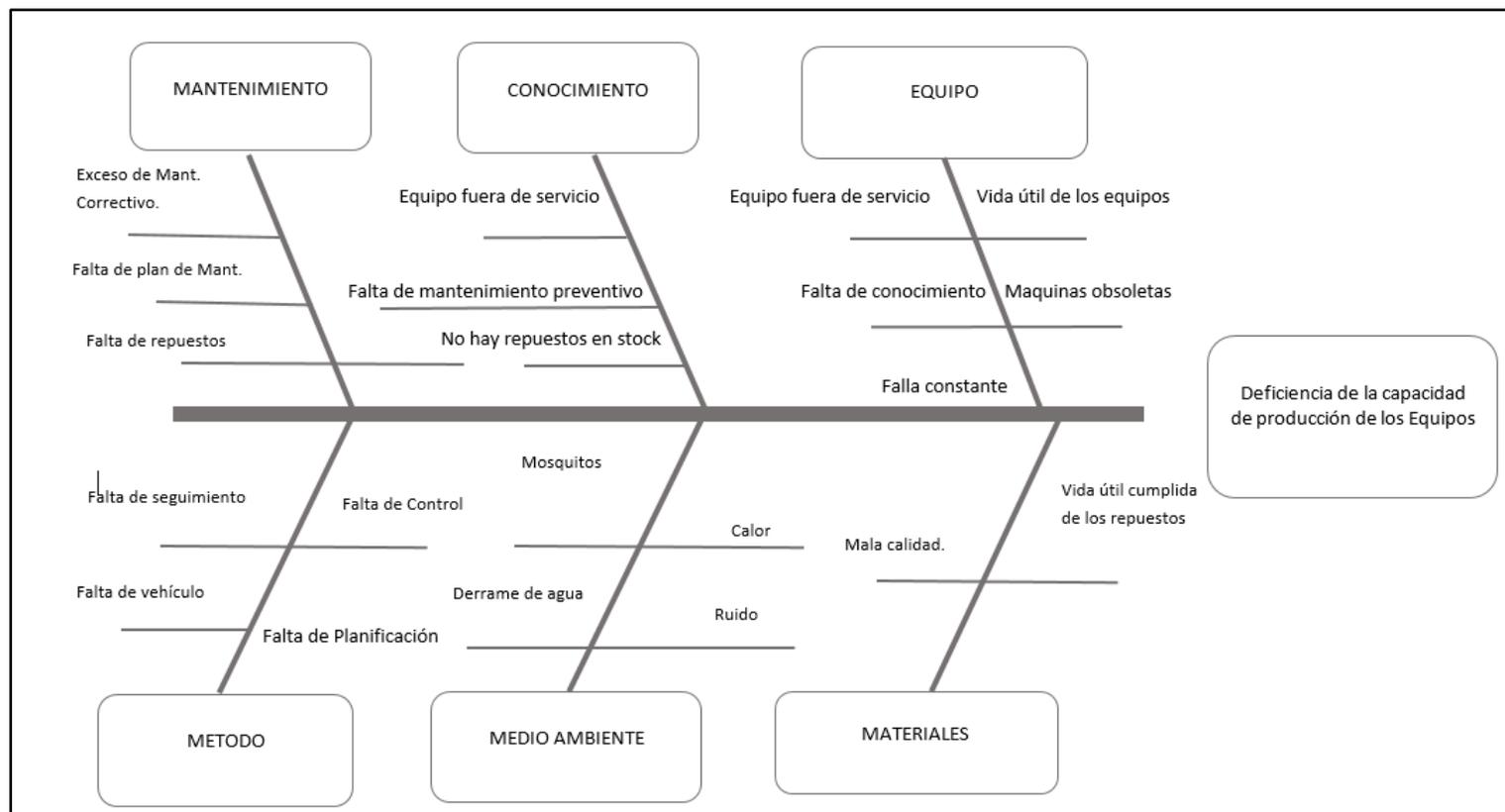


En figura 28, se aprecia el tiempo que cada camión se toma en descargar y cargar los cilindros, el tiempo máximo es de 01h05, mientras que el tiempo promedio es de 1:04 siendo esto una pérdida de tiempo improductivo para la empresa.

**Fuente:** Autor

En la figura 29 se realiza el análisis sobre la capacidad de producción de los equipos del terminal chorrillo, se puede corroborar que existen falencias en diversos subprocesos los mismos que deben retroalimentarse con el personal para su mejora correctiva, de esta manera poder incrementar la producción y las ventas.

**Figura 24.** Diagrama de espina de pescado de la capacidad de producción



**Fuente:** Autor

En la tabla 18 se muestra los daños críticos en planta de envasado que afectan directamente en la producción diaria, lo que genera retraso, de retiro de GLP, el cupo asignado octubre.

**Tabla 18.** Daños críticos por carrusel de producción

	DESCRIPCION	STATUS	AFECTACIÓN	OBSERVACIÓN
<b>Carrusel #1</b>	Desviador de entrada	Operador	Producción	Opera con problemas por rieles desgastados, ocasiona paras esporádicas
	Motoreductores	Operador	Producción	Hay 2 motoreductores que están llenos de lubricante con tierra, faltan de realizar mantenimiento, piñones se desalinean provocando que se trabe cadena
	Entrada	Operador	Producción	Está fallando los cables de comunicación con paras esporádicas
	Detectora de Fuga	Operador	Calidad	Está fallando Draguer, El cabezal tiene un caucho que hace estanqueidad que esta por dañarse.
	Evacuadoras	Operador	Seguridad	Solo opera 2 de 8 Cabezales.
<b>Carrusel #2</b>	Transportadores	Operador	Producción	Falta cambiar 2 tramos de cadena con desgaste, causa paras por roturas de eslabones.
	Desviadores de Cilindros Llenos	Operador	Producción	Fallando se traban los cilindros, este desviador lo vamos a modificar con Técnicos de apoyo externos.
	Motoreductor	Operador	Producción	Hay 2 motoreductores que están llenos de lubricante con tierra, faltan de realizar mantenimiento, piñones se desalinean provocando que se trabe cadena.
	Entrada	Operador	Producción	Está fallando los cabezales de comunicación, produce paras esporádicas.
	Detectora de Fuga	No Operado	Calidad	Está fallando Draguer
	Detectora de Caucho Toroide	No Operado	Calidad	Sensores inductivos no operativos
	Evacuadoras	Operador	Producción	Solo opera 2 de 12 cabezales.
<b>Carrusel #3</b>	Transportadores	Operador	Producción	Cadena presenta desgaste.
	Repesado	No Operado	Calidad	No hay comunicación entre la balanza y el carrusel.
	Detectora de Fuga	No Operado	Calidad	No opera le falta la mayoría de las piezas
	Detectora de Caucho Toroide	No existe	Calidad	No tiene este carrusel
<b>Carrusel #4</b>	Termoselladora	No existe	Calidad	No tiene este Carrusel

**Fuente:** Autor

## **CONCLUSIONES**

El estudio basado en el tiempo de duración de las actividades que intervienen en el proceso de Envasado de Cilindros tanto al granel como en paletizados, no operan en tiempos que beneficien a los objetivos de la empresa los cuales promueven la calidad, peso dentro de la tolerancia permitida por la norma INEN 327:2011 en base al índice de productividad que no debe ser menor del 75% mensual.

El análisis de los procesos mediante observación directa y toma de tiempos promedios muestra que las actividades de mayor problemática y que crean un cuello de botella son cilindros, con abolladuras, con corrosión, sin pintar, base dañadas, sin taras, asas dobladas entre otros, generando una baja productividad del 25% mensual, la cual no cumple con el índice de productividad estándar establecido.

Entre las causas que generan una baja productividad tenemos que el sistema productivo objeto de estudio posee una situación desfavorable en cuanto a la distribución espacial existente, es decir, el layout no es idóneo para el correcto desarrollo de los procesos. Además, entre los diversos factores que generan baja productividad también podemos determinar que la empresa tiene una ubicación geográfica muy lejana y con vías de poco acceso, lo que provoca un bajo nivel de seguridad para los transportistas, el personal de planta, y retraso de la asignación de cupos por las rutas que poseen.

Se puede determinar que el uso de la metodología de planeación sistemática EGP (Eficiencia de Producción Global) y el análisis de la capacidad de la producción nos mostró que para obtener el % de producción ideal, es necesario aumentar el parque de stock de cilindros, tecnificar la mano de obra, planificar los mantenimientos preventivos y correctivos, y la movilidad dentro del proceso de envasado de cilindros.

Una vez realizadas las mejoras de implantación se podrá obtener el índice de productividad ideal para la ejecución de actividades, y a su vez generará la reducción de tiempos muertos, mejorará la planificación de las actividades, repotenciará los equipos existentes, tecnificará la mano de obra, e incrementará el stock de repuestos de rotación de cilindros.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda a la empresa implementar la propuesta que se presenta en este caso de estudio, ya que conduciría a la mejora de la productividad de los procesos de llenado de GLP y a su vez, la distribución de GLP a nivel nacional.

Se recomienda además crear una cultura de participación con el personal que labora en planta, delegar funciones específicas a cada colaborador y disminuir la carga laboral para determinados empleados para así mantener un buen ambiente laboral.

Capacitar al personal tanto de supervisión como mano de obra para el uso adecuado de los equipos y dar seguimiento a la planificación de mantenimientos anuales.

Retroalimentar a los turnos respectivos sobre los problemas suscitados en los diferentes horarios para evitar retrasos en la producción y que se puede cumplir con los tiempos estimados de los procesos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 9001, N. I. (s.f.). *ISO 9000 8.5.1 Mejora continua - Norma ISO 9001*. Obtenido de <http://www.normas9000.com/iso-9000-59.html>
- Asociación Española para la Calidad (AEC) 2016. (2016). *Asociación Española para la Calidad (AEC)* . Obtenido de <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/5-porque>
- Carro, R. &. (2012). *Productividad y competitividad*. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Casavona, F. (2002). Formación profesional, productividad y trabajo decente . *Boletín nº153 Cinterfor Mitevideo* , 8-26.
- Case, Karl E. & Fair, Ray C. (1999). *Principles of Economics(5th ed.)*. Prentice-Hall.
- Cuatrecasas Arbós, L. (2011). *Organización de la producción y dirección de operaciones*.
- EPPETROECUADOR, D. (2017). *MANUAL DE OPERACIONES* . QUITO.
- INEN, I. E. (2008 vigente). *Norma tecnica Ecuatoriana INEN 675:1982*. Quito.
- Ishikawa, K. (2013). *Diagrama de Ishikawa*. Instituto para el aseguramiento de la calidad., 2013.
- Más, J. L. (2005). Motivación laboral y gestión de recursos humanos en la teoría de Frederick Herzberg. . *Gestión en el tercer milenio*, 25-36.
- MINISTERIO DE RECURSOS NO RENOVABLES. (2015). *ACUERDO MINISTERIAL 322*. QUITO - GUAYAQUIL, PICHINCHA , ECUADOR .
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 116. (2009). *CILINDROS PARA GLP DE USO DOMÉSTICO. VÁLVULAS. REQUISITOS E INSPECCIÓN. NTE INEN 116 TERCERA REVISIÓN*. ECUADOR.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 327. (2011). *NTE INEN Revisión De Cilindros De Acero Para Gas Licuado*. Ecuador.
- Rincón de Parra, H. (2001). Calidad, productividad y costos: análisis de relaciones entre estos tres conceptos. . *Actualidad contable faces*, 4(4).
- Samuelson y Nordhaus . (2005). *Economía*. Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Zúniga-Gonzalez, C. A. (2012). Total Factor Productivity and the Bio Economy Effects. *Journal of Agricultural Studies*, 1-29.

# **ANEXOS**

**Anexo 1.** Carrusel de envasado de cilindros de uso industrial de 45 Kg.



**Figura 25.** Llenado de Cilindros tipo Industrial de 45Kg.

**Fuente:** Autor

**Anexo 2.** Carrusel de envasado de cilindros de uso industrial de 16Kg.



**Figura 26.** Llenado de Cilindros tipo Industrial de 16 Kg

**Fuente:** Autor

**Anexo 3.** Área de paletizados de cilindros de uso doméstico de 15 Kg.



**Figura 27.** Paletizado de cilindros uso doméstico de 15 Kg

**Fuente:** Autor

#### Anexo 4. Área de carga de cilindros



**Figura 28.** Línea de carga de ingreso de cilindros llenos a la paletizadora.

**Fuente:** Autor

**Anexo 5.**Línea de carga a pallets.



**Figura 29.** Línea de carga de cilindros industriales a los pallets.

**Fuente:** Autor

**Anexo 6. Carrusel 3 línea de abastecimiento**



**Figura 30.** Línea de Ingreso de Cilindros tipo domésticos al carrusel #3

**Fuente:** Autor

**Anexo 7.** Línea de abastecimiento de cilindros.



**Figura 31.** Alimentación de cilindros y salida del mismo

**Fuente:** Autor

**Anexo 8.** Área de descarga de cilindros.



**Figura 32.** Descarga de cilindros por la manga de la telescópica

**Fuente:** Autor