

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“REINGENIERÍA DEL LLENADO DE GAS LICUADO DE
PETRÓLEO EN CILINDROS DE 10 KG EN LA PLANTA
ENVASADORA DE INTI GAS - CHORRILLOS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

ADRIAN PORFIRIO CORDERO AGUILAR

Callao, Mayo, 2018

PERÚ

DEDICATORIA

A mi esposa e hijos, quienes siempre me
brindaron su apoyo incondicional en todos los
proyectos que he emprendido en la vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por sus bendiciones.

A cada uno de los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Callao, por los conocimientos compartidos y por las enseñanzas brindadas a lo largo de mi formación profesional.

Al ingeniero Félix Guerrero por su apoyo como asesor de la presente Tesis.

A todos aquellos que de manera directa o indirecta contribuyeron tanto en la planificación, como en la ejecución de la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE GRÁFICOS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.1. Identificación del problema.....	9
1.2. Formulación del problema	10
1.3. Objetivos de la investigación.....	11
1.4. Justificación	11
1.4.1. Justificación tecnológica.....	11
1.4.2. Justificación metodológica	12
1.4.3. Justificación económica	12
1.5. Importancia	12
II. MARCO TEORICO	13
2.1. Antecedentes del estudio.....	13
2.1.1. Antecedentes nacionales	13
2.1.2. Antecedentes extranjeros	15
2.2. Marco Conceptual.....	18
2.2.1. Gas licuado de petróleo - GLP	18
2.2.2. Reglamentación	21
2.3. Recipientes contenedores de GLP	23
2.4. Planta envasadora de GLP.....	24
2.4.1. Proceso de envasado.....	26
2.4.2. Seguridad y funcionamiento	30
2.5. Diseño del transportador de cadenas	34
2.6. Reingeniería de procesos	40
2.7. Planta de envasado de GLP Intigas – Chorrillos.	42
2.7.1. Descarga de la cisterna rodante al tanque estacionario.....	43

2.7.2.	Envasado de cilindros de GLP (10Kg)	44
III.	VARIABLES E HIPOTESIS	48
3.1.	Variable de la investigación	48
3.1.1.	Variable independiente.....	48
3.1.2.	Variable dependiente	48
3.2.	Operacionalización de las variables	48
3.3.	Hipótesis.....	48
3.3.1.	Hipótesis general	48
3.3.2.	Hipótesis específicas	49
IV.	METODOLOGÍA	50
4.1.	Tipo de investigación	50
4.2.	Diseño de la investigación.....	50
4.3.	Población y muestra.....	51
4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	51
4.5.	Procedimiento de recolección de datos.....	52
4.6.	Definición del proyecto	53
4.7.	Análisis y diagnóstico.....	53
4.8.	Diseño de la nueva organización.....	54
V.	RESULTADOS	56
5.1.	Diseño del transportador de cadenas	56
5.2.	Justificación técnica de la propuesta	75
5.3.	Justificación económica de la propuesta	75
5.4.	Implementación.....	81
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	87
VII.	CONCLUSIONES.....	89
VIII.	RECOMENDACIONES.....	90
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXOS.....		95
•	ANEXO A.- MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	95
•	ANEXO B.- FACTOR DE SERVICIO Fp	96
•	ANEXO C.- FACTOR DE VELOCIDAD PARA CADENAS Fs	96

- ANEXO D.- SELECCIÓN DE CADENAS..... 97
- ANEXO E.- FACTOR DE SUPERFICIE PARA VARIOS ACABADOS DE ACERO 98
- ANEXO G.- SENSIBILIDAD A LA MUESCA 99
- ANEXO H.- FACTOR DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZO K_t 100
- ANEXO I.- SENSIBILIDAD A LA MUESCA $q_{cortante}$ 100
- ANEXO J.- FACTOR DE CONCENTRACION DE ESFUERZO K_{ts} 101
- ANEXO K.- PROPIEDADES ACERO SAE 1045 101
- ANEXO L.- FACTOR DE PIÑON 102
- ANEXO M.- CUBOS DE ACERO SOLIDO 102
- ANEXO N.- CALCULO DE LOS FACTORES f_h Y f_n 103
- ANEXO O.- ÍNDICE BÁSICO DE VIDA, FACTOR DE VIDA DE FATIGA Y FACTOR DE VELOCIDAD 104
- ANEXO P.- RODAMIENTOS DE BOLAS DE RANURA PROFUNDA DE UNA SOLA HILERA 105
- ANEXO Q.- COSTO DEL TRANSPORTADOR DE CADENAS 106
- ANEXO R.- DISEÑO DEL TRANSPORTADOR DE CADENAS 107

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ.....	19
TABLA N° 2.2 FACTOR DE SERVICIO FP.....	37
TABLA N° 2.3 CLASIFICACIÓN DE CARGAS.....	38
TABLA 2.4 FACTOR DE VELOCIDAD PARA CADENAS DE ACERO.....	39
TABLA N° 3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	48
TABLA N° 4.1 DISTRIBUCIÓN DE PERSONAL EN LA PLANTA ACTUAL.....	53
TABLA N° 4.2 DISTRIBUCIÓN DE PERSONAL EN LA PLANTA DE LA PROPUESTA.....	54
TABLA N° 5. 1 CARACTERÍSTICAS DE ENTRADA DE LA PROPUESTA.....	56
TABLA N° 5. 2 FUERZAS SOBRE EL CANAL U.....	59
TABLA N° 5. 3 ZONAS DE PROTECCIÓN DE EQUIPOS.....	73
TABLA N° 5. 4 CATEGORÍAS DE MOTOREDUCTORES A PRUEBA DE EXPLOSIONES.....	73
TABLA N° 5. 5 TABLA DE SELECCIÓN DE MOTORREDUCTOR 2GD.....	74
TABLA N° 5. 6 SISTEMA ACTUAL VS PROPUESTA CON SISTEMA CARRUSEL.....	75
TABLA N° 5. 7 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	76
TABLA N° 5. 8 COSTO DE MANO DE OBRA CON EL SISTEMA DE ENVASADO ACTUAL.....	78
TABLA N° 5. 9 COSTO DE MANO DE OBRA CON EL SISTEMA DE ENVASADO CARRUSEL.....	78
TABLA N° 5. 10 ESTADO DE RESULTADOS.....	79
TABLA N° 5. 11 FLUJO DE EFECTIVO.....	80
TABLA N° 5. 12 CÁLCULO DEL B/C.....	80
TABLA N° 6. 1 ÍNDICES PARA LA SELECCIÓN DE PROYECTOS.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO - GLP	20
FIGURA 2.2 ORGANISMOS COMPETENTES	21
FIGURA 2.3 BALONES DE GLP PARA USO DOMICILIARIO	23
FIGURA 2.4 PARTES DE UN BALONES DE GLP PARA USO DOMICILIARIO ...	24
FIGURA 2.5 PROCESOS EN UNA PLANTA ENVASADORA	25
FIGURA 2.6 PUNTO DE TRASIEGO O TRANSFERENCIA.....	26
FIGURA 2.7 TIPOS DE TANQUES	27
FIGURA 2.8 BOMBA COMPRESOR.....	28
FIGURA 2.9 PLATAFORMA DE ENVASADO	29
FIGURA 2.10 LLENADORAS UNIVERSALES UFM EN LÍNEA.....	29
FIGURA 2.11 CISTERNA DE AGUA	30
FIGURA 2.12 POSIBLES PUNTOS DE FUGA	32
FIGURA 2.13 BASCULA EN LINA PARA PESAR CILINDROS.....	33
FIGURA 2.14 TRANSPORTADOR DE CADENAS Y MATERIAL CARGADO	36
FIGURA 2.15 IMPLEMENTACIÓN DE LA REINGENIERÍA	42
FIGURA 2.16 DESCARGA DE CILINDROS VACIOS.....	44
FIGURA 2.17 ZONA DE DESCARGA	45
FIGURA 2.18 LLENADO DE CILINDROS DE 10KG	46
FIGURA N° 5.1 CARACTERÍSTICAS CADENA C55.....	57
FIGURA N° 5.2 FUERZAS SOBRE EL CANAL U	58
FIGURA N° 5.3 FUERZAS SOBRE EL EJE	60
FIGURA N° 5.4 DIMENSIONES DEL PIÑÓN.	70
FIGURA N° 5.5 RODAMIENTOS DE BOLAS Y RODILLOS.	70
FIGURA N° 5.6 RODAMIENTOS RADIALES Y AXIALES.....	71
FIGURA N° 5.7 SISTEMA CARRUSEL	82
FIGURA N° 5.8 PLANO DE PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE NUEVA PLANTA	83
FIGURA N° 5.9 ESQUEMA BÁSICO DE LAS BASCULAS DE LLENADO.....	84
FIGURA N° 5.10 DISPOSICIÓN DE LAS BASCULAS DE LLENADO EN EL SISTEMA CARRUSEL.....	85
FIGURA N° 5.11 TRANSPORTADOR DE CADENAS	86

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 5. 1 ESFUERZOS CORTANTES Y, MOMENTOS EN EL EJE X	62
GRÁFICO N° 5. 2 ESFUERZOS CORTANTES X, MOMENTOS EN EL EJE Y	63
GRÁFICO N° 5. 3 TORQUE A LO LARGO DEL EJE.	64

RESUMEN

Los cilindros de gas doméstico aún tienen un amplio mercado ya que las líneas de gas de CAMISEA no llegan a toda Lima y su masificación es reducida en el resto del Perú. Las plantas envasadoras suministran los cilindros de gas doméstico.

En la planta envasadora de gas licuado de petróleo (GLP) de la empresa Intigas localizada en Chorrillos se desarrolla un sistema de llenado de los cilindros llamado “sistema múltiple de llenado en línea” utilizando llenadores universales y con la intervención manual de trabajadores.

Sin embargo, el proceso de llenado es un proceso repetitivo y cuello de botella que limita la capacidad de producción de la planta.

Ante esta necesidad, el objetivo principal de esta tesis fue elaborar una propuesta de reingeniería para mejorar la capacidad de llenado de gas licuado de petróleo en cilindros de 10Kg en la Planta envasadora Inti gas – Chorrillos, mediante la migración del sistema convencional a un sistema carrusel.

La metodología de investigación empleada en esta Tesis es del tipo tecnológica de nivel aplicada, con un diseño de aplicación. Se empleó el método analítico con la recolección de información mediante la técnica empírica y documental.

Como resultado de la investigación se obtuvo una propuesta de reingeniería que demuestra que la migración hacia un sistema de envasado del tipo carrusel, trae ventajas técnicas y económicas a la empresa mejorando así la capacidad de la planta envasadora, entre otros beneficios.

Palabras clave: GLP, Automatización, reingeniería, Plantas envasadoras de gas.

ABSTRACT

The domestic gas cylinders still have a large market due to the CAMISEA gas lines are not available for whole Lima, and its spread in the rest of Peru is reduced. The bottling plants supply the domestic gas cylinders.

The liquefied petroleum gas (LPG) bottling plant of the Intigas company located in Chorrillos, a bottling system for cylinders called "bottling multiple system in line" is developed using universal bottling with the manual intervention of workers.

However, the bottling process is a repetitive process and a bottleneck that limits the production capacity of the plant.

Giving this need, the main objective of this thesis was to develop a reengineering proposal to improve the capacity of liquefied petroleum gas bottling in cylinders of 10Kg in the Inti gas bottling plant - Chorrillos, through the migration of the conventional system to a carousel system.

The research methodology used in this thesis is applied technological, with an application design. An analytical method with the collection of information by the empirical and documentary technique was used.

As a result of the research, a reengineering proposal was obtained showing that the migration to a carousel-type bottling system brings technical and economic advantages to the company, thus improving the capacity of the bottling plant, among other benefits.

Keywords: GLP, Automation, Reengineering, Gas bottling plants.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema

Los cilindros de gas licuado de petróleo (GLP), son utilizados generalmente en los hogares para la preparación de alimentos, en hogares que no cuentan con la conexión al gas domiciliario del gas de CAMISEA.

El proceso estándar para el llenado de los cilindros empleado por las empresas envasadoras de GLP en el Perú es el “Sistema múltiple de llenado en línea”, donde se emplean maquinas operadas manualmente para inyectar el GLP en los cilindros, en una línea de producción, mediante una red de tuberías, conexiones, válvulas y mangueras de alta presión (no menor de 28.12 Kg/cm² o 400 psi).

En la planta de envasado de GLP de la empresa Inti Gas ubicada en Chorrillos se emplea el Método Estándar. Donde laboran 17 trabajadores que con una jornada de 8 horas diarias logran el envasado de 3840 cilindros de 10Kg.

Si las cosas siempre se han hecho así ¿por qué cambiar?, es una afirmación recurrente de las personas renuentes al cambio sin embargo con el desarrollo de nuevas tecnologías a disposición, se hace obligatorio innovar y buscar la mejora continua de los procesos para poder mantener la competitividad de la Empresa.

La reingeniería es de alguna forma una respuesta a la interrogante ¿se están haciendo las cosas bien o se pueden hacer mejor? La reingeniería es el rediseño o cambio drástico de un proceso o del total de procesos como respuesta al cambio¹. Haciendo uso de la reingeniería se puede replantear el proceso de llenado de los cilindros con GLP mediante la utilización de nuevas tecnologías como el sistema carrusel con cabezales de llenado en reemplazo del sistema en línea y los llenadores universales. El nuevo sistema permite disminuir la intervención del personal en las actividades repetitivas del llenado de GLP, permite incrementar la capacidad de producción de la planta y promueve la utilización de las nuevas tecnologías.

De lo expuesto existe el potencial de realizar una reingeniería al proceso de llenado de GLP en cilindros de 10Kg en la planta envasadora Inti- Gas Chorrillos, lo cual permitió obtener ventajas competitivas con respecto a otras empresas del rubro, además de las otras ventajas ya expuestas.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Es posible desarrollar la reingeniería para mejorar la capacidad de llenado de gas licuado de petróleo en cilindros de 10Kg de la planta envasadora Intigas en Chorrillos?

1.2.2. Problemas específicos

¹ OSSMIN EUCEDA. **Reingeniería**. Artículo web disponible en <http://www.monografias.com/trabajos28/reingenieria/reingenieria.shtml>. consulta: 27/12/17.

- ¿En qué medida el sistema tipo carrusel permite incrementar la capacidad del proceso de la planta envasadora de gas?
- ¿De qué forma el sistema tipo carrusel puede generar beneficios económicos en la planta envasadora de gas?
- ¿Cómo diseñar un transportador de cadenas para reducir el costo del proyecto del sistema carrusel en la planta envasadora de gas?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar la reingeniería empleando nuevas tecnologías para mejorar la capacidad de llenado de gas licuado de petróleo en cilindros de 10Kg de la planta envasadora Intigas en Chorrillos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar en qué medida el sistema tipo carrusel permite incrementar la capacidad del proceso de la planta envasadora de gas.
- Calcular de qué forma el sistema tipo carrusel puede generar beneficios económicos en la planta envasadora de gas.
- Diseñar el transportador de cadenas para reducir el costo del proyecto del sistema carrusel en la planta envasadora de gas.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación tecnológica

La presente investigación se orientó a satisfacer la necesidad de mejorar la capacidad de la planta envasadora de GLP Inti Gas - Chorrillos mediante la incorporación de una nueva tecnología en el esquema productivo actual. Asimismo, es de destacar el proceso de reingeniería adaptado a un caso técnico.

1.4.2. Justificación metodológica

Desde el punto de vista metodológico, la presente investigación se justifica ya que presenta una propuesta novedosa la cual ha sido probada con éxito en otros países contribuyendo a la automatización de procesos repetitivos e incrementando la capacidad de producción.

1.4.3. Justificación económica

Se prevé que la implementación del presente trabajo de investigación obtendrá beneficios económicos provenientes del aumento de la capacidad de llenado resultante de incorporar la nueva tecnología, la disminución del personal, y debido a la redistribución de áreas en la actual planta.

1.5. Importancia

La importancia de la presente investigación radica en que es oportuna al presentar una propuesta que incluye nueva tecnología que ha sido probada con éxito en otras plantas envasadoras alrededor del mundo.

Las empresas tienen la obligación de innovar y mejorar continuamente para continuar siendo competitivas, las empresas que no son capaces de innovar irremediablemente están destinadas al fracaso y a desaparecer. Es por ello que la

presente tesis persigue la solución de un problema real y práctico que no solo está presente en la planta envasadora de Inti Gas – Chorrillos sino en muchas empresas que no utilizan las nuevas tecnologías en sus procesos lo cual no les permite desarrollar toda su capacidad y competir ofreciendo mejores precios y mejor calidad en sus productos.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes nacionales

Monge Talavera Miguel² presenta la tesis “Proyecto de instalación de una planta envasadora de gas licuado de petróleo en la ciudad de Arequipa”.

La problemática presentada es el incumplimiento por parte de algunas plantas envasadoras de GLP de las normas de seguridad requeridas por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) y el Organismo Supervisor de la Energía (OSINERGMIN), lo cual genera un peligro para los vecinos y trabajadores.

La tesis describe los aspectos que deben tenerse en cuenta en la instalación de una planta envasadora de gas basado en las normas establecidas por el MEM para el diseño, seguridad y estudio de impacto ambiental. Entre sus conclusiones más resaltantes se tiene la eficacia del sistema contraincendios para atender cualquier

² MONGE TALAVERA, Miguel. **Proyecto de instalación de una planta envasadora de gas licuado de petróleo en la ciudad de Arequipa**. Tesis de ingeniería. Lima. Universidad Nacional mayor de San Marcos. 2002.

eventualidad. La propuesta tiene un tiempo de recuperación de 6 años cuando el 50% de la inversión es finalizada.

Ortega Mestanza Ricardo y Vílchez Torres Mylena³ presentan la tesis “Propuesta de mejora en la línea de envasado de balones de GLP para incrementar la productividad de la empresa envasadora Cajamarca Gas S.A – Cajamarca”.

Con miras a obtener la certificación ISO 9001 la empresa en mención se trazó como objetivo identificar, definir y ordenar su proceso productivo. Para lograr su plan requerían estudios que le mostrasen cuan eficientes eran y cuanto más podrían mejorar e incrementar su producción, así como el costo beneficio que ello implicaba.

Para solucionar el problema, el autor realiza un estudio del trabajo y presenta una propuesta para eliminar desperdicios generados por movimientos innecesarios, tiempos ociosos, mejoras en los métodos de trabajo y la reasignación de personal en las estaciones de trabajo. El ciclo de producción se redujo en 27%, la productividad aumento en 38%, la eficiencia económica aumento en 13% y el tiempo ocioso disminuyo en 36%. Mediante análisis VAN y TIR se demostró la viabilidad de las propuestas con una proyección de 5 años.

Rivera Rodríguez Roxana y Gómez Abanto Julio⁴ presentan la Tesis

³ ORTEGA MESTANZA, Ricardo y VÍLCHEZ TORRES, Mylena. **Propuesta de mejora de en la línea de envasado de balones de GLP para incrementar la productividad de la empresa envasadora Caxamarca Gas S.A. - Cajamarca.** Tesis de ingeniería. Cajamarca. Universidad Privada del Norte. 2012.

⁴ RIVERA RODRIGUEZ, Roxana y GÓMEZ ABANTO, Julio. **Implementación de mejoras en el proceso de envasado de GLP aplicando herramientas de ingeniería de métodos. Caso: Alfa Gas S.A.** Tesis de ingeniería. Lima. Universidad Wiener. 2015.

“Implementación de mejoras en el proceso de envasado de GLP aplicando herramientas de ingeniería de métodos. Caso: Alfa Gas S.A.”.

La investigación toma el caso de la empresa Alfa Gas S.A dedicada al envasado y la comercialización de cilindros con GLP, principalmente para el uso doméstico.

La problemática presentada es la falta de líneas eficientes de envasado de GLP en la empresa Alfa Gas S.A, para lo cual se analizó el área de producción en lo relacionado a mejorar las estaciones de envasado del GLP para incrementar la productividad de la planta en cuestión.

La propuesta del autor fue comparada con otras dos alternativas, resultando la más conveniente en cuanto a duración, costos de servicio e inversión. Entre los resultados de la implementación de la propuesta se disminuye el tiempo del recorrido de traslado de materiales en 336 metros, así como un ahorro de 5750 minutos por procesos de producción.

2.1.2. Antecedentes extranjeros

Rosendo Diana⁵ presenta la tesis “La reingeniería para el mejoramiento del proceso de llenado GLP en la planta PDVSA Gas Comunal S.A. Centro de trabajo Barinas”.

La problemática en esta tesis describe la necesidad de la empresa estatal PDVSA Gas Comunal S.A. Centro de trabajo Barinas de adecuar su servicio de gas a las circunstancias tecnológicas actuales mediante la reingeniería para poder responder con éxito al incremento de la demanda de uso de GLP para uso doméstico e

⁵ ROSENDO P, Diana C. **La reingeniería para el mejoramiento del proceso de llenado GLP en la planta PDVSA Gas Comunal S.A. Centro de trabajo Barinas.** Tesis de ingeniería. Barinas. Universidad Nacional experimental de la fuerza armada Bolivariana núcleo Barinas. 2012.

industrial.

La inspección de la planta revela el mal estado de componentes como válvulas y picos, falta de un tanque de recuperación de gas, falta de detectores del sistema contra incendios. Se resalta también que el sistema de llenado de la planta es insuficiente para cubrir la demanda de la población y de las distribuidoras privadas a las cuales atiende, las cuales cargan diariamente de 10 a 12 camiones.

Los resultados de esta tesis comprenden encuestas que brindan información de cómo se está realizando el trabajo en la planta, el uso de normas para operación y seguridad, las encuestas refuerzan la necesidad de la reingeniería con preguntas como ¿Usted cree que la reingeniería garantiza un proceso en pro de la calidad de la gestión en la empresa? Se presentan tablas de inspección que recogen el estado actual de las instalaciones.

En las conclusiones se refuerza la información mostrada en los resultados con recomendaciones. La tesis concluye que es necesaria la reingeniería para el mejoramiento de la calidad de gestión del servicio de GLP.

De esta tesis podemos decir que no logra su objetivo principal el cual era analizar la reingeniería, solo describe el estado actual de la planta y brinda algunas recomendaciones.

Orellana Huerta Augusto⁶ presenta la tesis “Mejoramiento de la calidad del proceso de lavado en línea de envases domésticos de gas licuado de petróleo, en planta de envasado de Abastible S.A.”.

La investigación toma lugar en Maipú (Chile) en la planta de llenado de GLP perteneciente a la empresa Abastible S.A. El autor considera que la presentación

⁶ ORELLANA HUERTA, Augusto. **Mejoramiento de la calidad del proceso de lavado en línea de envases domésticos de gas licuado de petróleo, en planta de envasado de Abastible S.A.** Tesis de ingeniería. Valparaíso. Universidad técnica Federico Santa María. 2008.

del envase influye fuertemente en la decisión de compra de los clientes por lo cual la empresa invirtió US\$ 20.000 para instalar dos líneas de lavado automático.

La problemática indica que aunque las líneas nuevas incrementaron los cilindros lavados de 970.000 a 7.400.000 anuales, se tenía problemas en la calidad del lavado.

Ante la necesidad relacionada a la calidad del servicio, el autor utiliza la metodología Deming para mejorar esa situación. El objetivo de investigación es mejorar la calidad del proceso de lavado y consecuentemente al tener una mejor presentación se tendrá mayores ventas, generando un impacto económico positivo. Entre los resultados de la investigación se resalta la propuesta de lavado en bateas, se modificó la concentración de detergente, el escobillado a mano se cambió por uno empleando un taladro y escobilla. Las mejoras propuestas por el autor lograron que desde 47% se llegue a 100% de cilindros limpios tras el proceso de lavado.

Chiang López Mauricio⁷ presenta la tesis “Diseño y modelado virtual de un transportador de cadena telescópico para cilindros de GLP de 15kg”.

El principal objetivo de esta investigación fue el diseño de un transportador de cadena telescópica para la industria envasadora de GLP, el cual se utilizara en las áreas de carga y descarga en las bahías de recepción y despacho de cilindros, anteriormente estas labores se ejecutaban manualmente.

Los resultados presentan el diseño detallado del transportador de cadenas acompañado de planos de fabricación. Los beneficios de la investigación no son solo económicos al disminuir tiempos muertos, incrementar la capacidad de

⁷ CHIANG LOPEZ, Mauricio Antonio. **Diseño y modelado virtual de un transportador de cadena telescópico para cilindros de GLP de 15kg**. Guayaquil. ESPOL. 2013.

despacho y evitar el deterioro de los cilindros por caídas involuntarias, sino que va más allá ya que propende a contribuir con la disminución de los riesgos a los que están expuestos los trabajadores cuando realizan la labor de descarga de los cilindros de forma manual.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Gas licuado de petróleo - GLP

El Gas licuado de petróleo es un hidrocarburo que en condiciones normales de presión (1 atmosfera) y temperatura (20°C) se presenta en estado gaseoso. Es conveniente almacenarlo en estado líquido para disminuir su volumen 250 veces, esto se logra con envases sometidos a mayor presión. Su comercialización en el mundo es bastante fluida por lo que es considerado un commodity

Características técnicas

- No tiene color y tampoco olor; La norma Técnica Peruana obliga a agregar un agente odorante penetrante para detectarlo en caso de fuga (etil mercaptano).
- Es muy inflamable. Cuando se escapa, se vaporiza y se enciende violentamente con una pequeña llama o chispa.
- Presenta combustión limpia y eficiente, sin formación de humos, hollín o cenizas, por lo que ocasiona reducidas emisiones tóxicas al medio ambiente.
- Elevado poder calorífico por unidad de peso y volumen.
- Mínimo contenido de azufre.

Características específicas del GLP en uso vehicular

- Máxima economía por ahorro en combustible y mantenimiento.
- Elevado octanaje (Research Octane Number) superior a 100, evitando así el molesto "pistoneo" del motor.
- Provee mayor duración del aceite lubricante y prolonga la vida útil del motor

La siguiente tabla presenta las especificaciones técnicas del GLP propano - butano.

Tabla N° 2.1
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ

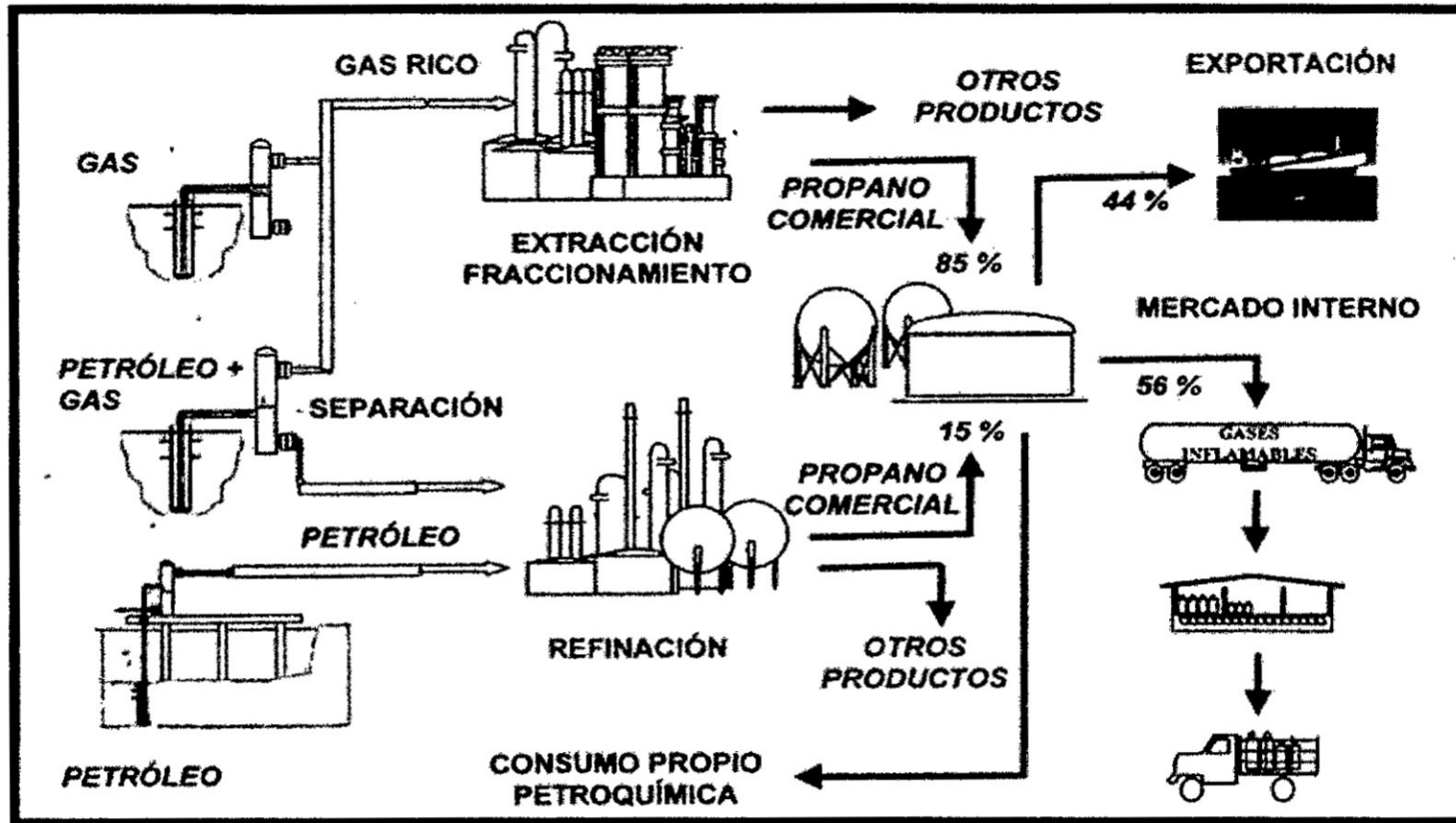
CLASE DE PRODUCTO				
COMBUSTIBLE				
TIPO DE PRODUCTO				
MEZCLA COMERCIAL PROPANO - BUTANO				
NOMBRE DE PRODUCTO				
GAS LICUADO DE PETRÓLEO PETROPERÚ				
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO	
	MIN.	MAX.	ASTM	OTROS
VOLATILIDAD				
Temperatura del 95 % de evaporado, °C		2,2	D-1837	
Presión de vapor a 37.8°C, KPa (psi)	793 (115)	1430	D-1267, D-2598	
Densidad relativa ó gravedad específica a 15.6/15.6°C		Reportar	D-1657, D-2598	
MATERIAL RESIDUAL				
Residuo de evaporación de 100 mL, mL		0,05	D-2158	
Prueba de la mancha de aceite		Pasa	D-2158	
COMPOSICIÓN, % mol				
Hidrocarburos C ₂	Limitado por la presión de			
Hidrocarburos C ₃	(b)			
Hidrocarburos C ₄	Limitado por la presión de			
Hidrocarburos C ₅ y más pesados		1,8		
Hidrocarburos no saturados		Reportar		
Dienos (como 1,3 butadieno)		0,5		
CORROSIVIDAD				
Azufre total, ppm		140 (c)	D-2784	
Corrosión lámina de cobre, 1h, 37.8°C, N°		1	D-1838	
Sulfuro de hidrógeno		Pasa	D-2420	
CONTAMINANTES				
Agua libre		Nulo		Visual (d)
Olor		Característico		
Humedad		Nulo	D-2713	
OBSERVACIONES:				
(a) En concordancia con la Norma Técnica Peruana NTP 321.007 y con el estándar ASTM E-1835.				

- | |
|---|
| (b) El contenido de propano de la mezcla deberá asegurar el cumplimiento de la temperatura del 95% evaporado. |
| (c) Cuando se adiciona odorizante al producto, la determinación de azufre se hará después de dicho agregado. |
| (d) Observación visual durante la determinación de la gravedad específica (ASTM D-1657). |

(FUENTE: <https://www.petroperu.com.pe/archivos/EspecificacionesTecnicasGLP-2014.pdf>)

En la siguiente figura muestra de manera sencilla el proceso que sigue el petróleo desde la exploración hasta el usuario final.

FIGURA 2.1
PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO - GLP

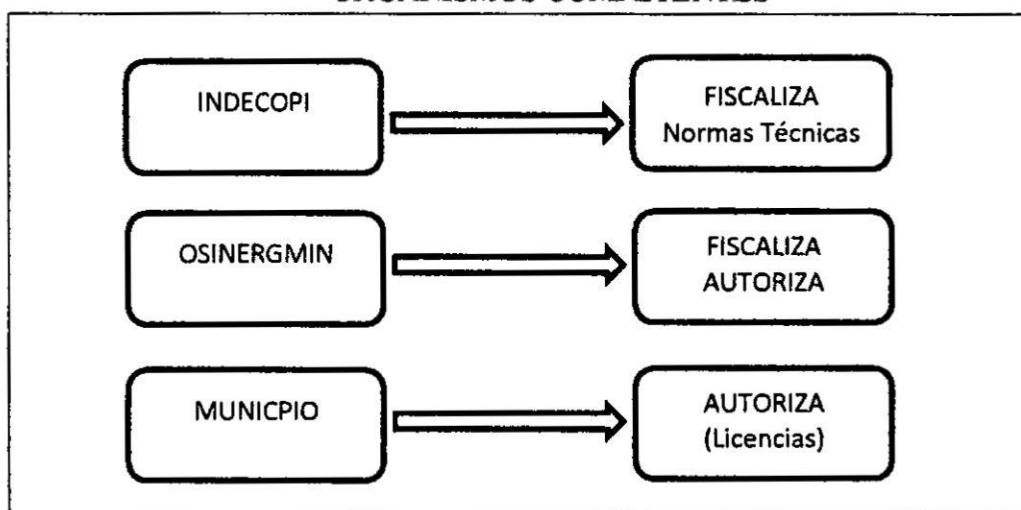


(FUENTE: OSINERGMIN)

2.2.2. Reglamentación

El Ministerio de energía y minas emitió el reglamento para la comercialización de GLP, reglamento alineado a Ley orgánica de hidrocarburos (Decreto Supremo N° 01-94-EM). El cual detalla los organismos competentes, requisitos para comercializar GLP, como construir y operar plantas de producción, abastecimiento y envasadoras de GLP, requisitos para su transporte, entre otros aspectos.

FIGURA 2.2
ORGANISMOS COMPETENTES



(FUENTE: Reglamento de seguridad para instalaciones y transporte de GLP)

El reglamento indica las siguientes características para las balanzas a utilizarse para la medición de peso de los cilindros de GLP.

- Una legibilidad de 20 gramos para recipientes de contenido neto de 5 kg.
- Una legibilidad de 50 gramos para recipientes de contenido neto de 10 kg. y 15 kg.
- Una legibilidad de 100 gramos para recipientes de contenido neto de 45 kg.

Estas balanzas deben ser de la clase III según la R.I. OIML N° 76-92 y estar debidamente aferidas por el Servicio Nacional de Metrología o empresas de Servicios Metrológicos de acuerdo a las disposiciones de la Comisión de Supervisión de Normas, Metrología, Control de Calidad y Restricciones Paraarancelarias del INDECOPI. La aferición deberá realizarse por lo menos cada seis (6) meses. La reglamentación indica que la verificación del peso de los cilindros se realizará tomando una muestra representativa donde por razones de seguridad, ningún recipiente podrá tener contenidos de Gas Licuado mayores al 2.5% del contenido neto nominal para recipientes de 5 kg, 10 kg y 15 kg; y de 1% para los recipientes de 45 kg.

A continuación, se lista el marco legal relativo a GLP:

- **LEYN°26221** – Ley Orgánica de Hidrocarburos
- **D.SN°042-2005-EM** – Aprueban el texto único ordenado de la Ley26221
- **D.S.N°030-98-EM; D.S.N°045-2001-EM** – Reglamento de Comercialización de Combustibles Líquidos y otros productos derivados de los Hidrocarburos
- **D.S.N°027-94-EM:** Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de GLP.
- **D.S.N°052-93-EM:** Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos.
- **D.S.N°01-94-EM:** Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo.

2.3. Recipientes contenedores de GLP

El GLP requiere para su elaboración, transporte y almacenamiento, de recipientes especialmente diseñados para soportar presión los cuales son en su mayoría fabricados en acero. A continuación se describen los principales recipientes.

Tanques estacionarios de GLP: Recipiente de acero y fabricado de acuerdo a la Norma Técnica Peruana aprobada por INDECOPI, o en su defecto de acuerdo al Código ASME, Sección VIII, División1. Pueden ser instalados de forma aérea, soterrado o monticulado, dependiendo de las condiciones de la instalación.

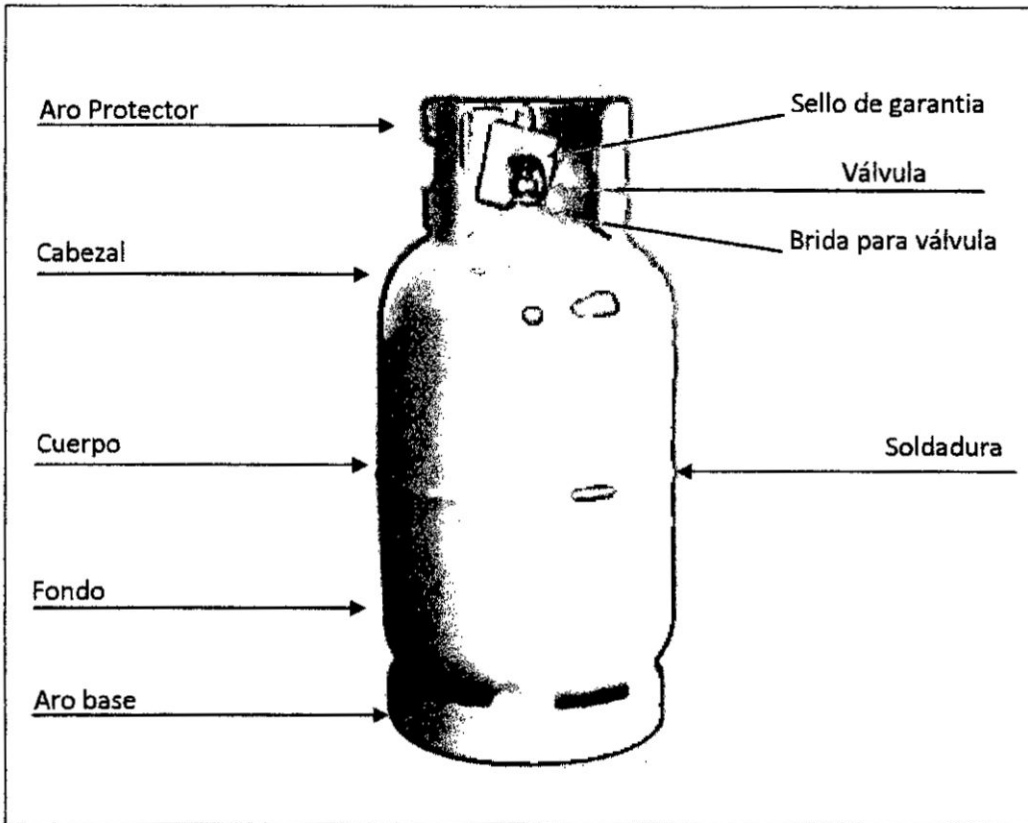
Cilindros para GLP: Son envases portátiles especiales de acero, fabricados para contener el GLP y que, por su forma, peso y medidas, facilitan su manipuleo, transporte e instalación. Existen cilindros desde 3kg hasta 45kg, como también un tipo de cilindro que almacena GLP líquido conocido como Cilindro de GLP para Montacargas. No obstante los balones destinados a funciones domiciliarias se reducen a 3 tipos: El cilindro GLP de 3k, de 5 kg, y de 10 kg.

FIGURA 2.3
BALONES DE GLP PARA USO DOMICILIARIO



(FUENTE: www.kisgal.com)

FIGURA 2.4
PARTES DE UN BALONES DE GLP PARA USO DOMICILIARIO



(FUENTE: www.kissu.com.ec/tienda/producto/ver/cilindro-a-gas-uso-domestico-15-kg-azul)

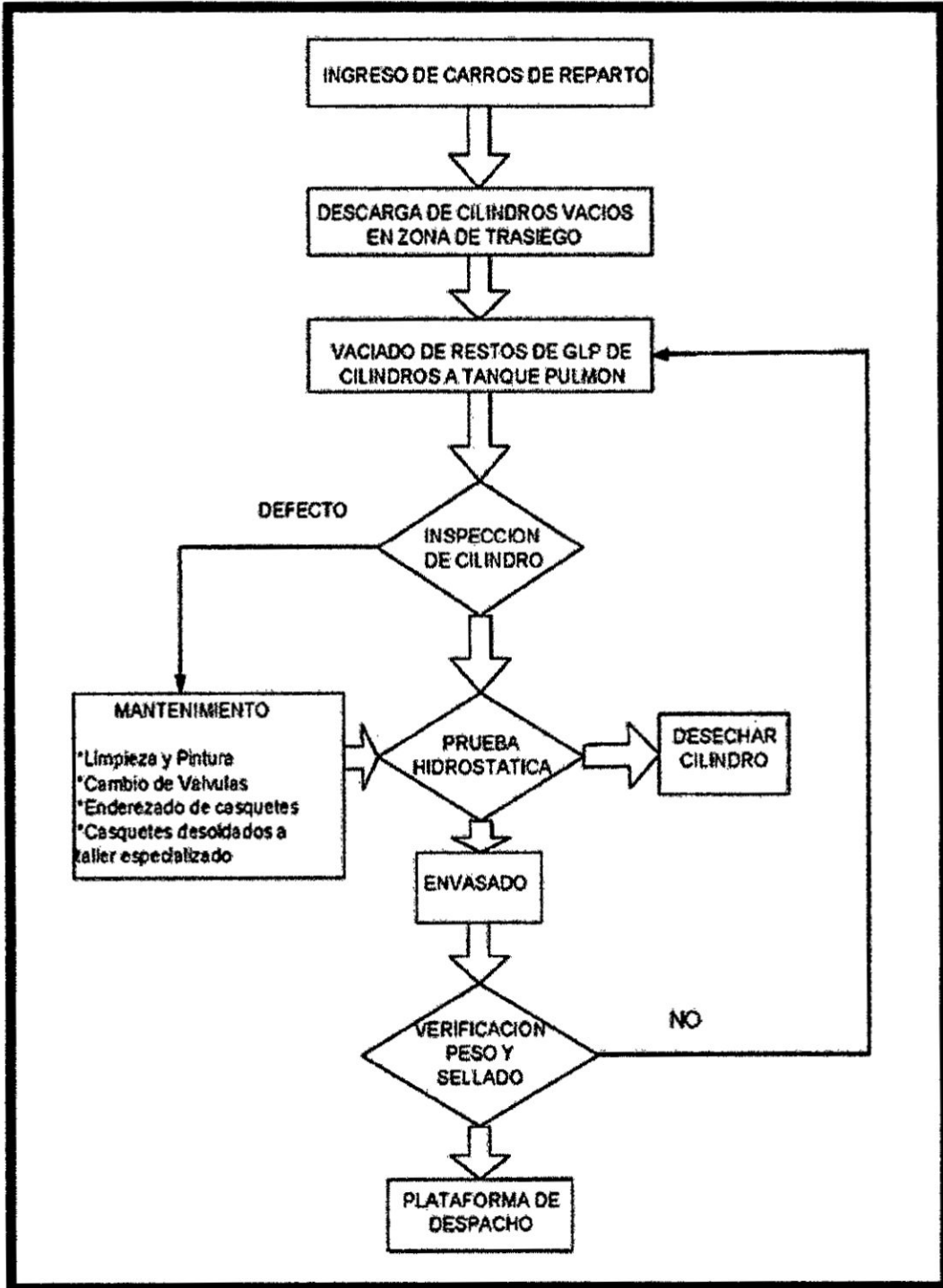
2.4. Planta envasadora de GLP

Una planta envasadora de GLP es un establecimiento especial donde se almacena GLP con el propósito de envasarlo en cilindros portátiles o trasegarlo a camiones tanques. La planta envasadora requiere de una plataforma construida con materiales incombustibles y con un sistema de ventilación natural. Este establecimiento puede actuar como planta de abastecimiento y/ local de venta.

No se debe de confundir una planta envasadora de GLP con una planta de producción de GLP.

El siguiente diagrama de flujo resume los procesos en una planta envasadora.

FIGURA 2.5
PROCESOS EN UNA PLANTA ENVASADORA



(FUENTE: Tesis "Diseño de un túnel de lavado exterior de los cilindros GLP 15Kg", Espinoza Tello, Johnny)

2.4.1. Proceso de envasado

Una planta de envasado de GLP puede componerse de los siguientes elementos:

- **Lugar de trasiego.** Punto en que los vehículos de transporte de GLP se unen con la red de tuberías fijas de la planta, mediante tuberías flexibles, para la descarga del producto. Las recomendaciones para el uso de las mangueras flexibles es evitar los dobleces, deben protegerse con tapón cuando no estén en uso y debe evitarse que se maltraten por rozamiento con el piso u otra superficie.

FIGURA 2.6
PUNTO DE TRASIEGO O TRANSFERENCIA

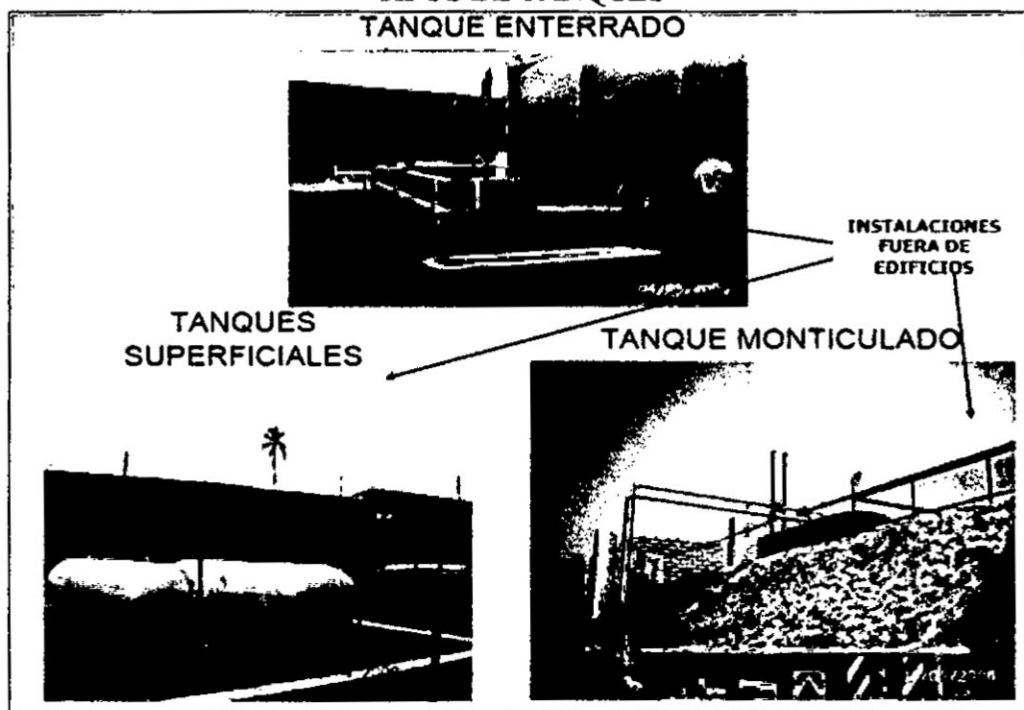


(FUENTE: Osinergmin)

- **Tanques estacionarios.** En estos se acumula el GLP descargado. Deben de construirse de acuerdo a lo dispuesto en el D.S. 052-93-EM, diseñados de acuerdo al ASME Sección VIII Div. 1 o 2 según sea aplicable y deben contar con certificado otorgado por un organismo acreditado por INDECOPI.

Los tanques deben ser inspeccionados al menos una vez al año y consta de una revisión externa para comprobar que no tiene abolladuras o áreas con erosión o corrosión. En función a la revisión externa podría requerirse el empleo de ensayos no destructivos y en casos extremos exámenes radiográficos para poder garantizar la operatividad del tanque. La inspección total se efectúa una vez cada diez años o cada vez que son sujetos de reparaciones.

FIGURA 2.7
TIPOS DE TANQUES
TANQUE ENTERRADO



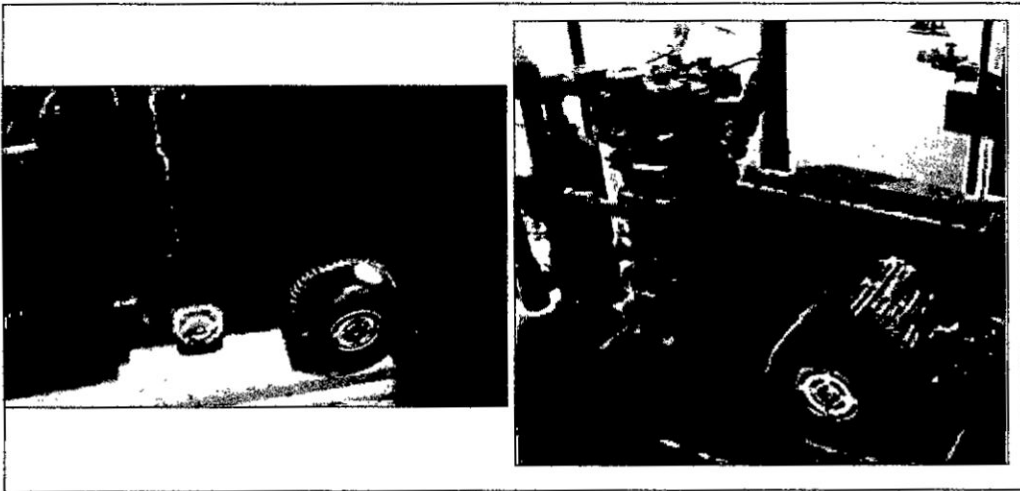
(FUENTE: Osinergmin)

- **Instalación de bombeo.** Comprende las máquinas y dispositivos necesarios al movimiento de GLP. Las bombas y compresoras deben instalarse de acuerdo con las del fabricante, siendo obligatorio el protegerlas contra el deterioro causado por vehículos o personas mediante dispositivos de protección.

FIGURA 2.8

BOMBA

COMPRESOR



(FUENTE: OSINERGMIN)

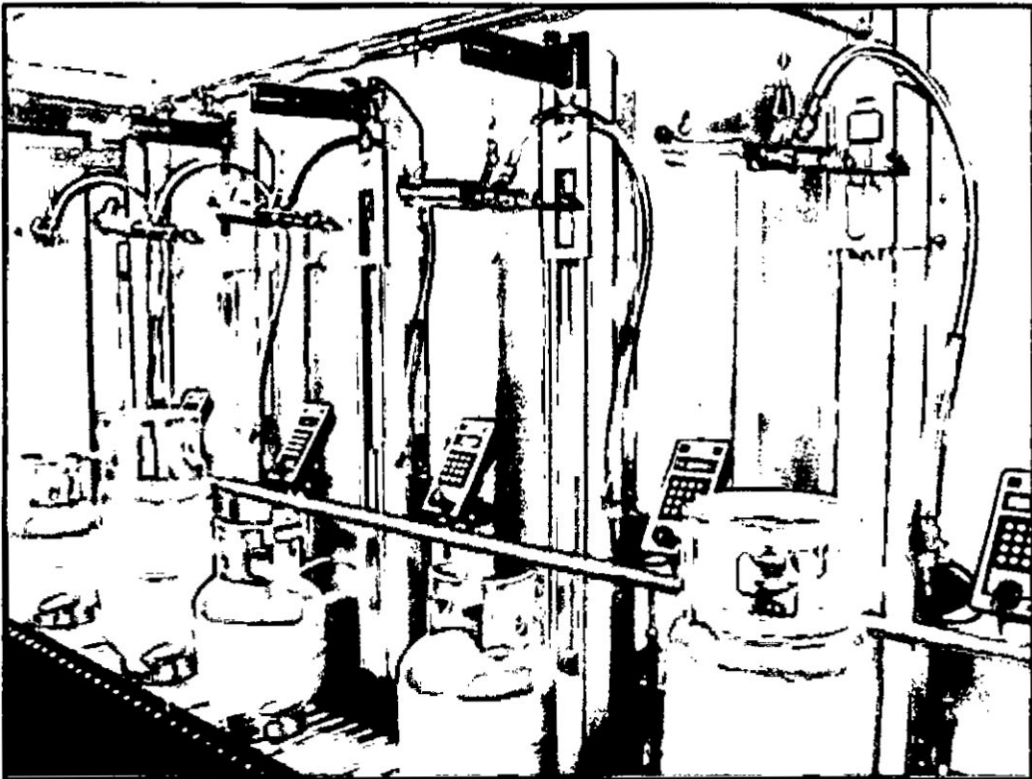
- **Plataforma de envasado.** Donde el GLP proveniente de los tanques estacionarios es envasado en los recipientes portátiles. En este lugar se efectuara también el pesado de los recipientes portátiles y el control de las posibles pérdidas de GLP de los mismos. Los bordes de la plataforma deberán de protegerse en las áreas de carga y descarga para evitar que se generen chispas por impacto. Los múltiples de llenado deberán construirse con tubería, conexiones, válvulas y mangueras para alta presión, no menor de 28.12 kg/ cm² (400 psig).

FIGURA 2.9
PLATAFORMA DE ENVASADO



(FUENTE: Osinergmin)

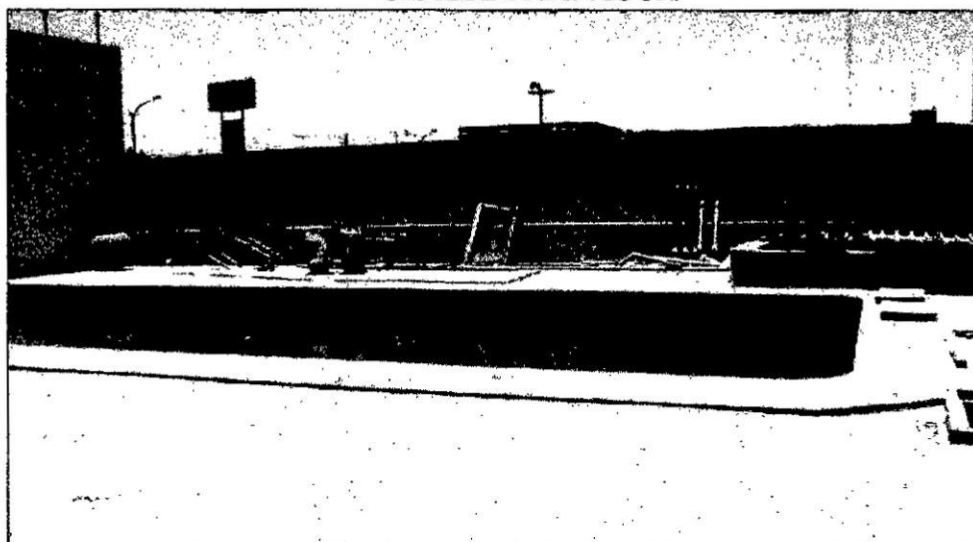
FIGURA 2.10
LLENADORAS UNIVERSALES UFM EN LÍNEA



(FUENTE: KOSAN CRISPLANT)

- Depósito de envases
- Taller de recalificación y reparación de recipientes portátiles
- Locales destinados a servicios como portería, oficina y vestuarios.
- **Sistema contraincendio:** Cuenta con una cisterna de agua exclusivo, bomba, redes hidrantes, gabinetes de protección y aspersores. El diseño de la cisterna deberá cumplir con la norma de seguridad correspondiente.

FIGURA 2.11
CISTERNA DE AGUA



(FUENTE: Osinergmin)

2.4.2. Seguridad y funcionamiento

Para el diseño seguro de una planta envasadora se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Reducir riesgos.
- Evitar la fuga.
- Cortar y disipar la fuga.

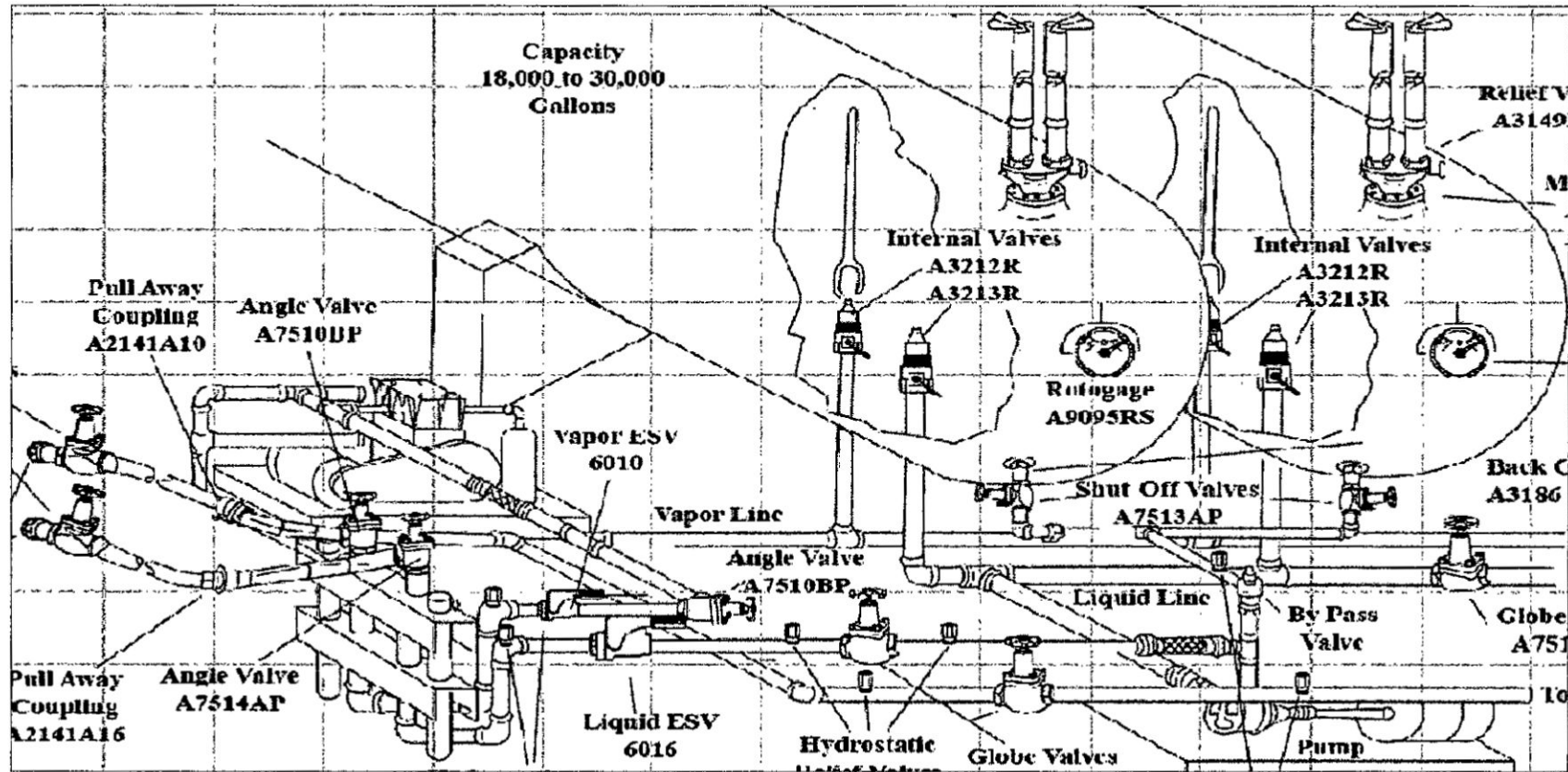
- Evitar que la fuga haga ignición.
- Combatir el incendio.
- Evacuar.

La Plantas Envasadoras en ningún caso podrán ubicarse a una distancia menor a 50m de estaciones o subestaciones eléctricas y a menos de 100 m. de locales públicos como escuelas, hospitales cines, iglesias, centros comerciales u otros donde se realicen concentraciones de público ya sea que existan o estén previstos.

Puntos de fuga; A continuación enlistan los puntos críticos por donde podría fugar el gas en una planta envasadora de GLP:

- Por rotura de manguera hacia la cisterna
- Por la conexión a la cisterna
- Por falla de abrazadera
- Por arrancar sin desconectar manguera.
- Falla en las flexibles de la bomba o compresor
- Por rotura de la manguera de envasado
- Por desacople del conector de llenado

FIGURA 2.12
 POSIBLES PUNTOS DE FUGA



(FUENTE: OSINERGMIN)

Control de fuga; En caso se presente una fuga, se tienen los siguientes mecanismos para su control:

- Válvulas internas con cierre remoto y fusible térmico (tk y cisterna).
- Válvulas de cierre de emergencia con cierre remoto y fusible térmico.
- Válvulas pull away en las mangueras.

Minimización del riesgo de fugas en la plataforma de envasado; Se listan recomendaciones para reducir el riesgo de fuga:

- Cambiar regularmente las mangueras de envasado.
- Válvulas quick acting en extremo de manguera de envasado.
- Válvulas de exceso de flujo en cada manguera de envasado.
- Válvulas de cierre de emergencia (ESV) en el ingreso al manifold de envasado.

FIGURA 2.13
BÁSCULA EN LINEA PARA PESAR CILINDROS



(FUENTE: OSINERGMIN)

2.5. Diseño del transportador de cadenas

Los transportadores de cadenas son maquinarias que permiten el acarreo de material, empleando cadenas, un motorreductor y una base estructural, entre otros elementos.

El elemento clave en este tipo de transportadores son las cadenas las cuales podrían ser de materiales como los listados a continuación:

- **Hierro maleable:** Es uno de los materiales más usados en cadenas fundidas, seleccionadas por su fuerza, ductilidad y relativo bajo costo.
- **Duramall:** Es hierro maleable y cobre tratados térmicamente para garantizar gran fuerza y alta resistencia al desgaste.
- **Webloy:** Es una aleación de hierro blanco que contiene carbono, silicio, manganeso, sulfuro fosforo. Aplicada cuando se requiere gran resistencia a la abrasión.
- **Acero:** Una gran variedad de aceros son usados en la fabricación de cadenas, su selección depende de los requerimientos de aplicación.
- **Acero inoxidable:** Algunos componentes de cadenas pueden ser fabricados de algún grado de acero inoxidable donde se requiera protección adicional para la corrosión.

Parámetros de diseño

Para el diseño se deben determinar todos los siguientes parámetros y las condiciones de operación listadas a continuación:

- **Tipo de conveyor:** El tipo de conveyor depende del sentido de movimiento de la cadena y del material transportado.

- Numero de cadenas: Dependiendo el caso se usan 2 o más hileras de cadena, en nuestro caso usaremos 2.
- Condiciones de operación: Existen factores de operación a determinar cómo temperatura de operación, carga horaria de trabajo, corrosión, etc.
- Tipo y densidad del material: La densidad del material transportado influirá en el peso del mismo lo que a su vez representa carga sobre la cadena.
- Capacidad: la capacidad para transportar material del conveyor, la cual puede presentarse en toneladas por hora o pie cubico por minuto.

Linkbelt

Se calculó el máximo Tiro de la cadena P_1 , para lo cual se empleó lo indicado en el Catalogo 1000 de Linkbelt “material handling and processing equipment”. Linkbelt es una organización de ingeniería que diseña y fabrica una gran variedad de productos, con un amplio conocimiento y experiencia comprobada.

Los siguientes símbolos y fórmulas fueron empleados para los cálculos:

$$P_1 = LF(2,2W + M) + 0.2N + Q \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Donde Q es el tiro adicional en la cadena requerido para deslizar el transportador cuando haya objetos atrapados en la cadena, se consideró para efectos de cálculo $Q=0$.

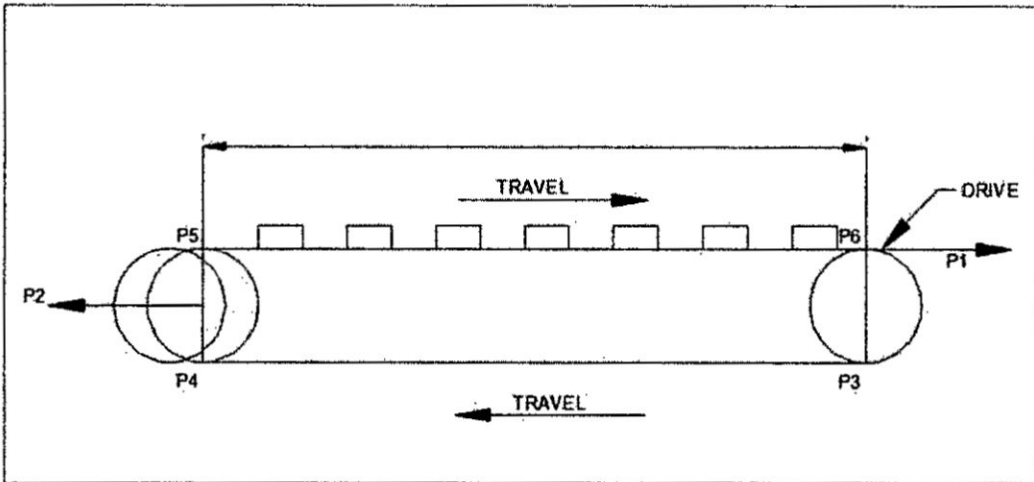
N representa la tensión de la catenaria y depende de Z que es el sag de la cadena o desviación debido al peso de la cadena, como la cadena tendrá apoyos el sag seria cero, para efectos de cálculo se tomó $N=0$.

La fórmula queda así:

$$P_1 = LF(2,2W + M) \dots\dots\dots (2.2)$$

En la siguiente figura se muestra el funcionamiento del modelo de cálculo y como actúa la fuerza P_1 , como se observa se ha considerado que esta fuerza actúa en la cabeza de la descarga del material transportado, la ventaja de este sistema es que únicamente la parte superior la cual está llevando los materiales transportados está bajo tensión.

FIGURA 2.14
TRANSPORTADOR DE CADENAS Y MATERIAL CARGADO



(FUENTE: LINKBELT)

L = Longitud indicada en pies.

F = 0.20 para cadenas lubricadas (usaremos este factor)

0.33 para cadenas no lubricadas

W =Peso de la cadena en libra/pie

M =Peso del material transportado en libra/pie

Websterchain

Obtenido P_1 , se calculó P_d (Tiro de diseño) utilizando la siguiente formula y metodología la cual ha sido recopilada del Manual de ingeniería de Websterchain, fabricante estadounidense experto en cadenas y sus diferentes aplicaciones:

$$P_d = P_1 \times F_n \times F_p \times F_s \dots\dots\dots (2.3)$$

**TABLA N° 2.2
FACTOR DE SERVICIO F_p**

Conditions Affecting Chain Life Expectancy		Service Factors (f_p)
Frequency of Shock	Infrequent Shock	1
	Frequent Shock	1.2
Character of Chain Loading	A. Uniform or Steady Load	1
	B. Moderate Shock Load	1.2
	C. Heavy Shock Load	1.5
Atmospheric Conditions	Relatively Clean and Moderate Temperature	1
	Moderately Dirty and Moderate Temperature	1.2
	Exposed to Weather, Very Dirty, Abrasive, Mildly Corrosive and Reasonably High Temperatures	1.4
Daily Operating Range	8-10 Hours	1
	10-24 Hours	1.2

(FUENTE: Catalogo Websterchain)

$F_n = 1.2/n$ Factor de corrección por múltiples hileras, donde $n=2$ o mayor
 F_p = Factor de servicio compuesto, resulta del producto de los diferentes factores f_p . Los factores f_p están listados en la tabla 2.2. Esta tabla debe ser usada adecuadamente y empleando los conceptos líneas abajo.

Carga uniforme o estable: Carga estable con un mínimo de fluctuaciones, según la tabla 2.3, grupo A.

Carga de choque moderada: Fluctuaciones de carga relativamente suaves, según la tabla 2.3, grupo B.

Carga de choque pesado: Fluctuaciones rápidas de carga o de larga magnitud, según la tabla 2.3, grupo C.

**TABLA N° 2.3
CLASIFICACIÓN DE CARGAS**

<p style="text-align: center;">Group A Uniform or Steady Load</p>	<p>Conveyors - Uniformly loaded or fed (apron, assembly, belt, flight, oven, screw)</p> <p>Machines - All types with uniform nonreversing loads</p> <p>Screens - Rotary (uniformly fed), traveling water intake</p> <p>Sewage Disposal Equipment - Inside service (uniformly fed)</p>
<p style="text-align: center;">Group B Moderate Shock Load</p>	<p>Conveyors - Heavy-duty and not uniformly loaded (apron, assembly, belt, bucket, flight, oven, screw)</p> <p>Machines - All types with moderate shock and nonreversing loads</p> <p>Screens - Rotary (stone or gravel)</p> <p>Elevators - All types</p>
<p style="text-align: center;">Group C Heavy Shock Load</p>	<p>Drag Conveyors</p> <p>Log Haul Conveyors</p> <p>Machines - All types with severe impact shock loads or speed variations and reversing service</p> <p>Metal Mills - Draw bench</p> <p>Mills - (rotary type) ball, cement kilns, rod mills, tumbling mills</p>

(FUENTE: Catalogo Websterchain)

F_s = Factor de velocidad, el cual se selecciona de la Tabla 2.4, debido a que se ha considerado cadenas de acero como material base.

TABLA 2.4
 FACTOR DE VELOCIDAD PARA CADENAS DE ACERO

No. of Spkt. Teeth	Feet Per Minute																			
	10	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	400	500	600	700	800	900	1000
6	.917	1.09	1.37	1.68	2.00	2.40	2.91	3.57	4.41	5.65	7.35	10.6	16.7	-	-	-	-	-	-	-
7	.855	.971	1.13	1.27	1.44	1.61	1.81	2.04	2.29	2.60	2.96	3.42	3.95	8.62	-	-	-	-	-	-
8	.813	.909	1.04	1.16	1.26	1.37	1.49	1.63	1.76	1.93	2.10	2.29	2.48	3.62	6.21	-	-	-	-	-
9	.794	.870	.980	1.07	1.17	1.26	1.36	1.45	1.55	1.65	1.76	1.88	2.00	2.56	2.94	4.29	6.09	9.90	-	-
10	.775	.840	.943	1.02	1.09	1.16	1.24	1.31	1.37	1.45	1.53	1.61	1.68	2.03	2.41	2.81	3.31	3.82	4.48	5.37
11	.758	.820	.901	.971	1.03	1.09	1.15	1.22	1.28	1.34	1.40	1.46	1.52	1.78	2.05	2.33	2.63	2.96	3.37	3.82
12	.741	.787	.862	.926	.990	1.05	1.10	1.16	1.21	1.26	1.32	1.37	1.42	1.63	1.84	2.05	2.26	2.51	2.77	3.05
14	.735	.769	.833	.885	.935	.980	1.02	1.07	1.11	1.15	1.19	1.24	1.28	1.47	1.61	1.78	1.94	2.10	2.29	2.48
16	.725	.763	.813	.855	.893	.935	.971	1.01	1.05	1.08	1.12	1.16	1.19	1.34	1.48	1.63	1.77	1.93	2.09	2.28
18	.719	.752	.800	.833	.877	.909	.943	.980	1.01	1.04	1.08	1.11	1.14	1.27	1.40	1.53	1.67	1.80	1.95	2.11
20	.717	.746	.787	.826	.855	.893	.917	.952	.980	1.01	1.04	1.07	1.10	1.22	1.34	1.45	1.57	1.69	1.82	1.96
24	.714	.735	.769	.800	.820	.847	.877	.901	.935	.962	.980	1.01	1.04	1.15	1.26	1.37	1.48	1.56	1.71	1.84

(FUENTE: Catalogo Websterchain)

Longitud de la cadena

$$L_c = \pi \times PD + 2L \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

PD= Paso diametral del piñón

L=distancia entre centros de extremos del conveyor

Potencia requerida

$$H = \frac{P_d S}{33,000} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Torque

$$T = \frac{5,250H}{N} = \frac{P_d \times D_h}{2} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Pd= Tiro en la cadena en libras.

S= Velocidad en pie por minuto.

H= Potencia en el eje de cabeza (HP).

N= Revoluciones por minuto.

Dh= Diámetro de la catalina.

Mantenimiento

El mantenimiento normal en un transportador de cadena debe incluir la correcta lubricación e inspección periódica. Esto evita los daños serios y disminuye los costos de reparación. La frecuencia de lubricación se determinará en función a las condiciones de operación.

2.6. Reingeniería de procesos

Las industrias hoy en día se ven abocadas al reto de mantenerse en constante innovación para poder garantizar su supervivencia y su avance hacia la competitividad. La reingeniería es sinónimo de reinención o renovación de la

empresa y se caracteriza por la ejecución simultánea de muchos cambios en la organización.

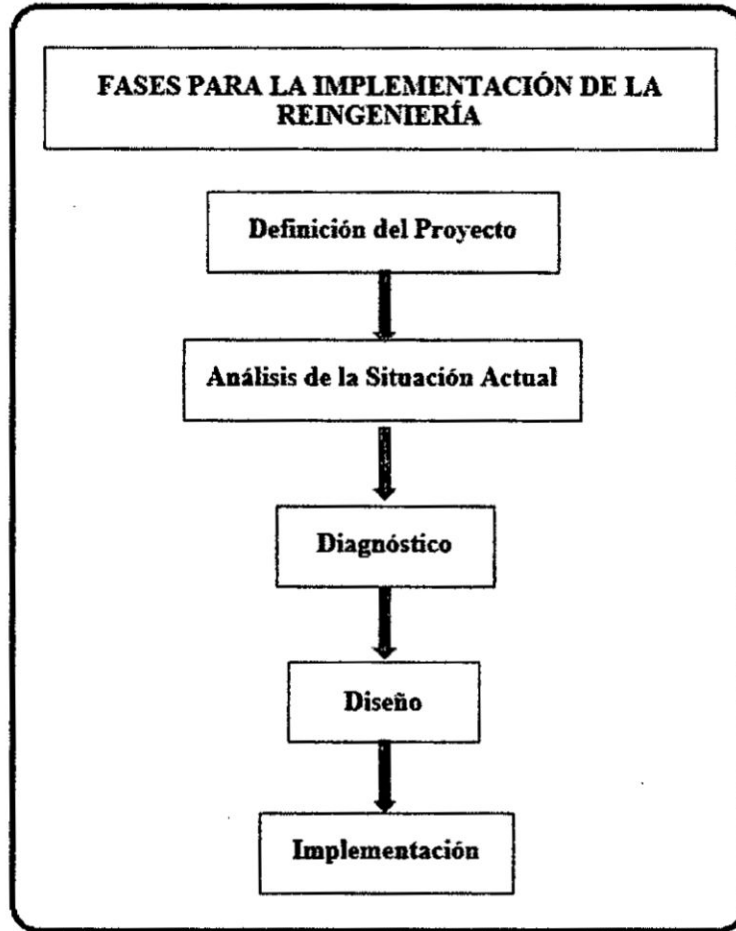
La innovación es la variable que da sentido al cambio y está basada principalmente en la economía de costos y de eficiencia. La presente tesis persigue estos principios ya que se busca un proceso más eficiente el cual generara mayores ingresos luego de cubrir la inversión inicial. Una de las metodologías para implementar cambios organizacionales en los procesos y mejora permanente es la ISO 9001.

La implementación de la reingeniería requirió de las siguientes etapas:

- Fase 1.- Definir el proyecto; Se establece el alcance y los objetivos del proyecto.
- Fase 2.- Análisis de la situación actual; Se realiza el análisis de la situación actual de la organización.
- Fase 3.- Diagnostico; Se identifican las necesidades y limitaciones que impiden la gestión eficiente.
- Fase 4.- Diseño de la “nueva” organización; Recogida la información se diseña una organización que cubra sus necesidades y limitaciones.
- Fase 5.- Implementación; Consiste en poner en marcha el diseño de la nueva organización anteriormente planificada.

Para el caso específico del presente estudio (Ver: página 81)

FIGURA 2.15
IMPLEMENTACIÓN DE LA REINGENIERÍA



(Fuente: Elaboración propia)

2.7. Planta de envasado de GLP Intigas – Chorrillos.

En la planta envasadora de GLP de Inti Gas – Chorrillos se envasan cilindros de 3, 5, 10 y 45Kg. El tiempo promedio de llenado del cilindro de 10Kg es de 3 minutos, lo que resulta en una producción de 20 cilindros por báscula, teniendo en cuenta que se dispone de 24 básculas y una jornada diaria de trabajo de 8 horas, obtenemos un total de 3840 cilindros de producción diaria. Para poder llegar a 4000 cilindros se realiza trabajo de sobretiempo.

El sistema de envasado usado en la planta envasadora de GLP de Inti Gas – Chorrillos es del tipo lineal, usando para el confinado del GLP en los cilindros, las básculas de llenado estacionario, control de peso mecánico, con adaptación manual para todo tipo de válvulas y grifos, y, con una cabeza de llenado (Ver detalles en Imagen 3.4, (infra)).

En la planta de Inti Gas – Chorrillos, se pueden distinguir dos momentos clave en el ciclo del GLP: la transferencia del GLP hacia la planta y la transferencia del GLP hacia los consumidores finales; en ese respecto, dichos momentos consideran:

- La llegada de los surtidores a la planta de envasado, llenando los tanques de 5000, 10000 y 25000 galones.
- La transferencia del GLP desde los tanques hacia los balones de 10 y 45 Kg.

2.7.1. Descarga de la cisterna rodante al tanque estacionario

La descarga de la cisterna rodante al tanque estacionario, constituye el primer momento de transferencia del GLP.

Con respecto al primer momento de transferencia del GLP en la planta de Chorrillos, en el manual de operaciones de Inti Gas S.A.C. se señala que dicha operación es liderada por el jefe de operaciones de la planta de Inti Gas – Chorrillos y se resume a continuación:

El camión cisterna se ubica en la zona de descarga, se apaga el motor y se retira la llave por seguridad. Se sacan los tapones de la cisterna y luego conecta las mangueras a las líneas de transferencia del tanque estacionario.

b. Inspección de cilindros en la zona de descarga: La inspección de los cilindros vacíos de GLP que arriban a la planta envasadora, tal como se ilustra en la imagen anterior, constituye la etapa manual y visual que se realiza de manera inmediata a la descarga.

Luego se separan los cilindros que a simple vista no luzcan bien y son enviados a la zona de limpieza o al pintado. Los cilindros que presenten abolladuras en el asa, base y cuerpo serán enviados a la zona de mantenimiento. Los cilindros que pasen la inspección visual son acomodados en la plataforma de llenado.

FIGURA 2.17
ZONA DE DESCARGA



(FUENTE: Propia)

c. Llenado de cilindros vacíos: El llenado de cilindros de GLP es la etapa central del proceso de envasado a tal punto que muchas veces se comete el error de tomarlo como sinónimo de envasado.

El llenado se realiza en la plataforma de llenado, antes se acciona una válvula para regular la presión con la que el gas ingresará a los cilindros.

Se toman los cilindros vacíos que se encuentran sobre la plataforma de llenado y se colocan sobre la balanza, luego se conecta el llenador de la manguera de llenado a la válvula del cilindro y se procede con el llenado hasta obtener el peso apropiado. Con el cilindro lleno se observa si existe fuga de gas a través de poros, válvulas o cuello roscado del cilindro. Si hay fugas de gas, el cilindro es enviado a la zona de trasiego, para proceder a trasegar el producto y luego hacer el mantenimiento respectivo.

Si no hay fuga de gas, se procederá al cierre de la válvula de llenado, luego se desconectará la manguera y se llevará el cilindro lleno de GLP a la zona de espera para la prueba de hermeticidad. Si la prueba es superada se procede a colocar los sellos de seguridad (plásticos de sellado en frío).

FIGURA 2.18
LLENADO DE CILINDROS DE 10KG



(FUENTE: Propia)

d. Almacenamiento de los cilindros envasados con GLP: Los cilindros que pasaron en forma exitosa el llenado de GLP, son llevados por 2 operarios a la

zona de almacén donde serán apilados hasta en 2 niveles, para luego proceder con la carga de los mismos a los camiones de reparto.

e. Operaciones de mantenimiento: El mantenimiento de los cilindros GLP resultan como paso inmediato de detectar anomalías en los cilindros en la etapa de inspección (abolladuras en la base, cuerpo, asas y válvulas defectuosas).

Una vez que se ha identificado la parte materia de mantenimiento se procede a hacerle el mantenimiento respectivo. Cuando se trate de bases y asas dobladas se procede a su enderezamiento. Si el problema es una válvula defectuosa se reemplaza la misma. Cuando el cilindro ya fue reparado, es enviado a la zona de pintado y luego a la zona de espera para envasado. En caso de que el cilindro tenga fuga o defectos o partes desoldadas, será almacenado para luego ser enviados a un taller especializado.

f. Operaciones de pintado:

En la limpieza de los cilindros se debe tener mucho cuidado con las válvulas para que no se introduzcan cuerpos extraños. Una vez que el cilindro se encuentra limpio, el pintor cogerá y colocará a la tina de inmersión manualmente y procederá con el pintado del cilindro. El cilindro ya pintado es trasladado a una zona de espera para secado y colocado el emblema de la empresa. Finalmente pasa a la zona de espera para ser envasado.

III. VARIABLES E HIPOTESIS

3.1. Variable de la investigación

3.1.1. Variable independiente

Reingeniería

3.1.2. Variable dependiente

El llenado de gas licuado de petróleo en cilindros de 10 kg.

3.2. Operacionalización de las variables

TABLA N° 3.1
OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables	Dimensiones
V.I.: Reingeniería	El sistema tipo carrusel
	Transportador de cadenas.
V.D.: El llenado de gas licuado de petróleo en cilindros de 10 kg.	Capacidad del proceso
	Beneficio económico
	Costo del proyecto

(Fuente: Propia)

3.3. Hipótesis

3.3.1. Hipótesis general

Si se desarrolla la reingeniería empleando nuevas tecnologías se mejorará la capacidad de llenado de gas licuado de petróleo en cilindros de 10Kg de la planta envasadora Intigas Chorrillos.

3.3.2. Hipótesis específicas

- El sistema tipo carrusel mediante el empleo de mecanismos automatizados incrementará la capacidad del proceso de la planta envasadora de gas.
- El sistema tipo carrusel al emplear menos personal e incrementar la capacidad de llenado generará mayores beneficios económicos en la planta envasadora de gas.
- El diseño del transportador de cadenas empleando el manual linkbelt reducirá el costo del proyecto del sistema carrusel en la planta envasadora de gas.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Tipo de investigación

En esta tesis se desarrolló una investigación del tipo tecnológica debido a la búsqueda de solución de un problema real y práctico mediante el empleo de conocimiento científico comprobado. El nivel de investigación es aplicada⁸, porque se desarrolla una propuesta de reingeniería de aplicación inmediata para mejorar la capacidad de la planta envasadora Intigas en Chorrillos.

4.2. Diseño de la investigación

Se utilizó un diseño de aplicación para comprobar la mejora de la condición en el objeto de estudio, por lo cual se empleó el método analítico donde el análisis de los elementos que componen el todo permite conocer las causas, naturaleza y efectos del caso de estudio⁹.

El trabajo de gabinete consistió en diseñar el transportador de cadenas que se articulará al carrusel electrónico para permitir la entrada y salida de cilindros, vacíos y llenos respectivamente, al nuevo sistema de llenado de GLP. Para efectos de diseño de la cadena transportadora se realizaron las siguientes actividades:

- Cálculo de la Fuerza de tiro.
- Selección de la cadena.
- Diseño del eje.

⁸ESPINOZA MONTES, Ciro. **Metodología de investigación tecnológica**. Huancayo, Perú. Editorial Imagen Gráfica SAC. Primera edición. 2010

⁹ORTIZ URIBE, Frida Gisela y DEL PILAR GARCÍA, María. **Metodología de la investigación - el proceso y sus técnicas**. México. Editorial Limusa. Primera Edición. 2010.

- Selección del piñón.
- Selección de rodamientos.
- Selección del motorreductor.

El desarrollo y los resultados obtenidos en cada una de las actividades acabadas de citar se presentan en el capítulo de resultados (Ver: «5.1. Diseño del transportador de cadenas»).

4.3. Población y muestra

Dado que la investigación estuvo circunscrita a las plantas envasadoras de Gas Licuado de Petróleo de la empresa Inti gas S.A.C., la población objeto de estudio lo conformaron la totalidad de dichas plantas operando en todo el Perú al año 2017.

De la población antes considerada, se consideró de forma no probabilística e intencionada como muestra representativa, a la Planta Envasadora de Gas Licuado de Petróleo de la empresa Inti Gas ubicada en el distrito de Chorrillos.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la elaboración de esta tesis se recopiló, clasificó y organizó una vasta cantidad de información. Para lo cual se utilizó la técnica documental y la técnica empírica.

Técnica Documental

Esta técnica permitió ahorrar tiempo valioso en la búsqueda de información, facilitando el registro de datos para poder sustentar la investigación y demostrar la hipótesis planteada.

Se emplearon libros, manuales, revista, videos e información desde la web entre los que destacan el manual de selección para equipos de manipulación y procesamiento de materiales de Link-belt. Los instrumentos empleados fueron fichas bibliográficas, hemerográficas, videográficas y fichas electrónicas.

Técnica Empírica

Esta técnica facilitó recabar información de campo mediante la interacción con el problema de investigación, las personas y el entorno donde toma lugar, el cual es la planta de envasado de Intigas en Chorrillos.

Observación directa

La visita a las instalaciones de la planta de envasado permitió tener un conocimiento específico acerca de su ubicación, producción, operación y funcionamiento; asimismo permitió determinar las prestaciones, requerimientos, funcionamiento y capacidad del sistema de llenado de cilindros GLP en la planta en mención.

4.5. Procedimiento de recolección de datos

Las técnicas estadísticas usadas en la presente investigación se circunscribieron a la estadística descriptiva, la cual fue utilizada principalmente para realizar el análisis situacional (Diagnóstico de la situación actual de la planta de envasado de GLP) y como herramienta de análisis previo a la justificación de la propuesta de incorporar una nueva tecnología en la planta envasadora de Gas Licuado de Petróleo, se realizó un análisis comparativo de las bondades que ofrecía, desde la perspectiva técnica y económica, teniendo en cuenta la capacidad actual de llenado de los cilindros de gas de 10 Kg en la planta envasadora de Inti Gas - Chorrillos.

4.6. Definición del proyecto

Previamente se identificó el objetivo general de la propuesta de migrar de un sistema de llenado en línea de cilindros GLP hacia otro sistema conocido como sistema de llenado en carrusel. Dicha propuesta implicó un cambio para mejorar la capacidad de la planta, el incremento de los beneficios económicos y mejorar la calidad del servicio ofrecido; para tal cometido, se planteó una propuesta de reingeniería.

4.7. Análisis y diagnóstico.

En el sistema de envasado de la planta de GLP Inti gas – Chorrillos, la operación de llenado se realiza mediante el llenado manual múltiple, donde es operada por 17 operarios que realizan labores de limpieza, pintado, tarado y llenado de cilindros. Con un horario de 8 horas diarias se llenan 3840 cilindros, para cubrir la cuota de 4000 cilindros de 10 Kg, se recurre a la extensión del horario laboral. La distribución del personal en el proceso de envasado actual es el siguiente:

TABLA N° 4.1
DISTRIBUCIÓN DE PERSONAL EN LA PLANTA ACTUAL

Función	Personal	Tarea Asignada
Llenado de cilindros	4	Llenado de 6 cilindros en forma simultanea
Movilización de cilindros	2	Trasladar los cilindros
Control de peso	4	Verificación del peso de 6 cilindros simultáneamente
Limpieza de cilindros	2	Limpiar los cilindros antes de pasar a plataforma de llenado
Pintado de cilindros	1	Pintar los cilindros
Pintado de logo	1	Poner logo de la empresa
Tarado de cilindros	2	Poner tara en los cilindros
Supervisión	1	Supervisar el proceso de envasado
Total	17	

(Fuente: Propia)

4.8. Diseño de la nueva organización.

Para satisfacer las necesidades identificadas y lograr los objetivos trazados se empleará el uso de una nueva tecnología la cual es el sistema carrusel. Esta nueva tecnología requiere de un carrusel con una plataforma de llenado de 24 cilindros que pueden envasar cilindros de 10 Kg en 50 segundos con un tiempo de rotación del carrusel de 67 segundos, y, un ángulo útil de 270°.

El ángulo útil de 270° le correspondería a una capacidad de $\frac{3}{4}$ o 0,75; luego, la capacidad de producción del carrusel es de $24 * 0,75 = 18$ cilindros simultáneamente cada 67 segundos. En una hora o 3600 segundos, la producción ascendería a 53 cilindros por cada llenador; haciendo un total de 954 cilindros por hora y 7632 cilindros en un día laboral de 8 horas.

Para operar el sistema carrusel se requiere de once operarios y un supervisor. Este sistema no cubre las etapas de verificación, limpieza ni tarado de cilindros, por lo cual se debe mantener los dos operarios de limpieza y el operario encargado del tarado de cilindros.

TABLA N° 4.2
DISTRIBUCIÓN DE PERSONAL EN LA PLANTA DE LA PROPUESTA

Función	Personal	Tarea Asignada
Movilización de cilindros y apoyo	4	Ingreso y salida de cilindros al sistema carrusel
Limpieza de cilindros	2	Limpiar los cilindros vacíos
Pintado de cilindros	2	Pintar los cilindros
Pintado de logo	2	Poner logo de la empresa
Tabulación de peso de cilindros	1	Verificar el peso de salida del carrusel
Supervisión	1	Supervisar el proceso de envasado
Total	12	

(Fuente: Propia)

Del cuadro anterior se deduce que la nueva tecnología reduce el personal requerido, ya que pasaría de 17 a 12 trabajadores en el área de llenado de GLP en cilindros de 10 Kg. Lo que hace factible implementar hasta dos turnos consecutivos de producción.

Basado en los beneficios que se prevé obtener si se opta por migrar del sistema de llenado actual (lineal con sistema de llenado UFM) a un sistema carrusel, se selecciona esta última como la tecnología adecuada para la planta envasadora de Inti Gas – Chorrillos.

V. RESULTADOS

5.1. Diseño del transportador de cadenas

A continuación, se aborda paso a paso el diseño del transportador de cadenas con las siguientes características de entrada:

TABLA N° 5. 1
CARACTERÍSTICAS DE ENTRADA DE LA PROPUESTA

Características	Valores
Longitud	L = 25m
Cadena lubricada	F = 0.2
Peso de la cadena	W = 2.95Kg/m (se asume una cadena C55)
Velocidad del transportador	V = 0.11m/seg
Peso del material transportado	M = 64.1Kg/m
Capacidad del sistema carrusel	Cap. = 954Cil/hr

(Fuente: Propia)

Calculo de la Fuerza de tiro

El peso del material transportado fue calculado de la división del peso de un cilindro lleno (20Kg) entre el diámetro del cilindro 0.312m, resultando 64.Kg/m. Este es un caso crítico cuando todos los balones están juntos. Mientras el peso del material transportado promedio se obtuvo dividiendo la Cap. (954 cil/hr) entre la velocidad (0.11 m/seg) y multiplicando por el peso del cilindro lleno (20Kg), resultando 48Kg/m. De ambos resultados se toma el más crítico.

Para el cálculo de tiro de la cadena P_1 se empleó la fórmula (2.2):

$$P_1 = LF(2,2W + M)$$

Reemplazando valores en (2.2) se obtuvo:

$$P_1 = 352.95\text{Kg}$$

El tiro de diseño P_d se calculó empleando la fórmula (2.3):

$$P_d = P_1 \times F_n \times F_p \times F_s$$

$F_n = 1.2/n$ Factor de corrección por múltiples hileras, con $n=2$, $F_n = 0.6$

$F_p = 1.2 \times 1.2 \times 1 \times 1.2 = 1.73$ Factor de servicio, resultado del producto de los f_p marcados en el Anexo B.

$F_s = 0.776$ Factor de velocidad, el cual se selecciona del Anexo C, debido a que se ha considerado cadenas de acero como material base.

Reemplazando se obtuvo $P_d = 284\text{Kg}$, $P_d = 631.12\text{Lb}$

Selección de la cadena

Con el valor P_d y empleando el anexo D se selecciona la cadena C55, la cual tiene las siguientes características:

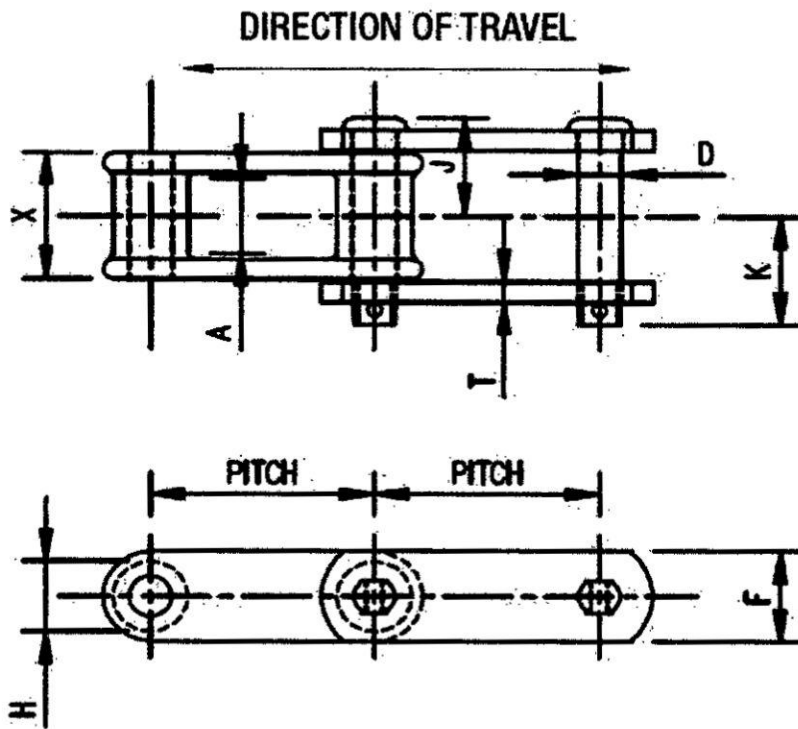
Carga de trabajo de catálogo = 1370 Lb > 631 Lb

Paso=1.63in /Alto=0.75in /Ancho=J+K=2.063in=52.38mm=5.24cm

FIGURA N° 5. 1
CARACTERÍSTICAS CADENA C55

Chain No.	Average Pitch Inches	Approx. Links in 10 Feet	Average Weight Per Ft. Lbs.	Average Ultimate Strength in Lbs.	Rated Working Load In Lbs.★	Dimensions in Inches										Common Attachment Numbers	
						Barrel Length	Sidebar Width	Max. Spkt. Width	Pin Dia.	Nominal Barrel Dia.	Q To Cotter End	Q To Head or Rivet End	Sidebar Thk.				
						Duramal	Duramal	X	F	A	D	H	K	J	T	Block Link	Sidebar
C55	1.631	74	2.0	11,250	1,370	1½	¾	¼	¾	¾	1½	1	1	¾			

(Fuente: Websterchain)

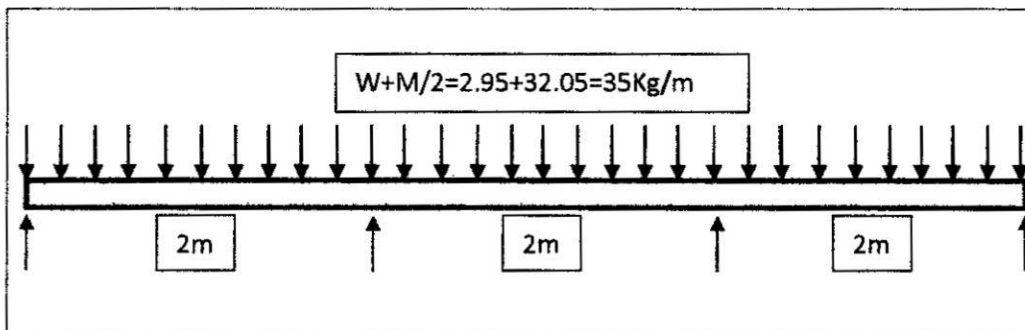


(Fuente: Websterchain)

Selección de la guía de la cadena

El transportador cuenta con dos cadenas las cuales están apoyada cada una sobre canales U.

FIGURA N° 5. 2
FUERZAS SOBRE EL CANAL U

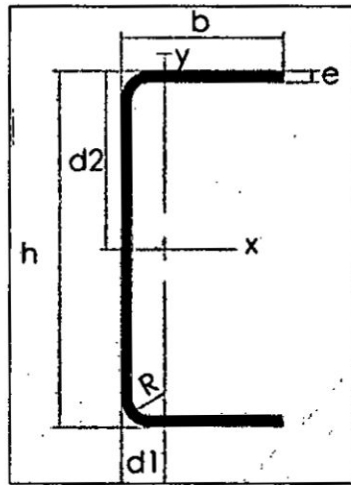


(Fuente: Propia)

Se preselecciona el canal U con las siguientes características:

TABLA N° 5. 2
FUERZAS SOBRE EL CANAL U

Designación	Dimensiones (mm)			Masa Kg/m	A cm ²	d1 cm	Momento de Inercia		Módulo resistente		Radio de giro	
	h	b	e				ix	iy	Wx	Wy	ix	iy
	mm	mm	mm				cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm
C 50 x 25 x 2	50	25	2	1,45	1,87	0,72	7,06	1,13	2,83	0,63	1,94	0,72
C 50 x 25 x 3	50	25	3	2,09	2,7	0,77	9,7	1,57	3,88	0,91	1,89	0,76
C 60 x 30 x 2	60	30	2	1,77	2,26	0,85	12,5	2,00	4,16	0,93	2,35	0,94
C 60 x 30 x 3	60	30	3	2,56	3,3	0,89	17,5	2,84	5,85	1,34	2,31	0,93
C 60 x 30 x 4	60	30	4	3,30	4,2	0,95	21,1	3,51	7,03	1,72	2,24	0,91



(Fuente: DIPAC)

Del diagrama mostrado se obtuvo el momento máximo igual a 14Kgxcm. Luego usando la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \dots\dots\dots (5.1)$$

Obtuvimos:

$$\sigma = \frac{14Kg \times 100cm \times 0.89cm}{2.84cm^4} = 438.7kg/cm^2$$

Teniendo en cuenta un acero A36 con $\sigma_y = 2531 \frac{Kg}{cm^2}$ y $\sigma_u = 4077 \frac{Kg}{cm^2}$, se

calculó el factor de seguridad mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{\sigma_y}{\sigma} \dots\dots\dots (5.2)$$

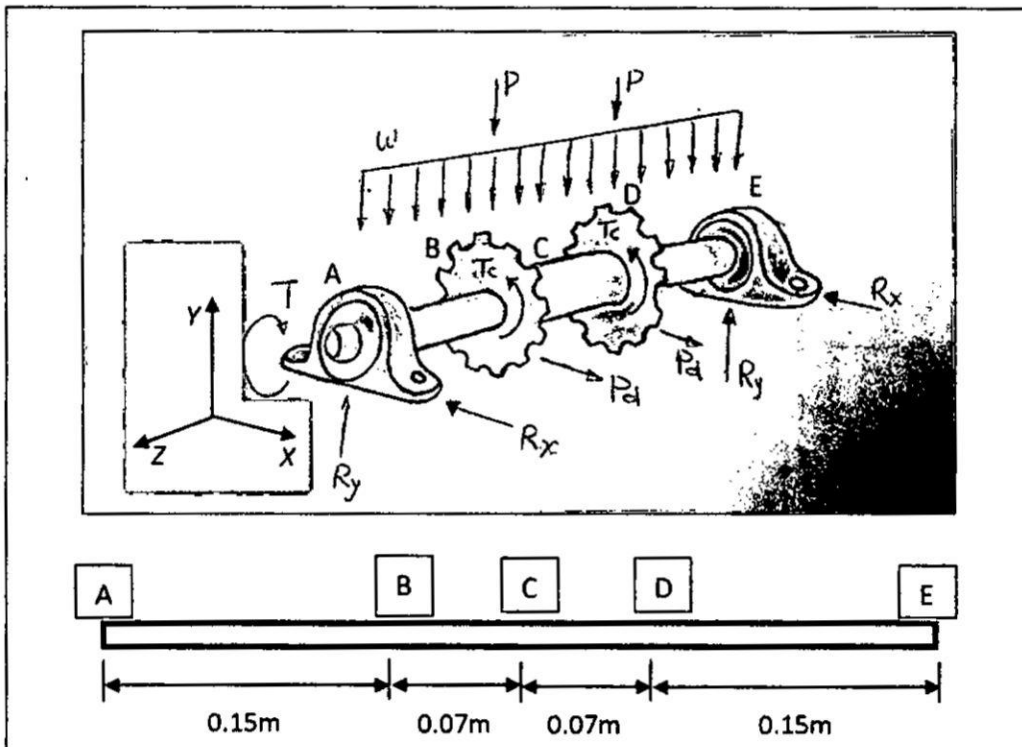
Teniendo en cuenta (5.2), obtuvimos:

$$n = \frac{2531}{438.7} = 5.76, \text{ el cual es satisfactorio}$$

Diseño del eje

Para el diseño del eje se empleó el siguiente esquema, considerando como material un acero SAE1045 con esfuerzos referenciales los cuales pueden cambiar debido al tratamiento del acero ($\sigma_y = 57\text{Ksi}$ y $\sigma_u = 93\text{Ksi}$).

FIGURA N° 5.3
FUERZAS SOBRE EL EJE



(Fuente: Propia)

Para el cálculo se asumió un eje de diámetro a $1 \frac{15}{16}\text{in}=49.21\text{mm}$, luego multiplicando el área por la longitud y la densidad e igualando al peso del eje se tiene la siguiente ecuación donde obtendremos el peso lineal del eje:

$$\frac{\pi \times \phi^2 \times l \times \rho}{4} = w \dots\dots\dots (5.3)$$

$$\frac{\pi \times \phi^2 \times p}{4} = \frac{w}{l} = w' \dots\dots\dots (5.4)$$

Reemplazando los valores en (5.4), obtuvimos:

$$\frac{\pi \times 0.0492^2 \times 7850}{4} = 14.88 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = \frac{w}{l}$$

Asumiendo un peso de piñones P=5Kg cada uno.

- Realizando la sumatoria de fuerzas en el eje y:

$$\sum F_y = 0$$

$$2 \times R_y = 2 \times P + w' \times l$$

$$2 \times R_y = 2 \times 5 + 14.88 \times 0.44$$

$$R_y = 8.27\text{Kg}$$

- Realizando la sumatoria de fuerzas en el eje x:

$$\sum F_x = 0$$

$$2 \times R_x = 2 \times P_d$$

$$R_x = 284.29\text{Kg}$$

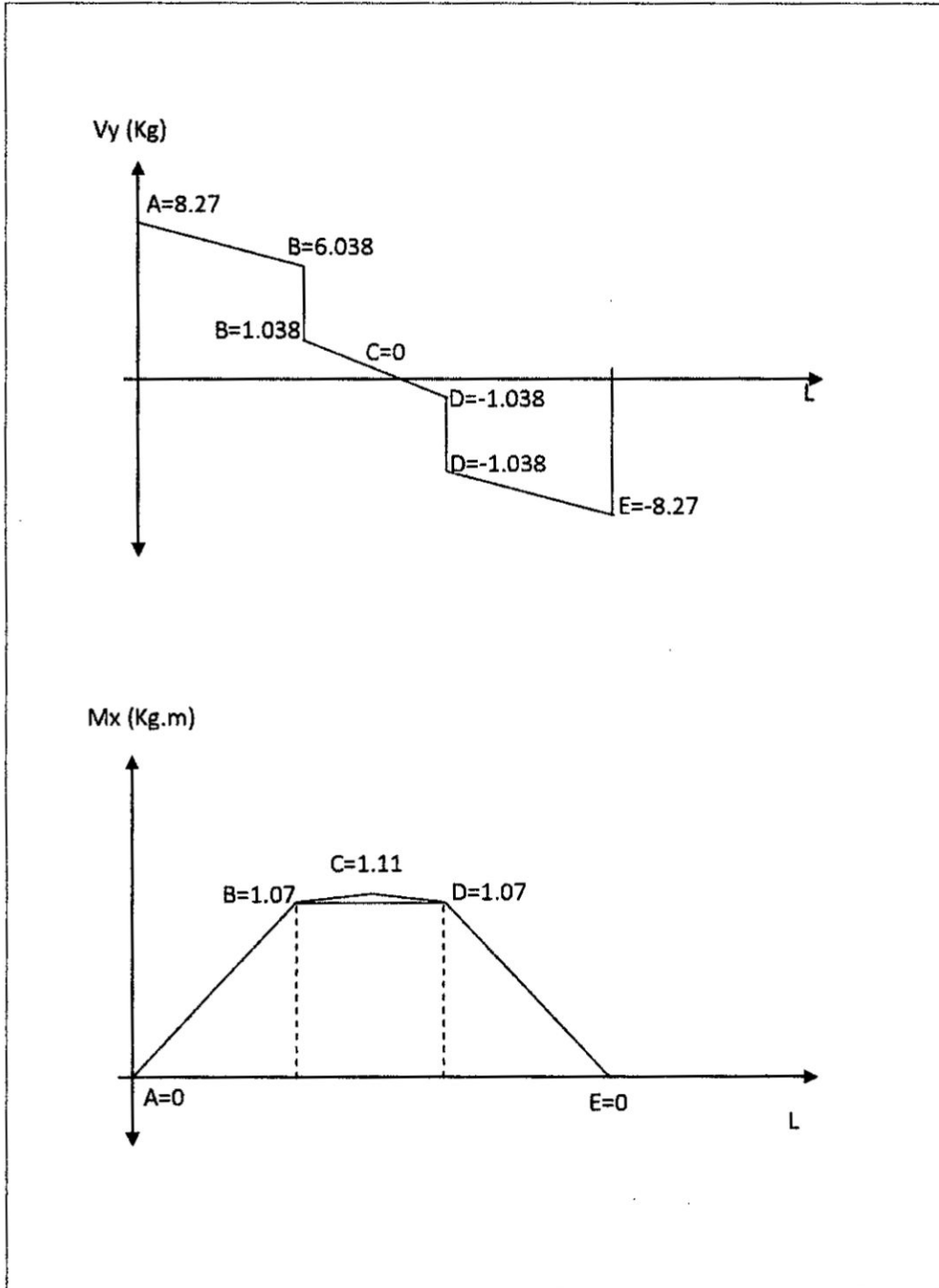
- Realizando la sumatoria de torques en z, donde el torque Tc resulta de multiplicar el Tiro de diseño (Pd) y el paso diametral (PD) el cual es calculado en las siguientes páginas:

$$\sum T_z = 0$$

$$T = 2 \times T_c = 2 \times P_d \times \frac{PD}{2} = 2 \times 284.29\text{Kg} \times \frac{0.16\text{m}}{2} = 45.48\text{Kg.m}$$

- De los cálculos se obtuvieron los siguientes diagramas para el eje y:

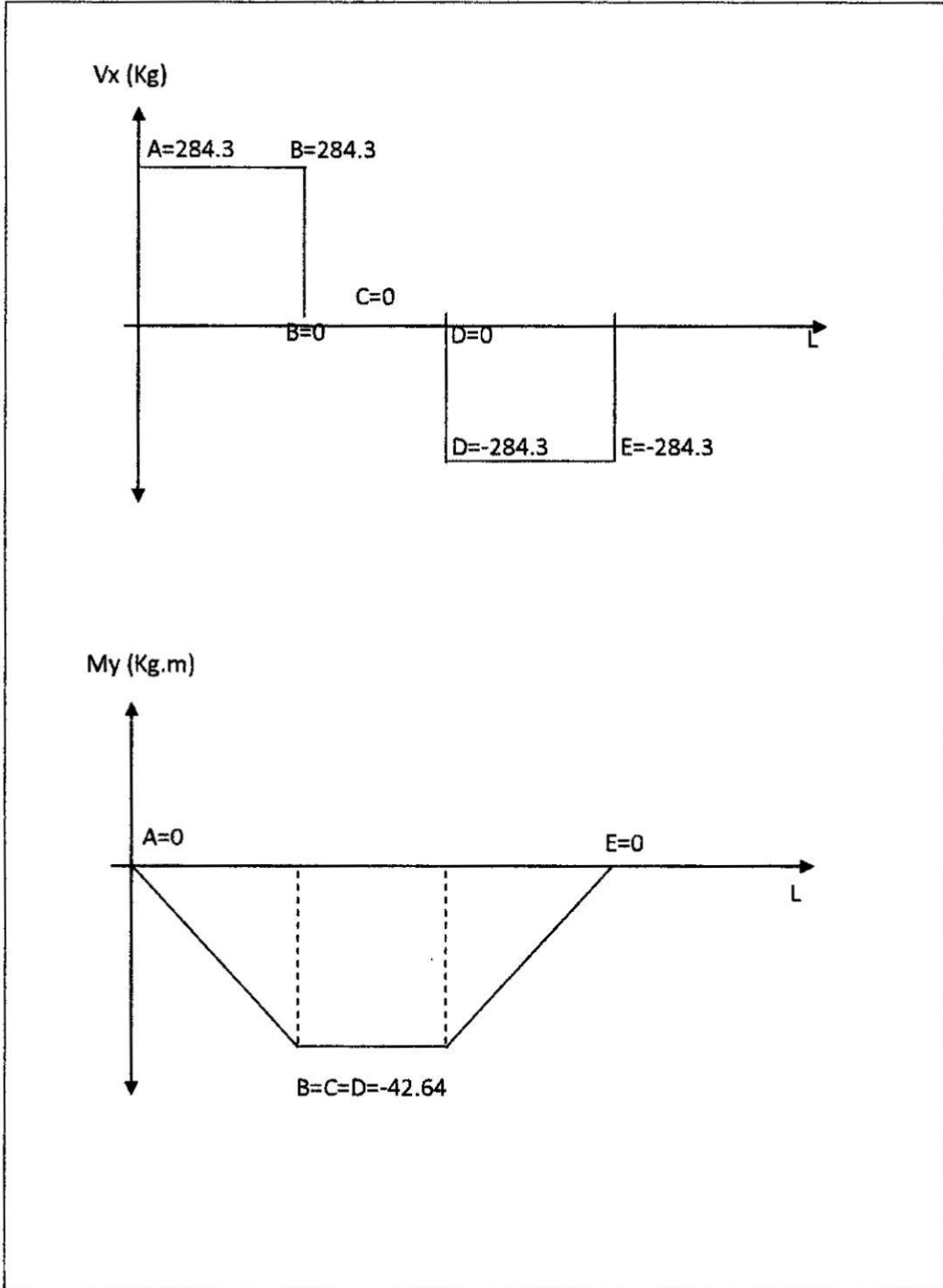
GRÁFICO N° 5. 1
ESFUERZOS CORTANTES Y, MOMENTOS EN EL EJE X



(Fuente: Propia)

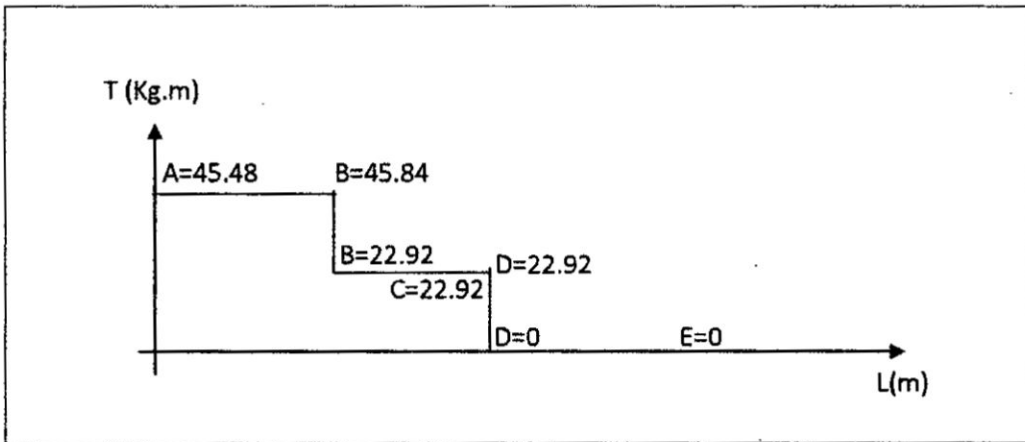
- De los cálculos se obtuvieron los siguientes diagramas para el eje x:

GRÁFICO N° 5. 2
ESFUERZOS CORTANTES X, MOMENTOS EN EL EJE Y



(Fuente: Propia)

GRÁFICO N° 5.3
TORQUE A LO LARGO DEL EJE.



(Fuente: Propia)

De la graficas anteriores se inicia el diseño con el punto B el cual al ser un cambio de sección presenta concentración de esfuerzos, momento y esfuerzo cortante alto, además de un par de torsión presente.

A continuación, se empleó la siguiente fórmula para el cálculo de límite de resistencia corregido (S_e), el cual es el resultado del producto del esfuerzo ultimo y una serie de factores de corrección debido al tamaño del eje, temperatura, confiabilidad entre otros aspectos.

$$S_e = C_{carga} \times C_{tamaño} \times C_{superficie} \times C_{temperatura} \times C_{confiabilidad} \times S_{e'} \dots\dots\dots (5.5)$$

S_e = Límite de resistencia corregido.

C_{carga} =Factor de carga, debido a la naturaleza de la carga Flexión.

$C_{carga} = 1...$ Seleccionamos Carga axial: $C_{carga} = 0.7$

$C_{tamaño}$ = Factor de tamaño, los ensayos han demostrado que las vigas con dimensiones mayores tienden a fallar con menores esfuerzos, debido a la mayor probabilidad de un defecto que acompaña un mayor volumen.

$$\text{Para } d \leq 0.3\text{in} \quad C_{\text{tamaño}} = 1$$

$$\text{Para } 0.3\text{in} < d \leq 10\text{in} \quad C_{\text{tamaño}} = 0.869d^{-0.097}$$

$$\text{Reemplazando } C_{\text{tamaño}} = 0.869(1.63)^{-0.097} = 0.83$$

$C_{\text{superficie}}$ = Los acabados rugosos disminuyen la resistencia a la fatiga debido a la instrucción de concentraciones de esfuerzos o por la alteración de las propiedades de la capa superficial del material.

Para obtener el $C_{\text{superficie}}$ se empleó el anexo E, donde utilizando como datos de entrada el valor S_e del material (93Ksi) y el acabado maquinado se obtuvo:

$$C_{\text{superficie}} = 0.76 \dots \text{Seleccionado}$$

$C_{\text{temperatura}}$ = La dureza a las fracturas disminuye a bajas temperaturas y se incrementa a altas temperaturas:

$$\text{Para } T \leq 450^\circ\text{C} \quad C_{\text{temperatura}} = 1 \dots \text{Seleccionado}$$

$$\text{Para } 450^\circ\text{C} < T \leq 550^\circ\text{C} \quad C_{\text{temperatura}} = 1 - 0.0058(T - 450)$$

$C_{\text{confiabilidad}}$ = Los ensayos informan que las desviaciones estándar de resistencias físicas rara vez exceden 8%. Para obtener el factor se empleó la tabla de factores de confiabilidad en el anexo F.

$$C_{\text{confiabilidad}} = 0.814 \dots \text{Seleccionado}$$

S_e = Límite de resistencia sin corregir.

$$S_e = 0.5S_u = 0.5 \times 93 = 46.5\text{Kpsi}$$

A continuación, se reemplazan los valores en la fórmula, obteniendo:

$$S_e = 1 \times 0.83 \times 0.76 \times 1 \times 0.814 \times 46.5 = 23.88\text{Ksi}$$

• En piezas mecánicas como ejes los esfuerzos varían entre ciertos niveles, una fibra en la superficie de un eje sometido a flexión experimenta tracción y compresión por cada revolución del eje. Los elementos de maquina pueden fallar bajo la acción de los esfuerzos fluctuantes o alternantes, lo que provoca que los elementos fallen antes de alcanzar el esfuerzo de fluencia. Para el diseño de ejes se tienen los siguientes criterios (ED-Goodman, ED-Gerber, ASME Elíptica, ED-Soderberg). Se ha determinado utilizar el criterio ASME elíptica y se muestra la fórmula a continuación:

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left[4 \left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_a}{S_e} \right)^2 + 4 \left(\frac{K_f M_m}{S_y} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (5.6)$$

En el caso de ejes con flexión y torsión constantes, la ecuación se simplifica con M_m y T_a a 0.

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left[4 \left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \text{ ASME Elíptica} \dots\dots\dots (5.7)$$

Donde:

- n= Factor de seguridad contra fatiga.
- d= Diámetro de eje.
- K_f = Factor de concentración de esfuerzo por fatiga (flexión)
- M_a = Momento flexionante alternante.
- K_{fs} = Factor de concentración de esfuerzo (torsión)
- T_m = Par de torsión medio
- S_e = Límite de resistencia corregida.
- S_y = Límite de resistencia a la fluencia

A continuación, se calculó todos los factores para emplear el criterio de ASME-Eliptica para lo cual se consideró un $(r=0.003m=0.12in)$, $(D=0.049m=1\ 15/16in=1.93in)$ y $(d=D/1.2=0.041m=1\ 5/8=1.63in)$

- A continuación se calculó K_f

Se empleó el Anexo G ingresando $(r=0.12in)$ y el $(Su=93Ksi)$, con lo cual se obtuvo $q=0.84$.

Se empleó en Anexo H ingresando con $(r/d=0.07)$ y $(D/d=1.2)$, con lo cual se obtuvo $K_t=1.8$

Para obtener K_f , se empleó la siguiente formula:

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) = 1 + 0.84(1.8 - 1) \dots\dots\dots (5.8)$$

$$K_f = 1.67$$

- A continuación se calculó K_{fs}

Se empleó el anexo I ingresando $(r=0.12in)$ y el $(Su=93Ksi)$, con lo cual se obtuvo $q_{cortante} = 0.97$

Se empleó en Anexo J ingresando con $(r/d=0.07)$ y $(D/d=1.2)$, con lo cual se obtuvo $K_{ts}=1.45$

Para obtener K_{fs} , se empleó la siguiente formula:

$$K_{fs} = 1 + q_{cortante}(K_{ts} - 1) = 1 + 0.97(1.45 - 1) \dots\dots\dots (5.9)$$

$$K_{fs} = 1.44$$

• Para calcular el factor de seguridad contra fatiga se reemplazan los factores en la ecuación simplificada ASME elíptica donde:

- $n =$ Factor de seguridad contra fatiga.
- $d =$ 1.63in.

- $K_f = 1.67$
- $M_a = \sqrt{1.07^2 + 42.64^2} = 45.65 \text{Kg.m} = 3.96 \text{KLb.in}$
- $K_{fs} = 1.44$
- $T_m = 45.48 \text{Kg.m} = 3.98 \text{KLb.in}$
- $S_e = 23.44 \text{Ksi}$
- $S_y = 57 \text{Ksi}$

Reemplazando en la ecuación (5.7), obtuvimos:

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi \times 1.63^3} \left[4 \left(\frac{1.67 \times 3.96}{23.88} \right)^2 + 3 \left(\frac{1.44 \times 3.98}{57} \right)^2 \right]^{1/2} = 0.683$$

Factor de seguridad contra fatiga $n = 1.46$

- A continuación se calculó el factor de seguridad contra fluencia n_y :

$$n_y = \frac{S_y}{S_{\max}'} \dots\dots\dots (5.10)$$

$$S_{\max}' = \left[\left(\frac{32K_f M_a}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left(\frac{16K_{fs} T_m}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (5.11)$$

Reemplazando los valores se obtuvo:

$$S_{\max}' = \left[\left(\frac{32 \times 1.67 \times 3.96}{\pi \times 1.63^3} \right)^2 + 3 \left(\frac{16 \times 1.44 \times 3.98}{\pi \times 1.63^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$S_{\max}' = 19.44 \text{Ksi}$$

$$n_y = \frac{S_y}{S_{\max}'} = \frac{57}{19.44}$$

Factor de seguridad contra fluencia $n_y = 2.9$

Se ha demostrado que el eje seleccionado de acero SAE 1045 con $D=1 \frac{15}{16} \text{in}$, $d=1 \frac{5}{8} \text{in}$, $\sigma_y = 57 \text{Ksi}$ y $\sigma_u = 93 \text{Ksi}$ cumple los criterios de diseño. Ver anexo K.

Selección del piñón

- La selección del piñón es un proceso iterativo por lo cual se predefine que el piñón será de 12 dientes, con este dato y empleando el ANEXO L, se obtuvo el factor de piñón ($M=3.864$).

A continuación, se empleó la siguiente fórmula para obtener el diámetro de paso (PD), el cual es el producto del paso (P) y el factor de piñón (M).

$$PD = P \times M$$

$$PD = 1.63\text{in} \times 3.864$$

$$\text{Paso diametral} \quad PD = 6.298 \text{ in}$$

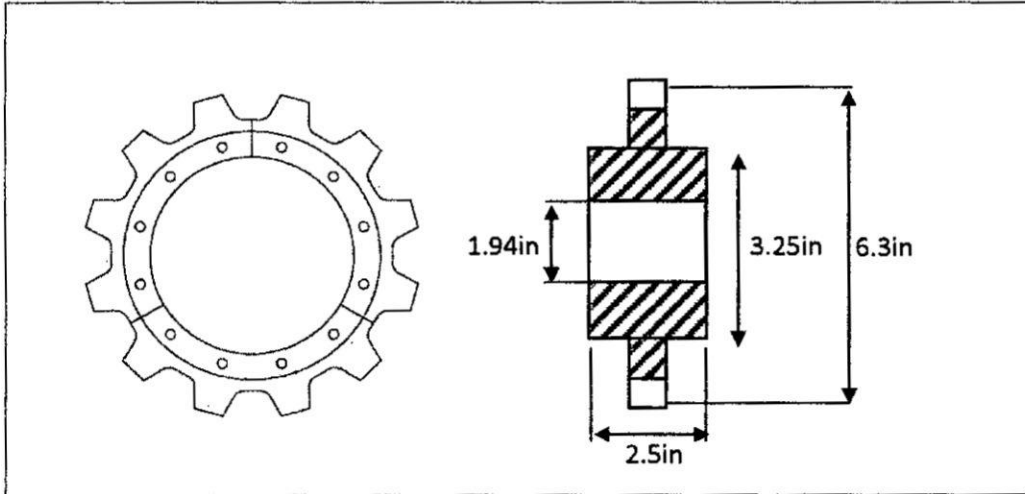
- A continuación, se calculó el torque permisible.

$$T_{\text{permisible}} = \frac{PD}{2} \times Pd_{\text{permisible de trabajo}} = \frac{6.298}{2} \times 1370$$

$$T_{\text{permisible}} = 4314\text{Lb. in}$$

Empleando el anexo M, ingresando con el diámetro de eje ($D=1 \frac{15}{16}\text{in}$) y ($T_{\text{permisible}}=4314\text{Lb.in}$), se obtuvo la clase de cubo E con diámetro del cubo de $3 \frac{1}{4} \text{ in}$ y Longitud de cubo de $2 \frac{1}{2}\text{in}$.

FIGURA N° 5. 4
DIMENSIONES DEL PIÑÓN.

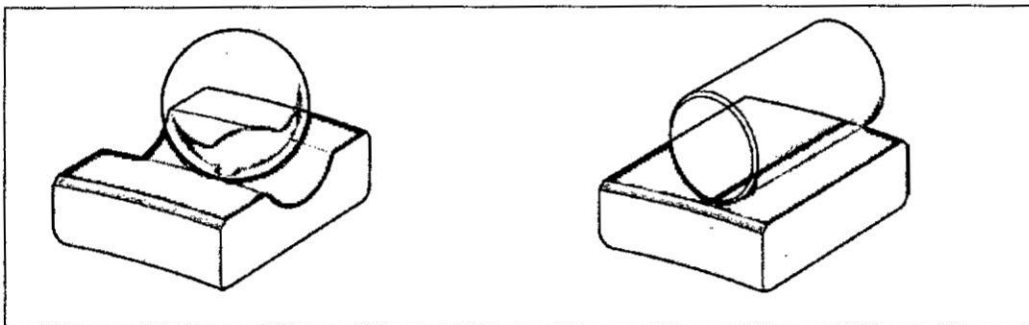


(Fuente: Propia)

Selección de rodamientos.

Los rodamientos soportan los elementos giratorios, para el caso de estudio el rodamiento guiará y soportará el eje que a su vez soporta las catalinas que tiran de las cadenas para permitir su desplazamiento. Los rodamientos permiten operaciones con baja fricción y elevadas velocidades, pero para nuestro caso la velocidad es lenta alrededor de 13rev/min. Los rodamientos pueden ser de bolas o rodillos.

FIGURA N° 5. 5
RODAMIENTOS DE BOLAS Y RODILLOS.



(Fuente: SKF)

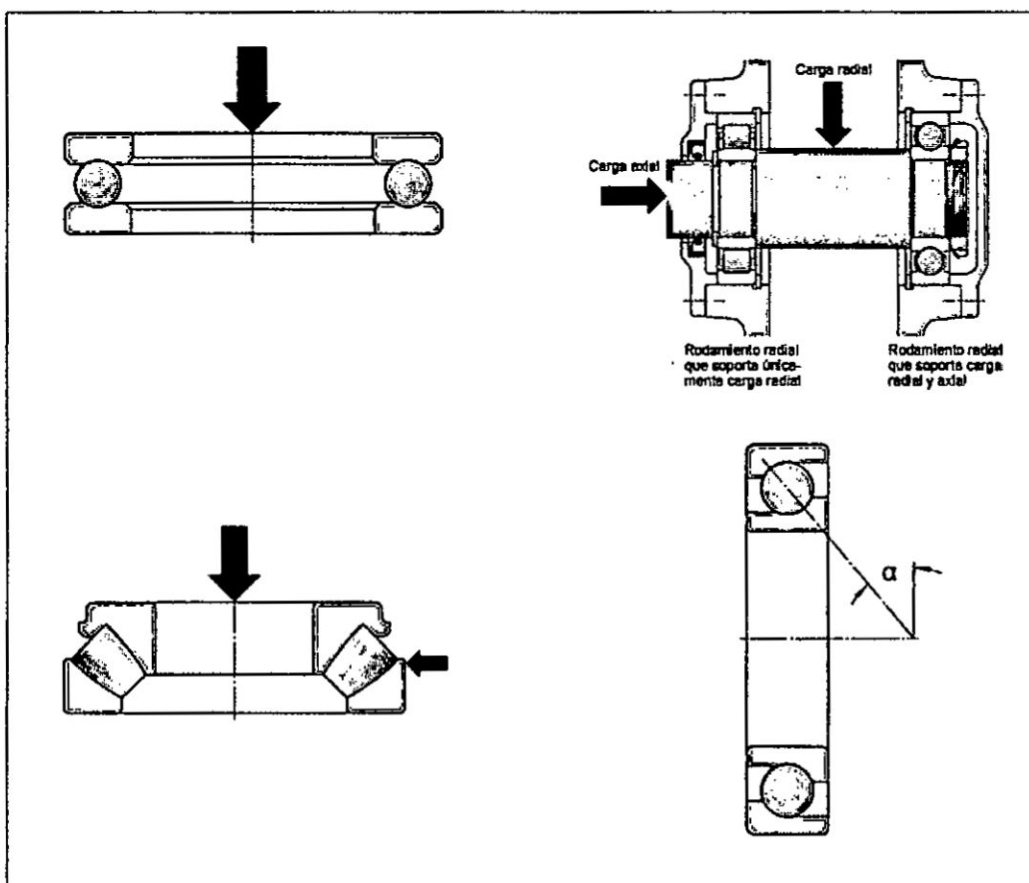
Los rodamientos se clasifican en dos grupos según el sentido de la carga principal que soportan:

Rodamientos radiales: Soportan principalmente cargas radiales pero algunos pueden soportar en cierta medida las cargas axiales.

Rodamientos axiales: Las cargas actúan principalmente de manera axial a lo largo del eje.

El ángulo de contacto determina si son rodamientos radiales ($\theta \leq 45^\circ$) o axiales ($\theta > 45^\circ$).

FIGURA N° 5. 6
RODAMIENTOS RADIALES Y AXIALES



(Fuente: SKF)

Considerando:

$F_r = \text{Carga radial} = 2.84 \text{KN}$

Diámetro interno = $1.63 \text{in} = 40 \text{mm}$

$n = 13 \text{RPM}$

$L_h = 10000 \text{horas}$ (tiempo vida)

Empleando el Anexo N, se determinó que para los rodamientos de bolas con un índice de vida de fatiga superior a las 10.000 horas el factor de vida de fatiga es:

$$f_h \geq 2.72$$

Empleando el Anexo N, se determinó que para los rodamientos de bolas con una velocidad de 13RPM el factor de velocidad es:

$$f_n = 1.36$$

El caso de estudio no contempló cargas axiales por lo cual $P = F_r = 2.84 \text{KN}$.

Empleando la relación del ANEXO O entre factor de vida de fatiga y factor de velocidad se tiene:

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P} \dots\dots\dots (5.12)$$

$$2.72 = 1.36 \frac{C_r}{2.84 \text{KN}}$$

$$5.63 \text{KN} = C_r$$

Con este valor de C_r , se empleó el ANEXO P para seleccionar el rodamiento adecuado, seleccionado el **6908** de tipo abierto, ya que el 6808 es poco robusto.

Diámetro interno = 40mm

Ancho = 12mm

Diámetro externo = 62mm .

Selección del motorreductor

El gas es un producto inflamable y para poder evitar explosiones e incendios es necesario respetar el estándar IEC 60079 “Aparatos eléctricos para atmosferas potencialmente explosivas”. El siguiente grafico muestra la asignación de zonas para equipos expuestos a atmosferas con potencial a explosión.

TABLA N° 5. 3
ZONAS DE PROTECCIÓN DE EQUIPOS

Gas			Dust		
EPL :	Category:	Use In zone:	EPL:	Category:	Use In zone:
Ga	1G	0	Da	1D	20
Gb	2G	1	Db	2D	21
Gc	3G	2	Dc	3D	22

(Fuente: SEW)

Zona 0.- Continuo, frecuente o por largos periodos.

Zona 1.- Intermitente en operaciones normales.

Zona 2.- Ocasional o por periodos largos.

Los motorreductores expuestos a atmosferas de explosión se dividen en las siguientes categorías:

TABLA N° 5. 4
CATEGORÍAS DE MOTOREDUCTORES A PRUEBA DE EXPLOSIONES

Category	Option
/2G	Motors according to 94/9/EC, category 2 (gas)
/2GD	Motors according to 94/9/EC, category 2 (gas / dust)
/3D	Motors according to 94/9/EC, category 3 (dust)
/3GD	Motors according to 94/9/EC, category 3 (gas / dust)

(Fuente: SEW)

Se consideró para el caso de estudio emplear un motorreductor de categoría 2GD el cual ofrece alta seguridad y funciona bien en atmosferas con la presencia de gas y polvo para las zonas 1 y 21.

A continuación, se calculó la potencia en el eje con los datos de la velocidad de las cadenas de 21 ft/min y la fuerza de tiro de diseño 1370Lbs, esto con el fin de que el motorreductor pueda ser usado si se decide incrementar la capacidad del transportador.

$P_{\text{diseño}}=1370\text{Lbs}$

$T_{\text{diseño}}=4314\text{Lb.in}=487.4\text{Nm}$

$S=21\text{ft/min}$



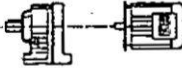
$N=13\text{RPM}$

$$HP = \frac{PS}{33000} = 0.87HP$$

Considerando pérdida de eficiencia mecánicas se divide entre 0.86, obteniendo $P=1.01HP=0.75KW$.

Con la potencia, Torque y velocidad de giro se selecciona el motorreductor con las siguientes características.

TABLA N° 5.5
TABLA DE SELECCIÓN DE MOTORREDUCTOR 2GD

P_m [kW]	n_a [1/min]	M_a [Nm]	i	$F_{Ra}^{(1)}$ [N]	SEW f_g				m [kg]	k_m	
0.75	5.8	1230	246.54	18800	1.25	-	-	-	-	-	
	6.6	1080	216.54	19500	1.45	-	-	-	-	-	
	7.0	1020	205.71	19700	1.50	-	-	-	-	-	
	7.9	900	181.77	20000	1.70	-	-	-	-	-	
	9.2	775	155.34	20000	2.0	-	-	R 87	EDRE 80M4	72	459
	10	710	142.41	20000	2.2	-	-	RF 87	EDRE 80M4	79	460
	11	620	124.97	20000	2.5	-	-	RM 87	EDRE 80M4	110	460
	12	590	118.43	20000	2.6	-	-	-	-	-	-
	14	515	103.65	20000	3.0	-	-	-	-	-	-
	15	465	93.38	20000	3.3	-	-	-	-	-	-

(Fuente: SEW)

5.2. Justificación técnica de la propuesta

Esta justificación se sustenta en la comparación de la capacidad de llenado, número de trabajadores y los requerimientos de espacio de los sistemas de envasado tanto del sistema que actualmente viene funcionando en la planta envasadora de Inti Gas – Chorrillos y la propuesta.

TABLA N° 5. 6
SISTEMA ACTUAL VS PROPUESTA CON SISTEMA CARRUSEL

Criterios	Sistema de Envasado	
	Actual	Propuesto
Cilindros por día	3840	7632
Número de trabajadores	17	12
Espacio requerido	600 m ²	600 m ²
Cumplimiento de cuota de producción	96%	190%
Requerimiento de tiempo extra	SI	NO

(Fuente: Propia)

5.3. Justificación económica de la propuesta

La propuesta de implementar el carrusel electrónico no es integral, es decir, se prevé recuperar y utilizar algunas máquinas y equipos del actual sistema de llenado en línea de la planta de envasado Inti Gas – Chorrillos que resulten siendo adaptables al nuevo sistema de carrusel electrónico; en ese sentido, la implementación de la propuesta conllevará los costos que se detallan en la tabla que prosigue.

TABLA N° 5.7
COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

		Cantidad	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)	Costo (S/)
1	Transportadora por cadenas (97 metros), diseño y fabricación nacional. (nota 1)	1	29376	29376	117504
2	Bascula de control de peso en línea automática	1	14 700	14700	58800
3	Transportador de rodillos	1	5 295	5295	21180
4	Puesto de tabulación de peso	1	12 210	12210	48840
5	Admisión neumática	1	9 460	9460	37840
6	Estructura de carrusel 24 puestos	1	45 130	45130	180520
7A	Báscula de llenado electrónico con ULIS 2	18	4 130	74340	297360
7B	Centrador de cilindros neumáticos 8 puntos	18	420	7560	30240
8	Bascula de control de peso en línea automática	1	14 700	14700	58800
9	Detector de fugas electrónico automático	1	24 720	24720	98880
10	Máquina de retracción de precintos	1	27 270	27270	109080
11	Skid de regulación de presión	1	6 810	6810	27240
12	GPAO – Sistema de colección de datos para PC	1	17 050	17050	68200
	Otros (10%)	1	28 756	28756	115024
	Embalaje – Norma NIMP 15	1	7 286	7286	29142
	Transporte CIF Puerto Callao	1	13448	13448	53794
Total					1 352 444
<p>Notas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ver detalle de costo del transportador de cadenas en el Anexo Q 2. Tipo de cambio: 1 € = 4 S/ (Marzo de 2018). 3. Norma NIMF 15: Norma Internacional sobre Medidas Fitosanitarias. 4. CIF: Coste, seguro y flete, puerto de destino convenido. 					

(Fuente: Elaboración propia, datos de la propuesta de SIRAGA)

La propuesta de migrar del actual sistema de llenado (lineal con sistema de llenado UFM) a uno de carrusel, requiere una estrategia financiera, la cual se traduce en el empleo de fuentes de financiamiento, el cual provendrá de la empresa. En otras palabras, el financiamiento del 100% de la inversión requerida será cubierto con capital propio o mediante préstamos, dependiendo de la decisión gerencial y comercial que adopte la empresa.

De las especificaciones técnicas de la propuesta se obtuvo que la depreciación de maquinaria está referida solo al carrusel, el cual tiene una vida útil estimada de 20 años, con una tasa de depreciación del 2% anual. En cuanto al mantenimiento programado, se prevé una inspección anual de la máquina y un mantenimiento integral cada cinco años. La representatividad de cada tipo de mantenimiento con respecto al costo del carrusel será de 5% y 10% respectivamente.

Con el sistema de envasado actual no se cubre la producción asignada a la planta, por tal motivo se tiene que recurrir a tiempo extra para cubrir los 160 cilindros diarios faltantes el cual representa el 4,17% en pagos por tiempo extra. Según lo expuesto, la utilidad proveniente de reducir el personal en la planta de envasado de «Inti Gas - Chorrillos», sería como sigue:

TABLA N° 5. 8
COSTO DE MANO DE OBRA CON EL SISTEMA DE ENVASADO ACTUAL

Salarios	Cantidad	Costo Unitario (S/)	Costo Total (S/)
Operarios	16	930	14 880
Supervisor	1	1100	1 100
Tiempo extra	4,17%		666
Total (S/)	16 646		

(Fuente: Elaboración propia)

En el sistema de envasado actual por concepto de mano de obra se paga por cilindro envasado:

$$\text{Mano_Obra}_{\text{cilindro}} = \frac{16646}{4000 \times 30} = \text{S/ } 0,139$$

Con el sistema de envasado propuesto se cubre ampliamente la producción asignada a la planta y con un exceso de 3 632 cilindros diarios, el cual representa un exceso de 90,8% de la producción asignada con los siguientes costos de producción en mano de obra directa.

TABLA N° 5. 9
COSTO DE MANO DE OBRA CON EL SISTEMA DE ENVASADO CARRUSEL

Salarios	Cantidad	Costo Unitario (S/)	Costo Total (S/)
Operarios	11	930	10 230
Supervisor	1	1 100	1 100
Total (S/)	11 330		

(Fuente: Elaboración propia)

En el sistema de envasado propuesto por concepto de mano de obra se paga por cilindro envasado:

$$\text{Mano_Obra}_{\text{cilindro}} = \frac{11\,330}{7632 \times 30} = S/ 0,05$$

Se ha propuesto que el costo de migrar a la nueva tecnología sea cubierto por el excedente de utilidad que se generaría debido a la sobreproducción y a la disminución del personal directo.

$$\text{Incremento de utilidad}_{\text{Anual}} = 364 \times 0.8 \times (7632 - 4000) - (12 + 3) \times (16646 - 11330)$$

$$\text{Incremento de utilidad}_{\text{Anual}} = 977\,898 \text{ S/}.$$

Teniendo en cuenta los cálculos y estimaciones presentadas en los cuadros anteriores, se realizó el balance de los resultados, se evaluó el comportamiento del flujo de efectivo y se calculó el VAN, TIR y Ratio B/C, en un escenario con horizonte de 15 meses.

TABLA N° 5. 10
ESTADO DE RESULTADOS

Objeto de costo	COSTOS (S/)					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión Fija (Tasa de depreciación 2%)	1,352,444					
Inspección Anual (5%)		67,622	67,622	67,622	67,622	67,622
Mantenimiento Integral (10%)						135 244
Otros Gastos de Inicio de Operación (10%)	135,244					
Total anual	1,487,688	67,622	67,622	67,622	67,622	202,866

(Fuente: Elaboración propia)

TABLA N° 5. 11
FLUJO DE EFECTIVO

Inversión Inicial (Capital)							S/ 1,487,688
Total de utilidad adicional anual							S/ 977,898
Total Egresos (Costos de mantenimiento por año)							S/ 67,622
Tasa a la Utilidad Generada (Impuesto a la Renta)							No Aplica
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Total Ingresos (S/)		977,898	977,898	977,898	977,898	977,898	
Total Egresos (S/)	1,487,688	67,622	67,622	67,622	67,622	202,866	
Utilidad neta (S/)		910,276	910,276	910,276	910,276	775,032	

(Fuente: Elaboración propia)

Calculo del VAN

$$VAN = -1,487,688 + \frac{910,276}{1 + 0.1} + \frac{910,276}{(1 + 0.1)^2} + \frac{910,276}{(1 + 0.1)^3} + \frac{910,276}{(1 + 0.1)^4} + \frac{910,276}{(1 + 0.1)^5}$$

$$VAN = -1,487,688 + 827,523 + 752,294 + 683,903 + 621,730 + 565,209$$

$$VAN = +1,962,971 \text{ S/}$$

Calculo del TIR

$$VAN = 0 = -1,487,688 + \frac{910,276}{1 + TIR} + \frac{910,276}{(1 + TIR)^2} + \frac{910,276}{(1 + TIR)^3} + \frac{910,276}{(1 + TIR)^4} + \frac{910,276}{(1 + TIR)^5}$$

TIR = +54%

TABLA N° 5. 12
CÁLCULO DEL B/C

Año	Costos Totales (S/)	Ingresos Totales (S/)	Factor de Actualización (10%)	Costos Actualizados (S/)	Ingresos Actualizados (S/)	Flujo Neto Actualizado (S/)
0	1,487,688	0	1	1,487,688	0	-1,487,688
1	67,622	910,276	0.95	64,241	864,762	800,521
2	67,622	910,276	0.9	60,860	819,248	758,388
3	67,622	910,276	0.86	58,155	782,837	724,682
4	67,622	910,276	0.81	54,774	737,324	682,550
5	202,866	775,032	0.77	156,207	596,775	440,568
6				1,881,925	3,263,846	
B/C=1.73 PRI=2 años						

(Fuente: Elaboración propia)

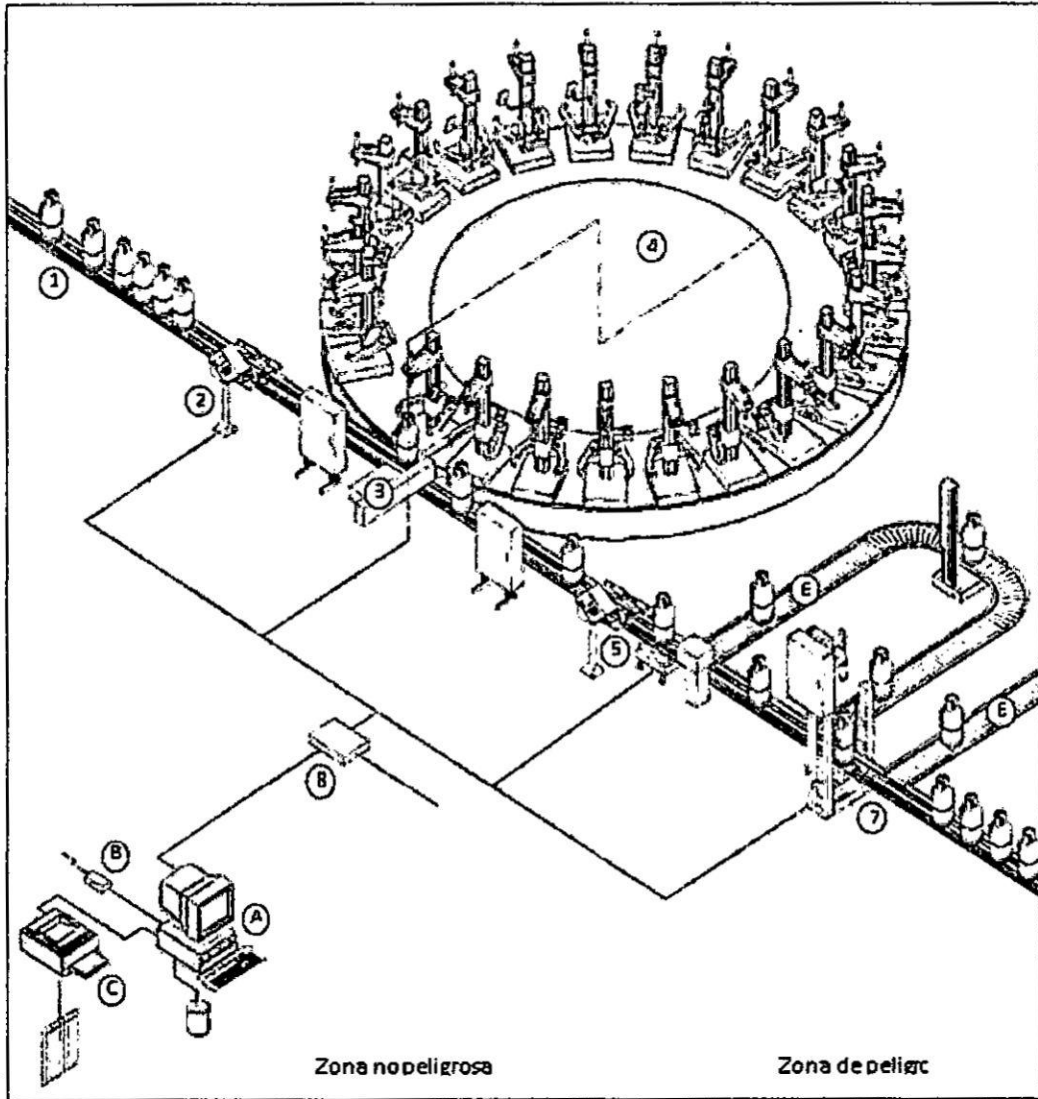
5.4. Implementación.

La planta actual cuenta con una plataforma de envasado y un galpón lo suficientemente amplio para no requerir mayores trabajos de obra civil o arquitectónica, ya que el anclaje del carrusel y los transportadores serán empleando pernos de expansión o anclaje epóxico. Para la implementación del nuevo sistema se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Los cilindros de 10 Kg deben ser de acero: con cuerpo de diámetro $\varnothing = 312\text{mm}$, con diámetro en las asas $\varnothing = 205\text{mm}$ mínimo aceptable, con diámetro en la base $\varnothing = 255$, y, una altura de 524mm.
- Los grifos y válvulas deben ser de válvula única compacta tipo Kosan y/o Fisher.
- La bomba de GLP debe ser de presión media de suministro de gas 250 PSI (Mejor 300 PSI) y con caudal medio de 20 m³/hora o 30 m³/hora si el carrusel está equipado con 24 balanzas de llenado.
- La precisión de llenado debe garantizar 90% de los cilindros entre +/- 50 gramos y 97% de los cilindros entre +/- 100 gramos.
- La red de aire comprimido como mínimo debe ser 6 y como máximo 7 bares.
- La tensión debe ser 220/380V con una tolerancia de $\pm 5\%$ a 0 Hz de frecuencia. Para los autómatas e instrumentos se aconseja usar un sistema de regulador eléctrico.

El esquema general de funcionamiento con carrusel electrónico se detalla en la figura que prosigue.

FIGURA N° 5. 7
SISTEMA CARRUSEL

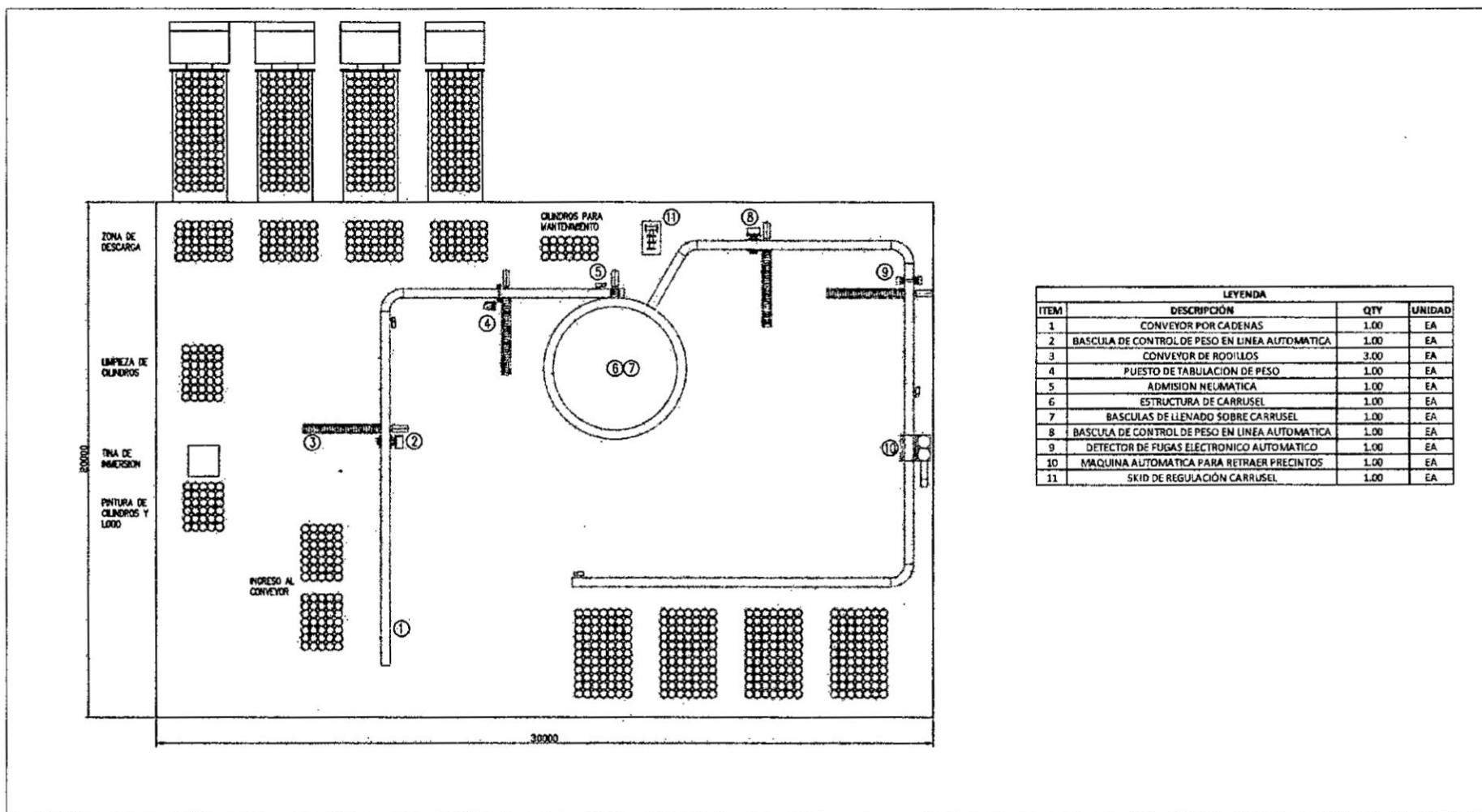


Leyenda:

Equipos en zona de peligro:	Equipos en zona no peligrosa:
1. Transportador de cadena.	A. PC incluso software y base de datos para los datos de llenado.
2. Puesto de taración.	B. Modem para conectar al servicio en línea de PC.
3. Dispositivos de entrada y salida.	C. Impresora para imprimir informes.
4. Carrusel de llenado y llenadoras.	
5. Báscula de control.	
6. Transportador para rechazos.	
7. Detector de fugas.	
8. Interfaz de energía y datos.	

(Fuente: Catalogo general de productos Kosan Crisplant)

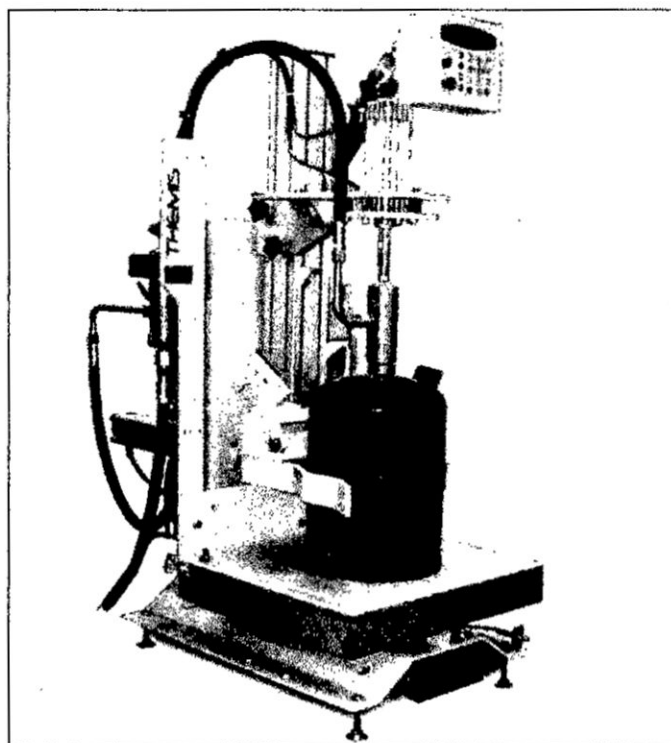
FIGURA N° 5. 8
PLANO DE PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE NUEVA PLANTA



(Fuente: Elaboración propia, con referencia a los planos de SIRAGA)

Las básculas de llenado, estaciones individuales de llenado o también llamado sistema del puesto de llenado; constituye una estructura importante en el proceso de llenado y consecuentemente en el envasado de cilindros conteniendo GLP.

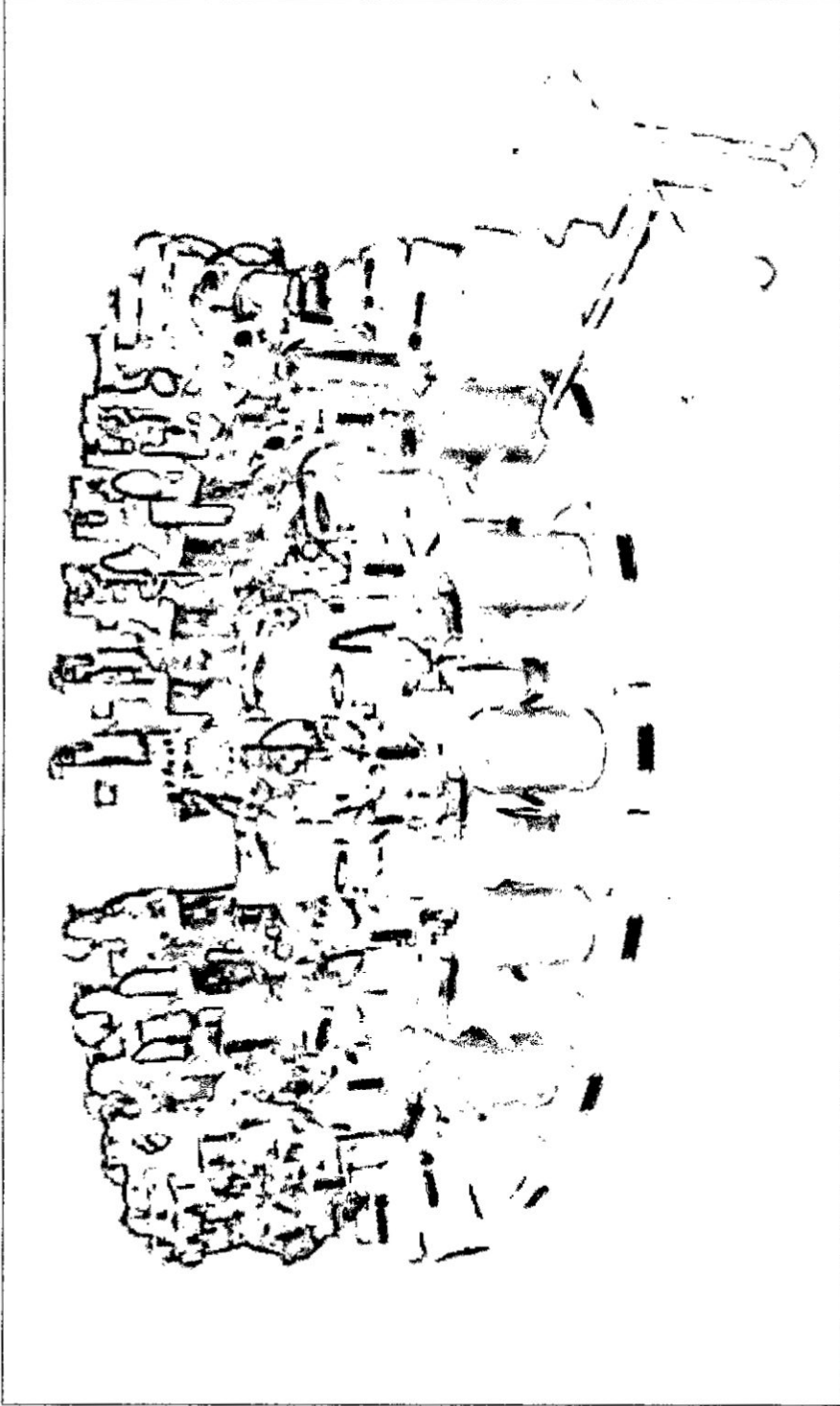
FIGURA N° 5. 9
ESQUEMA BÁSICO DE LAS BASCULAS DE LLENADO



(Fuente: SIRAGA)

La plataforma de llenado del sistema de envasado mediante el carrusel electrónico tiene capacidad de llenado para 24 cilindros simultáneamente, los cuales pueden envasar cilindros de 10 Kg en 50 segundos con un tiempo de rotación del carrusel de 67 segundos. Es de recordar que para efectos de evaluación técnica y económica, se diseñó para un ángulo útil de 270°; es decir, se diseñó para condiciones de trabajo al 75% de su plena capacidad, luego, la capacidad de llenado de diseño fue de 18 cilindros simultáneamente.

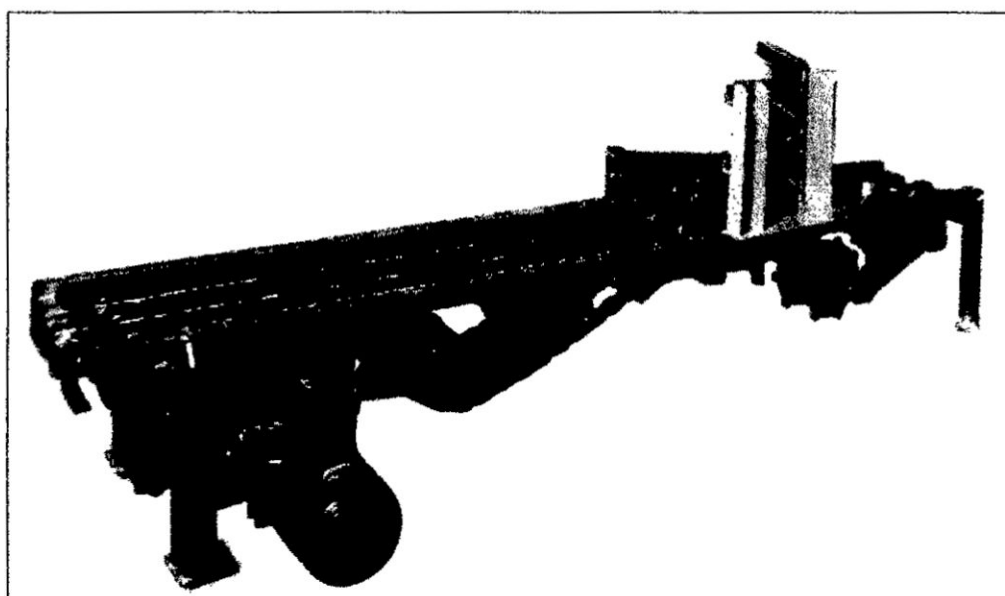
FIGURA N° 5. 10
DISPOSICIÓN DE LAS BASCULAS DE LLENADO EN EL SISTEMA CARRUSEL



(Fuente: SIRAGA)

El sistema de transporte de balones vacíos y llenos de GLP requiere del auxilio de un transportador. El transportador es el más adecuado y será utilizado para los tramos principales, mientras para los tramos auxiliares se utiliza los transportadores de rodillos. Los elementos principales de una transportador de cadena son: la chumacera, catalina, la cadena, el motoreductor y la base de soporte.

FIGURA N° 5. 11
TRANSPORTADOR DE CADENAS



(Fuente: SIRAGA)

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Se desarrolló la reingeniería para la planta de gas Inti Gas Chorrillos con el empleo de la tecnología de llenado del “Sistema Carrusel”, con lo cual se incrementó en un 90.8% la capacidad de envasado de cilindros diarios con respecto al llenado en un sistema en línea.
- La propuesta de reingeniería logró incrementar de 3840 cilindros diarios en el sistema en línea a 7632 cilindros diarios mediante llenado en el sistema carrusel; luego, se redujo la cantidad de personal directo de 17 a 12.
- El sistema de llenado mediante carrusel electrónico, tiene una vida útil de 20 años.
- EL sistema tipo carrusel propuesto ha generado beneficios económicos según el siguiente cuadro donde todos los indicadores son satisfactorios:

TABLA N° 6. 1
ÍNDICES PARA LA SELECCIÓN DE PROYECTOS

Concepto	Indicador
Ingreso adicional anual	S/. 977,898
VAN	S/. 1,962,971
TIR	+54%
B/C	1.73
PRI	2 años

(Fuente: Elaboración propia)

Los beneficios económicos debido a la propuesta de reingeniería se debieron principalmente al incremento de la capacidad de envasado y no a la disminución

del personal directo ya que el mismo representa solo el 0.695% del costo de venta de un cilindro de gas.

- Se diseñó un transportador de cadenas y se replanteó la propuesta del ruteo inicial hecha por SIRAGA con lo cual se redujo el costo de esta maquinaria de 66080 a 29376 euros, lo cual es un ahorro de 36704 euros. En el anexo R se presenta el transportador diseñado.
- Con respecto a la justificación técnica de la propuesta de reingeniería, es de recalcar que esta fue expuesta y sustentada en el capítulo anterior, ver: «5.2. Justificación técnica de la propuesta».
- Por su parte, con respecto a la justificación económica de la propuesta de reingeniería, es de hacer nota que esta también fue presentada en el capítulo anterior, ver: «5.3. Justificación económica de la propuesta».

VII. CONCLUSIONES

- 1) Se concluyó que la propuesta de reingeniería desarrollada empleando nuevas tecnologías permitió la mejora de la capacidad de llenado de la planta envasadora de gas Intigas Chorrillos, aumentando la producción hasta en un 90,8%.
- 2) La propuesta de reingeniería desarrollada, generó el incremento de la capacidad de envasado de la planta, y a la vez permitió la disminución del personal directo mediante el empleo de nuevas tecnologías que automatizaron las tareas repetitivas; en efecto, con la propuesta el personal se redujo de 17 a 12 trabajadores en planta.
- 3) La propuesta del sistema del tipo carrusel permitió obtener beneficios económicos debidos principalmente al incremento de la capacidad de envasado, los indicadores económicos obtenidos demuestran su viabilidad. Solo en mano de obra se ahorró alrededor de S/. 5316 cada mes; pero en conjunto, la utilidad debido al aumento de producción y ahorro en mano de obra, se obtuvo un incremento de utilidad anual ascendente a S/. 977 898.
- 4) El transportador de cadenas diseñado cumplió con todos los criterios de diseño y con suficiente detalle para su licitación y fabricación. El diseño de maquinaria localmente permitió la reducción de costos de fabricación y flete en comparación de maquinaria importada.

VIII. RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda desarrollar una propuesta alterna incluyendo más mecanismos automatizados como un sistema de pintado el cual permitiría reducir el personal e incrementar la fluidez del proceso.
- 2) El sistema carrusel puede también ser fabricado por la industria nacional, razón por la cual se recomienda una futura investigación donde se tenga en cuenta la demanda que tendría el carrusel en el mercado nacional.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALCAZAR ZARATE, Ronnier. **Reglamento de seguridad para instalaciones y transporte de GLP.** Tumbes. Dirección regional de energía y minas tumbes. 2011.
- BUDYNAS, Richard G y NISBETT, Keith. **Diseño en ingeniería mecánica de Shigley,** New York, Mc Graw Hill, novena edición, 2011.
- CHIANG LOPEZ, Mauricio Antonio. **Diseño y modelado virtual de un transportador de cadena telescópico para cilindros de GLP de 15kg.** Tesis de ingeniería. Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2013.
- ESPINOZA TELLO, Johnny Ernesto. **Diseño de un túnel de lavado exterior de los cilindros GLP 15kg.** Tesis de ingeniería. Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2007.
- ESPINOZA MONTES, Ciro. **Metodología de investigación tecnológica.** Huancayo, Perú. Editorial Imagen Gráfica SAC. Primera edición. 2010.
- KOSAN CRISPLANT. **Catálogo general de productos.** Dinamarca. Kosan Crisplant. 2014.
- LINKBELT. **Catalog 1000 - Materials handling and processing equipment.** Linkbelt Company. EEUU. 1958.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. **Decreto Supremo N° 01-94-EM.** Lima. MEM. 1994.

- **MONGE TALAVERA, Miguel. Proyecto de instalación de una planta envasadora de gas licuado de petróleo en la ciudad de Arequipa.** Tesis de Ingeniería. Lima. Universidad Nacional mayor de San Marcos. 2002.
- **NORTON, Robert. Diseño de máquinas,** Upper Saddle River - Nueva Jersey, Pearson Education Inc, cuarta edición, 2011.
- **ORELLANA HUERTA, Augusto. Mejoramiento de la calidad del proceso de lavado en línea de envases domésticos de gas licuado de petróleo, en planta de envasado de Abastible S.A.** Tesis de ingeniería. Valparaíso. Universidad técnica Federico Santa María. 2008.
- **ORTEGA MESTANZA, Ricardo y VÍLCHEZ TORRES, Mylena. Propuesta de mejora de en la línea de envasado de balones de GLP para incrementar la productividad de la empresa envasadora Cajamarca Gas S.A. - Cajamarca.** Tesis de ingeniería. Cajamarca. Universidad Privada del Norte. 2012.
- **ORTIZ URIBE, Frida Gisela y DEL PILAR GARCÍA, María. Metodología de la investigación - el proceso y sus técnicas.** México. Editorial Limusa. Primera Edición. 2010.
- **OSPINA DUQUE, Rodrigo. La reingeniería de procesos: Una herramienta gerencial para la innovación y mejora de la calidad en las organizaciones,** en Cuadernos Latinoamericanos de Administración. Vol. II, núm. 2. pp. 91-99. enero – Junio 2006.

- OSSMIN EUCEDA. **Reingeniería.** Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos28/reingenieria/reingenieria.shtml>, artículo web consultado el 27/12/17.
- OSINERGMIN. **Cambios Normativos Relacionados con la Seguridad del GLP.** Lima. OSINERGMIN. 2011.
- OSINERGMIN. **Charla de capacitación sobre seguridad en plantas envasadoras de GLP.** Lima. OSINERGMIN. 2011.
- OSINERGMIN. **La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú.** Lima. Tamayo, Jesús; Salvador, Julio; Vásquez, Arturo; y De la Cruz, Ricardo (Editores). 2015.
- PETROPERU. **GLP - Características técnicas.** Disponible en <https://www.petroperu.com.pe/Main.asp?Seccion=70>, artículo web consultado el 27/12/17.
- RIVERA RODRIGUEZ, Roxana y GÓMEZ ABANTO, Julio. **Implementación de mejoras en el proceso de envasado de GLP aplicando herramientas de ingeniería de métodos. Caso: Alfa Gas S.A.** Tesis de ingeniería. Lima. Universidad Wiener. 2015.
- ROSENDO P, Diana C. **La reingeniería para el mejoramiento del proceso de llenado GLP en la planta PDVSA Gas Comunal S.A. Centro de trabajo Barinas.** Tesis de Ingeniería. Barinas. Universidad Nacional experimental de la fuerza armada Bolivariana núcleo Barinas. 2012.
- SIRAGA S.A. **Oferta Completa de Carrusel Electrónico para la Empresa Inti Gas – Planta Lima.** Lima: Autor. 2006.

- URSEA, **Reglamento técnico y seguridad de instalaciones y equipos destinados al manejo de gas licuado de petróleo (GLP)**, Montevideo. URSEA. 2004.
- WEBSTER, **Catalogo maestro**, EEUU. WEBSTER.
- Páginas web consultadas
 - <https://www.kisgal.com/tipos-cilindros-glp-uso-domiciliario/>
 - <http://www.lpgacademy.com>
 - <https://archive.org/stream/generalcatalog00chicgoog#page/n6/mode/2up>
 - <http://www.skf.com/pe>
- DIPAC – Productos de acero. **Perfiles estructurales correas “U”**.
- Aceros Bravo – catálogo de productos. **Aceros al carbono**.
- NSK – Catálogo general de productos
- SEW – Explosion proof drives - Catalog – 04/2012.

ANEXOS

• ANEXO A.- MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGIA
<p>Problema general ¿Es posible desarrollar la reingeniería para mejorar la capacidad de llenado de gas licuado de petróleo en cilindros de 10Kg de la planta envasadora Intigas en Chorrillos?</p>	<p>Objetivo general Desarrollar la reingeniería empleando nuevas tecnologías para mejorar la capacidad de llenado de gas licuado de petróleo en cilindros de 10Kg de la planta envasadora Intigas en Chorrillos.</p>	<p>Hipótesis general Si se desarrolla la reingeniería empleando nuevas tecnologías se mejorara la capacidad de llenado de gas licuado de petróleo en cilindros de 10Kg de la planta envasadora Intigas Chorrillos.</p>	<p>Tipo de investigación: Tecnológica.</p> <p>Nivel de investigación: Aplicada.</p> <p>Diseño de la investigación: Diseño de aplicación.</p>
<p>Problemas específicos ¿En qué medida el sistema tipo carrusel permite incrementar la capacidad del proceso de la planta envasadora de gas?</p> <p>¿De qué forma el sistema tipo carrusel puede generar beneficios económicos en la planta envasadora de gas?</p> <p>¿Cómo diseñar un transportador de cadenas para reducir el costo del proyecto del sistema carrusel en la planta envasadora de gas?</p>	<p>Objetivos específicos Determinar en qué medida el sistema tipo carrusel permite incrementar la capacidad del proceso de la planta envasadora de gas.</p> <p>Calcular de qué forma el sistema tipo carrusel puede generar beneficios económicos en la planta envasadora de gas.</p> <p>Diseñar el transportador de cadenas para reducir el costo del proyecto del sistema carrusel en la planta envasadora de gas.</p>	<p>Hipótesis específicas El sistema tipo carrusel mediante el empleo de mecanismos automatizados incrementara la capacidad del proceso de la planta envasadora de gas.</p> <p>El sistema tipo carrusel al emplear menos personal e incrementar la capacidad de llenado generara mayores beneficios económicos en la planta envasadora de gas</p> <p>El diseño del transportador de cadenas empleando el manual linkbelt reducirá el costo del proyecto del sistema carrusel en la planta envasadora de gas.</p>	<p>Método: Analítico.</p> <p>Técnicas: Documental – Empírica.</p> <p>Instrumentos: Ficha Bibliográfica Ficha hemerográfica Ficha electrónica Observación.</p>

• ANEXO B.- FACTOR DE SERVICIO Fp

Conditions Affecting Chain Life Expectancy		Service Factors (f _p)
Frequency of Shock	Infrequent Shock	1
	Frequent Shock	1.2
Character of Chain Loading	A. Uniform or Steady Load	1
	B. Moderate Shock Load	1.2
	C. Heavy Shock Load	1.5
Atmospheric Conditions	Relatively Clean and Moderate Temperature	1
	Moderately Dirty and Moderate Temperature	1.2
	Exposed to Weather, Very Dirty, Abrasive, Mildly Corrosive and Reasonably High Temperatures	1.4
Daily Operating Range	8-10 Hours	1
	10-24 Hours	1.2

Catalogo Websterchain)

• ANEXO C.- FACTOR DE VELOCIDAD PARA CADENAS F_s

No. of Spk. Teeth	Feet Per Minute																			
	10	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	400	500	600	700	800	900	1000
6	.917	1.09	1.37	1.68	2.00	2.40	2.91	3.57	4.41	5.65	7.35	10.6	16.7	-	-	-	-	-	-	-
7	.855	.871	1.13	1.27	1.44	1.61	1.81	2.04	2.29	2.60	2.96	3.42	3.95	8.62	-	-	-	-	-	-
8	.813	.909	1.04	1.16	1.26	1.37	1.49	1.63	1.76	1.93	2.10	2.29	2.48	3.62	6.21	-	-	-	-	-
9	.794	.870	.980	1.07	1.17	1.26	1.36	1.45	1.55	1.65	1.76	1.88	2.00	2.56	2.94	4.29	6.09	9.90	-	-
10	.775	.840	.943	1.02	1.09	1.16	1.24	1.31	1.37	1.45	1.53	1.61	1.68	2.03	2.41	2.81	3.31	3.82	4.48	5.37
11	.758	.820	.901	.971	1.03	1.09	1.15	1.22	1.28	1.34	1.40	1.46	1.52	1.78	2.05	2.33	2.63	2.96	3.37	3.82
12	.741	.787	.862	.926	.990	1.05	1.10	1.16	1.21	1.26	1.32	1.37	1.42	1.63	1.84	2.05	2.26	2.51	2.77	3.05
14	.735	.769	.833	.885	.935	.980	1.02	1.07	1.11	1.15	1.19	1.24	1.28	1.47	1.61	1.78	1.94	2.10	2.29	2.48
16	.725	.763	.813	.855	.893	.935	.971	1.01	1.05	1.08	1.12	1.16	1.19	1.34	1.48	1.63	1.77	1.93	2.09	2.28
18	.718	.752	.800	.833	.877	.909	.943	.980	1.01	1.04	1.08	1.11	1.14	1.27	1.40	1.53	1.67	1.80	1.95	2.11
20	.717	.746	.787	.826	.855	.893	.917	.952	.980	1.01	1.04	1.07	1.10	1.22	1.34	1.45	1.57	1.69	1.82	1.96
24	.714	.735	.769	.800	.820	.847	.877	.901	.935	.962	.980	1.01	1.04	1.15	1.26	1.37	1.48	1.56	1.71	1.84

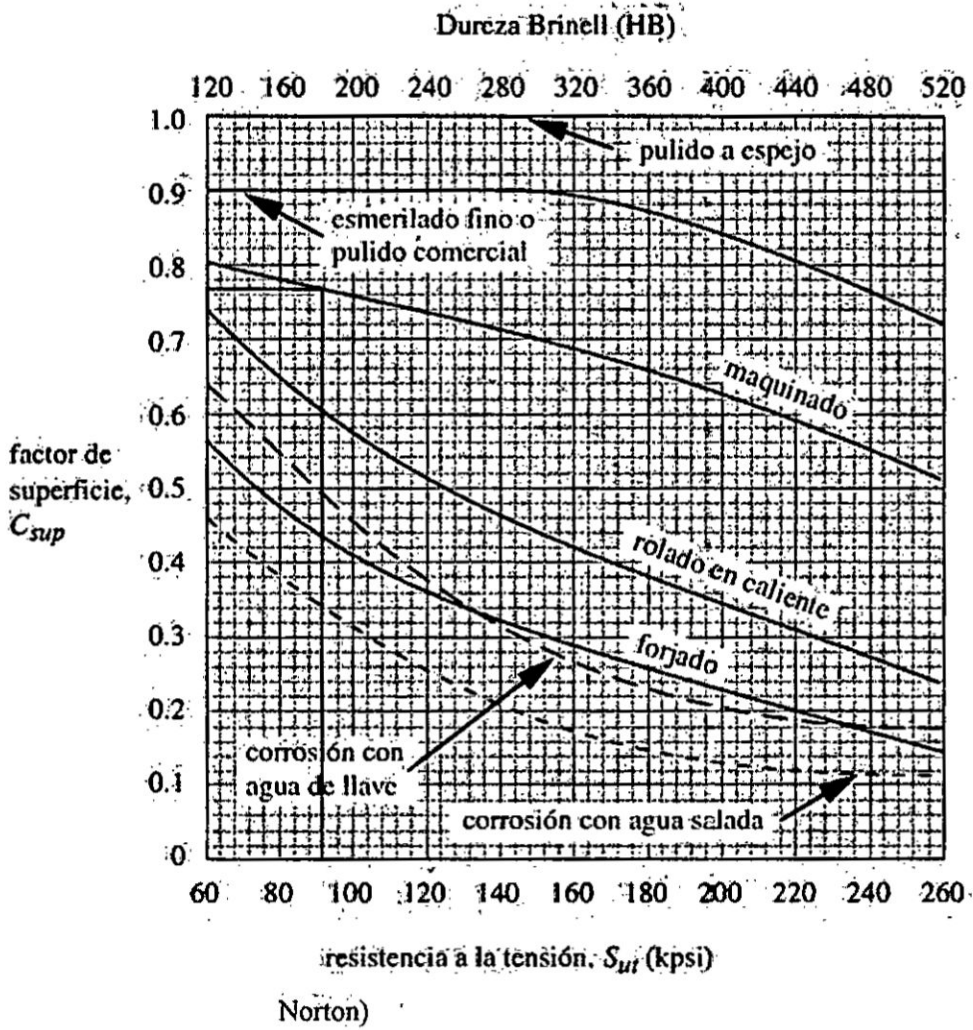
Catalogo Websterchain)

• ANEXO D.- SELECCIÓN DE CADENAS

Chain No.	Average Pitch Inches	Approx. Links In 10 Feet	Average Weight Per Ft. Lbs.	Average Ultimate Strength In Lbs. Duramal	Rated Working Load In Lbs.* Duramal	Dimensions in inches										Common Attachment Numbers	
						Barrel Length	Sidebar Width	Max. Spkt. Width	Pin Dia.	Nominal Barrel Dia.	¢ To Cotter End	¢ To Head or Rivet End	Sidebar Thk.				
						X	F	A	D	H	K	J	T	Block Link	Sidebar		
CS5	1.631	7A	2.0	11,250	1,370	1 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	1 $\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{4}$				
N77	2.308	52	2.2	13,750	1,640	1 $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{4}$	F2	K1		
N102B	4.000	30	6.7	30,000	5,000	2 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	1	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	K2	K2, S1		
N102 $\frac{1}{2}$	4.040	30	9.4	45,000	6,600	2 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	2	$\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	A42, F2, G6, K2, K3, K22	A42, F2, K2, K3, K22, S1		
N110	6.000	20	6.0	30,000	5,000	2 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	A53, F22-10, K2	A42, F1, F2, F4, F24, K2		
N111#	4.760	25	9.7	45,000	7,500	3 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	F2, K2, K22	F2, K1, K2, K22, S1		
N111SPCA#	4.760 7.240	20	8.5	45,000	7,500	3 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	F2, K2	K2		
N131	3.075	39	6.5	30,000	3,750	2	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	F2, G6, K1, K2	A42, G19, K1, K2, S1		
N132#	6.050	20	14.4	62,500	10,400	4 $\frac{1}{4}$	2	3 $\frac{1}{4}$	1	1 $\frac{1}{4}$	3 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	K2, RF14	F2, K2, S1		
C188	2.609	46	3.6	17,500	2,340	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	F2, G6, G19, G19SPC, K1, K2, K22	A22, A42, G27, K1, K2, K1/K2, K22, S1		

Catalogo Websterchain)

• ANEXO E.- FACTOR DE SUPERFICIE PARA VARIOS ACABADOS DE ACERO



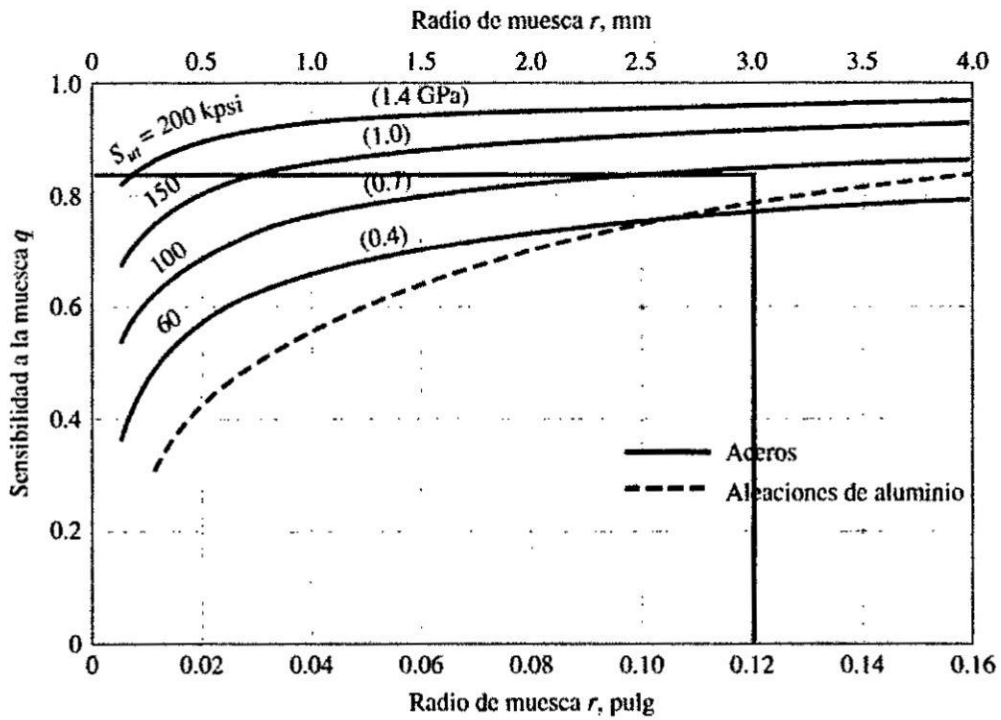
ANEXO F.- FACTORES DE CONFIABILIDAD

Factores de confiabilidad
para $S_d = 0.08 \mu$

% de confiabilidad	C_{conf}
50	1.000
90	0.897
95	0.868
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659
99.9999	0.620

Norton)

ANEXO G.- SENSIBILIDAD A LA MUESCA

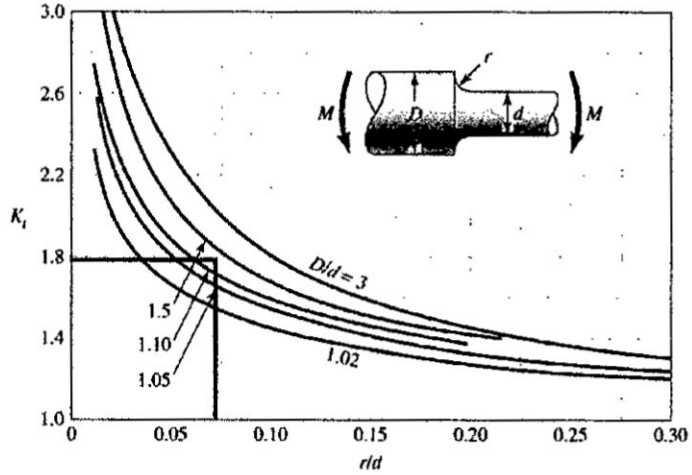


Shigley)

• ANEXO H.- FACTOR DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZO K_t

Figura A-15-9

Eje redondo con filete en el hombro en flexión. $\sigma_0 = Mc/I$, donde $c = d/2$ y $I = \pi d^4/64$.

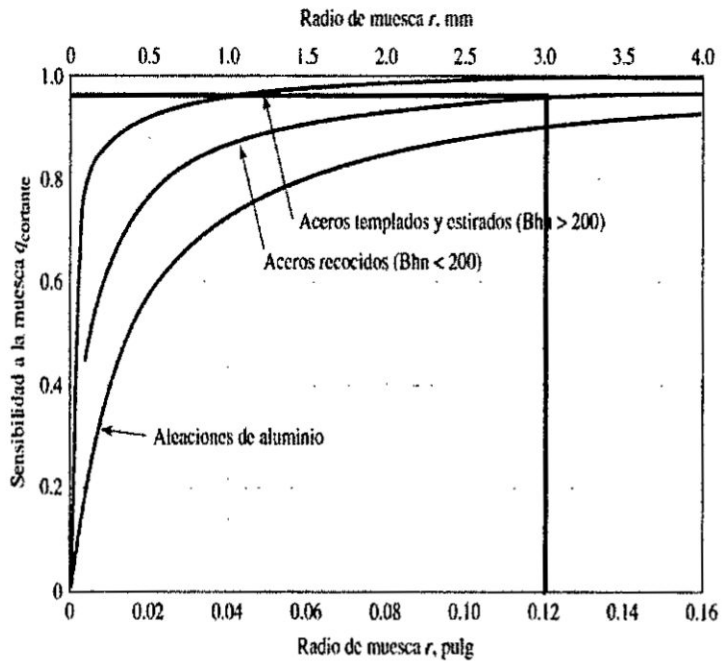


Shigley)

• ANEXO I.- SENSIBILIDAD A LA MUESCA q_{cortante}

Figura 6-21

Sensibilidad a la muesca de materiales sometidos a torsión inversa. En el caso de radios de muesca más grandes, use los valores de q_{cortante} correspondientes a la ordenada $r = 0.16$ pulg (4 mm).

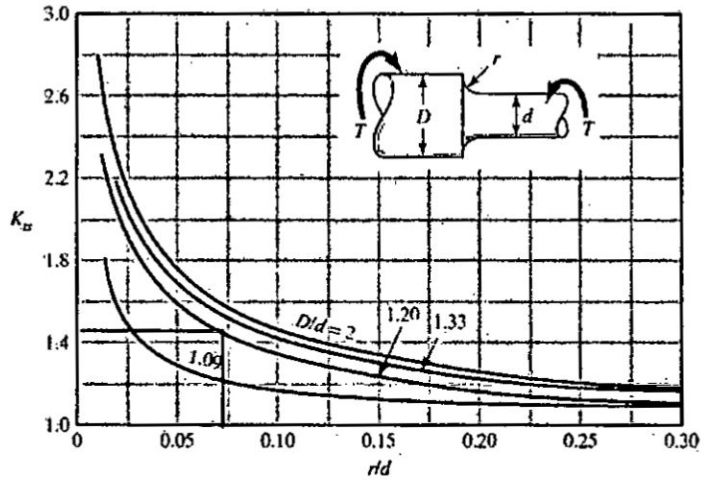


Shigley)

• ANEXO J.- FACTOR DE CONCENTRACION DE ESFUERZO K_t s

Figura A-15-8

Eje redondo con filete en el hombro en torsión. $\tau_0 = Tc/J$, donde $c = d/2$ y $J = \pi d^4/32$.



Shigley)

• ANEXO K.- PROPIEDADES ACERO SAE 1045

Tratamiento térmico		
Valores en °C		
Forjado	850 - 1100	
Normalizado	850 - 880	
Revenido	550 - 650	
Recocido	650 - 700	
Templado	Agua	820 - 850
	Aceite	830 - 860

Propiedades mecánicas	
Laminado en caliente	
Resistencia a la tracción	63 - 73 kgf/mm ²
Límite de fluencia	40 kgf/mm ²
Elongación	16%
Reducción de área	40%
Maquinabilidad	55%
Dureza (HB)	163

Catálogo de productos Aceros bravo)

• ANEXO L.- FACTOR DE PIÑON

N	M	N	M	N	M	N	M
6	2.000	14	4.494	22	7.027	30	9.567
7	2.305	15	4.810	23	7.344	31	9.884
8	2.613	16	5.126	24	7.661	32	10.202
9	2.924	17	5.442	25	7.979	33	10.520
10	3.236	18	5.759	26	8.296	34	10.838
11	3.550	19	6.076	27	8.614	35	11.156
12	3.864	20	6.392	28	8.931	36	11.474
13	4.179	21	6.710	29	9.249	—	—

• ANEXO M.- CUBOS DE ACERO SOLIDO

Diam.	Sq. Square Key	Sq. Sq. Screw	Allowable Torque in Inch-Pounds																									
			Hub Class																									
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1/8"	1/8"	1/8"	1%	1%																								
1/4"	1/8"	1/8"	2%	2%	2%																							
3/8"	5/16"	5/16"	2%	2%	2%	3%	3%																					
1/2"	3/8"	3/8"	3%	3%	3%	3%	3%	3%																				
5/8"	1/2"	1/2"	3%	3%	3%	3%	4%	4%	4%																			
3/4"	5/8"	5/8"	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%																		
7/8"	3/4"	3/4"	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	5%																	
1"	7/8"	7/8"	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%																
1 1/8"	1"	1"	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	6%	6%															
1 1/4"	1 1/8"	1 1/8"																										
1 3/8"	1 1/4"	1 1/4"																										
1 1/2"	1 3/8"	1 3/8"																										
1 3/4"	1 1/2"	1 1/2"																										
2"	1 3/4"	1 3/4"																										
2 1/8"	2"	2"																										
2 1/4"	2 1/8"	2 1/8"																										
2 3/8"	2 1/4"	2 1/4"																										
2 1/2"	2 3/8"	2 3/8"																										
2 3/4"	2 1/2"	2 1/2"																										
3"	2 3/4"	2 3/4"																										
3 1/8"	3"	3"																										
3 1/4"	3 1/8"	3 1/8"																										
3 3/8"	3 1/4"	3 1/4"																										
3 1/2"	3 3/8"	3 3/8"																										
3 3/4"	3 1/2"	3 1/2"																										
4"	3 3/4"	3 3/4"																										
4 1/8"	4"	4"																										
4 1/4"	4 1/8"	4 1/8"																										
4 3/8"	4 1/4"	4 1/4"																										
4 1/2"	4 3/8"	4 3/8"																										
4 3/4"	4 1/2"	4 1/2"																										
5"	4 3/4"	4 3/4"																										
5 1/8"	5"	5"																										
5 1/4"	5 1/8"	5 1/8"																										
5 3/8"	5 1/4"	5 1/4"																										
5 1/2"	5 3/8"	5 3/8"																										
5 3/4"	5 1/2"	5 1/2"																										
6"	5 3/4"	5 3/4"																										
6 1/8"	6"	6"																										
6 1/4"	6 1/8"	6 1/8"																										
6 3/8"	6 1/4"	6 1/4"																										
6 1/2"	6 3/8"	6 3/8"																										
6 3/4"	6 1/2"	6 1/2"																										
7"	6 3/4"	6 3/4"																										
7 1/8"	7"	7"																										
7 1/4"	7 1/8"	7 1/8"																										
7 3/8"	7 1/4"	7 1/4"																										
7 1/2"	7 3/8"	7 3/8"																										
7 3/4"	7 1/2"	7 1/2"																										
8"	7 3/4"	7 3/4"																										
8 1/8"	8"	8"																										
8 1/4"	8 1/8"	8 1/8"																										
8 3/8"	8 1/4"	8 1/4"																										
8 1/2"	8 3/8"	8 3/8"																										
8 3/4"	8 1/2"	8 1/2"																										
9"	8 3/4"	8 3/4"																										
9 1/8"	9"	9"																										
9 1/4"	9 1/8"	9 1/8"																										
9 3/8"	9 1/4"	9 1/4"																										
9 1/2"	9 3/8"	9 3/8"																										
9 3/4"	9 1/2"	9 1/2"																										
10"	9 3/4"	9 3/4"																										
10 1/8"	10"	10"																										
10 1/4"	10 1/8"	10 1/8"																										
10 3/8"	10 1/4"	10 1/4"																										
10 1/2"	10 3/8"	10 3/8"																										
10 3/4"	10 1/2"	10 1/2"																										
11"	10 3/4"	10 3/4"																										
11 1/8"	11"	11"																										
11 1/4"	11 1/8"	11 1/8"																										
11 3/8"	11 1/4"	11 1/4"																										
11 1/2"	11 3/8"	11 3/8"																										
11 3/4"	11 1/2"	11 1/2"																										
12"	11 3/4"	11 3/4"																										
12 1/8"	12"	12"																										
12 1/4"	12 1/8"	12 1/8"																										
12 3/8"	12 1/4"	12 1/4"																										
12 1/2"	12 3/8"	12 3/8"																										
12 3/4"	12 1/2"	12 1/2"																										
13"	12 3/4"	12 3/4"																										

• ANEXO N.- CALCULO DE LOS FACTORES f_h Y f_n

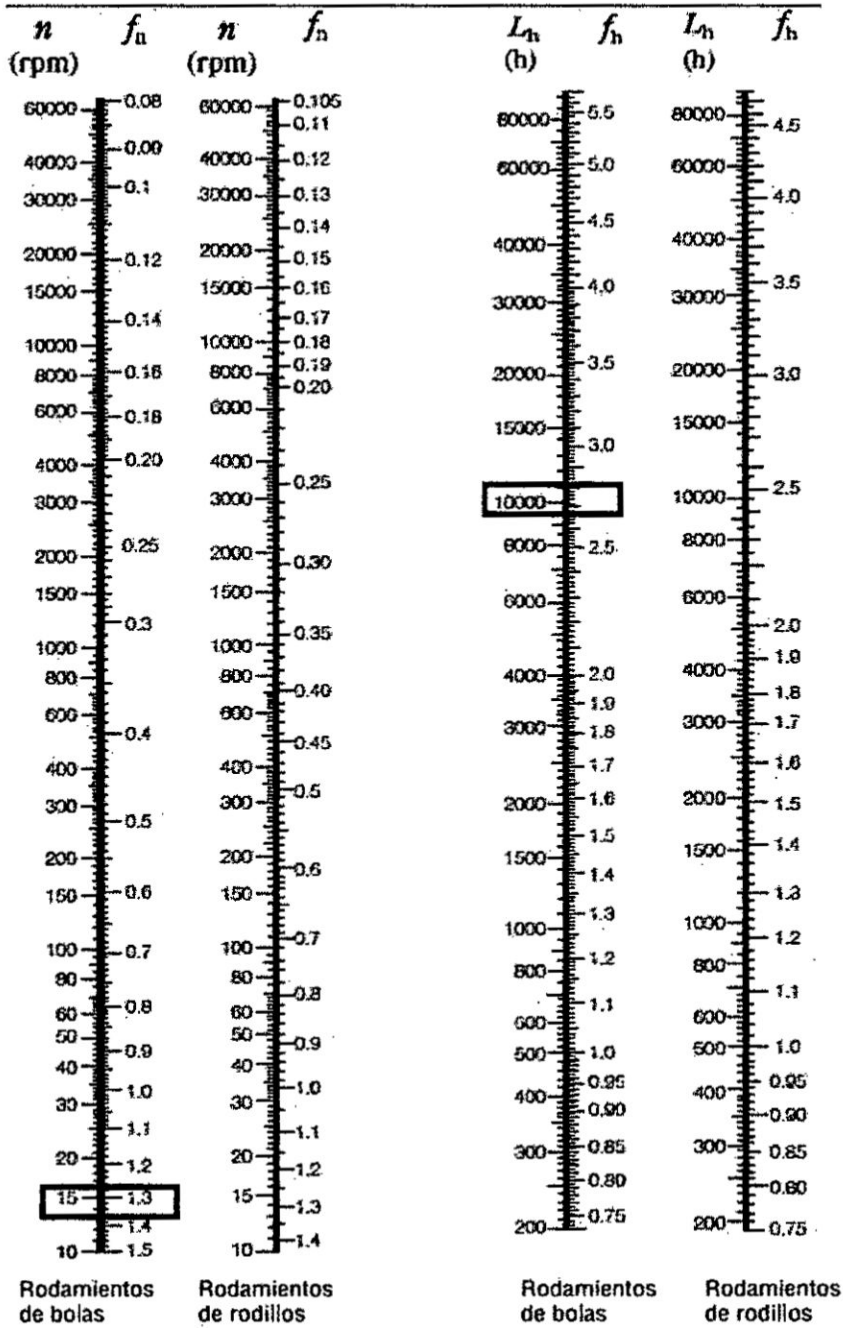


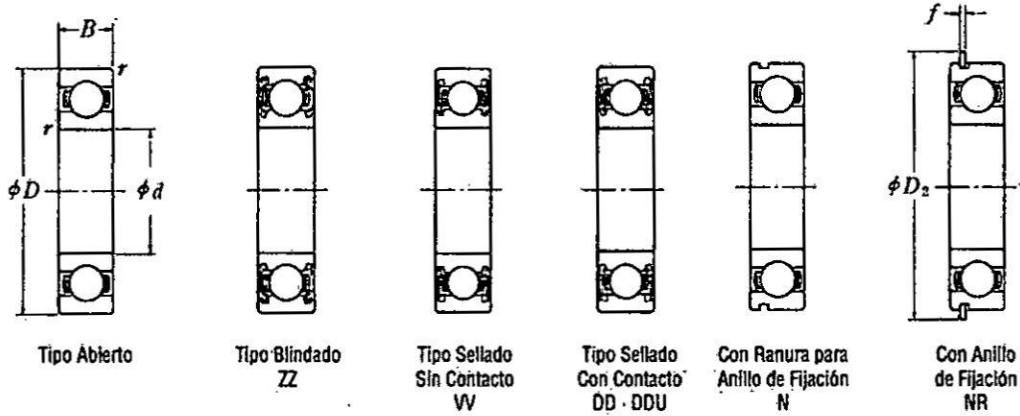
Fig. 5.3 Velocidad del rodamiento y factor de velocidad

Fig. 5.4 Factor de vida de fatiga y vida de fatiga

• ANEXO O.- ÍNDICE BÁSICO DE VIDA, FACTOR DE VIDA DE FATIGA Y FACTOR DE VELOCIDAD

Parámetros de vida	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Índice básico de vida	$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^3 = 500 f_h^3$	$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^{\frac{10}{3}} = 500 f_h^{\frac{10}{3}}$
Factor de vida de fatiga	$f_h = f_n \frac{C}{P}$	$f_h = f_n \frac{C}{P}$
Factor de velocidad	$f_n = \left(\frac{10^6}{500 \times 60n} \right)^{\frac{1}{3}}$ $= (0.03n)^{-\frac{1}{3}}$	$f_n = \left(\frac{10^6}{500 \times 60n} \right)^{\frac{3}{10}}$ $= (0.03n)^{-\frac{3}{10}}$

• ANEXO P.- RODAMIENTOS DE BOLAS DE RANURA PROFUNDA DE UNA SOLA HILERA



Dimensiones (mm)				Índices de Carga Básica (N)				Factor f_0	Velocidad Límite (rpm)			Números de Rodamiento			
d	D	B	r mín.	C_r	C_{0r}	C_r	C_{0r}		Grasa		Aceite	Abierto	Blindado	Sellado	
								Abierto	Abierto	Abierto	Z · ZZ	V · VV	DDU	DD	
25	37	7	0.3	4 500	3 150	455	320	16.1	18 000	10 000	22 000	6805	ZZ	VV	DD
	42	9	0.3	7 050	4 550	715	460	15.4	16 000	10 000	19 000	6905	ZZ	VV	DDU
	47	8	0.3	8 850	5 600	905	570	15.1	15 000	—	18 000	16005	—	—	—
	47	12	0.6	10 100	5 850	1 030	595	14.5	15 000	9 500	18 000	6005	ZZ	VV	DDU
	52	15	1	14 000	7 850	1 430	800	13.9	13 000	9 000	15 000	6205	ZZ	VV	DDU
	62	17	1.1	20 600	11 200	2 100	1 150	13.2	11 000	8 000	13 000	6305	ZZ	VV	DDU
28	52	12	0.6	12 500	7 400	1 270	755	14.5	14 000	8 500	16 000	60/28	ZZ	VV	DDU
	58	16	1	16 600	9 500	1 700	970	13.9	12 000	8 000	14 000	62/28	ZZ	VV	DDU
	68	18	1.1	26 700	14 000	2 730	1 430	12.4	10 000	7 500	13 000	63/28	ZZ	VV	DDU
30	42	7	0.3	4 700	3 650	480	370	16.4	16 000	9 000	18 000	6806	ZZ	VV	DD
	47	9	0.3	7 250	5 000	740	510	15.8	14 000	8 500	17 000	6906	ZZ	VV	DDU
	55	9	0.3	11 200	7 350	1 150	750	15.2	13 000	—	15 000	16006	—	—	—
	55	13	1	13 200	8 300	1 350	845	14.7	13 000	8 000	15 000	6006	ZZ	VV	DDU
32	62	16	1	19 500	11 300	1 930	1 150	13.8	11 000	7 500	13 000	6206	ZZ	VV	DDU
	72	19	1.1	26 700	15 000	2 720	1 530	13.3	9 500	6 700	12 000	6306	ZZ	VV	DDU
	58	13	1	15 100	9 150	1 530	935	14.5	12 000	7 500	14 000	60/32	ZZ	VV	DDU
35	65	17	1	20 700	11 600	2 120	1 190	13.6	10 000	7 100	12 000	62/32	ZZ	VV	DDU
	75	20	1.1	29 900	17 000	3 050	1 730	13.2	9 000	6 300	11 000	63/32	ZZ	VV	DDU
	47	7	0.3	4 900	4 100	500	420	16.7	14 000	7 500	16 000	6807	ZZ	VV	DD
40	55	10	0.6	10 600	7 250	1 080	740	15.5	12 000	7 500	15 000	6907	ZZ	VV	DDU
	62	9	0.3	11 700	8 200	1 190	835	15.6	11 000	—	13 000	16007	—	—	—
	62	14	1	16 000	10 300	1 630	1 050	14.8	11 000	6 700	13 000	6007	ZZ	VV	DDU
	72	17	1.1	25 700	15 300	2 620	1 560	13.8	9 500	6 300	11 000	6207	ZZ	VV	DDU
	80	21	1.5	33 500	19 200	3 400	1 960	13.2	8 500	6 000	10 000	6307	ZZ	VV	DDU
	52	7	0.3	6 350	5 550	650	565	17.0	12 000	6 700	14 000	6808	ZZ	VV	DD
40	62	12	0.6	13 700	10 000	1 390	1 020	15.7	11 000	6 300	13 000	6908	ZZ	VV	DDU
	68	9	0.3	12 600	9 650	1 290	985	16.0	10 000	—	12 000	16008	—	—	—
	68	15	1	16 800	11 500	1 710	1 180	15.3	10 000	6 000	12 000	6008	ZZ	VV	DDU
	80	18	1.1	29 100	17 900	2 970	1 820	14.0	8 500	5 600	10 000	6208	ZZ	VV	DDU
	90	23	1.5	40 500	24 000	4 150	2 450	13.2	7 500	5 300	9 000	6308	ZZ	VV	DDU

• ANEXO Q.- COSTO DEL TRANSPORTADOR DE CADENAS

ITEM	PLANO	MATERIAL	UND	CANT	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PL-00-001	TUBO DE ϕ 3/4" X 2mm X 6MTS FIERRO	PZA	24	S/. 96.27	S/. 2,310.44
2	PL-00-001	PLATINA FIERRO DE 1/4"X1/2" X1mts	M	24	S/. 20.27	S/. 48.64
3	PL-00-001	PERNOS SOCKET ϕ 3/8" X 1" FIERRO	UND	902	S/. 0.96	S/. 97.63
4	PL-00-001	CANAL U 4"x5.4 lbs/ple x 6 mts c/u	PZA	22	S/. 160.30	S/. 3,526.53
5	PL-00-001	RODAMIENTO 6908 ZZ VV DDU (ϕ 40x ϕ 52x12)	UND	16	S/. 50.15	S/. 802.40
6	PL-00-001	BARRA DE ACERO H ϕ 52X500mm	UND	8	S/. 60.06	S/. 480.50
7	PL-00-001	PIÑON CLASE E PASO DIAMETRAL 6.3" MARCA WEBSTER	PZA	6	S/. 230.10	S/. 3,681.60
8	PL-00-001	CADENA N° CS5 MARCA WEBSTER	M	253	S/. 161.02	S/. 40,739.11
9	PL-00-001	CANAL U 3"x4,1 lbs/ple x 6 mts FIERRO	PZA	41	S/. 145.33	S/. 5,958.71
10	PL-00-001	PERFIL POLIMERO DE DESGASTE TIPO C	M	253	S/. 11.80	S/. 2,984.55
11	PL-00-001	ANGULO FIERRO 2"x2"x1/4"X 6 MTS	M	8	S/. 82.08	S/. 656.63
12	PL-00-001	PLANCHA 200X150X10 MM FIERRO	PZA	58	S/. 15.10	S/. 876.08
13	PL-00-001	CANAL CSX6.7 LBS/PIE X 6 MTS FIERRO	M	5	S/. 194.68	S/. 973.42
14	PL-00-001	MOTOREDUCTOR 1 HP marca Sew	PZA	4	S/. 1,476.18	S/. 5,904.72
17	PL-00-001	SOLDADURA KG	KG	24	S/. 6.58	S/. 157.84
18	PL-00-001	BROCA DE 10mm	PZA	5	S/. 6.31	S/. 31.57
19	PL-00-001	BROCA DE 1/8	PZA	5	S/. 5.74	S/. 28.70
20	PL-00-001	BROCA DE 1/4	PZA	5	S/. 10.33	S/. 51.66
21	PL-00-001	PULIFAN N° 80 4 1/2	PZA	24	S/. 11.96	S/. 286.98
22	PL-00-001	DISCO DE CORTE 1X4"	PZA	25	S/. 4.19	S/. 100.44
23	PL-00-001	PINTURA BASE	GALON	5	S/. 80.35	S/. 401.77
24	PL-00-001	PERFIL DE BARANDAS POLIETILENO UHMW	M	126	S/. 82.90	S/. 10,445.93
25	PL-00-001	PINTURA DE ACABADO	GALON	5	S/. 286.98	S/. 1,434.88
26	PL-00-001	GEL DE CAPANTE 1/4	GALON	5	S/. 160.71	S/. 803.53
27	PL-00-001	DILUYENTE	GALON	5	S/. 114.79	S/. 573.95
28	-	COSTO DE FABRICACION	UND	1	S/. 34,146	S/. 34,145.77
					TOTAL	S/. 117,504

• ANEXO R.- DISEÑO DEL TRANSPORTADOR DE CADENAS

