

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
“INDOAMÉRICA”

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

---

**“ESTUDIO ERGONÓMICO EN LAS ACTIVIDADES DEL ÁREA DE LLENADO DE CILINDROS DE ALTA PRESIÓN EN LA EMPRESA ENOX S.A. Y SU REPERCUSIÓN EN LA SALUD Y BIENESTAR DE LOS TRABAJADORES.”**

---

Informe de investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial.

AUTOR:

**Hernán Giovanni Chiguano Remache**

TUTOR:

**Ing. Pablo Ron Valenzuela Msc.**

QUITO – ECUADOR

2017

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de DIRECTOR del Proyecto: "ESTUDIO ERGONÓMICO EN LAS ACTIVIDADES DEL ÁREA DE LLENADO DE CILINDROS DE ALTA PRESIÓN EN LA EMPRESA ENOX S.A. Y SU REPERCUSIÓN EN LA SALUD Y BIENESTAR DE LOS TRABAJADORES", presentada por el ciudadano: Hernán Giovanni Chiguano Remache, estudiante del programa de Ingeniería Industrial de la "**Universidad Tecnológica Indoamérica**", considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la revisión y evaluación respectiva por parte del Tribunal de Grado, que se designe para su correspondiente estudio y calificación.

Quito, 25 de marzo de 2017.

TUTOR

Ing. Pablo Ron Valenzuela Msc.

CI: 170852026-5

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Hernán Giovanni Chiguano Remache, declaro ser autor del proyecto de titulación titulado “ESTUDIO ERGONÓMICO EN LAS ACTIVIDADES DEL ÁREA DE LLENADO DE CILINDROS DE ALTA PRESIÓN EN LA EMPRESA ENOX S.A. Y SU REPERCUSIÓN EN LA SALUD Y BIENESTAR DE LOS TRABAJADORES”, como requisito para optar al grado de “Ingeniero Industrial”, autorizo al sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios de RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Parciales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 16 días, del mes de Marzo de 2017, firmo conforme:

AUTOR: Hernán Giovanni Chiguano Remache

Firma

Número de Cédula: CI: 1715193718

Dirección: José Vicente Peñafiel y Cesar Andrade y Cordero Lote 88A

Correo Electrónico: hernanchiguano@hotmail.com

Teléfono: 2 3410-230

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO**

El abajo firmante declara que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación de tesis, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales, de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 13 de febrero de 2017.

**AUTOR:**

Hernán Giovanni Chiguano Remache

CI: 1715193718

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Luego de analizar el trabajo de grado, “ESTUDIO ERGONÓMICO EN LAS ACTIVIDADES DEL ÁREA DE LLENADO DE CILINDROS DE ALTA PRESIÓN EN LA EMPRESA ENOX S.A. Y SU REPERCUSIÓN EN LA SALUD Y BIENESTAR DE LOS TRABAJADORES”, del señor estudiante HERNÁN GIOVANNY CHIGUANO REMACHE, egresado de la carrera de Ingeniería Industrial, se ha determinado que el presente trabajo de investigación reúne todos los requisitos de fondo y de forma para que el señor estudiante pueda presentarse a la defensa respectiva el momento que el Consejo Directivo lo disponga.

Quito,.....

F.....

**PRESIDENTE**

F.....

**VOCAL**

F.....

**VOCAL**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por llenarme de muchas bendiciones, a todos los docentes de la facultad de Ingeniería Industrial quienes impartieron su conocimiento y experiencia el cual fue reflejado en mi profesionalismo y capacidad para enfrentar retos laborales y ser un ente competitivo en la sociedad.

A mi tutor Ing. Pablo Ron por brindarme su conocimiento, paciencia y motivación para lograr terminar el proyecto de tesis.

**Hernán Chiguano.**

## **DEDICATORIA**

A mis padres por inculcarle valores éticos y morales los cuales han servido para culminar con éxito la carrera de Ingeniería.

A mis queridas hermanas, abuelitos y tíos quienes me impulsaron a seguir adelante y lograr cumplir el objetivo.

A mis amigos de curso los cuales compartimos gratos y malos momentos en el aula y fuera de ella.

A la empresa Enox S.A., la cual me permitió realizar el estudio ergonómico para el proyecto de tesis.

**Hernán Chiguano.**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	iii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE GENERAL DE FIGURAS .....	xiv
ÍNDICE GENERAL DE TABLAS.....	xvi
RESUMEN EJECUTIVO .....	xvii
SUMMARY .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA .....	3
Planteamiento del Problema.....	3
Contextualización macro.....	3
Contextualización meso .....	5
Contextualización micro .....	6
Árbol de Problemas.....	8
Análisis crítico .....	9
Prognosis .....	9
Formulación del problema .....	10
Delimitación del objeto de investigación.....	10

Justificación.....	10
OBJETIVOS .....	12
Objetivo General .....	12
Objetivo Específicos .....	12
CAPÍTULO II .....	13
MARCO TEÓRICO.....	13
Antecedentes Investigativos.....	13
Fundamentación Técnica Tecnológica.....	17
Normas Ecuatorianas .....	17
Convenios OIT (Organización Internacional de Trabajo) .....	17
Fundamentación Legal .....	18
Código de Trabajo.....	19
Categorías Fundamentales .....	20
Constelación de ideas de la variable independiente.....	21
Constelación de ideas de la variable dependiente .....	22
Higiene y seguridad laboral .....	23
Estaciones de trabajo.....	23
Estudio ergonómico en las actividades del área de llenado de cilindros de alta presión.....	24
Movimientos repetitivos .....	24
Posturas forzadas.....	26
Carga Mental.....	26
Levantamiento manual de cargas .....	27
Evaluación ergonómica.....	28
Rula .....	29

Reba.....	29
Ocra.....	30
Owas.....	30
Ambiente de trabajo .....	31
Trastornos musculoesqueléticos.....	32
Cadera y rodilla.....	33
Músculos .....	34
Tendones .....	35
Región lumbar.....	35
Cuello.....	37
Hombro .....	38
Codo.....	39
Pierna, tobillo y pie .....	40
Antebrazo, muñeca y mano.....	40
Salud y bienestar de los trabajadores .....	41
Bienestar mental.....	41
Bienestar físico.....	41
Bienestar social .....	42
Estabilidad laboral.....	42
Hipótesis.....	43
Señalamiento de la variable .....	43
Definición de términos técnicos.....	44
CAPÍTULO III.....	47
METODOLOGÍA .....	47

Enfoque de la modalidad (cuantitativa – cualitativa).....	47
Modalidad de la investigación .....	47
Investigación de campo.....	47
Investigación bibliográfica o documental .....	48
Tipo de Investigación.....	48
Investigación exploratoria.....	48
Investigación descriptiva.....	48
Población y muestra .....	49
Matriz de Operacionalización de la variable independiente .....	52
Matriz de Operacionalización de la variable dependiente .....	53
Plan de recolección de información .....	54
Aplicación de instrumentos de recolección de la información .....	55
CAPÍTULO IV.....	56
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	56
Interpretación pregunta 1 .....	57
Interpretación pregunta 2 .....	58
Interpretación pregunta 3 .....	59
Interpretación pregunta 4 .....	60
Interpretación pregunta 5 .....	61
Interpretación pregunta 6 .....	62
Interpretación pregunta 7 .....	63
Interpretación pregunta 8 .....	64
Interpretación pregunta 9 .....	65
Interpretación pregunta 10 .....	66

Interpretación pregunta 11 .....	67
Interpretación pregunta 12 .....	68
Aplicación de metodologías .....	69
Verificación de Hipótesis .....	70
Modelo lógico .....	71
Planteamiento de la hipótesis .....	71
Probabilidad de ocurrencia.....	71
Regla de decisión .....	72
Valor del Chi – Cuadrado .....	73
CONCLUSIONES .....	74
RECOMENDACIONES .....	75
CAPÍTULO V .....	76
PROPUESTA.....	76
Tema:.....	76
Datos de la propuesta .....	76
Ubicación .....	77
Objetivos .....	77
Objetivos Generales .....	77
Objetivos Específicos.....	77
Justificación.....	78
Factibilidad.....	78
Factibilidad técnica .....	78
Factibilidad económica .....	79
Selección de alternativas .....	79

Parámetros de valoración .....	85
Parámetros de selección .....	86
Rediseño de la estación de trabajo .....	86
Parámetros de rediseño .....	87
Material acero A-36 .....	89
Corrección ergonómica en la fuente .....	89
Diseño de estructura: Selección material soporte manifold.....	89
Diseño de larguero: Selección de material.....	96
Cálculo de las columnas.....	102
Cálculo de la soldadura .....	106
Corrección en el medio de transmisión.....	108
Corrección en el trabajador .....	109
Complemento .....	110
Análisis financiero .....	111
Conclusiones .....	113
Recomendaciones.....	114
MATERIAL DE REFERENCIA .....	115
Referencias bibliografía .....	115
ANEXOS .....	118
PLANOS DE DISEÑO .....	118
ANEXOS GENERALES .....	126

## ÍNDICE GENERAL DE FIGURAS

Figura 1	Árbol de problemas	8
Figura 2	Categorías Fundamentales	20
Figura 3	Constelación de ideas de la variable independiente	21
Figura 4	Constelación de ideas de la variable dependiente	22
Figura 5	Movimientos repetitivos	26
Figura 6	Ambiente de trabajo	32
Figura 7	Conocimiento de ergonomía	57
Figura 8	Estaciones de trabajo	58
Figura 9	Dolores Musculares	59
Figura 10	Dolores repetitivos	60
Figura 11	Levantamiento de cargas	61
Figura 12	Posturas con dolores en brazos, manos y muñecas	62
Figura 13	Posturas inadecuadas	63
Figura 14	Tiempo adecuado	64
Figura 15	Dolores musculares	65
Figura 16	Dolores de cuello y hombros	66
Figura 17	Programa de salud preventiva	67
Figura 18	Medidas de seguridad	68
Figura 19	Alternativa 1: antes, cilindros en desorden en el área de llenado	79
Figura 20	Alternativa 1: después, cilindros identificados y ordenados	80
Figura 21	Alternativa 1, Jaula para cilindros	80
Figura 22	Alternativa 2: antes, ingreso de cilindros de manera empírica	81
Figura 23	Alternativa 2: después, ingreso de cilindros con ayuda de coche transportador	82
Figura 24	Alternativa 2, Coche transportador para seis cilindros	82
Figura 25	Alternativa 3: antes, diseño del área de llenado sin ningún estudio ergonómico	83
Figura 26	Alternativa 3: después, diseño acorde a las necesidades de los operadores	84
Figura 27	Alternativa 3, Rediseño del área de llenado	84
Figura 28	Rediseño de la estación de trabajo	87
Figura 29	Área para el rediseño	88
Figura 30	Soporte Manifold	90
Figura 31	Cálculo de soporte superior	96
Figura 32	Columna perfil UPN 100	102
Figura 33	Perfil UPN 100	103
Figura 34	Coefficiente de pandeo del acero	104
Figura 35	Cálculo de la soldadura	106
Figura 36	Cuadro de inversiones	111

Figura 37 Información general .....	111
Figura 38 Análisis del valor presente y tasa interna de retorno .....	112

## ÍNDICE GENERAL DE TABLAS

Tabla 1 Región lumbar .....	36
Tabla 2 Coeficiente de seguridad .....	50
Tabla 3 Porcentaje de precisión.....	50
Tabla 4 Tabla de cálculo de la población finita.....	51
Tabla 5 Población para la muestra .....	51
Tabla 6 Operacionalización de la variable independiente.....	52
Tabla 7 Operacionalización variable dependiente.....	53
Tabla 8 Recolección de información .....	54
Tabla 9 Conocimiento de ergonomía .....	57
Tabla 10 Estaciones de trabajo .....	58
Tabla 11 Dolores Musculares.....	59
Tabla 12 Dolores repetitivos .....	60
Tabla 13 Levantamiento de cargas .....	61
Tabla 14 Posturas con dolores en brazos, manos y muñecas .....	62
Tabla 15 Posturas inadecuadas.....	63
Tabla 16 Tiempo adecuado .....	64
Tabla 17 Dolores musculares .....	65
Tabla 18 Dolores de cuello y hombros.....	66
Tabla 19 Programa de salud preventiva .....	67
Tabla 20 Medidas de seguridad.....	68
Tabla 21 Verificación de la hipótesis .....	72
Tabla 22 Valor del Chi-Cuadrado .....	73
Tabla 23 Parámetros de valoración .....	85
Tabla 24 Parámetros de selección .....	86
Tabla 25 Dimensiones de cilindros .....	89
Tabla 26 Accesorios del manifold.....	90

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**"ESTUDIO ERGONÓMICO EN LAS ACTIVIDADES DEL ÁREA DE LLENADO DE CILINDROS DE ALTA PRESIÓN EN LA EMPRESA ENOX S.A. Y SU REPERCUSIÓN EN LA SALUD Y BIENESTAR DE LOS TRABAJADORES."**

**Autor:** Hernán Giovanni Chiguano Remache

**Tutor:** Ing. Pablo Ron Valenzuela Msc.

**RESUMEN EJECUTIVO**

Se ha realizado el estudio ergonómico en las actividades del área de llenado de cilindros de alta presión en la empresa ENOX S.A., para mejorar la salud y bienestar de los trabajadores, por lo tanto se determina que existe problemas de salud en los operadores del área de llenado, con los métodos ergonómicos: OCRA, INSHT, RULA y REBA se comprueba que existe problemas al realizar la actividad de llenado de cilindros de alta presión. Existe movimientos repetitivos al momento de abrir o cerrar las válvulas de los cilindros, con respecto al levantamiento de cargas se produce dolores musculares en los operadores, las posturas inadecuadas no fueron las apropiadas para realizar la actividad finalmente las posturas forzadas ejecutadas por los operadores no son las apropiadas.

El estudio ergonómico en las actividades del área de llenado de cilindros de alta presión, nos permite tomar acciones correctivas en función de la salud de los trabajadores del área de llenado, con el rediseño de la estación de trabajo planteada disminuirán los problemas ergonómicos que atraviesan los operadores al desarrollar su actividad, tales como: para la sujeción de los cilindros con el chicote aplicar un sistema de conexión rápida para facilitar la maniobra, en el levantamiento de cargas adaptar nuevos sistemas que faciliten la carga para movilizar los cilindros, disminuir las posturas forzadas con rampas apropiadas para la actividad de abrir o cerrar las válvulas de los cilindros de alta presión.

**Palabra clave:** métodos ergonómicos, movimientos repetitivos, levantamientos de carga, posturas inadecuadas, posturas forzadas.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

"ERGONOMIC STUDY IN THE ACTIVITIES OF THE FILLING AREA OF  
HIGH PRESSURE CYLINDERS IN THE ENOX S.A. COMPANY AND ITS  
IMPACT ON THE HEALTH AND WELL-BEING OF WORKERS."

**Author:** Hernán Giovanni Chiguano Remache

**Tutor:** Ing. Pablo Ron Valenzuela Msc.

**SUMMARY**

The ergonomic study has been carried out in the activities of the filling area of high pressure cylinders in the company ENOX SA, to improve the health and well-being of the workers, therefore it is determined that there are health problems in the operators of the area Filling, with the ergonomic methods: OCRA, INSHT, RULA and REBA it is verified that there are problems when performing the filling activity of high pressure cylinders. There are repetitive movements when opening or closing the valves of the cylinders, with regard to the lifting of loads, there is muscle pain in the operators, the inappropriate postures were not appropriate to perform the activity finally the forced postures performed by the operators are not the appropriate ones.

The ergonomic study in the activities of the area of filling of cylinders of high pressure, allows us to take corrective actions according to the health of the workers of the filling area, with the raised station will reduce the ergonomic problems that the operators cross when developing their activity , Such as: to fasten the cylinders with the whip apply a quick connection system to facilitate the maneuver, in the lifting of loads adapt new systems that facilitate the loading to mobilize the cylinders, reduce forced postures with ramps appropriate for the Activity of opening or closing the valves of the high pressure cylinders.

**Key Words:** ergonomic methods, repetitive movements, loading lifts, improper postures, forced postures.

## **INTRODUCCIÓN**

La empresa ENOX S.A., tiene su planta de producción de oxígeno líquido y nitrógeno líquido, estos productos son almacenados en tanques criogénicos los cuales sirven para almacenar el producto terminado.

El líquido es convertido en gas por medio de gasificadores, el gas circula a través de la tubería de alta presión llegando al manifold el cual con ayuda del chicote es envasado en los cilindros de alta presión.

Las actividades que realizan los operadores de llenado son: levantamiento de cargas, movimientos repetitivos, posturas ergonómicas forzadas. Con el estudio de la presente investigación se pretende determinar cuáles son los puntos críticos de las actividades de llenado de cilindros.

Una vez finalizado el estudio se realizará una propuesta de ergonomía la cual será presentada en función de mejorar la salud y bienestar del operador del área de llenado.

Al finalizar el trabajo de estudio la empresa ENOX S.A., gestionará los recursos necesarios para la implementación de la propuesta, ya que la alta gerencia está comprometida con la salud de cada uno de sus colaboradores.

El presente trabajo se encuentra estructurado en cinco capítulos organizados de la siguiente manera:

El Capítulo I contiene el problema, líneas de investigación, planteamiento del problema, árbol de problemas, prognosis, formulación del problema, justificación, objetivo general y objetivos específicos.

El Capítulo II está compuesto por el marco teórico, antecedentes investigativos, fundamentación técnica tecnológica, categorías fundamentales, hipótesis, señalamiento de la variable, definición de términos técnicos.

El Capítulo III se encuentra el enfoque de la modalidad, tipo de investigación, población y muestra, operacionalización de variables, plan de recolección de información, aplicación de instrumentos de recolección de la información.

En el Capítulo IV se desarrolla el análisis e interpretación de resultados, aplicación de metodología, verificación de hipótesis, modelo lógico, planteamiento de la hipótesis, probabilidad de ocurrencia, regla de decisión, valor del Chi-Cuadrado, conclusiones y recomendaciones.

En el Capítulo V consta la propuesta, objetivos, justificación, factibilidad, selección de alternativas, parámetros de valoración, parámetros de selección, rediseño de la instalación de trabajo.

## **CAPÍTULO I EL PROBLEMA**

### **Tema:**

**"ESTUDIO ERGONÓMICO EN LOS TRABAJADORES DEL ÁREA DE LLENADO DE CILINDROS DE ALTA PRESIÓN EN LA EMPRESA ENOX S.A. Y SU REPERCUSIÓN EN LA SALUD Y BIENESTAR DE LOS TRABAJADORES"**

### **Línea de investigación**

**Medio ambiente y gestión del riesgo.-** Esta línea de investigación se enmarca en proporcionar directrices para la protección del medio ambiente y manejo adecuado de los recursos naturales de conformidad a los parámetros de la legislación nacional (derechos y obligaciones) e internacionales vigentes, tanto como para la seguridad ambiental y laboral de estos recursos – inputs y outputs (agua, energía, materias primas, productos, emisiones, residuos y vertidos); así como, para la protección de la población civil, más específicamente en lo que compete a la gestión del riesgo.

### **Planteamiento del Problema**

#### **Contextualización macro**

A nivel mundial la Organización Internacional del Trabajador (OIT), se encarga de promover y cumplir las normas y derechos fundamentales del trabajo. La OIT es un órgano de asistencia técnica concerniente a la Seguridad y Salud del trabajador la cual constituye una parte fundamental del programa de trabajo decente, donde se quiere señalar que no es posible calificar de trabajo decente o digno a un trabajo bien pagado pero que se realiza en condiciones de inseguridad.

Lo mismo ocurre con los trabajos que se realizan en condiciones de libertad pero que ponen en peligro de salud a los trabajadores o con aquellos trabajos en los que por medio de un contrato de empleo perjudican la salud y bienestar del trabajador.

El rol fundamental de la OIT es normativo, el cual es asumido por convenios y recomendaciones que afectan a la totalidad del mundo del trabajo. Estos documentos constituyen el conjunto de Normas Internacionales del Trabajo (NIT), que sirven para el desarrollo de las personas a través de un trabajo de calidad, condiciones adecuadas de trabajo, justa retribución, con seguridad en el trabajo y lo más importante respecto, dignidad y salud.

La OIT esta interrelacionada en la protección social, que incluye amplios aspectos que son: la seguridad, salud en el trabajo y el ambiente, las condiciones de trabajo, las pensiones y jubilaciones. La protección social en la OIT, abarca cuatro programas bien delimitados: el primero consiste en el programa de trabajo seguro abocado a los problemas de seguridad y salud en el trabajo. El segundo abarca las condiciones de trabajo e incluyen temas como la organización de tiempo de trabajo y la duración de la jornada laboral, los salarios e ingresos, el trabajo y la familia. El tercero comprende las migraciones internacionales y, finalmente, el cuarto trata de la problemática del VIH/SIDA y el mundo de trabajo.

### **Según la (OIT, 2016)**

**En el 2014, la Organización Internacional de Trabajo OIT calculó que los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales causan más de 2,3 millones de muertes anuales, de las cuales más de 350.000 son por accidentes de trabajo, y aproximadamente 2 millones son por enfermedades profesionales. Estas cifras aunque sorprendentes, no expresan el dolor total del sufrimiento de los trabajadores y de sus familias ni el total de las pérdidas económicas de las empresas y sociedades. (pág.5)**

Las cifras por accidentes y enfermedades de trabajo según la OIT afirma que existe despreocupación de los trabajadores, empresarios y responsables de la seguridad de los trabajadores, es esencial mejorar la situación actual y prever recursos necesarios para contar con puestos de trabajos sanos y seguros. El ausentismo que se provoca por enfermedad y accidente de trabajo es difícil de recuperar. Es importante presentar un trabajo saludable y seguro, donde se reduzca los peligros laborales que están expuestos los trabajadores, es necesario realizar una campaña de prevención de salud y bienestar en todo el mundo a fin de mejorar la productividad y salud de las personas.

### **Contextualización meso**

A nivel Nacional todo trabajador que es afiliado tiene el respaldo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), donde el afiliado/a es atendido en caso de accidentes de trabajo y enfermedad laboral. El IESS cuenta con un Departamento de Seguro General de Riesgos de Trabajo, el cual garantiza a los afiliados y empleadores, seguridad y salud laboral mediante acciones y programas de prevención y auditorías; y, brinda protección oportuna a los afiliados y a sus familias en las contingencias derivadas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. Así mismo, contribuye con las subsistencias y rentas económicas, cuando la enfermedad impide que el afiliado/a continúe ejerciendo su actividad productiva, ya sea de forma temporal o permanente.

Durante el período 2014, la Dirección General del Seguro de Riesgos del trabajo, desplegó un control permanente con el proceso de auto auditorías en las cuales participaron más de 15.500 empresas y posterior a esto, se desarrolló el proceso de auditorías presenciales con 122 empresas, ya que a través de la prevención y control se reducirán gastos en reparación y compensaciones. Existen 37.183 atenciones médicas por accidente de trabajo y 3.496 casos de enfermedad profesional, con el 75% de atenciones en Guayas y Pichincha. La siniestralidad

reportada corresponde el 97% a accidentes de trabajo y el 3% a enfermedades profesionales.

Con el objeto de establecer el derecho a las prestaciones del Seguro General de Riesgos del Trabajo se realiza la investigación de los accidentes laborales, identificando las causas inmediatas, básicas y las que por déficit de gestión causaron el accidente, es decir; el Técnico en Seguridad y Salud de la Empresa debe reportar el Formulario Aviso de Accidente de Trabajo del IESS (Anexo 1). También se emiten los correctivos necesarios que evitarán la ocurrencia de un nuevo siniestro y se determinan las respectivas responsabilidades.

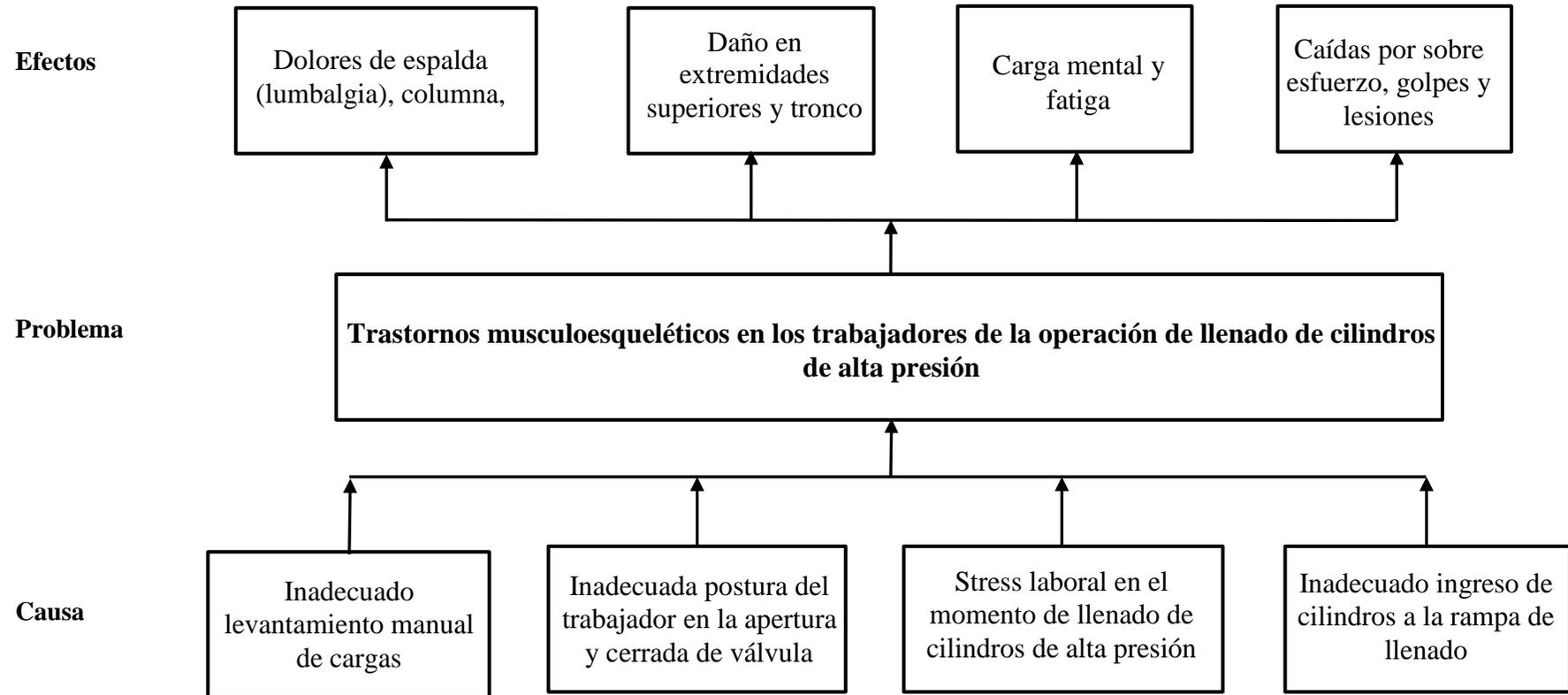
En el caso de enfermedades profesionales, se realiza el análisis del puesto de trabajo, se investiga las causas y efectos que generaron la enfermedad en relación a la actividad laboral realizada, es decir; el Técnico en Seguridad y Salud de la Empresa con ayuda del Médico Ocupacional de la Empresa deben llenar el Formulario de Aviso de Enfermedad Profesional (Anexo 2).

### **Contextualización micro**

La empresa ENOX S.A., produce oxígeno y nitrógeno en estado líquido, los dos productos son almacenados en tanques criogénicos los mismos que a través de un proceso es convertido el líquido en gas el cual es almacenado en los cilindros de alta presión. Los operadores del área de llenado tienen la actividad de llenar los cilindros de alta presión en las rampas de acuerdo a la demanda de clientes, es decir, casos en que deben llenar todo el día los cilindros. Durante la jornada diaria de trabajo los operadores de llenado ejecutan movimientos repetitivos, realizan levantamiento de carga, adoptan posturas inadecuadas que están reflejados en los trastornos musculoesqueléticos que traen consigo serios problemas de salud ocupacional y enfermedad laboral.

Al realizar la actividad de llenado de cilindros de alta presión los operadores proceden de la siguiente manera: al mover los cilindros los operadores utilizan de manera exagerada la fuerza muscular lo cual ocasiona fuertes dolores en las muñecas, manos y brazos. Al movilizar los cilindros de un lado a otro utilizan de manera exagerada la fuerza lo cual produce un mal manejo del levantamiento de cargas; al ajustar los chicotes que sujeta la válvula con la tuerca al cilindro el trabajador adopta una postura inadecuada para ejecutar la operación. El tiempo que se toman en realizar las actividades no es el apropiado debido a que ocasiona: cansancio, estrés, mal ambiente de trabajo de los operadores de llenado, dolores en sus extremidades superiores e inferiores; por lo tanto los problemas de salud al llenar los cilindros de alta presión causan enfermedades laborales en los trabajadores de la empresa ENOX S.A.

## Árbol de Problemas



**Figura 1** Árbol de problemas

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

## **Análisis crítico**

Al realizar la actividad de levantar los cilindros por medio de los coches transportadores a la rampa de llenado los operadores presentan problemas de trastornos musculoesqueléticos tales como: dolor de espalda, dolor de columna, manos y rodillas, lo cual provoca el bajo rendimiento productivo, ausentismo laboral, visitas al médico, pérdidas de tiempo de trabajo, retrasos de producción, entre otros.

Las posturas inadecuadas se producen en las siguientes operaciones: al abrir o cerrar las válvulas del cilindro, al realizar la actividad de ajustar con la llave la tuerca del chicote ocasiona daños en las extremidades superiores y el tronco, dejando a los operadores con fuertes dolores luego de terminar la actividad y la jornada diaria de trabajo.

Los operadores al llenar los cilindros de alta presión presentan stress laboral lo cual da origen a carga mental y fatiga en sus organismos, reduciendo su bajo rendimiento, provocado dolores de cabeza y dolores en sus extremidades superiores.

Al momento de ingresar los cilindros de alta presión a la rampa de llenado los operadores realizan actividades forzosas lo cual puede ocasionar, problemas de caídas por sobre esfuerzo, golpes y lesiones en sus músculos. Es importante considerar un estudio ergonómico de las actividades que realizan los operadores del área de llenado para evitar problemas de salud y enfermedad ocupacional.

## **Prognosis**

Si es que no se corrigen estos problemas de salud los trabajadores del área de llenado provocará una elevada tasa de enfermedades ocupacionales, es decir, problemas de trastornos musculoesqueléticos, que traerá consigo varios aspectos negativos como: bajo rendimiento laboral, dificultad en el trabajo, desmotivación, provocando la decepción en los trabajadores del área de llenado debido a la

ausencia de políticas de seguridad que garantice la satisfacción en el trabajo y desde luego incidirá en la productividad de llenado de cilindros.

En la empresa, este tipo de consecuencias repercute directamente sobre la calidad del servicio, generando un deterioro de la imagen de la empresa, incumplimiento de metas, objetivos y por ende afecta en la salud de los trabajadores.

### **Formulación del problema**

¿Cómo mejorar la salud y el bienestar de los trabajadores del área de llenado de cilindros de alta presión en la empresa ENOX S.A.?

### **Delimitación del objeto de investigación**

Campo:	Industrial
Área:	Llenado de cilindros de alta presión
Aspecto:	Investigativo
Delimitación espacial:	La investigación se desarrolla en la Empresa ENOX S.A., ubicada en la parroquia de Carcelén de la ciudad de Quito provincia de Pichincha.
Delimitación temporal:	El trabajo investigativo se realiza en el año 2016-2017

### **Justificación**

El estudio ergonómico de los trabajadores de la empresa ENOX S.A., permitirá conocer los efectos generados en las actividades de llenado de cilindros de alta presión durante la jornada diaria de trabajo.

Posteriormente con los datos obtenidos y la información levantada, se obtendrá resultados que van a ser enfocados en beneficio de los trabajadores con el único propósito de salvaguardar la salud, tratando de minimizar los trastornos musculoesqueléticos, y así cumplir con los reglamentos vigentes de seguridad y salud ocupacional nacionales y/o internacionales.

Actualmente las grandes empresas se hacen competitivas porque adoptan estrategias de seguridad y salud ocupacional lo cual garantiza el éxito. Dentro de estas estrategias se encuentra mejorar los efectos de salud de los trabajadores; por lo que el estudio ergonómico en las actividades de los trabajadores del área de llenado de la empresa ENOX S.A., sin duda se verán reflejados directamente en el rendimiento del recurso humano, obteniendo resultados productivos y económicos para la empresa.

Es factible porqué mejorará el desenvolvimiento del trabajador al momento de manipular, mover y transportar los cilindros de alta presión. Se reducirá los factores ergonómicos y enfermedades de trabajo evitando daños materiales, económicos y productivos.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Realizar el estudio ergonómico de las actividades que se llevan a cabo en el área de llenado de cilindros de alta presión para la salud y el bienestar de los trabajadores de la empresa ENOX S.A.

### **Objetivo Específicos**

- Elaborar métodos ergonómicos en función de las actividades de los operadores del área de llenado de la empresa ENOX S.A.
- Reconocer las causas y efectos en el puesto de trabajo del área de llenado a fin de que los operadores presenten a futuro mejoras de salud.
- Identificar los trastornos musculoesqueléticos que se presentan en las actividades de llenado de cilindros de alta presión.
- Presentar una propuesta de solución ergonómica en el área de llenado de cilindros de alta presión de la empresa ENOX S.A.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **Antecedentes Investigativos**

Realizada las investigaciones necesarias con respecto al tema planteado se da constancia de existir trabajos respecto a lesiones musculoesqueléticas, manipulación manual de cargas, puestos de trabajo.

Según Johana Valeria Sémper Chávez (2016), Escuela Politécnica Nacional (EPN), Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, con el Título de Máster en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional, en su trabajo de tesis “Implementación de medidas ergonómicas para prevención y control de lesiones músculoesqueléticas en el personal administrativo del colegio Alemán de Quito”, determina las siguientes conclusiones:

- Los síntomas derivados de los trastornos musculoesqueléticos, se presentan de forma permanente en un lapso de doce meses, con un período de duración del dolor que fluctúa entre 1 a 24 horas.
- Los sitios de mayor dolor o molestias son: el cuello, la espalda primordialmente en su zona dorsal y lumbar, y finalmente en los hombros.
- Al evaluar los riesgos ergonómicos, las principales causas de los síntomas musculoesqueléticos son: una incorrecta posición durante el trabajo, mobiliario inadecuado, uso continuo de la computadora, y la presencia de estrés.

- A través de los distintos test aplicados, se aprecia que el 80% de los trabajadores, realizan sus labores adoptando una mala postura, la cual requiere un cambio inmediato, en base a evaluaciones ergonómicas más profundas.
- Los síntomas musculoesqueléticos, disminuyeron después de haber realizado intervenciones ergonómicas para mejorar la postura de los trabajadores, de acuerdo a los resultados obtenidos en el método RULA, implementando el cambio de las medidas de mobiliario, según las necesidades de cada persona, y a través de las pausas activas como parte de la jornada laboral.

Se citan las siguientes recomendaciones:

- Implementar medidas ergonómicas, desde el diseño de los puestos de trabajo, lo que conlleva a que el tema ergonómico, esté implícito en nuevos planes de construcción de infraestructura y mobiliario.
- Incluir la evaluación ergonómica en los trabajadores, como parte de la medicina preventiva anual planificada, en el sistema de vigilancia de la salud dentro de la institución.
- Implementar un programa de pausas activas y ejercicios de relajación, dentro de la jornada normal de trabajo, como parte de una cultura laboral preventiva.
- Establecer un cronograma de capacitación e información, dirigido a los trabajadores, sobre los riesgos ergonómicos a los cuáles están expuestos en cada sitio de trabajo.

Según José Heriberto Bazaña Moran (2015), Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industrial, Departamento de Posgrado, con el Título de Magister en Seguridad, Higiene Industrial y Salud Ocupacional, en su trabajo de tesis “Identificación y evaluación de riesgos ergonómicos en la manipulación manual de cargas y descarga de mercadería en TORRESTIBAS S.A.”, determina las siguientes conclusiones:

- El riesgo ergonómico presente en la manipulación manual de mercaderías en el personal de Torrestibas S.A., se debe a que esta actividad se realiza sin ayuda mecánicas o sistemas automatizados, los mismos que la empresa debería proporcionar a los colaboradores para realizar esta operación de manera segura.
- A esta problemática se suma la poca o ninguna capacitación y entrenamiento que recibe el personal en este tema por ende existe desconocimiento del personal de Torrestibas S.A., de los riesgos a los que se expone al momento de realizar la manipulación manual de mercaderías.
- Existe un porcentaje de ausentismo elevado debido a las afectaciones que se comienza evidenciarse en el personal de Torrestibas S.A., que realiza la manipulación manual de mercaderías, sin embargo esta problemática podría incrementar con la aparición de enfermedades ocupacionales producto de la sobre exposición a este factor de riesgo, por ende se plantea tomar acciones inmediatas que den solución a esta problemática mediante el desarrollo de un Plan de Prevención de Riesgo.

En este proyecto de tesis el autor recomienda:

- Se recomienda la mecanización del proyecto de estibado (carga y descarga de mercaderías), la Gerencia General de Torrestibas S.A., debe asignar un presupuesto anual para poder desarrollar las actividades de prevención de riesgos, tales como evaluaciones y controles de riesgos, elaboración de fichas médicas, exámenes pre-ocupacionales, ocupacionales, especiales y de retiro, estos deben incluir exámenes de laboratorio, radiografías entre otros.
- Se recomienda hacer un seguimiento médico al personal que presenta afectaciones lumbares y la evolución de las mismas, por ende el médico debe elaborar un cuadro de morbilidad específica para poder evidenciar posibles enfermedades ocupacionales en su etapa precoz.

Según Mario Gabriel Almeida Factos (2016), Universidad de las Américas (UDLA), Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, con el Título de Tecnólogo en Producción y Seguridad Industrial, en su trabajo de tesis “Análisis de riesgos laborales en el puesto de trabajo de la consultora TALEN POOL CONSULTING ECUADOR e implementación de medidas correctivas”.

En este documento el autor llega a las siguientes conclusiones:

- Mediante la identificación de los factores ergonómicos, se aplicó un método de evaluación ergonómica de acuerdo a la actividad en los puestos de trabajo, siendo el método RULA el aplicado ya que por medio de este nos ayuda a efectuar una evaluación rápida de los miembros superiores. Se enfoca en brazos, antebrazos y muñecas por una parte, cuello y tronco por la otra.
- Mediante la evaluación ergonómica realizada, se identificaron las principales afecciones que los trabajadores pueden sufrir al estar expuestos a los factores de riesgo ergonómico, los cuales son: lumbalgia, hernia discal. Sin dejar de lado a otras afecciones que pueden presentarse por exposición a este mismo riesgo.
- Se identificaron los factores ergonómicos en los puestos de trabajo, llegando a establecer que existen tareas que pueden originar posibles afecciones a la salud, como: posturas forzadas.
- Se detectó la falta de conocimiento de la política de seguridad por parte del personal de la empresa, debido a este gran problema se colocó en cartelera la política de seguridad y a su vez se está dando a conocer semanalmente.

En este proyecto de tesis el autor recomienda:

- Incluir el término “ergonomía” en la Política y en el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa, además de la obligatoriedad tanto para el empleador como para el trabajador la aplicación de los criterios que gobiernan la ergonomía.

- Realizar controles periódicos y nuevas evaluaciones ergonómicas con la finalidad de comparar con datos anteriores si existe disminución de los niveles de riesgo.
- Definir un Plan de Capacitación sobre los diferentes riesgos a los que está expuesto el personal y en temas de ergonomía con tendencia a la creación de una cultura postural.

## **Fundamentación Técnica Tecnológica**

### **Normas Ecuatorianas**

NTE INEN 439, esta norma establece los colores, señales y símbolos de seguridad, con el propósito de prevenir accidentes y peligros para la integridad física y la salud, así como hacer frente a ciertas emergencias.

NTE INEN 441, esta norma establece un sistema de marcado para los cilindros que contiene gases industriales, en estado líquido o gaseoso, a fin de identificar su contenido.

NTE INEN 2049, esta norma establece los requisitos y el procedimiento para la revisión de cilindros para gases de alta presión, licuados y disueltos, que están en servicio, para determinar su estado de conservación y aptitud para el uso o su retiro de circulación.

### **Convenios OIT (Organización Internacional de Trabajo)**

Convenio 029 OIT: Sobre el Trabajo Forzoso.

Convenio 121 OIT: Sobre las prestaciones en caso de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

Convenio 155 OIT: Sobre la seguridad y salud de los trabajadores.

Convenio 161 OIT: Sobre los servicios de salud en el trabajo.

Convenio 174 OIT: Sobre la prevención de accidentes industriales mayores.

### **Fundamentación Legal**

Decreto Ejecutivo 2393: Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del ambiente de trabajo.

El Decreto Ejecutivo 2393 abalado por el IESS y vigilado por el Seguro General de Riesgos de Trabajo, en uno de sus artículos obliga a los empleadores de las empresas privadas y públicas, a entrenar a sus trabajadores en las actividades que realizará en sus puestos de trabajo e indicar los riesgos que va a estar expuesto durante la jornada laboral de trabajo, con la finalidad de prevenir lesiones o enfermedades ocupacionales.

En cuanto a la manipulación y almacenamiento de materiales el decreto sugiere: para el transporte o manejo de materiales se debe utilizar aparatos mecánicos que sirvan para movilizar la carga de un lugar a otro. Todo trabajador debe contar con una capacitación en temas de manipulación de cargas con el propósito de realizar las operaciones con seguridad. Es importante que todo trabajador cuente con el equipo de protección personal para evitar cualquier riesgo que se presente en el desarrollo del trabajo.

### **Resolución CD 513: Reglamento del Seguro de Riesgos de Trabajo**

La resolución describe obligaciones que debe cumplir el patrono y el trabajador, sea el caso de alguna enfermedad profesional causada por el ejercicio de la profesión u ocupación se debe seguir criterios de diagnóstico, es decir: criterio clínico como son los exámenes ocupacionales con su respectiva evaluación, criterio del médico ocupacional donde valora los resultados obtenido y el criterio de laboratorio donde se determina problemas del organismo del trabajador.

Para el formulario de aviso de accidente de trabajo o de enfermedad profesional se debe registrar en el portal web del IESS, donde el trabajador o

empleador deberán presentar en un plazo de diez días laborables, documentos habilitantes para la calificación del siniestro, luego de presentar la documentación se evalúa el siniestro y se verifica si la información es real o falsa.

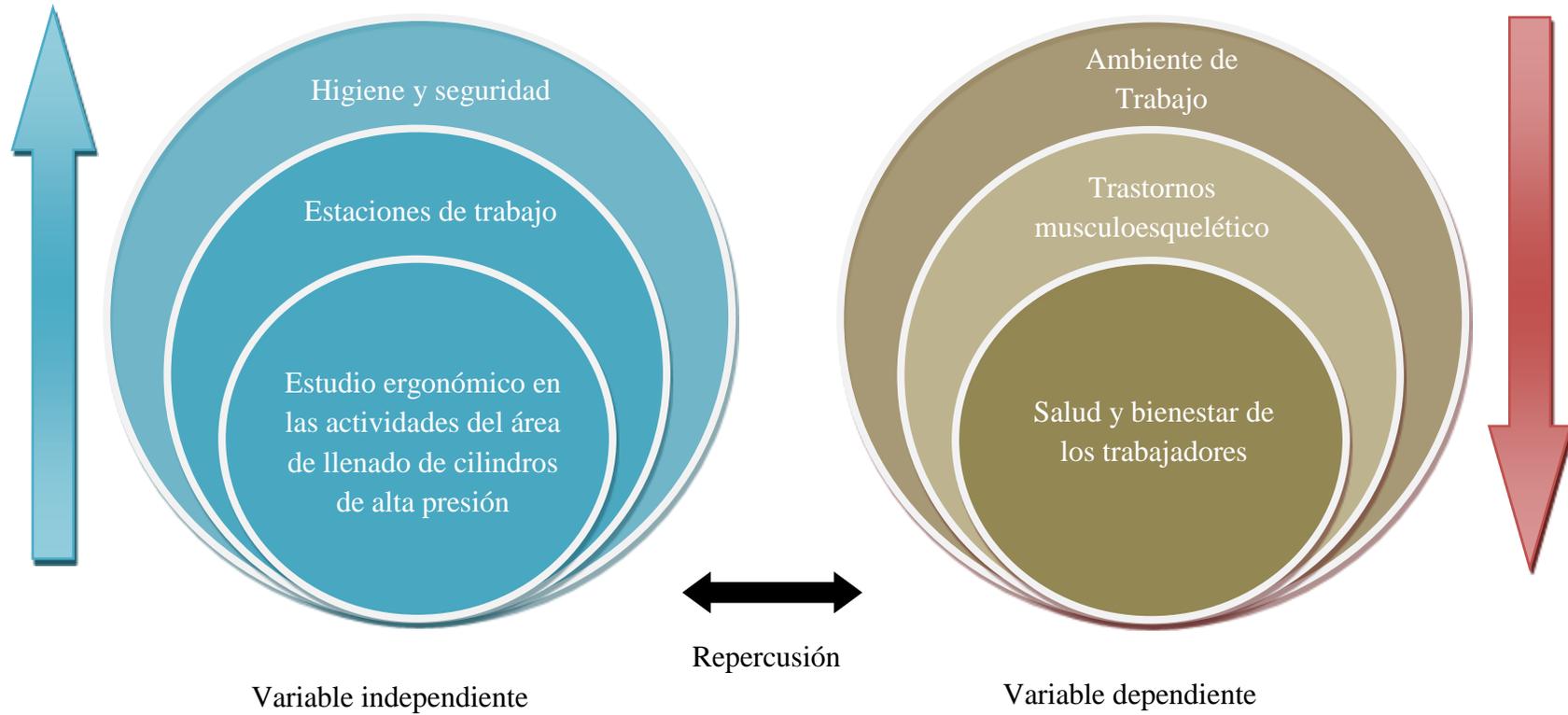
El seguro general de riesgos de trabajo protege al asegurado y al empleador mediante programas de prevención de los riesgos derivados del trabajo. Las empresas privadas y públicas deben implementar programas obligatorios de prevención aplicando normas legales y reglamentos vigentes, los cuales deben ser elaborados con responsabilidad.

### **Código de Trabajo**

El código de trabajo contempla disposiciones que se deben cumplir de manera legal, las medidas de seguridad que adopta código de trabajo son estrictamente claras las cuales tanto el trabajador como el empleador deben cumplir. Uno de los temas importantes es la prevención de los riesgos de trabajo, medidas de seguridad, accidentes y enfermedades ocupacionales.

Las empresas públicas o privadas están obligadas a asegurar a sus trabajadores condiciones seguras de trabajo sin la presencia de peligros para la salud y la vida. El límite de carga para una persona debe ser inferior a 175 libras, en caso de que exceda se debe pedir ayuda. Lo que estipula el código de trabajo se debe cumplir caso contrario el patrono o el trabajador solicita ayuda al ministerio de trabajo para la respectiva inspección y sanción.

**Categorías Fundamentales**

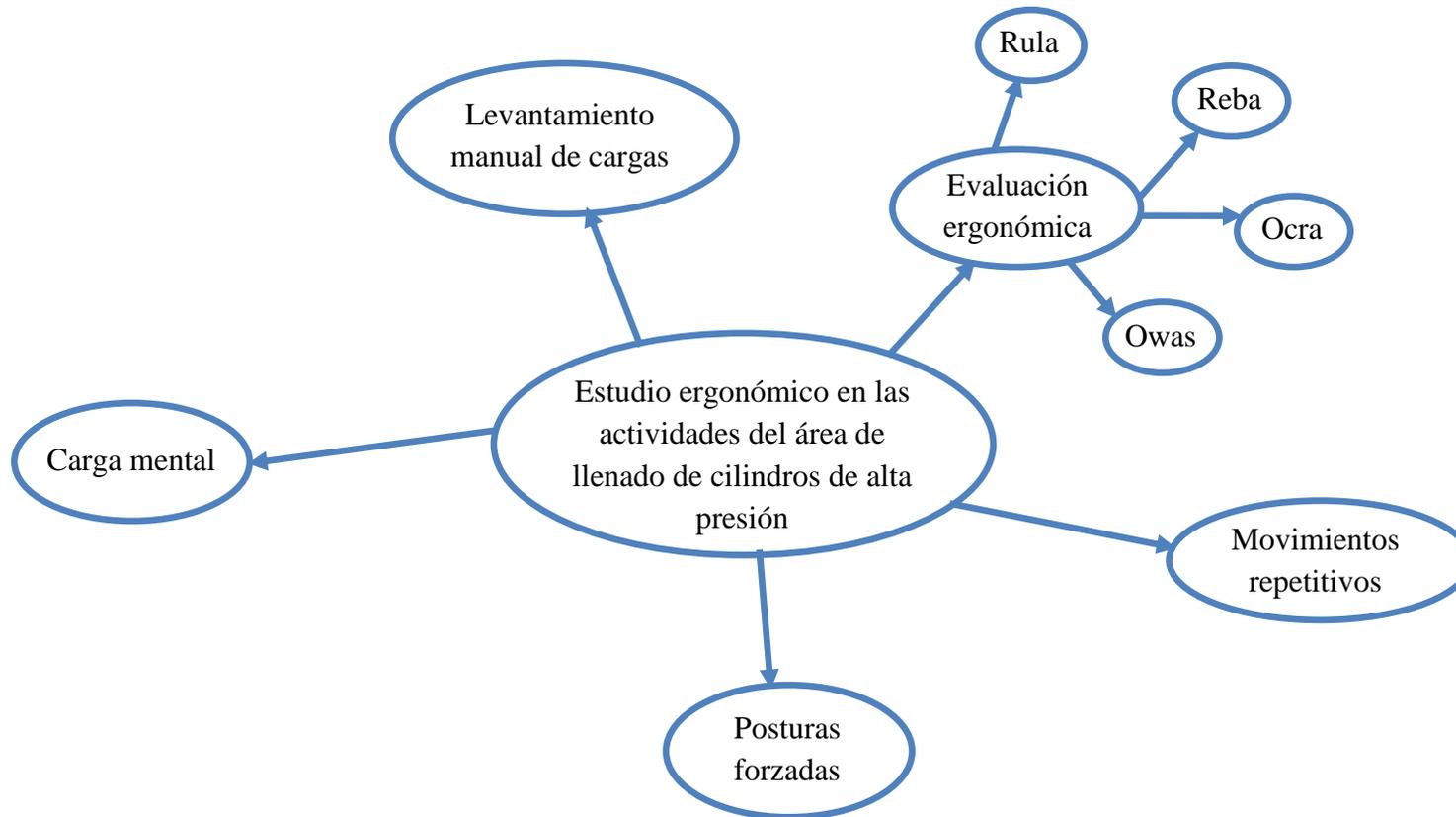


**Figura 2** Categorías Fundamentales

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

### Constelación de ideas de la variable independiente

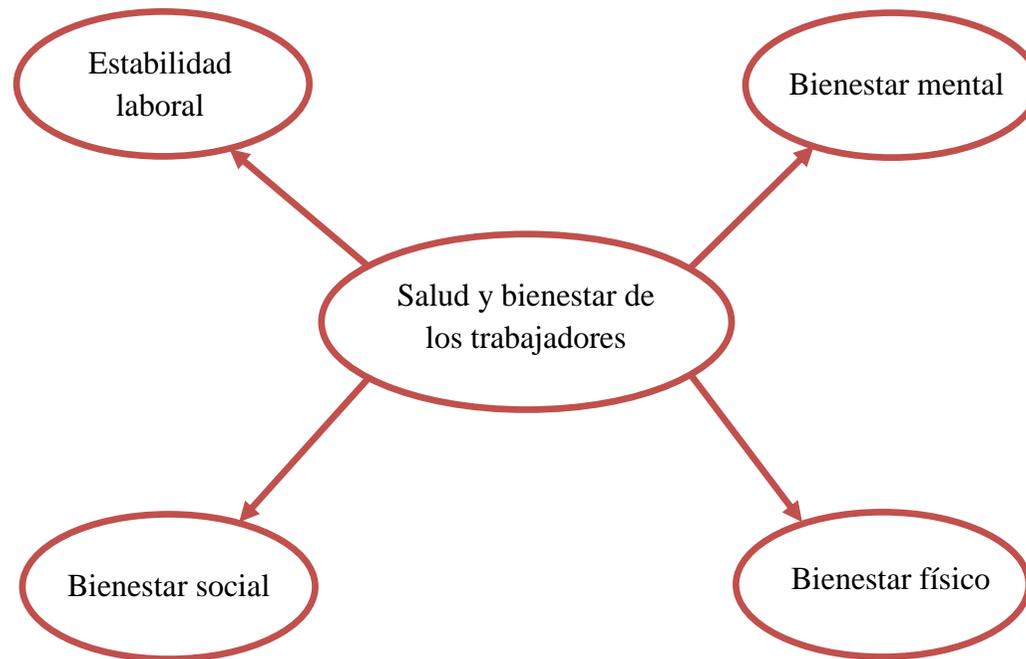


**Figura 3** Constelación de ideas de la variable independiente

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

### Constelación de ideas de la variable dependiente



**Figura 4** Constelación de ideas de la variable dependiente

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

## **Higiene y seguridad laboral**

Toda persona que desarrolla actividades laborales dentro de una empresa o lugar de trabajo desea un puesto de trabajo seguro y saludable, cada empresa debe dirigir objetivos claros en seguridad y salud, para que ningún trabajador presente lesiones o enfermedades.

Según (Chiavenato, 2008), “La higiene laboral se refiere a las condiciones ambientales del trabajo que garantizan la salud física y mental y las condiciones de salud y bienestar de las personas”. (pág. 474)

La higiene y seguridad laboral consiste en fijar procedimientos, técnicas y elementos que se aplican en los lugares de trabajo, para el reconocimiento, evaluación y control de los agentes nocivos que interviene en los procesos y actividades de trabajo.

## **Estaciones de trabajo**

**Según (Mondelo, Gregori, Blasco, & Barrau, 1998)**

**No es lo mismo diseñar un puesto de trabajo para una persona específica, que para un grupo, que para una población muy numerosa. Estas tres situaciones requieren decisiones y métodos de trabajo diferentes, pues el diseño se complica cuantas más personas haya que tener en cuenta, aunque muchas veces nos engañemos resolviendo un diseño sin considerar la gran variedad de usuarios potenciales que existen. (pág. 34)**

Las estaciones de trabajo son diseñadas de acuerdo a las necesidades de las personas adoptando métodos y tiempos de trabajo para mejorar la productividad en beneficio de las organizaciones. No es lo mismo diseñar un solo puesto de trabajo para una sola persona que para varias personas en un solo puesto de trabajo.

El diseño de puestos de trabajo en una organización tiene beneficio para la salud y bienestar de las personas puesto que, aumenta la seguridad en las operaciones de trabajo y mejora la productividad. Para diseñar correctamente las condiciones que debe reunir un puesto de trabajo se debe considerar, los siguientes factores:

1. Los riesgos de carácter mecánico que puedan existir.
2. Los riesgos causados por una postura de trabajo incorrecta fruto de un diseño incorrecto de asientos, taburetes, entre otros.
3. Riesgos relacionados con la actividad del trabajador (por ejemplo, por las posturas mantenidas, sobreesfuerzos o movimientos efectuados durante el trabajo de forma incorrecta o la sobrecarga sufrida de las capacidades de percepción y atención del trabajador).
4. Riesgos relativos a la energía (la electricidad, el aire comprimido, los gases, la temperatura, los agentes químicos.)

El diseño adecuado del puesto de trabajo debe servir para:

1. Garantizar una correcta disposición del espacio de trabajo.
2. Evitar los esfuerzos innecesarios. Estos nunca deben sobrepasar la capacidad física del trabajador.
3. Evitar movimientos que lesionen los sistemas musculares.
4. Evitar los trabajos excesivamente repetitivos.

### **Estudio ergonómico en las actividades del área de llenado de cilindros de alta presión.**

#### **Movimientos repetitivos**

Según (Sanz Lubeiro, 2010), “Son una serie de movimientos continuos y parecidos que se realizan cuando los ciclos de trabajo son cortos, provocan un

gran número de enfermedades y lesiones de origen laboral que se localizan en las extremidades superiores”. (pág. 45)

Los movimientos repetitivos pueden ocurrir como consecuencia de trabajos bruscos o repetitivos y da origen a que se produzcan: inflamación y dolor en los músculos, tendones y nervios. Estas lesiones suelen afectar a cuello, hombros, codos, muñecas y rodillas. Algunas de las más frecuentes lesiones son: tendinitis, bursitis, epicondilitis, síndrome del túnel carpiano, entre otros.

Los síntomas que se producen por lesiones de movimientos repetitivos son los siguientes:

- Dolor
- Hinchazón
- Hormigueo o entumecimiento
- Pérdida de fuerza o disminución de la coordinación

Las condiciones de trabajo que dan origen a las lesiones de movimientos repetitivos son:

- Repetición de movimientos
- Uso exagerado de la fuerza
- Posturas forzadas de mano y brazo
- Falta de reposo muscular



**Figura 5** Movimientos repetitivos

**Fuente:** Las lesiones por movimientos repetitivos MC Mutual

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

### **Posturas forzadas**

Según (Sanz Lubeiro, 2010), “Las posturas forzadas son posiciones de trabajo en las que una o varias regiones anatómicas del cuerpo dejan de estar en una posición natural de confort para pasar a una posición forzada que suelen derivar en lesiones por sobrecarga”. (pág. 26)

Las posturas forzadas que se realizan en las diferentes actividades laborales, tienen consecuencias de efectos negativos como: la acumulación de estrés, cansancio por una mala postura sea sentado o de pie, síntomas de tensión muscular en las muñecas y las manos, dolores lumbares, rigidez y entumecimiento de la nuca y cuello.

No es fácil conservar una buena postura sea sentado o de pie en el trabajo, sobre todo cuando la actividad se prolonga varias horas. Si se adopta una mala postura, tiene efectos como dolor de espalda y articulaciones.

### **Carga Mental**

Según (Medina Chamorro, Soriano Serrano, & Olivares Díaz, 2009), “Definida como el número de procesos requeridos para realizar correctamente una tarea y, sobre todo, en función del tiempo necesario para que el sujeto elabore con su memoria las respuestas a una información recibida”. (pág. 154)

Son requerimientos mentales que el trabajador está sometido a lo largo de su jornada laboral, es decir, el nivel de actividad mental o de esfuerzo necesario para desarrollar las actividades del trabajo.

Los síntomas por carga mental durante o después de la jornada de trabajo pueden ser:

- Inestabilidad emocional: irritabilidad, ansiedad, estados depresivos.
- Alteración de sueño.
- Alteración psicósomática: mareos, alteraciones cardíacas, problemas digestivos.

### **Levantamiento manual de cargas**

Según (Minaya Lozano & Llorca Rubio, 2013), “El levantamiento de cargas son las principales causas de lumbalgias, éstas pueden aparecer por sobreesfuerzo o como resultado de esfuerzos repetitivos”. (pág. 91)

En el levantamiento de cargas está asociado a la carga física, lo cual provoca lumbalgias en las personas que al levantar cargas con pesos excesivos provoca fuertes dolores musculares.

El levantamiento de carga está asociado a una alta incidencia de alteraciones de la salud que afectan a la espalda; los pasos para levantar una carga de forma correcta es el siguiente:

- Examinar la carga antes de manipularla, localizar las zonas que puedan resultar peligrosas en el momento de agarre y manipulación.
- Planificar el levantamiento de punto o puntos de agarre adecuados, donde hay que colocar la carga y la trayectoria que se va a tomar.
- Seguir las cinco reglas básicas en el momento de levantar la carga: separar los pies hasta conseguir una postura estable; doblar las rodillas, acercarse

al máximo el objeto al cuerpo; levantar el peso gradualmente y sin sacudidas; y no girar el tronco mientras se esta levantando la carga.

- Manejar una carga entre dos personas siempre que: el objeto tenga dimensiones superiores a 76 cm; cuando una persona tenga que levantar un peso superior a 30 kg y su trabajo habitual no sea el de manipulación de cargas.
- Utilizar ayudas mecánicas siempre que sea posible, en los alcances a distancias largas se puede usar ganchos.
- Evitar los trabajos que se realizan de forma continua en una misma postura. Se debe promover la alternancia de tareas y la realización de pausas, que se establecerán en función de cada persona y del esfuerzo que exija el puesto de trabajo.

### **Evaluación ergonómica**

Son herramientas importantes que sirven para diagnosticar y evaluar problemas de salud ocupacional de una empresa y encontrar posteriores soluciones. Al seleccionar un método no acorde al riesgo ergonómico las personas pueden tener graves consecuencias, tanto para la salud presente y futura de los trabajadores como a nivel costos y productividad.

Cuando se evalúa un riesgo laboral, el método de evaluación debe contar con dos componentes básicos:

- La probabilidad de que el riesgo suceda; se debe considera un riesgo elevado y si es necesario intervenir para reducirlo.
- La gravedad del daño en el caso en que suceda; tiene como consecuencia el desarrollo de un trastorno musculoesquelético derivado del trabajo.

El objetivo de realizar un método de evaluación de riesgos ergonómicos debe ir dirigido a valorar las probabilidades que tiene el trabajador de desarrollar un trastorno musculoesquelético dentro de sus condiciones de trabajo.

Los métodos más usados para la evaluación ergonómica son los siguientes:

## **Rula**

**Según (McAtamney & Corlett, 1993)**

**El método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) es creación del Dr. Lynn McAtamney y el Profesor E. Nigel Corlett, de la Universidad de Nottingham en Inglaterra., el cual fue publicado originalmente en Applied Ergonomics en 1993. (pág. 1)**

Es una herramienta que permite realizar una rápida evaluación de los esfuerzos a los que se encuentran sometidos los trabajadores al mantenerse bajo posturas forzadas, movimientos repetitivos, actividades estáticas, que puede ocasionar lesiones en los miembros superiores: cuello y tronco.

La ventaja de RULA es que permite realizar la evaluación inicial de forma rápida de un gran número de trabajadores. Este método se basa en la observación directa de las posturas adoptadas durante la jornada de trabajo y se enfoca en las extremidades superiores.

## **Reba**

**Según (Sanz Lubeiro, 2010)**

**El método permite el análisis conjunto de las posiciones adoptadas por los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñeca), del tronco, del cuello y de las piernas. Además, define otros factores que considera determinantes para la valoración final de la postura, como la carga o fuerza**

**manejada, el tipo de agarre o el tipo de actividad muscular desarrollada por el trabajador. (pág. 60)**

El método REBA, fue publicado en el año 2000, por Sue Hignett y Lynn McAtamney, permite estimar el riesgo de padecer desórdenes corporales relacionados con el trabajo basándose en el análisis de las posturas adoptadas por los miembros del cuerpo: brazo, antebrazo, muñeca, tronco, cuello, piernas. Evalúa las posturas (600 aproximadamente) estáticas como dinámicas, e incorpora la posibilidad de señalar la existencia de cambios bruscos de postura o posturas inestables.

**Ocra**

Según (Aparicio Ortuñez, 2004), “El método OCRA estudia los riesgos laborales derivados de los movimientos repetitivos y analiza las pautas de intervención aconsejadas para disminuirlos”. (pág. 1)

Se utiliza para la evaluación del riesgo asociado a movimientos repetitivos de los miembros superiores concretamente evalúa las posturas forzadas de los hombros, codos, muñecas y manos adoptadas durante la realización del movimiento y además evalúa la presencia de otros factores de riesgo complementarios como el uso de guantes inadecuados en el desarrollo de la actividad (molestos, demasiado gruesos, talla equivocada). Este método no tiene en cuenta los miembros inferiores.

**Owas**

**Según** (Sanz Lubeiro, 2010)

**Es un método sencillo y útil destinado al análisis ergonómico de la carga postural. Se basa en una clasificación simple y sistemática de las posturas. Su aplicación, proporciona buenos resultados, tanto en la mejora de la comodidad de los puestos, como en el aumento de la calidad de la producción. (pág. 53)**

El método finlandés OWAS (Ovako Work Posture Analyzing System) fue desarrollado entre el año 1974 y 1978 por la empresa Ovako Oy junto al Instituto Finlandés de Salud Laboral para la industria siderúrgica, y aplicada posteriormente a otras industrias.

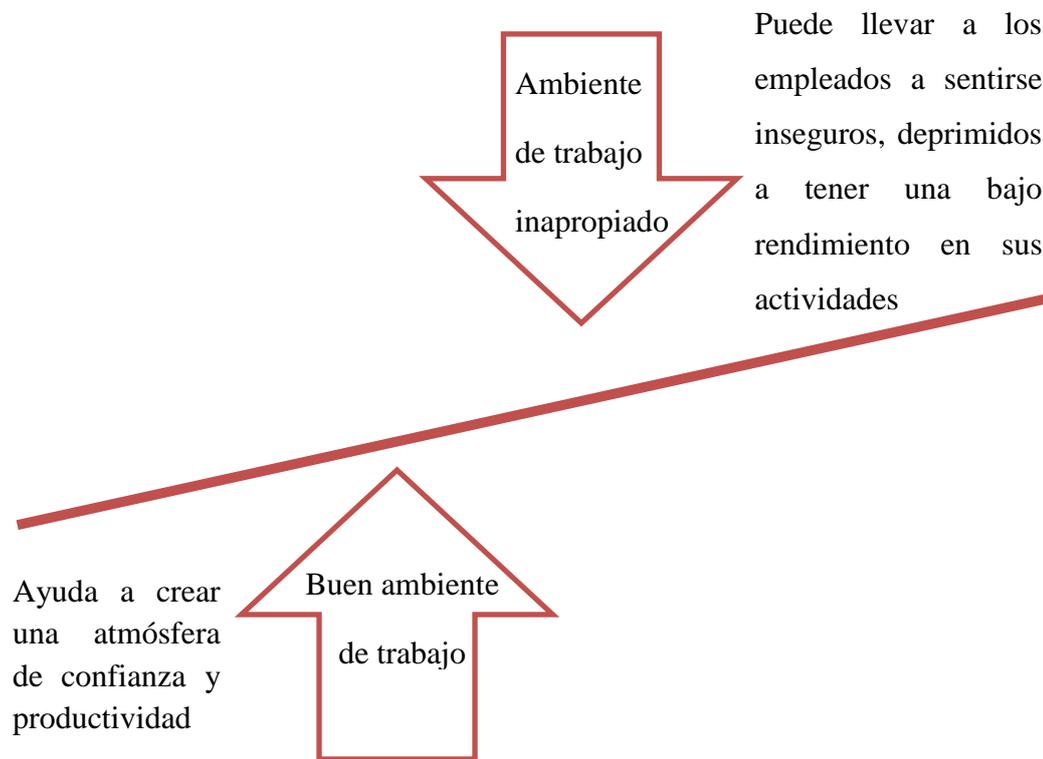
Para la aplicación de OWAS se valora el esfuerzo postural del cuerpo entero, por lo cual el ámbito de aplicación es más amplio, como por ejemplo en estudios epidemiológicos, además permite una evaluación de la situación de trabajo en tiempos y frecuencias determinadas.

El método consiste en realizar una clasificación simple y sistemática de las posturas de trabajo, combinado con observaciones sobre las tareas, su objetivo principal está enfocado en la evaluación del riesgo de carga postural en términos de frecuencia por la gravedad.

### **Ambiente de trabajo**

Según (Asfahl & W. Rieske, 2010), “Es la faceta de la ergonomía que se relaciona con la seguridad y la salud de los intereses de los trabajadores en el ambiente físico que los rodea en el lugar de trabajo”. (pág. 196)

El medio ambiente de trabajo es uno de los elementos fundamentales de clara incidencia en el comportamiento, el rendimiento y la motivación del trabajador, afectándolo directamente en su salud, su desempeño y su comodidad. El medio ambiente de trabajo es el resultado del clima laboral, la tecnología, los procedimientos de trabajo y el entorno del puesto.



**Figura 6** Ambiente de trabajo

**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

### **Trastornos musculoesqueléticos**

Según (Sanz Lubeiro, 2010), “Los trastornos musculoesqueléticos (TME) de origen laboral son un conjunto de lesiones inflamatorias o degenerativas de músculos, tendones, nervios, articulaciones”. (pág. 10)

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) son alteraciones que sufren estructuras corporales como los músculos, articulaciones, tendones, ligamentos, nervios, huesos y el sistema circulatorio, causadas fundamentalmente por el trabajo y los efectos del entorno en el que se desarrolla.

Los TME afectan principalmente a la espalda (zona lumbar) y al cuello, aunque también puede afectar a los hombros, extremidades superiores y las extremidades inferiores.

El sistema musculoesquelético está formado por tejidos similares en las diferentes partes del organismo que presentan un extenso panorama de enfermedades. Los músculos son la localización más frecuente del dolor. En la región lumbar, los discos intervertebrales son los tejidos que habitualmente presentan problemas. En el cuello y las extremidades superiores son frecuentes los trastornos de tendones y nervios, mientras que en las extremidades inferiores es la osteoartritis el proceso patológico más importante.

## **Cadera y rodilla**

**Según (Mager Stellman, 1998)**

**La articulación de la cadera es una enartrosis rodeada de ligamentos, músculos potentes y bolsas. La articulación soporta peso y posee una elevada estabilidad intrínseca junto con una gran amplitud de movimiento. En las personas jóvenes, el dolor en la región de la cadera se suele originar en los músculos, mientras que en las personas de más edad el principal trastorno causante de dolor de cadera es la artrosis. (pág. 27)**

El dolor de cadera y rodilla surge a causa de una mala postura de trabajo, las personas levantan cargas muy pesadas o exageran en su musculatura. Hoy en día las empresas adoptan mecanismos para el levantamiento de cargas con ayuda mecánica, que beneficia al operador y mejora su rendimiento en su labor.

Las enfermedades por lesiones o problemas con la cadera son: la osteoartritis puede causar dolor y limitar los movimientos. La osteoporosis la cual causa que se debilite los huesos y se rompa fácilmente. Ambos cuadros son comunes en personas de edad avanzada, mientras que en personas jóvenes dolores en músculos de la cadera

La rodilla es una articulación de carga de gran importancia para caminar, mantenerse en pie, doblarse, encorvarse y acuclillarse. La rodilla es bastante inestable, y depende para el apoyo de ligamentos y músculos potentes, existen dos articulaciones la femorotibial y la femorrotuliana.

En la femorotibial se encuentran los ligamentos cruzados, que proporcionan estabilidad y ayudan a la función mecánica normal de la rodilla. La femorrotuliana consiste en un dolor en la parte frontal de la rodilla, con frecuencia, sucede en adolescentes, trabajadores manuales y deportistas. A veces, es causado porque el cartílago debajo de la rótula se desgasta, se torna áspero o se ablanda.

## **Músculos**

**Según (Mager Stelman, 1998)**

**Cuando un músculo es utilizado en exceso, se producen en primer lugar procesos de deterioro, seguidos de procesos de reparación. Si se permite un tiempo suficiente para la reparación, el tejido muscular puede acabar con unas capacidades aumentadas. Por otra parte, la utilización excesiva sin tiempo suficiente para la reparación produce fatiga y altera el rendimiento muscular. (pág. 2)**

Los músculos son encargados de producir movimiento, brindar estabilidad articular, mantener la postura, aportar calor, estimular los vasos sanguíneos e informar el estado fisiológico del cuerpo. El uso y abuso de los músculos son los patrones de control en las diversas actividades laborales, que dependen del nivel de la fuerza, del ritmo de desarrollo de la fuerza, del tipo de contracción, de la duración y de la precisión de la tarea muscular.

## **Tendones**

Según (Mager Stellman, 1998), “A través de los tendones se transmiten las fuerzas que mantienen el equilibrio estático y dinámico en los diversos requerimientos del trabajo”. (pág. 4)

Los músculos al contraerse, tienden a rotar las articulaciones en una dirección, no es posible determinar exactamente la fuerza de los tendones, ya que alrededor de cada estructura articular actúan numerosos músculos y tendones; no obstante, es posible demostrar que las fuerzas musculares que actúan sobre los tendones son mucho mayores que el peso o las fuerzas de reacción de los objetos del trabajo.

La contracción de un músculo produce un estiramiento inmediato de su tendón. Los tendones agrupan a los músculos. Si el esfuerzo es mantenido, el tendón continuará estirándose. La relajación del músculo producirá una recuperación rápida del tendón, seguida de una recuperación más lenta. Si el estiramiento inicial está dentro de ciertos límites, el tendón se recuperará hasta volver a su longitud inicial sin ninguna molestia.

## **Región lumbar**

**Según (Mager Stellman, 1998)**

**El dolor lumbar es un achaque frecuente en las poblaciones en edad laboral. Alrededor del 80 % de las personas experimentan dolor lumbar en algún momento de su vida, y se trata de una de las causas más importantes de discapacidad de corta o de larga duración en todos los grupos profesionales. (pág. 11)**

El dolor lumbar se relaciona con el levantamiento, el transporte, el empuje o la tracción de cargas frecuentes o pesadas. Se produce fuerzas de tracción elevadas dirigidas contra los músculos y ligamentos, así como una elevada compresión sobre las superficies óseas y articulares.

Las lesiones pueden estar causadas por sobrecargas bruscas o por fatiga debida a la carga repetitiva. Los músculos son los responsables de la estabilidad y del movimiento de la espalda.

Existen dos casos que se deben considerar en la región lumbar: cuando los músculos de la espalda, doblan el tronco hacia atrás (extensión); mientras que los músculos abdominales lo doblan hacia adelante (flexión). La fatiga debida a la carga mantenida o repetitiva o al esfuerzo excesivo brusco de músculos o ligamentos puede ocasionar dolor lumbar, aunque el origen exacto de este dolor es difícil de localizar. Para prevenir los trastornos lumbares relacionados con el trabajo se debe considerar los siguientes parámetros:

**Tabla 1** Región lumbar

<b>Parámetro</b>	<b>Ejemplo</b>
1. Carga	El peso y tamaño del objeto manipulado
2. Diseño de objeto	La forma y tamaño
3. Técnica de levantamiento	La distancia de recorrido del objeto, movimientos de giro
4. Distribución del lugar de trabajo	Las características espaciales de la tarea, distancia de transporte, amplitud de movimiento, obstáculos, escaleras
5. Diseño de la tarea	Frecuencia y duración de las tareas
6. Psicología	Satisfacción en el trabajo, autonomía y control, expectativas
7. Ambiente	Temperatura, humedad, ruido, vibración
8. Organización del trabajo	Trabajo en equipo, incentivos, turnos, rotación de tareas, ritmo de la máquina, seguridad en el trabajo

**Fuente:** Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

## Cuello

**Según (Mager Stellman, 1998)**

**El dolor y las molestias en el cuello son algunos de los síntomas más comunes asociados al trabajo. Aparecen tanto en el trabajo manual duro como en el trabajo sedentario, y los síntomas a menudo persisten durante períodos prolongados; de hecho, en algunos casos durante toda la vida. (pág. 16)**

El puesto de trabajo se debe organizar de modo que la cabeza no esté estáticamente curvada, extendida o girada más allá de los límites dados para la amplitud de movimiento permisible que requiere la conducción del cuello. La disposición del puesto de trabajo y la colocación del objeto de trabajo requieren un estudio cuidadoso y un acuerdo entre las demandas de una postura óptima de la cabeza, hombros y brazos.

Las principales causas de trastornos del cuello son:

- La carga sobre las estructuras del cuello se mantiene durante períodos prolongados debido a las elevadas demandas visuales del trabajo y a la necesidad de estabilización de la región del cuello.
- Los trabajos psicológicamente exigentes, con grandes demandas en cuanto a calidad, concentración y cantidad de trabajo, y producen una mayor actividad de los músculos del cuello. Esta tensión aumenta más si el trabajo es en general psicológicamente estresante, debido por ejemplo a malas relaciones laborales, a la escasa influencia sobre la organización del trabajo.
- Los discos y las articulaciones del cuello son a menudo asiento de cambios degenerativos, cuya prevalencia aumenta con la edad. Ello reduce la capacidad de soportar las sobrecargas de trabajo. También es probable que la velocidad de degeneración aumente como consecuencia de las demandas físicas del trabajo.

## Hombro

**Según** (Mager Stellman, 1998)

**Los trastornos de la región del hombro son problemas frecuentes tanto en la población general como en la laboral. Hasta un tercio de las mujeres y una cuarta parte de los varones se quejan de sensación de dolor en cuello y hombros a diario o cada dos días. (pág. 19)**

Las dolencias musculoesqueléticas localizadas en los hombros se asocian a la adopción de posturas forzadas y estáticas. Dicha relación es mayor cuando se combinan estas posturas con factores físicos como, por ejemplo, el manejo de herramientas sobre la cabeza. La adopción de posturas forzadas puede causar tendinitis de hombro que es la inflamación de un tendón que une el músculo con el hueso, esta inflamación puede ir acompañada de una hinchazón.

Los factores de riesgo físico asociados a los trastornos musculoesquelético en los hombros son: trabajar con la cabeza y cuello doblados o torcidos excesivamente; levantar entre 6 a 15 kg durante más de 10 veces por hora siempre o con frecuencia con la espalda en posiciones forzadas; realizar movimientos de giro repetitivos; movimientos repetitivos de brazos; estar sentado durante 30 minutos o más de descanso

La prevención de los trastornos musculoesqueléticos del hombro relacionados con el trabajo se puede lograr mejorando lo siguiente: las posturas del trabajo, los movimientos, el manejo del material, organización del trabajo, y eliminando los factores externos peligrosos, como las vibraciones en mano, brazo o en todo el cuerpo.

Posturas en el trabajo: Dado que la compresión de los tendones del hombro se produce a los 30 grados de elevación del hombro, se diseñará el trabajo de modo que se procure mantener la parte superior del brazo próxima al tronco.

**Movimientos:** Las elevaciones repetitivas del brazo pueden desencadenar una tendinitis del hombro, por lo que se deberá diseñar el trabajo de forma que se eviten los movimientos muy repetitivos del brazo.

**Manejo del material:** El manejo de herramientas y objetos puede provocar cargas intensas sobre los tendones y músculos del hombro. Las herramientas y objetos sujetos por la mano tendrán el menor peso posible y se utilizarán con soportes para ayudar a levantarlas.

**Organización del trabajo:** La organización del trabajo se diseñará de forma que permita pausas y descansos. Las vacaciones, las rotaciones y la ampliación del trabajo son todas ellas técnicas que pueden evitar la carga repetitiva de los músculos.

**Factores externos:** La vibración y otros impactos de las herramientas eléctricas pueden ocasionar distensiones tanto de los tendones como de las estructuras articulares, aumentando el riesgo de artrosis. Se reducirán al mínimo los niveles de vibración de las herramientas eléctricas y se evitarán la vibración con otros tipos de exposición a impactos utilizando diferentes tipos de soporte o palancas. Las vibraciones de todo el cuerpo pueden causar contracciones reflejas de los músculos del hombro y aumentar la carga sobre él.

## **Codo**

Según (Mager Stellman, 1998), “La epicondilitis es un proceso doloroso que se produce en el codo, en donde los músculos que permiten el movimiento de la muñeca y los dedos contactan con el hueso”. (pág. 23)

Existe evidencia de la influencia de la exposición a la combinación de riesgo, por ejemplo: de fuerza y repetición, fuerza y postura, especialmente si los factores son altos. Sin embargo, no existen evidencias suficientes para afirmar que solo la realización de movimientos repetitivos o la adopción de posturas forzadas o estáticas pueden ser causa del desarrollo de epicondilitis.

También son factores de riesgo físico asociado con los trastornos musculoesqueléticos en el codo y el antebrazo: las vibraciones de herramientas o máquinas que provocan vibraciones en la mano, movimientos repetitivos del brazo y realizar el trabajo en una posición o doblada de muñeca.

### **Pierna, tobillo y pie**

Según (Mager Stellman, 1998), “Son problemas frecuentes en estos trastornos la debilidad muscular, el déficit neurológico, los problemas para la adaptación del calzado, la inestabilidad o rigidez de las articulaciones y las dificultades para caminar y correr”. (pág. 30)

Las deformidades del pie, la rodilla o la pierna, los cambios óseos y de los tejidos blandos que siguen a una lesión, la tensión excesiva como las producidas por el uso repetitivo, la inestabilidad o la rigidez y el calzado inadecuado son causas de trastornos musculares.

Las infecciones óseas o de tejidos blandos provocan síntomas de diabetes, enfermedades reumáticas, enfermedades de la gota y los trastornos de la circulación sanguínea a menudo producen efectos en la extremidad inferior.

El tratamiento irá dirigido siempre a la eliminación de la causa. Excepto en los traumatismos, el tratamiento principal suele ser conservador. Si es posible, se corregirán las deformidades mediante el calzado, la manera de caminar o correr, disminución de la carga excesiva, fisioterapia, antiinflamatorios y el rediseño del puesto de trabajo.

### **Antebrazo, muñeca y mano**

Según (Mager Stellman, 1998), “En la muñeca y en la mano, los tendones están rodeados por vainas tendinosas, estructuras tubulares que contienen líquido para proporcionar lubricación y protección al tendón”. (pág. 24)

Los movimientos repetitivos realizados con la mano, muñeca y antebrazo ocasionan inflamación de tendones los cuales se presentan en la jornada de trabajo y al tener exceso de uso de la fuerza.

La falta de costumbre de realizar un trabajo de forma manual, ya sea como trabajador nuevo o después de una ausencia del trabajo, aumenta el riesgo. Las posturas desviadas o dobladas de la muñeca en el trabajo y la baja temperatura ambiental también se han considerado factores de riesgo.

## **Salud y bienestar de los trabajadores**

### **Bienestar mental**

Según (Berkowitz, 2011), “Bienestar mental es definido como, la capacidad de una persona de realizar sus habilidades, sobrellevar los estreses de la vida, trabajar productivamente, y tener relaciones significativas con otras personas”. (pág. 3)

El bienestar mental del individuo busca estar bien en su entorno social, vivir la plenitud de la vida aceptando sus diferentes emociones y estar en equilibrio mental entre las experiencias internas y externas.

### **Bienestar físico**

Según (Cumbria Bienestar, 2013), “Se da cuando la persona siente que ninguno de sus órganos o funciones están menoscabados; el cuerpo funciona eficientemente y hay una capacidad física apropiada para responder ante diversos desafíos de la actividad vital de cada uno”. (pág. 1)

El bienestar físico es la condición global del cuerpo humano en relación al rendimiento y a la capacidad física. Todo individuo debe cuidar e invertir en su salud, ya que su cuerpo realiza combinaciones de fuerza, motricidad y flexibilidad.

La alimentación y el ejercicio son factores importantes en el bienestar físico, lo que permite que el cuerpo reaccione eficazmente a las exigencias diarias, desde las básicas como respirar, escuchar, observar, oler, tocar; hasta las más complejas como el metabolismo de nutrientes, la irrigación de oxígeno a todo el cuerpo, eliminación de toxinas, capacidad de pensamiento, entre otras.

### **Bienestar social**

Según (Perez Garcia, 2012), “El bienestar social es el conjunto de factores que participan en la calidad de la vida de la persona y que hacen que su existencia posea todos aquellos elementos que dé lugar a la tranquilidad y satisfacción humana”. (pág. 1)

El bienestar social es un conjunto de elementos que permite al individuo poseer un nivel de calidad de vida con la finalidad de que los miembros de la sociedad deban disponer de los medios precisos para satisfacer aquellas demandas consideradas como necesidades. En el mismo término engloba riqueza monetaria (bienestar económico), acceso a bienes y servicios, libertad, placer, innovación, salud mental, entre otros.

### **Estabilidad laboral**

Según (Arias, 2012), “La estabilidad laboral consiste en el derecho que un trabajador tiene a conservar su puesto de trabajo, de no incurrir en faltas previamente determinadas o de no acaecer en circunstancias extrañas”. (pág. 1)

La estabilidad laboral garantiza los ingresos del trabajador en forma directa, lo que permite satisfacer las necesidades del núcleo familiar y garantizar los ingresos de la empresa, ya que trabajadores adiestrados y expertos, integrados con la empresa, brindarán índices satisfactorios de producción y productividad, redundando no sólo en el beneficio del trabajador y del empleador, sino también

del desarrollo económico, social, con logros a la obtención de la armonía, la paz social y laboral.

La estabilidad laboral tiende a otorgar un carácter permanente a la relación de trabajo, donde la disolución del vínculo laboral depende únicamente de la voluntad del trabajador y sólo por excepción de la del empleador o de las causas que hagan imposible su continuación.

### **Hipótesis**

El estudio ergonómico en las actividades del área de llenado de cilindros de alta presión repercute en la salud y bienestar de los trabajadores.

### **Señalamiento de la variable**

#### **Variable Independiente**

Estudio ergonómico en las actividades del área de llenado de cilindros de alta presión

#### **Variable Dependiente**

Salud y bienestar de los trabajadores

## **Definición de términos técnicos**

**Anatomopatológicos inflamatorios:** Se encarga del estudio de las causas y enfermedades que se derivan de una inflamación.

**Artrosis:** La artrosis es una enfermedad crónica que afecta a las articulaciones. Normalmente, está localizada en las manos, las rodillas, la cadera o la columna vertebral.

**Bursitis calcánea:** Es una enfermedad inflamatoria que afecta a las bolsas serosas en el talón, estas bolsas serosas tienen la función de facilitar el deslizamiento entre los tendones y las estructuras óseas reduciendo así el sufrimiento por excesiva fricción de ambas estructuras.

**Bursitis:** Son padecimientos comunes que causan hinchazón alrededor de los músculos y los huesos. Se presentan con mayor frecuencia en los hombros, los codos, las muñecas, las caderas, las rodillas o los tobillos.

**Cambios degenerativos:** Son hallazgos radiológicos que muestran desgaste de las estructuras de la columna, principalmente en las vértebras, pero también pueden afectar a otras estructuras como los ligamentos y los tendones.

**Cartílago:** Es el tejido firme, pero flexible, que cubre los extremos de los huesos en una articulación.

**Carga repetitiva:** Es la carga que se realiza constantemente en un tiempo repetitivo y afecta a la región lumbar.

**Contusiones:** Son golpes, caídas o cualquier impacto que no ocasiona herida abierta, pueden ser leves o provocar fracturas o lesiones internas.

**Déficit neurológico:** Es una anomalía funcional de un área del cuerpo debido a una disminución del funcionamiento del cerebro, la médula espinal, los músculos o los nervios.

**Diabetes:** Enfermedad crónica e irreversible del metabolismo en la que se produce un exceso de glucosa o azúcar en la sangre y en la orina.

**Enartrosis:** Articulación entre la cabeza esférica de un hueso y la cavidad correspondiente de otro.

**Enfermedades de la gota:** Es un tipo de artritis, ocurre cuando el ácido úrico se acumula en la sangre y causa inflamación en las articulaciones, riñón y tejidos blandos.

**Enfermedades reumáticas:** Afectan principalmente al aparato locomotor o musculoesquelético (articulaciones, huesos, músculos, tendones y ligamentos), pero que también pueden afectar a otros sistemas u órganos como el corazón, los pulmones, los ojos, la piel, los vasos sanguíneos y a otros tejidos conectivos que se encuentran en todo el organismo, de ahí su diversidad y complejidad.

**Entumecimiento:** Rigidez o falta de flexibilidad o movimiento que se produce en un miembro del cuerpo, especialmente debido al frío o a la falta de actividad, que va acompañada de una desagradable sensación de hormigueo y de torpeza de movimiento en esa parte del cuerpo.

**Epicondilitis:** Son los que unen la musculatura del antebrazo y de la mano con la cara lateral externa del codo, siendo esta musculatura la encargada de controlar los principales movimientos de la mano.

**Fuerzas musculares:** Es la capacidad del músculo o conjunto de músculos de ejercer fuerza para lograr la mayor resistencia con un solo esfuerzo.

**Híper-tensión del tronco:** Trabaja en el cuadro lumbar en el levantamiento de cargas.

**Lumbalgia:** Es el dolor que se sitúa en la espalda baja y cuyos síntomas más claros son dolor e inflamación.

**Luxaciones de tobillo:** Una de las luxaciones más comunes, ya que a diferencia de otras, no necesita de golpes especialmente fuertes: las malas posturas, la inactividad física y el sobrepeso son causas que predisponen especialmente a esta clase de lesión.

**Nervio tibial:** Es una pérdida del movimiento o la sensibilidad en el pie debido al daño en el nervio tibial.

**Osteoartritis:** Es una enfermedad de las articulaciones o coyunturas que afectan principalmente al cartílago. El cartílago es un tejido resbaladizo que cubre los extremos de los huesos en una articulación.

**Síndrome del túnel carpiano:** Es un trastorno doloroso de la muñeca y de la mano. El túnel carpiano es un túnel estrecho formado por los huesos y otros tejidos de la muñeca.

**Tendinitis de hombro:** Es la inflamación o hinchazón del tendón, que es la estructura que une el músculo con el hueso.

**Tendinitis:** Inflamación de un tendón debido, generalmente, a un golpe o a un esfuerzo excesivo.

**Tenosinovitis:** Es la inflamación del revestimiento de la vaina que rodea al tendón, el cordón que une el músculo con el hueso.

**Trastornos musculoesqueléticos:** Normalmente afectan a la espalda, cuello, hombros y extremidades superiores, aunque también pueden afectar a las extremidades inferiores.

**Vainas tendinosas:** Se encuentran alrededor del tendón y son comunes en los tendones de la mano y del pie, su principal función es minimizar la fricción entre el tendón y los tejidos que lo rodean.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **Enfoque de la modalidad (cuantitativa – cualitativa)**

El presente trabajo de investigación se encuentra realizado con un enfoque cuantitativo – cualitativo. Cuantitativo porque se recopilará información en el campo mediante encuestas, las mismas que se tabulará y se utilizará la información para interpretarla y finalmente analizarla mediante cuadros estadísticos. Cualitativo porque con la información recolectada se busca una explicación, del porque la repercusión de la salud y el bienestar afectan a los operadores del área de llenado de la empresa ENOX S.A.

#### **Modalidad de la investigación**

El diseño de la investigación se ubica en las siguientes modalidades:

#### **Investigación de campo**

En este tipo de investigación la información se obtendrá directamente de: encuestas, observaciones y métodos tales como: RULA, REBA, OWAS, OCRA, por lo tanto, implica la observación directa por parte del investigador lo cual permitirá obtener nuevos conocimientos de la realidad social. Investigación de campo porque es necesario aplicar técnicas de investigación con instrumentos en

el lugar de los hechos, exigencia que obliga a permanecer en contacto con la realidad a investigar.

### **Investigación bibliográfica o documental**

Este tipo de investigación se realizará apoyándose de fuentes de carácter documental y de diseño de ciertas herramientas para recabar información que sólo se aplican en el medio en que actúa el problema de estudio; para la tabulación y análisis de información obtenida se utilizó métodos y técnicas estadísticas que ayudaron a obtener conclusiones para la observación del problema.

### **Tipo de Investigación**

#### **Investigación exploratoria**

Esta investigación se utiliza puesto que el trabajo requiere de un estudio profundo para conocer las causas y efectos de la salud de los trabajadores del área de llenado, por lo que los resultados constituyen una visión aproximada para establecer criterios.

#### **Investigación descriptiva**

La investigación descriptiva facilitará la recolección y análisis de datos recolectados sobre las actividades de los trabajadores del área de llenado, esta información permite comprobar y detectar las causas de los problemas de los trastornos musculoesqueléticos y su repercusión en la salud de los trabajadores.

## **Población y muestra**

### **Población**

Llamado también universo o colectivo, es el conjunto de todos los elementos que tienen una característica común. Una población puede ser finita o infinita.

**Población finita**, cuando está delimitada y conocemos el número que la integran, así por ejemplo: estudiantes de la Universidad Indoamérica.

**Población infinita**, cuando a pesar de estar delimitada en el espacio, no se conoce el número de elementos que la integran, así por ejemplo: todos los profesionales universitarios que están ejerciendo su carrera.

### **Muestra**

La muestra es un subconjunto de la población. Ejemplo: estudiantes de 2do Semestre de la Universidad Indoamérica.

### **Fórmula para el cálculo de la muestra de la población finita**

Según (Melgar López, 2015), describe la siguiente fórmula para el cálculo del tamaño de la muestra.

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q}$$

De donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población

$Z_a^2 = 1,96^2$  (si la seguridad es del 95%)

$p$  = Probabilidad de ocurrencia, 70%; 0,7)

$q$  = Probabilidad de no ocurrencia,  $1 - p$  (en este caso  $1 - 0,70 = 0,3$ )

$d$  = Precisión (en este caso desamos un 3%)

Según la tabla de la muestra de población finita se obtiene los siguientes valores constantes.

**Tabla 2** Coeficiente de seguridad

$Z_a$

90%	95%	97,5%	99%	99,5%
10%	5%	2,5%	1%	0,5%
1,645	1,96	2,24	2,576	2,58

**Fuente:** (Herrera Castellanos, 2011)

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

**Tabla 3** Porcentaje de precisión

D	3%	4%	5%
---	----	----	----

**Fuente:** (Herrera Castellanos, 2011)

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

Con los valores de las tablas del coeficiente de seguridad y el porcentaje de precisión, se calcula el tamaño de la población finita y se obtienen los siguientes valores:

**Tabla 4** Tabla de cálculo de la población finita

n	14,77
N	15
Za	3,84
p	70%
q	30%
d	3%

**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

**Conclusión:**

El tamaño de la población considerado por las 15 personas que trabajan en la empresa ENOX S.A., tienen una probabilidad de ocurrencia del 70%, con una probabilidad de no ocurrencia del 30% y un grado de precisión del 3%, como resultado final el tamaño de la muestra es 14,77 por lo tanto el resultado se aproxima a un valor de 15 en el tamaño de la muestra; lo cual afirma que el cálculo estadístico sirve para realizar las encuestas en el informe de tesis.

A continuación se describe las personas consideradas para la población de la muestra.

**Tabla 5** Población para la muestra

No.	PERSONAL DE LA EMPRESA ENOX S.A.	CANTIDAD
1	Operadores del área de llenado	4
2	Operadores del área de producción	6
3	Personal de reparto	4
4	Bodeguero	1
<b>TOTAL</b>		<b>15</b>

**Fuente:** Población de la empresa ENOX S.A

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

### Matriz de Operacionalización de la variable independiente

Variable Independiente: Estudio ergonómico en las actividades del área de llenado de cilindros de alta presión

**Tabla 6** Operacionalización de la variable independiente

Conceptualización	Categorización	Indicadores	Ítems	Técnicas	Instrumentos
El estudio ergonómico tiene relación con el entorno en que se lleva a cabo (el lugar de trabajo) y con quienes lo realizan (los trabajadores). Se utiliza para determinar cómo diseñar o adaptar el lugar de trabajo al trabajador a fin de evitar distintos problemas de salud y aumentar la eficiencia.	Ergonomía en el puestos de trabajo	# lesiones/mes # incidentes/mes #accidentes/mes #levantamiento de carga/mes # posturas inadecuadas/mes	¿Conoce usted sobre temas de ergonomía? ¿Cuenta con estaciones de trabajo ergonómicamente diseñadas? ¿Tiene dolores musculares al mover los cilindros de un lado a otro de forma manual? ¿Tiene dolores repetitivos en sus manos al abrir o cerrar la galleta de la válvula? ¿Existe levantamiento de cargas al ingresar los cilindros a la rampa de llenado? ¿Al abrir o cerrar las válvulas de los cilindros adopta usted posturas que provocan dolores en sus brazos, manos y muñecas? ¿Al apretar o aflojar con la llave el chicote en la válvula del cilindro, adopta usted posturas inadecuadas?	Encuestas  Encuestas  Métodos ergonómicos	Encuestas  Tablas  Formatos

Fuente: Propia

Elaborado por: Hernán Chiguano

## Matriz de Operacionalización de la variable dependiente

Variable Dependiente: Salud y bienestar de los trabajadores

**Tabla 7** Operacionalización variable dependiente

Conceptualización	Categorización	Indicadores	Ítems	Técnicas	Instrumentos
La salud y bienestar de los trabajadores afectan el desempeño, rendimiento y provocan incomodidad, molestias y dolores en la espalda, cuello, hombros y extremidades superiores, aunque también a las extremidades inferiores.	Salud y bienestar	# ausentismos por enfermedad ocupacional/mes Tiempo de trabajo/mes Trastornos musculoesqueléticos/mes Exámenes ocupacionales/año	¿Cuenta con el tiempo adecuado para realizar la actividad de llenar los cilindros de alta presión? ¿Al transportar los cilindros con ayuda del coche transportador sufre de dolores musculares? ¿Al levantar los cilindros con ayuda del coche transportador sufre de dolores de cuello y hombros? ¿Tiene la empresa un programa de salud preventiva? ¿Está conforme con las medidas de seguridad que la empresa ENOX S.A. maneja?	Encuestas Métodos ergonómicos	Encuestas Tablas Formatos

**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

## **Plan de recolección de información**

**Tabla 8** Recolección de información

<b>¿Para qué?</b>	<b>Conocer la realidad del problema investigado y determinar soluciones al problema</b>
<b>¿A qué personas o sujetos?</b>	<b>Operadores área de llenado de cilindros</b>
<b>¿Sobre qué aspectos?</b>	<b>Posturas forzadas Movimientos repetitivos Levantamiento de cargas</b>
<b>¿Quién? ¿Quiénes?</b>	<b>Investigador-autor del trabajo</b>
<b>¿A quiénes?</b>	<b>Personal Empresa ENOX S.A.</b>
<b>¿Cuándo?</b>	<b>Año 2016 - 2017</b>
<b>¿Qué técnica de recolección?</b>	<b>Las técnicas de la observación, conversación, encuestas</b>
<b>¿Qué instrumento se va aplicar?</b>	<b>Encuestas</b>

**Fuente:** Recolección de la información

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

## **Aplicación de instrumentos de recolección de la información**

Se realizará un primer análisis de la información obtenida de las encuestas y entrevistas para depurar, ordenar y presentar en tablas de frecuencia y gráficos representativos que facilitará el análisis.

Para el análisis se tomará en cuenta la población que integra el universo de estudio, los cuadros se presentarán en forma resumida y serán aplicados a los operadores de llenado de la empresa ENOX S.A.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

El análisis de los datos obtenidos en las encuestas realizadas apoya a la investigación de acuerdo a la información recogida porque mantiene las características de validez y confiabilidad, para poder presentar de manera objetiva y con el interés de que cada pregunta mida un indicador considerado indispensable para la resolución de la problemática planteada respecto a las variables del estudio ergonómico en las actividades del área de llenado de cilindros de alta presión y salud y bienestar de los trabajadores.

Para la presente investigación se representó de forma resumida las encuestas obtenidas realizadas a la población de la empresa ENOX S.A., mediante la tabla de respuestas se realizó la gráfica en porcentajes y finalmente se realizó la interpretación de cada pregunta.

## Encuesta dirigida al personal de la empresa ENOX S.A.

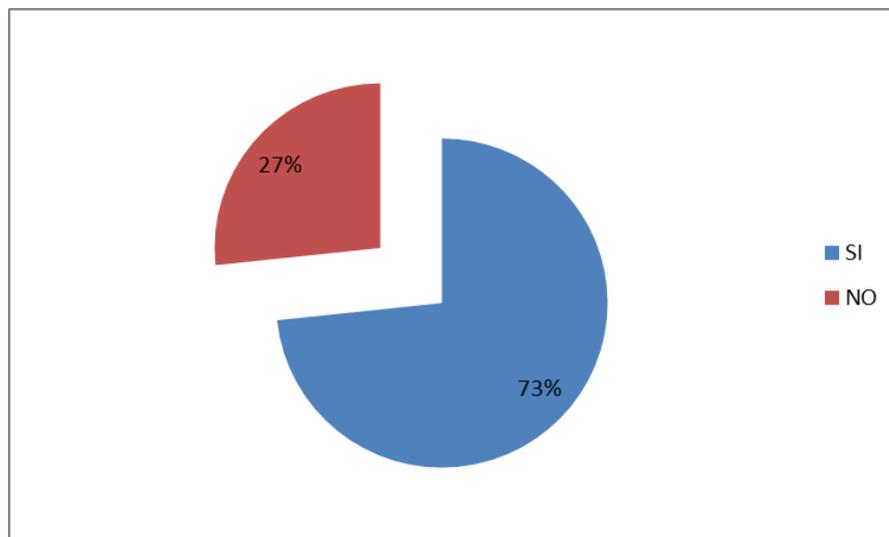
### 1. ¿Conoce usted sobre temas de ergonomía?

**Tabla 9** Conocimiento de ergonomía

RESPUESTAS	ENCUESTADOS	f %
SI	11	73%
NO	4	27%
TOTAL	15	100%

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 7** Conocimiento de ergonomía

**Fuente:** EMPRESA ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

### Interpretación pregunta 1

En esta tabla se ha establecido que de las 15 personas encuestadas, 11 de ellas equivale al 73% lo cual indica que conocen del tema de ergonomía y tiene el conocimiento para desarrollar la actividad en el área de llenado de cilindros de alta presión, mientras que 4 de ellas equivale al 27% lo cual indica que desconoce del tema.

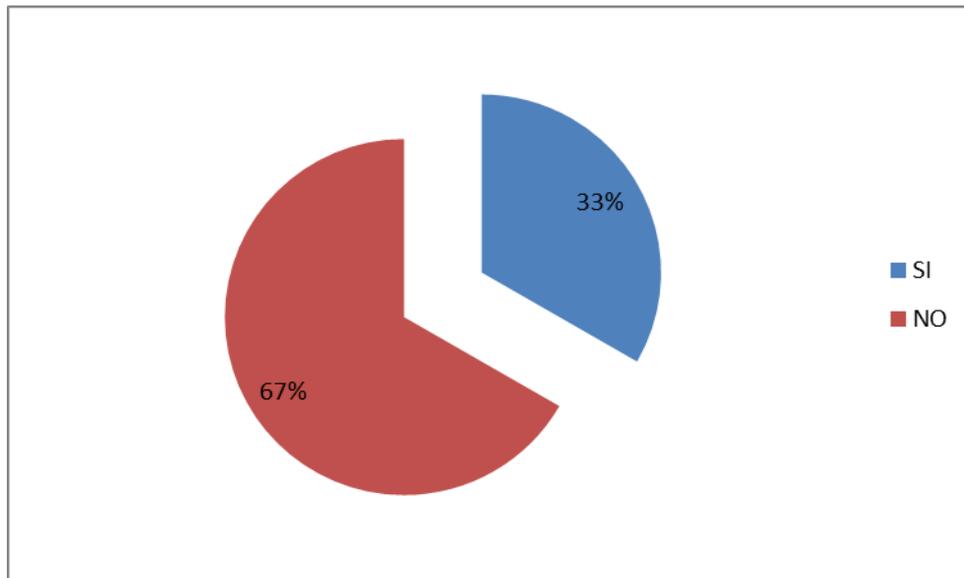
## 2. ¿Cuenta con estaciones de trabajo ergonómicamente diseñadas?

**Tabla 10** Estaciones de trabajo

RESPUESTAS	ENCUESTADOS	f %
SI	5	33%
NO	10	67%
TOTAL	15	100%

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 8** Estaciones de trabajo

**Fuente:** EMPRESA ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

### Interpretación pregunta 2

De la encuesta realizada se ha obtenido que, el 33% de las personas cuentan con estaciones de trabajo ergonómicamente diseñadas lo cual indica que son aptas para el trabajo diario, mientras que el 67% manifestó que no cumple con el diseño ergonómico adecuado para realizar las actividades de los operadores de llenado de cilindros de alta presión.

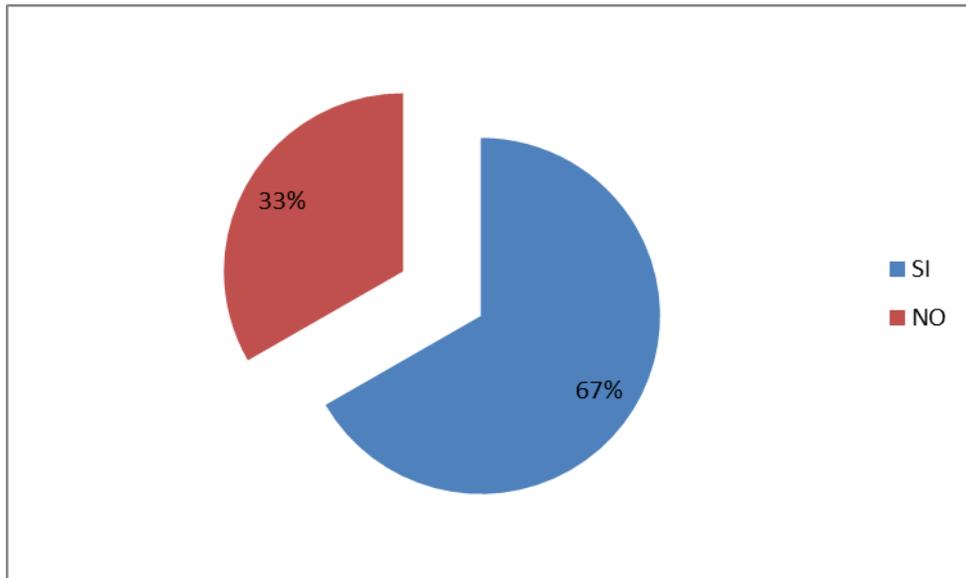
**3. ¿Tiene dolores musculares al mover los cilindros de un lado a otro de forma manual?**

**Tabla 11** Dolores Musculares

RESPUESTAS	ENCUESTADOS	f %
SI	10	67%
NO	5	33%
TOTAL	15	100%

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 9** Dolores Musculares

**Fuente:** EMPRESA ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

**Interpretación pregunta 3**

Del total del personal, el 67% sufre de dolores musculares al mover los cilindros de un lado a otro, es decir, desde la rampa de llenado a los puestos de almacenamiento de cilindros de alta presión, dando lugar a problemas de salud en los operadores de llenado; mientras que el 33% no sufre estos dolores musculares.

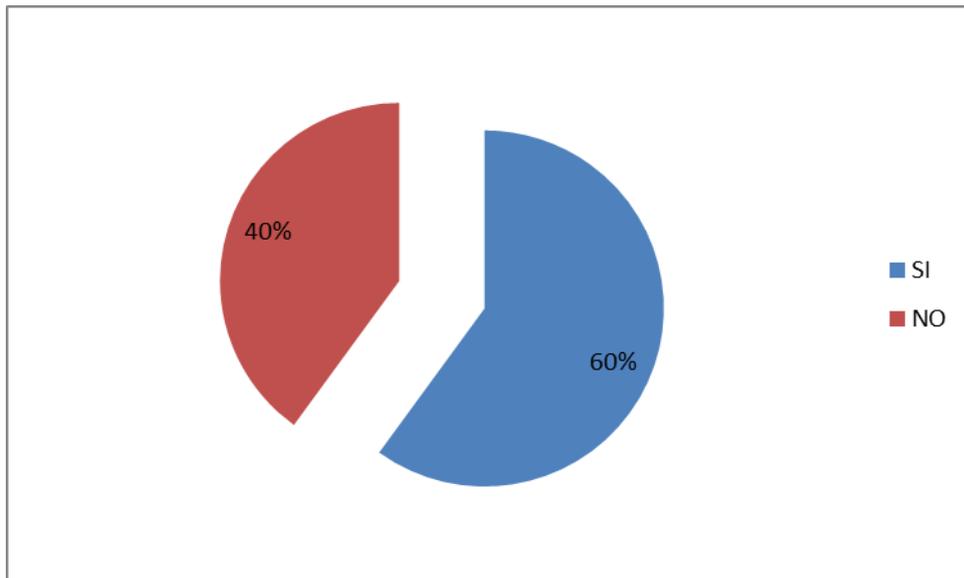
**4. ¿Tiene dolores repetitivos en sus manos al abrir o cerrar la galleta de la válvula?**

**Tabla 12** Dolores repetitivos

RESPUESTAS	ENCUESTADOS	f %
SI	9	60%
NO	6	40%
TOTAL	15	100%

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 10** Dolores repetitivos

**Fuente:** EMPRESA ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

**Interpretación pregunta 4**

El 60% de los encuestados manifiestan que sufre de dolores repetitivos en sus manos al abrir o cerrar las válvulas de los cilindros de alta presión, lo cual implica tomar medidas necesarias para protegerlos, con la finalidad de mejorar la salud de los trabajadores y no tener consecuencias graves como enfermedades ocupacionales, mientras que el 40% menciona que no tiene ningún problema al realizar esta actividad.

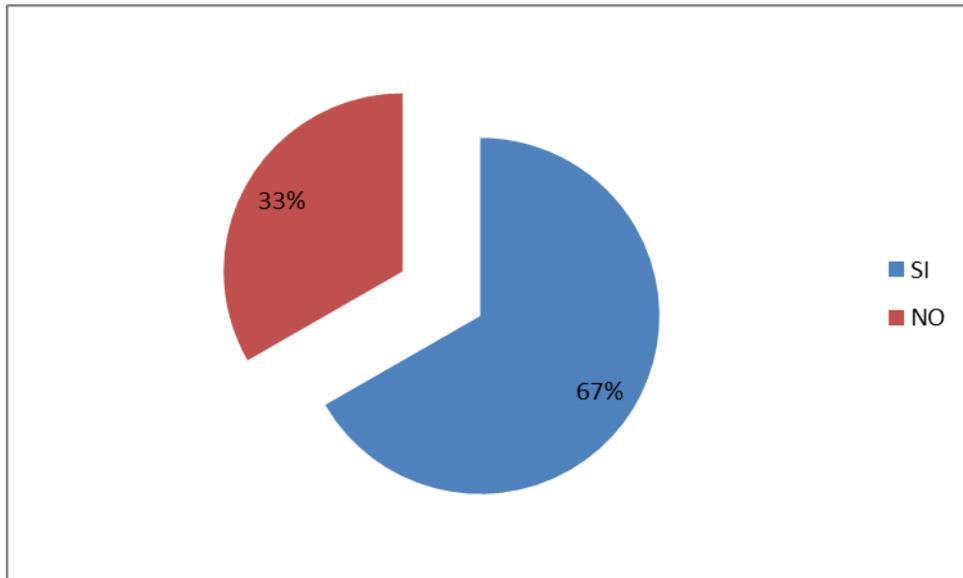
**5. ¿Existe levantamiento de cargas al ingresar los cilindros a la rampa de llenado?**

**Tabla 13** Levantamiento de cargas

RESPUESTAS	ENCUESTADOS	f %
SI	10	67%
NO	5	33%
TOTAL	15	100%

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 11** Levantamiento de cargas

**Fuente:** EMPRESA ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

**Interpretación pregunta 5**

Podemos decir que, el 67% del personal considera que existe levantamiento de cargas al ingresar los cilindros de alta presión a la rampa de llenado, lo cual se ha observado que tiene dolores en la columna, piernas, manos y brazos; mientras que el 33% del personal contestó que no existe ningún problema al realizar esta actividad.

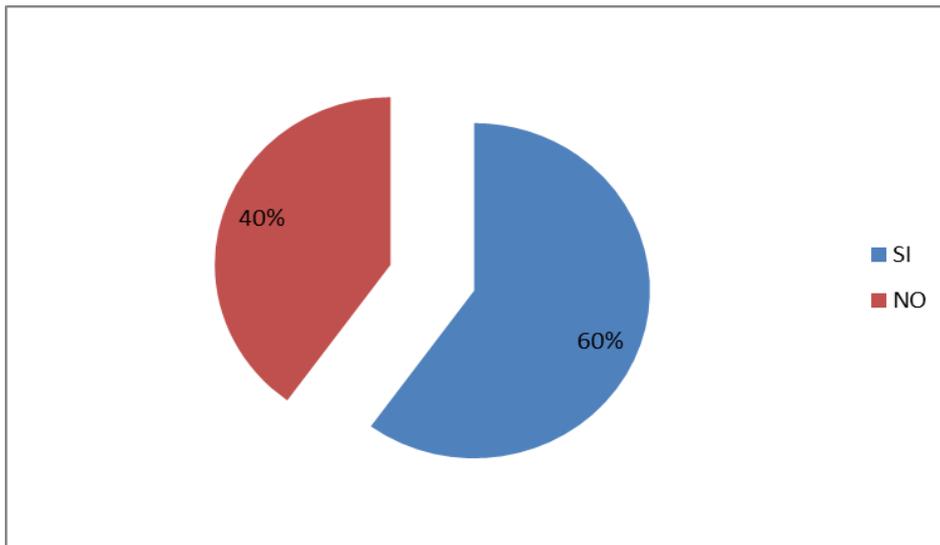
**6. ¿Al abrir o cerrar las válvulas de los cilindros adopta usted posturas que provocan dolores en sus brazos, manos y muñecas?**

**Tabla 14** Posturas con dolores en brazos, manos y muñecas

RESPUESTAS	ENCUESTADOS	f %
SI	9	60%
NO	6	40%
TOTAL	15	100%

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 12** Posturas con dolores en brazos, manos y muñecas

**Fuente:** EMPRESA ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

**Interpretación pregunta 6**

De las personas encuestadas, el 60% considera que si existen dolores en brazos, manos y muñecas al abrir o cerrar la válvula de los cilindros de alta presión, esto surge porque los operadores no se colocan frente al cilindro sino lo realizan extendiendo sus extremidades superiores e inferiores; en cuanto a las válvulas, existen en ciertos cilindros con válvulas que presentan condiciones desfavorables de mantenimiento, como tapones en mal estado, fibras deterioradas, vástagos acabados, galletas rotas, entre otras; mientras que el 40% opina todo lo contrario, que no existe ningún problema al realizar la operación con los cilindros.

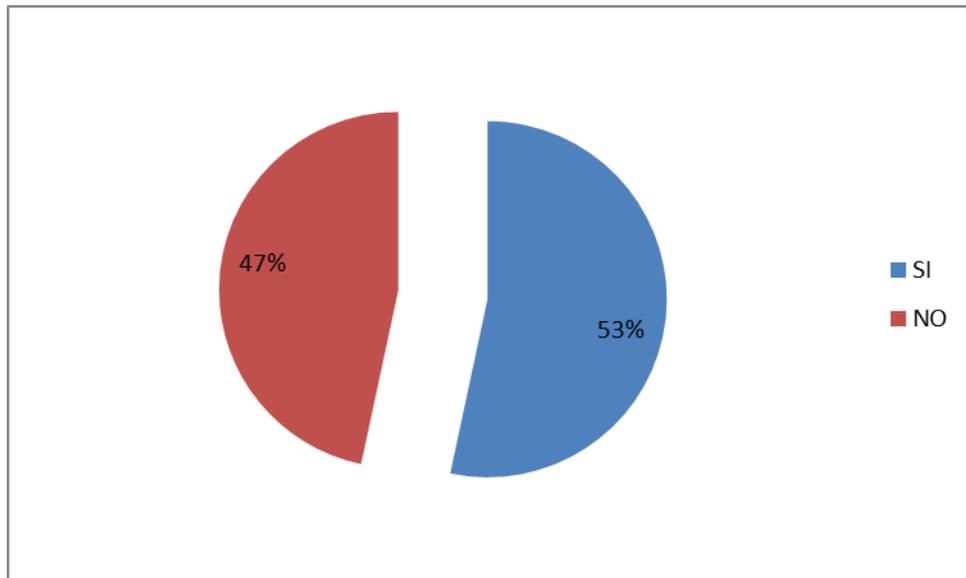
**7. ¿Al apretar o aflojar con la llave el chicote en la válvula del cilindro, adopta usted posturas inadecuadas?**

**Tabla 15** Posturas inadecuadas

RESPUESTAS	ENCUESTADOS	f %
SI	8	53%
NO	7	47%
TOTAL	15	100%

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 13** Posturas inadecuadas

**Fuente:** EMPRESA ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

**Interpretación pregunta 7**

El 53% de los encuestados considera que al apretar o aflojar el chicote con la llave adoptan posturas inadecuadas, debido a que los operadores son de baja estatura y no pueden apretar o aflojar los cilindros de alta presión, es decir, cilindros de: 7 m<sup>3</sup> y 10 m<sup>3</sup>, mientras que el 47% restante manifestó que no existe ningún inconveniente al realizar la operación.

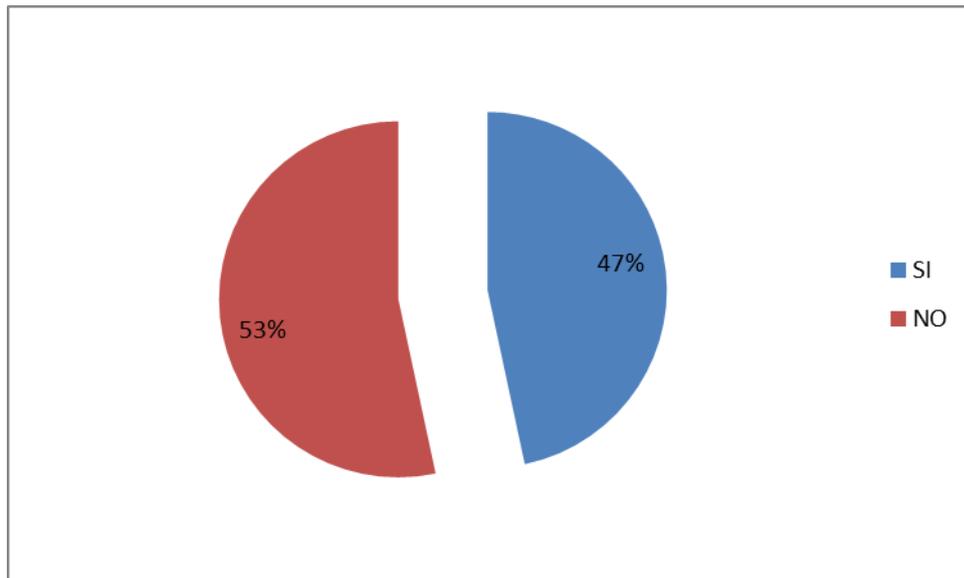
**8. ¿Cuenta con el tiempo adecuado para realizar la actividad de llenar los cilindros de alta presión?**

**Tabla 16** Tiempo adecuado

RESPUESTAS	ENCUESTADOS	f %
SI	7	47%
NO	8	53%
TOTAL	15	100%

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 14** Tiempo adecuado

**Fuente:** EMPRESA ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

**Interpretación pregunta 8**

De las encuestas realizadas se ha obtenido el 47% de los trabajadores afirman que tiene el tiempo suficiente para realizar las actividades en el área de llenado, sin embargo el 53% requieren más tiempo para realizar las actividades de llenado de cilindros de alta presión, esto se afirma porque en ciertos días existe gran demanda de llenado de cilindros de clientes y falta tiempo y personal para cumplir las actividades.

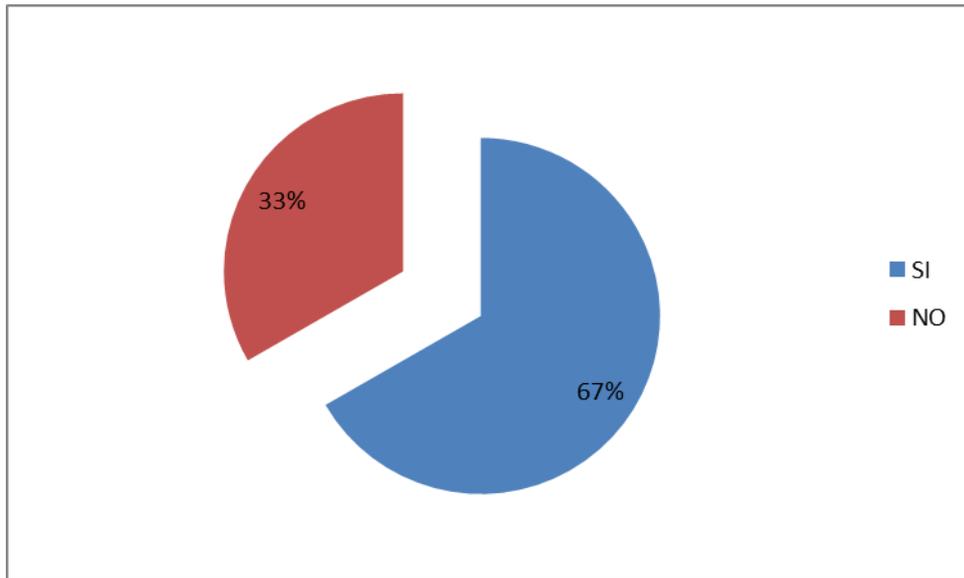
**9. ¿Al transportar los cilindros con ayuda del coche transportador sufre de dolores musculares?**

**Tabla 17** Dolores musculares

RESPUESTAS	ENCUESTADOS	f %
SI	10	67%
NO	5	33%
TOTAL	15	100%

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 15** Dolores musculares

**Fuente:** EMPRESA ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

**Interpretación pregunta 9**

De los encuestados, el 67% de personas sufren de dolores musculares al momento de transportar los cilindros de alta presión a la rampa de llenado; mientras que 33% de los trabajadores no presenta ningún problema al realizar esta actividad.

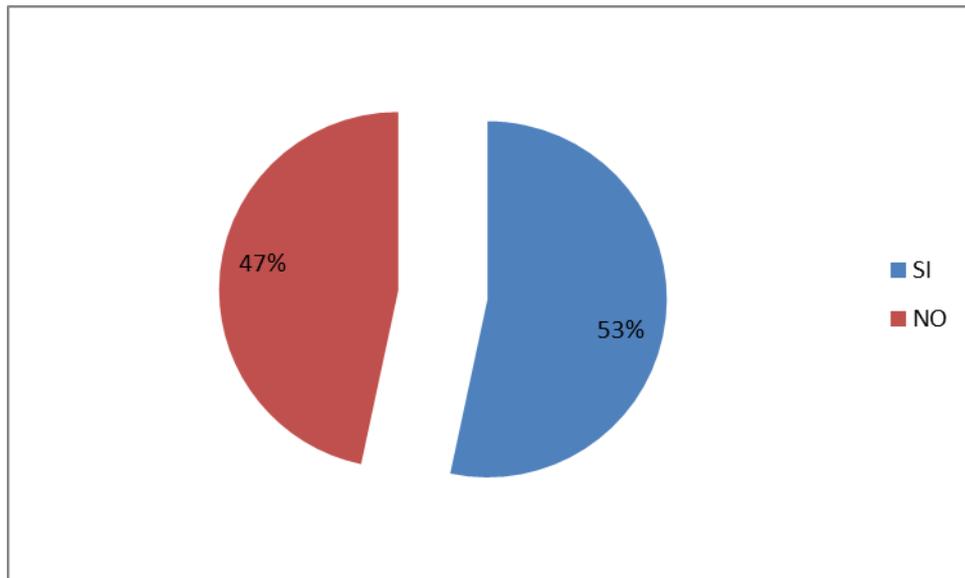
**10. ¿Al levantar los cilindros con ayuda del coche transportador sufre de dolores de cuello y hombros?**

**Tabla 18** Dolores de cuello y hombros

RESPUESTAS	ENCUESTADOS	f %
SI	8	53%
NO	7	47%
TOTAL	15	100%

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 16** Dolores de cuello y hombros

**Fuente:** EMPRESA ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

**Interpretación pregunta 10**

El 53% de los encuestados sufre de dolores de cuello y hombros al momento de levantar los cilindros con el coche, esto sucede porque el operador realiza varios movimientos para efectuar esta operación, lo cual implica esfuerzo e impulso al momento de alzar el coche para proceder a dirigir a la rampa de llenado de cilindros de alta presión; mientras que el 47% no tiene ningún inconveniente al realizar esta actividad.

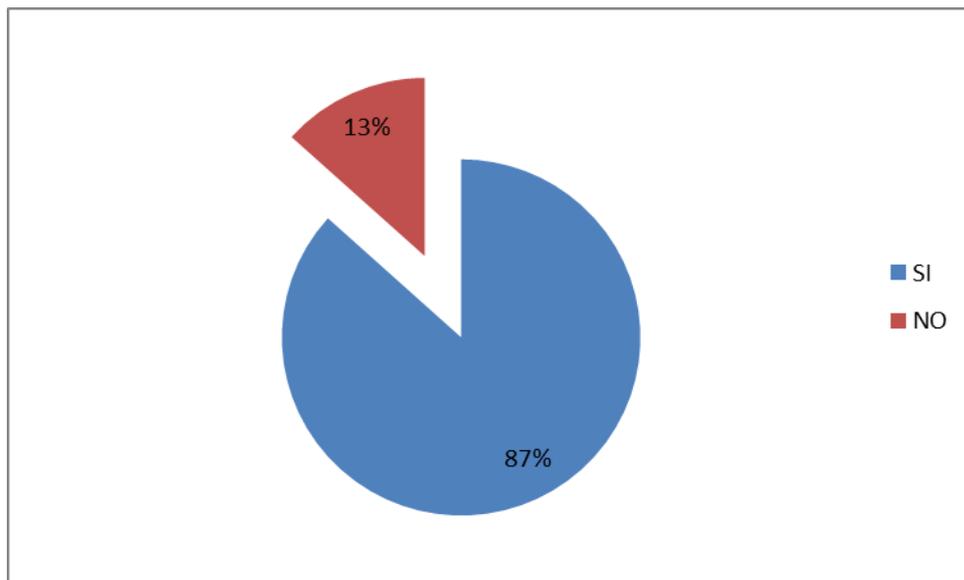
## 11. ¿Tiene la empresa un programa de salud preventiva?

**Tabla 19** Programa de salud preventiva

RESPUESTAS	ENCUESTADOS	f %
SI	13	87%
NO	2	13%
TOTAL	15	100%

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 17** Programa de salud preventiva

**Fuente:** EMPRESA ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

### Interpretación pregunta 11

De la encuesta realizada se ha obtenido que, el 87% del personal del área de llenado cuenta con un programa de salud preventiva donde cada año se realizan exámenes ocupacionales, los mismos que son evaluados por un médico ocupacional, y a su vez, se realiza todas las recomendaciones del doctor a cada trabajador del área. Este programa está diseñado por el técnico de seguridad y salud ocupacional y va dirigido a todos los trabajadores de la empresa ENOX S.A., pero el 13% afirma que no tiene ningún programa.

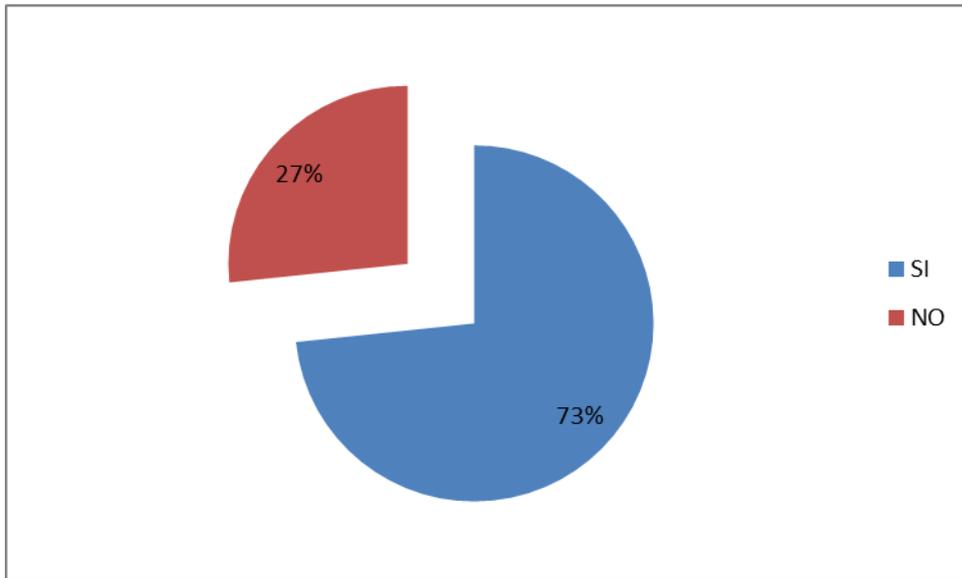
**12. ¿Está conforme con las medidas de seguridad que la empresa ENOX S.A. maneja?**

**Tabla 20** Medidas de seguridad

RESPUESTAS	ENCUESTADOS	f %
SI	11	73%
NO	4	27%
TOTAL	15	100%

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 18** Medidas de seguridad

**Fuente:** EMPRESA ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

**Interpretación pregunta 12**

El 73% de los encuestados expresa que si está conforme con las medidas de seguridad que la empresa maneja, mientras que el 27% menciona que no se toma ninguna medida de seguridad.

## **Aplicación de metodologías**

Para la metodología se realizó evaluaciones ergonómicas aplicando métodos como: OCRA, INSHT, RULA y REBA. Los cuales se señalan a continuación:

### **Movimientos repetitivos - Método ergonómico OCRA**

#### **Resumen de resultados**

Con el método OCRA se evaluó los movimientos repetitivos en el puesto de trabajo en la actividad de llenado de cilindros de alta presión, principalmente al momento de abrir o cerrar las válvulas de los cilindros. Esta actividad la ejecuta los operadores de llenado, los cuales presentan problemas ergonómicos tales como: movimientos y esfuerzos realizados, posturas, fuerza, factores físicos-mecánicos-socio organizativos. El resultado obtenido con el método es superior a la escala de valoración del riesgo, es decir: Nivel alto, es necesario tomar medidas correctivas para solucionar los movimientos repetitivos presentes en el momento de realizar la actividad de llenado, implementando sistemas neumáticos para abrir o cerrar las válvulas de los cilindros, con la finalidad de disminuir los lesiones de los tendones de las manos de los operadores. (Anexo 3)

### **Levantamiento de cargas – Método ergonómico INSHT**

#### **Resumen de resultados**

Se evaluó los factores de riesgos al realizar la actividad de manipular y levantar la carga de los cilindros en los coches transportadores. El resultado obtenido es considerado un riesgo inaceptable cuyo valor es 4,1: es necesario mejorar el levantamiento de cilindros en el coche transportador, es decir: un rediseño del mismo coche que permita transportar seis cilindros en un solo viaje y no tener que levantar la carga sino movilizar sin ningún problema, a tal punto que los operadores no presenten dolores en sus extremidades superiores e inferiores. (Anexo 4)

## Posturas inadecuadas – Método RULA y REBA

### Resumen de resultados

Al realizar el método RULA se evaluó la exposición de los operadores de llenado a los factores de riesgo que puede ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo, proporcionando una valoración rápida de posturas del cuello, tronco, miembros superiores, actividad muscular, fuerza, carga y posturas. El resultado con el método aplicado es de nivel 3, lo cual implica realizar un estudio amplio de las posturas que el trabajador adopta en su actividad de llenar cilindros de alta presión en la rampa de llenado. (Anexo 5)

Con el método ergonómico REBA, se realizó la evaluación de los movimientos que ejecuta el cuerpo humano, donde se estima las posturas forzadas al momento de mover los cilindros de alta presión llenos a los lugares de almacenamiento de cilindros. En esta actividad con el método se evaluó dos grupos A y B. Grupo A, cuello, piernas, tronco, carga/fuerza. Grupo B, antebrazos, muñeca, brazos, agarre y actividad muscular. El resultado de este método es de nivel 3, es decir; nivel alto, requiere de tomar medidas urgentes, realizando un rediseño del puesto de trabajo en el área de llenado, a fin de evitar lesiones en las posturas de trabajo principalmente en el sistema musculoesquelético. (Anexo 6)

### **Verificación de Hipótesis**

La verificación de la hipótesis planteada se efectuará a partir de los resultados obtenidos en la encuesta realizada a las 15 personas que laboran en el área de llenado de cilindros de alta presión de la empresa ENOX S.A., para ello se utilizará el método del Chi – Cuadrado.

## **Modelo lógico**

Simbología

HO: Hipótesis nula

H1: Hipótesis alternativa

## **Planteamiento de la hipótesis**

HO: El estudio ergonómico en las actividades del área de llenado de cilindros de alta presión no repercute en la salud y bienestar de los trabajadores de la empresa ENOX S.A.

H1: El estudio ergonómico en las actividades del área de llenado de cilindros de alta presión si repercute en la salud y bienestar de los trabajadores de la empresa ENOX S.A.

## **Probabilidad de ocurrencia**

**Según** (Nieves, 2007)

**Por lo general se trabaja con un nivel de ocurrencia del 0,05 siendo el más usado, que indica que hay una probabilidad del 0,95. Los grados de libertad se establecen en función de la cantidad de celdas que tenemos, producto de las categorías de una variable o bien de la cantidad resultante del cruce de dos variables". (pág. 1)**

Para el análisis se establece una probabilidad del 95%.

## Regla de decisión

$$\text{Grado de libertad (gl)} = (\text{Filas} - 1) (\text{Columnas} - 1)$$

$$(\text{gl}) = (F - 1) (C - 1)$$

$$(\text{gl}) = (2 - 1) (2 - 1)$$

$$(\text{gl}) = (1) (1)$$

$$(\text{gl}) = 1$$

El grado de probabilidad es del 95 % y con 1 grado de libertad (gl)  $X^2_{\text{tabulada}}$ , en la tabla del Anexo 7 se obtiene el valor de 3,84.

**Tabla 21** Verificación de la hipótesis

		VARIABLE DEPENDIENTE: Salud y bienestar de los trabajadores			
		Pregunta 9			
VARIABLE INDEPENDIENTE: Estudio ergonómico en las actividades del área de llenado de cilindros de alta presión. Pregunta 2	¿Cuenta con estaciones de trabajo ergonómicamente diseñadas?	¿Al transportar los cilindros con ayuda del coche transportador sufre de dolores musculares?			
			SI	NO	Total Marginal H.
		SI	2	3	5
		NO	8	2	10
		Total Marginal	10	5	15

	SI	NO	
SI	3,33	1,67	5
NO	6,67	3,33	10
	10	5	15

**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

## Valor del Chi – Cuadrado

**Tabla 22** Valor del Chi-Cuadrado

O	E	(O – E)	(O – E) <sup>2</sup>	$\frac{(O - E)^2}{E}$
2	3,33	-1,33	1,78	0,53
8	6,67	1,33	1,78	0,27
3	1,67	1,33	1,78	1,07
2	3,33	-1,33	1,78	0,53
15	15,00	0,00	7,11	2,40

**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

$$H_1 \text{ calculada} < H_1 \text{ tabla}$$

Al comparar el  $X^2_{\text{calculada}}$  con el  $X^2_{\text{tabulada}}$ :  $2,40 < 3,84$ : se llega a la conclusión que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula; por lo tanto si repercute en la salud y bienestar de los trabajadores de la empresa ENOX S.A., al realizar las actividades de llenado de cilindros de alta presión.

## CONCLUSIONES

- Con los métodos ergonómicos aplicados, se determina que: según el método OCRA, en la actividad de abrir o cerrar las válvulas de los cilindros de alta presión, se tiene que realizar cambios en las tareas porque puede presentarse problemas en brazos, muñecas y manos en las operaciones de llenado. Al trasladar los cilindros de alta presión desde el área de despacho a la estación de trabajo existe levantamiento de cargas que al aplicar el método INSHT recomienda realizar cambios en esta actividad. Al momento de realizar las operaciones de llenado se comprueba con el método RULA y REBA, posturas inadecuadas que los trabajadores adoptan al realizar la actividad de llenar los cilindros de alta presión
- En el puesto de trabajo del área de llenado se debe plantear una propuesta ergonómica con la única finalidad de mejorar la salud de los operadores de llenado y evitar ausentismo por enfermedad laboral.
- Los problemas por trastornos musculoesqueléticos derivados de las actividades realizadas en el área de llenado fueron identificados y evaluados para presentar sugerencias en beneficios de los operadores.
- Con la información analizada, sustentada y evaluada se concluye realizar un rediseño del área de llenado, enfocado en la ergonomía, salud y bienestar de los operadores.

## RECOMENDACIONES

- Por el bien de la salud de los trabajadores se propone aceptar la investigación y en base a esto realizar las modificaciones en función de los métodos ergonómicos aplicados, para disminuir las posturas inadecuadas, levantamiento de cargas y movimientos repetitivos que afectan la salud de los operadores del área de llenado.
- En el puesto de trabajo, se debe mejorar el diseño de los coches transportadores de cilindros porque el coche que ocupan no cuenta con un análisis técnico en función de la ergonomía y salud del trabajador.
- Implementar durante la jornada de trabajo una guía de ejercicios con sesiones cortas para mitigar los trastornos musculoesqueléticos de los operadores del área de llenado de cilindros de alta presión.
- Se recomienda implementar el rediseño del área de llenado con tecnología adecuada para que los operadores desempeñen sus actividades de forma eficiente y cumplan con la productividad de llenar cilindros de alta presión.

## **CAPÍTULO V**

### **PROPUESTA**

#### **Tema:**

“Rediseño del puesto de trabajo de la empresa ENOX S.A., para disminuir los problemas ergonómicos de los operadores de llenado.”

#### **Datos de la propuesta**

Empresa: ENOX S.A.

Responsables: Personal de llenado, comercialización, producción, bodeguero

Beneficiarios: Propietarios, empleados, operadores de llenado, empresa, clientes

Periodo inicial: 2016

Periodo final: 2017

## **Ubicación**

Provincia: Pichincha

Cantón: Quito

Sector: Carcelén Industrial

## **Objetivos**

### **Objetivos Generales**

Rediseñar el puesto de trabajo en la empresa ENOX S.A., para disminuir los problemas ergonómicos de los operadores del área de llenado.

### **Objetivos Específicos**

- Seleccionar la alternativa con mayor puntaje de solución que se adapte a las necesidades ergonómicas del trabajador.
- Realizar los cálculos correspondientes de la estructura de trabajo para el área de llenado de la empresa ENOX S.A.
- Mejorar la productividad, seguridad y salud de los operadores del área de llenado de la empresa ENOX S.A.
- Realizar el diseño de los planos de la propuesta planteada.

## **Justificación**

El estudio realizado en este trabajo confirma la existencia de problemas ergonómicos en el área de llenado de los operadores, los cuales fueron reflejados en la aplicación de la metodología de la investigación: OCRA, INSHT, RULA y REBA, e indicaron que el personal del área de llenado presenta trastornos musculoesqueléticos.

La propuesta de mejorar la estación de trabajo consiste en rediseñar el área de llenado, puesto que en la actualidad el área no cumple con los parámetros ergonómicos de trabajo. El rediseño elevará los niveles de llenado de cilindros de alta presión, ya que la estación contara con mayor espacio.

Con el rediseño se pretende mejorar la distribución del área de llenado, dotar al trabajador de un manifold movable el cual estará provisto de un conector rápido para la sujeción de la válvula de cada cilindro, la estación de trabajo estará provista en una rampa o grada para que el operador suba y no realice movimientos forzosos al abrir o cerrar la válvula, mejorar el tiempo de llenado de los cilindros en la rampa y lo más importante no afectar la salud del operador de llenado, que al contar con todos los parámetros antes mencionados, la estación de trabajo tendrá puestos ergonómicos bien diseñados.

## **Factibilidad**

### **Factibilidad técnica**

Se dispone de los conocimientos técnicos para el desarrollo e implementación de la propuesta, se cuenta con habilidades de diseño y cálculo de los materiales para el rediseño de la estación de trabajo.

## **Factibilidad económica**

Con el rediseño de la estación de trabajo los operadores de llenado realizarán las actividades en menor tiempo y mejorar los problemas de salud y bienestar en los puestos de trabajo. Se pretende ejecutar la propuesta una vez cumplido el estudio, se cuenta con todos los recursos económicos y lo más importante el apoyo de las gerencias generales con el único compromiso el cual es, la salud y el bienestar de los operadores del área de llenado de la empresa ENOX S.A.

## **Selección de alternativas**



**Figura 19** Alternativa 1: antes, cilindros en desorden en el área de llenado

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 20** Alternativa 1: después, cilindros identificados y ordenados

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 21** Alternativa 1, Jaula para cilindros

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

## Ventajas

- Permite almacenar mayor cantidad de cilindros.
- Son jaulas destinadas para cilindros de 6 m<sup>3</sup> en adelante.
- Materiales altamente resistentes.

## Desventajas

- Se debe utilizar montacargas para movilizarlos.
- Son jaulas pesadas.
- No se puede utilizar para mover uno o dos cilindros.



**Figura 22** Alternativa 2: antes, ingreso de cilindros de manera empírica

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 23** Alternativa 2: después, ingreso de cilindros con ayuda de coche trasportador

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 24** Alternativa 2, Coche transportador para seis cilindros

**Fuente:** (ASM, 2015)

**Elaborado por:** [www.amrstd.com](http://www.amrstd.com)

### Ventajas

- Permite ingresar seis cilindros.
- El coche es resistente a la carga.
- Permite cargar cilindros de 6 m<sup>3</sup> en adelante.

### Desventajas

- Requiere sobreesfuerzo para movilizarlo en el área.
- Mantenimiento frecuente de las cuatro ruedas del coche.
- Provoca atrapamiento de manos al momento de cargar o descargar los cilindros.



**Figura 25** Alternativa 3: antes, diseño del área de llenado sin ningún estudio ergonómico

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

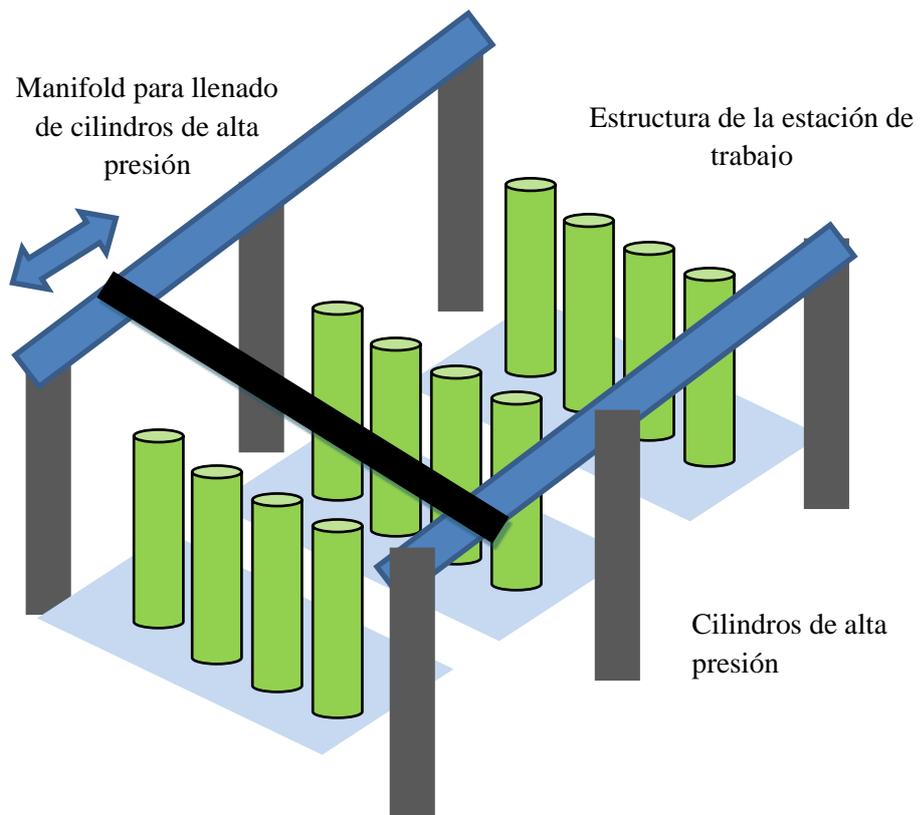
**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 26** Alternativa 3: después, diseño acorde a las necesidades de los operadores

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano



**Figura 27** Alternativa 3, Rediseño del área de llenado

**Fuente:** Empresa ENOX S.A.

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

### Ventajas

- Estaciones de trabajo con ergonomía responsable.
- Mejor almacenamiento del área de llenado.
- Llenado de cilindros en menor tiempo.

### Desventajas

- Mantenimiento frecuente del sistema de manifold.
- Requerimiento de mantenimiento de estructura.
- Piso con deformaciones por el uso.

### Parámetros de valoración

**Tabla 23** Parámetros de valoración

Parámetro	Valoración
Muy satisfactorio	3
Satisfactorio	2
Poco satisfactorio	1

**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

## Parámetros de selección

**Tabla 24** Parámetros de selección

Parámetros	Factor de ponderación	Alternativa N°1	Alternativa N°2	Alternativa N°3
Costo	30%	0,60	0,30	0,90
Peso	15%	0,45	0,15	0,45
Mantenimiento	20%	0,20	0,40	0,40
Maniobrabilidad	5%	0,10	0,10	0,15
Ergonomía	20%	0,60	0,20	0,60
Seguridad	10%	0,20	0,10	0,30
<b>SUMA TOTAL</b>		<b>2,15</b>	<b>1,25</b>	<b>2,80</b>

**Fuente:** Propia

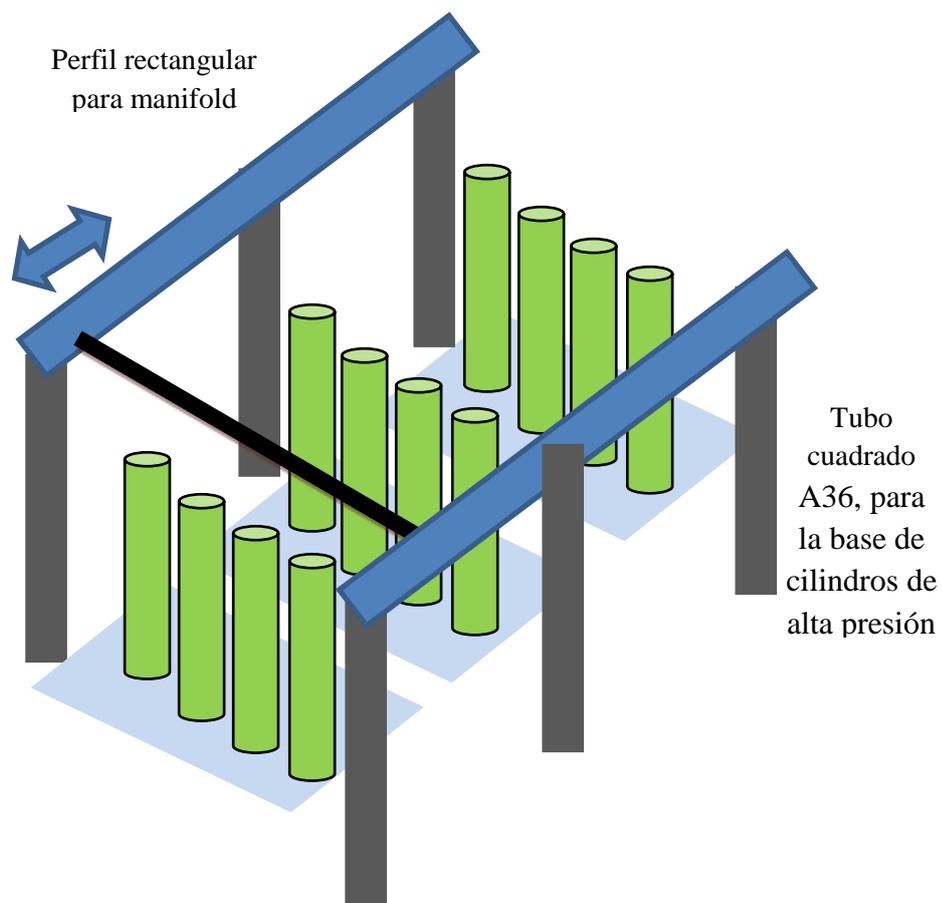
**Elaborado por:** Hernán Chiguano

Para la selección de las alternativas se analizó parámetros importantes para tomar la mejor decisión, quedando como la mejor propuesta la Alternativa 3, que corresponde al rediseño de la estación de llenado de cilindros de alta presión.

## Rediseño de la estación de trabajo

En forma global la nueva estación de trabajo cuenta de la siguiente manera: materiales metálicos, vigas, tubos cuadrados, válvulas CGA 540, cilindros, entre otros.

En cuanto al layout de la estación actual, se hace referencia en: Anexos planos de diseño, en el cual indica el diseño de la estación de trabajo, almacenamiento de cilindros, rampas de llenado, manifold para llenado de cilindros de alta presión, entre otros.



**Figura 28** Rediseño de la estación de trabajo

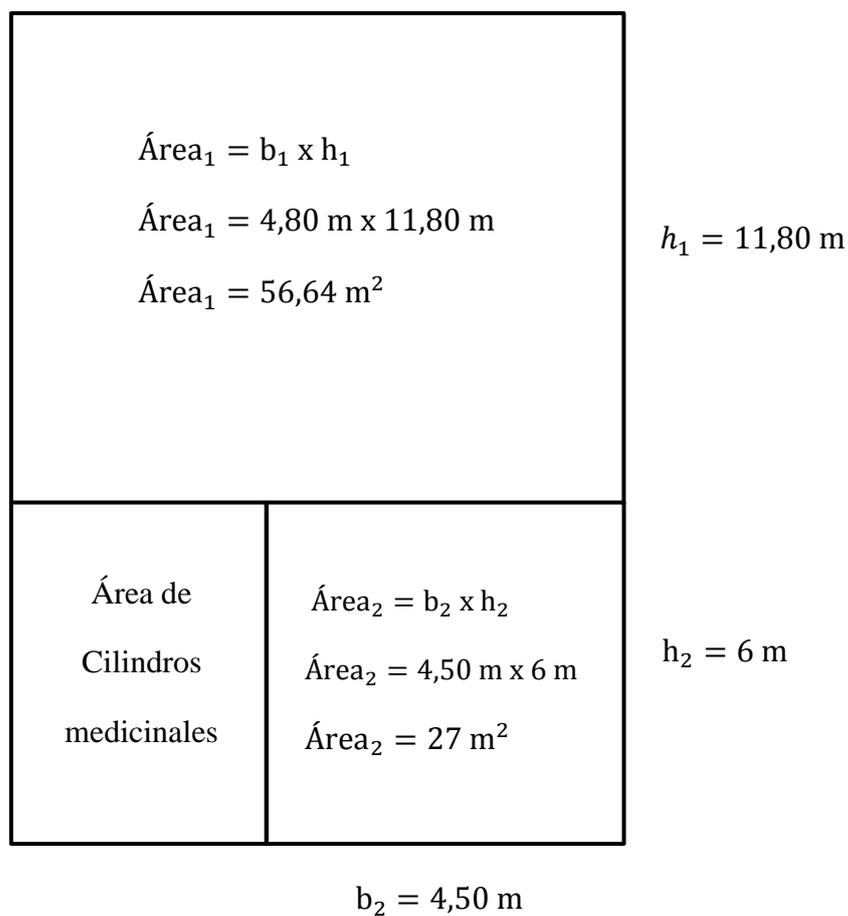
**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

### **Parámetros de rediseño**

En el parámetro de rediseño en el área de llenado de la empresa ENOX S.A., las medidas reales se describen en los gráficos detallados a continuación y se detalla los cálculos pertinentes. El área total aproximada equivale a 84 m<sup>2</sup>.

$$b_1 = 4,80 \text{ m}$$



**Figura 29** Área para el rediseño

**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

En donde:

$b_1$  y  $b_2$  = Base del área a ejecutar la propuesta

$h_1$  y  $h_2$  = Altura del área a ejecutar la propuesta

$$\text{Área total} = \text{Área}_1 + \text{Área}_2$$

$$\text{Área total} = 56,64 \text{ m}^2 + 27 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = 83,64 \text{ m}^2$$

A continuación se detalla las dimensiones de los cilindros según muestra aleatoria en piso en el área de llenado:

**Tabla 25** Dimensiones de cilindros

CILINDRO # 34652		CILINDRO # 45672		CILINDRO # 6754	
Presión de trabajo	2200 psi	Presión de trabajo	2200 psi	Presión de trabajo	2200 psi
Temp. en frío	21 °C	Temp. en frío	22 °C	Temp. en frío	19 °C
Temp. en caliente	30 °C	Temp. en caliente	28 °C	Temp. en caliente	25 °C
Diámetro	204 mm	Diámetro	232 mm	Diámetro	219 mm
Altura	1520 mm	Altura	1450 mm	Altura	1315 mm
Peso	52 kg	Peso	60 kg	Peso	48 kg
Espesor	5,2 mm	Espesor	6 mm	Espesor	5,7 mm
Capacidad	40 litros	Capacidad	50 litros	Capacidad	40 litros

**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

### **Material acero A-36**

Esfuerzo fluencia =  $S_y = 250 \text{ MPA}$

Esfuerzo tracción=  $S_{ut} = 400 \text{ MPA}$

$$\rho = 7,8 \text{ g/cm}^3$$

### **Corrección ergonómica en la fuente**

#### **Diseño de estructura: Selección material soporte manifold**

Peso manifold = 120 kg/m

Longitud = 5 m

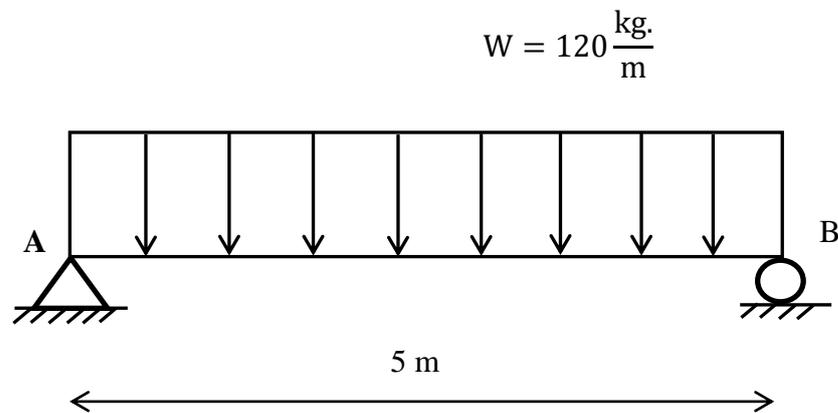
En la tabla siguiente, se detalla el peso total del manifold a utilizarse con todos sus componentes que intervienen en el sistema.

**Tabla 26** Accesorios del manifold

Cant.	Descripción	Peso unitario	Peso total
20	Válvula CGA 540 3/4" NGT	1,00 kg.	20 kg.
20	Conector en T 3/4" NPT	1,20 kg.	24 kg.
4	Tapón ata presión 3/4" NPT	0,50 kg.	2 kg.
18	Neplos roscados 3/4" NPT	2,33 kg.	42 kg.
20	Conector rápido TW 57 y manguera	1,60 kg.	32 kg.
Total			120 kg.

Fuente: Propia

Elaborado por: Hernán Chiguano

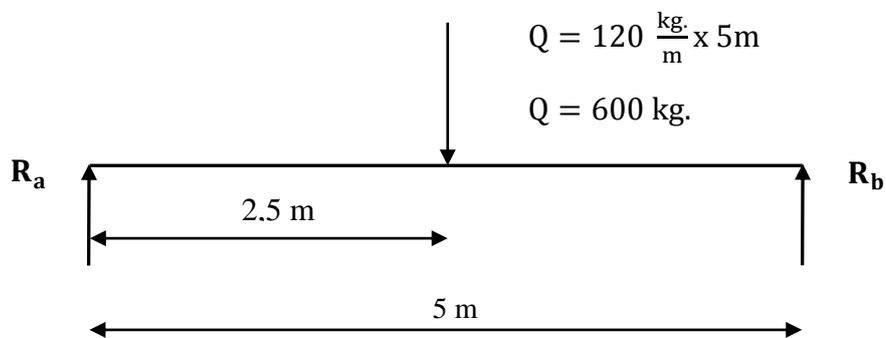


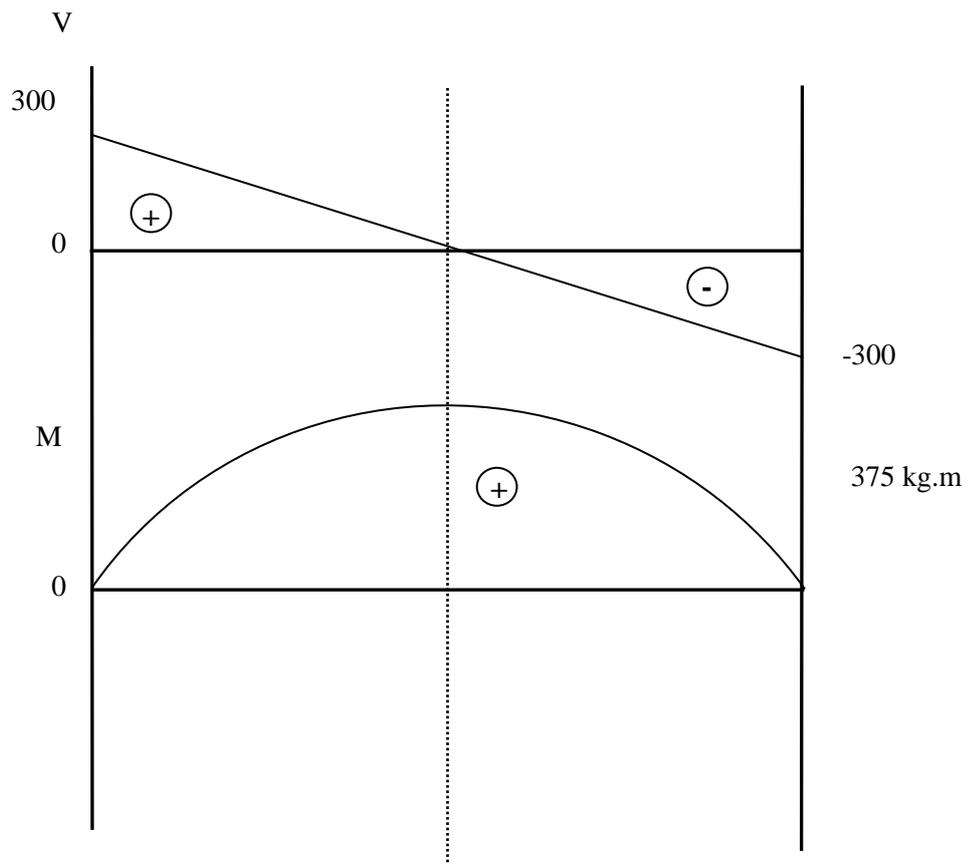
**Figura 30** Soporte Manifold

Fuente: Propia

Elaborado por: Hernán Chiguano

**D.C.L.**





**Donde:**

$R_a$  = Reacción en el punto A [Kg]

$R_b$  = Reacción en el punto B [Kg]

$W$  = Carga distribuida [Kg/m]

$Q$  = Carga de manifold [Kg]

$L$  = Longitud (m)

$M$  = Momento [Kg.m]

**Cálculo de las reacciones**

$$\Sigma M_A = 0 \quad (1)$$

$$(600 \text{ kg})(2,5 \text{ m}) - R_b(5 \text{ m}) = 0$$

$$R_b = \frac{(1500 \text{ kg} \cdot \text{m})}{5 \text{ m}}$$

$$R_b = 300 \text{ kg}$$

$$\Sigma F_Y = 0 \quad (2)$$

$$R_a - Q + R_b = 0$$

$$R_a = 600 \text{ kg} - 300 \text{ kg}$$

$$R_a = 300 \text{ kg}$$

Según (Budynas & Nisbett, 2008), pág. 996; plantea la fórmula para el cálculo de momento, la cual es la siguiente:

$$M = \frac{Wx}{2} (l - x) \quad (3)$$

Según el (Caminos, 2009), pág. 5: para el cálculo del valor de X, propone la siguiente fórmula:

$$x = \frac{L}{2} = \frac{5 \text{ m}}{2} = 2,5 \text{ m}$$

$$M = \frac{(120 \frac{\text{kg}}{\text{m}})(2,5 \text{ m})}{2} (5 \text{ m} - 2,5 \text{ m})$$

$$M = 375 \text{ kg. m}$$

$$M = 375 \text{ kg. m} \left| \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} \right|$$

$$M = 3678 \text{ Nm}$$

Donde:

$\sigma_f$  = Esfuerzo flexión [N/m<sup>2</sup>]

M = Momento máximo de la viga [N.m]

S<sub>req</sub> = Módulo de sección del material [m<sup>3</sup>]

n = Factor de seguridad, según (Cano, Factor de seguridad y esfuerzo de diseño permisible, S/A), pág. 1: para el factor de seguridad dependiendo de las circunstancias los valores oscilan de 1.0 hasta 10.

S<sub>y</sub> = Esfuerzo fluencia [MPA]

$$\sigma_f = \frac{M}{S_{req}} \quad (4)$$

$$S_{req} = \frac{M}{\sigma_f}$$

$$\sigma_f = \frac{S_y}{n} \quad (5)$$

$$\sigma_f = \frac{250 \text{ MPA}}{1,5}$$

$$\sigma_f = 166,66 \text{ MPA}$$

$$S_{req} = \frac{M}{\sigma_f}$$

$$S_{req} = \frac{3678 \text{ N.m}}{166,66 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S_{req} = 2,21 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \left| \frac{100^3 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} \right|$$

$S_{req} = 22,06 \text{ cm}^3 \rightarrow$  Con el valor obtenido se establece que, se utilizará un acero de perfil rectangular cuyo módulo supere al calculado. En este caso refiriéndose a la tabla de aceros IPAC el módulo de resistencia para el diseño es de  $22,85 \text{ cm}^3$  con las siguientes dimensiones:  $50 \times 90 \times 4 \text{ mm}$ . (Anexo 8)

Con las dimensiones del material  $50 \times 90 \times 4 \text{ mm}$ ., obtenidas en tabla se calcula lo siguiente:

### Cálculo de la deformación

Dónde:

**Y = Deformación**

**Q = Carga de la viga [N]**

**L = Longitud de la viga [m]**

**E = Módulo de elasticidad [N/m<sup>2</sup>] = 207 x 10<sup>9</sup> N/m<sup>2</sup>**

**I = Inercia [m<sup>4</sup>] = 1,028 x 10<sup>-6</sup> m<sup>4</sup>**

**q = Carga de manifold [kg/m]**

### Cálculo de la deformación

Según (Budynas & Nisbett, 2008), pág. 996.

$$Y_{\text{máx}} = - \frac{5WL^4}{384EI} \quad (6)$$

$$Y = - \frac{(5) \left(-120 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}\right) (5 \text{ m})^4}{384 \left(207 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) (1,028 \times 10^{-6} \text{ m}^4)} \left(\frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}}\right)$$

$$Y = 0,045 \text{ m}$$

$$Y = 45,02 \text{ mm}$$

Según (Mott, 2009), pág. 476.

$$\frac{Y_{\text{máx}}}{L} \quad (7)$$

$$\frac{Y_{\text{máx}}}{L} = 0,009$$

Este valor se encuentra dentro del intervalo de flexiones aceptables para la parte general del diseño, sin embargo se requiere una mayor precisión y es necesario un momento de inercia I, más elevado. Por otra parte el autor (Mott, 2009), propone la modificación para obtener una mejor precisión y rediseño.

En la longitud se coloca la mitad del valor propuesto, es decir; 2500 mm y en la flexión el valor de 45,02 mm a 1/8 del diseño (5,62 mm), se verifica la relación y se obtiene:

$$\frac{5,62 \text{ mm}}{2500 \text{ mm}} = 0,0025$$

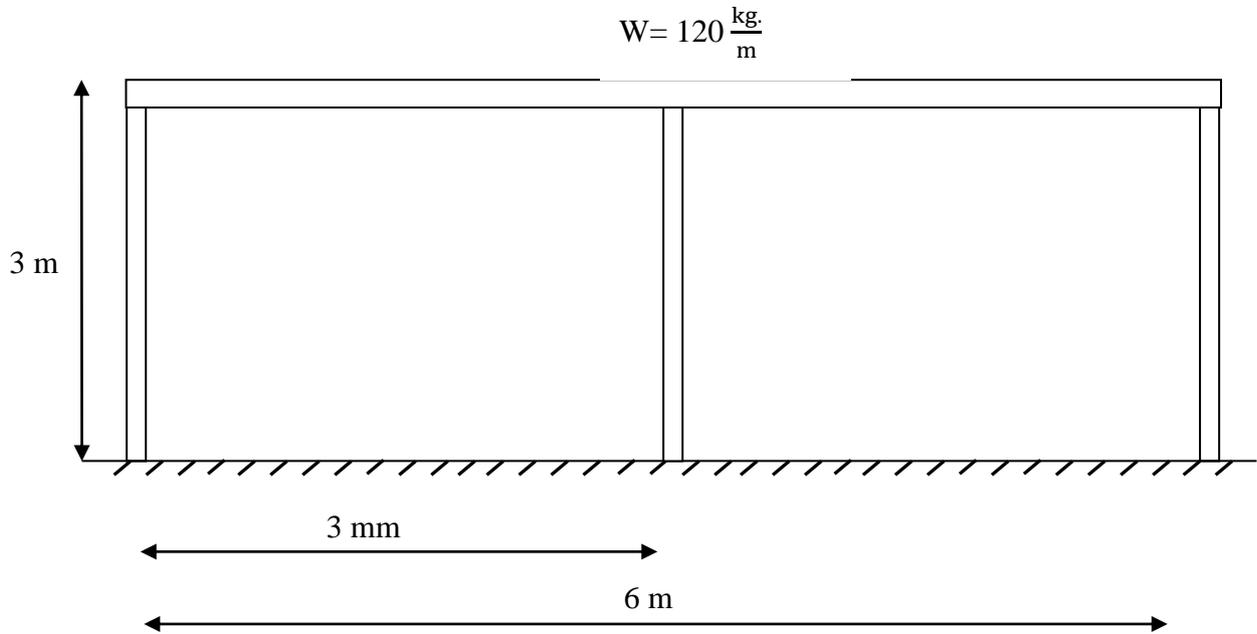
Este valor sitúa al diseño dentro del intervalo de precisión moderada más deseable.

El cálculo realizado en función del  $S_{req} = 22,06\text{cm}^3$  y con el material utilizado presenta una deformación mínima de 0,009.

**Para la colocación del manifold se sugiere tomar en cuenta la adaptación de la viga corrediza según la tabla en el anexo donde indica la carga que soporta el sistema.**

## Diseño de larguero: Selección de material

Peso manifold =  $120 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

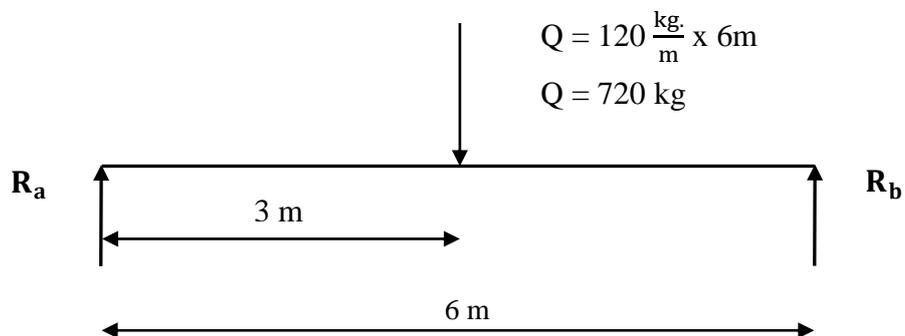


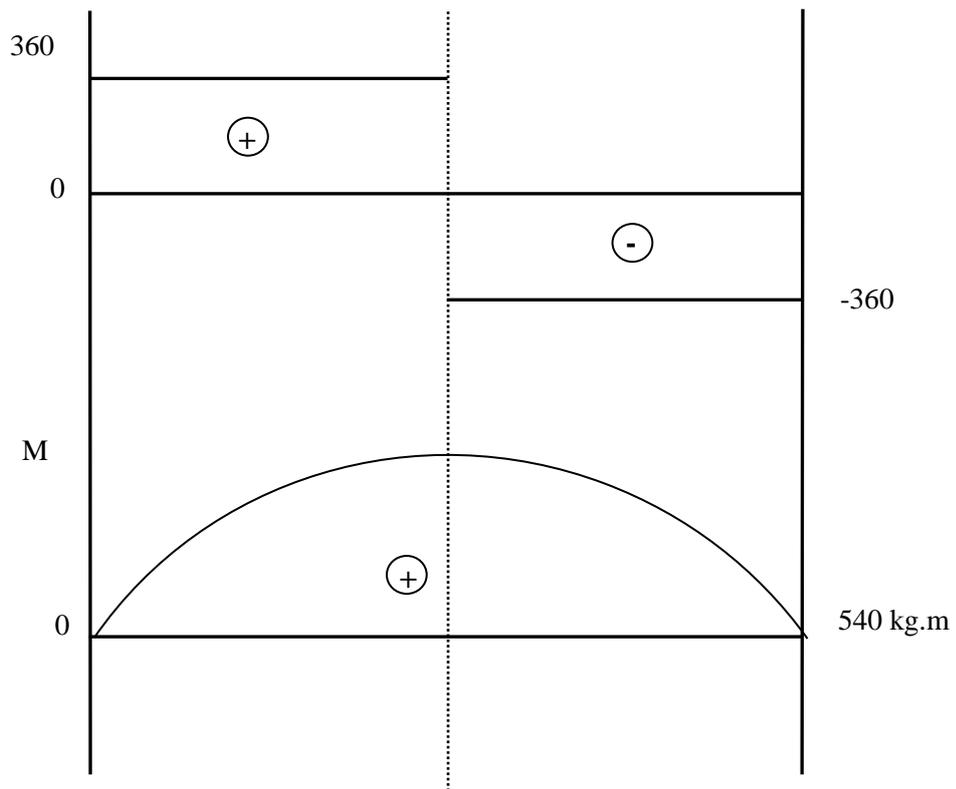
**Figura 31** Cálculo de soporte superior

**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

**D.C.L**





**Donde:**

$R_a$  = Reacción en el punto A [Kg]

$R_b$  = Reacción en el punto B [Kg]

$W$  = Carga distribuida [Kg/m]

$Q$  = Carga de manifold [Kg]

$L$  = Longitud (m)

$M$  = Momento [Kg.m]

**Cálculo de las reacciones**

$$\Sigma M_A = 0 \quad (8)$$

$$(720 \text{ kg})(3 \text{ m}) - R_b(6 \text{ m}) = 0$$

$$R_b = \frac{(2160 \text{ kg. m})}{6 \text{ m}}$$

$$R_b = 360 \text{ kg}$$

$$\Sigma F_Y = 0 \quad (9)$$

$$R_a - Q + R_b = 0$$

$$R_a = 720 \text{ kg} - 360 \text{ kg}$$

$$R_a = 360 \text{ kg}$$

Según (Budynas & Nisbett, 2008), pág. 996; plantea la fórmula para el cálculo de momento, la cual es la siguiente:

$$M = \frac{Wx}{2} (l - x) \quad (10)$$

Según el (Caminos, 2009), pág. 5: para el cálculo del valor de X, propone la siguiente fórmula:

$$x = \frac{L}{2} = \frac{6 \text{ m}}{2} = 3 \text{ m}$$

$$M = \frac{(120 \frac{\text{kg}}{\text{m}})(3 \text{ m})}{2} (6 \text{ m} - 3 \text{ m})$$

$$M = 540 \text{ kg. m}$$

$$M = 540 \text{ kg. m} \left| \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} \right|$$

$$M = 5297 \text{ Nm}$$

Donde:

$\sigma_f$  = Esfuerzo flexión [N/m<sup>2</sup>]

M = Momento máximo de la viga [N.m]

S<sub>req</sub> = Módulo de sección del material [m<sup>3</sup>]

n = Factor de seguridad, según (Cano, Factor de seguridad y esfuerzo de diseño permisible, S/A), pág. 1: para el factor de seguridad dependiendo de las circunstancias los valores oscilan de 1.0 hasta 10.

S<sub>y</sub> = Esfuerzo fluencia [MPA]

$$\sigma_f = \frac{M}{S_{req}} \quad (11)$$

$$S_{req} = \frac{M}{\sigma_f}$$

$$\sigma_f = \frac{S_y}{n} \quad (12)$$

$$\sigma_f = \frac{250 \text{ MPA}}{1,5}$$

$$\sigma_f = 166,66 \text{ MPA}$$

$$S_{req} = \frac{M}{\sigma_f}$$

$$S_{req} = \frac{5297 \text{ N.m}}{166,66 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S_{req} = 3,17 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \left| \frac{100^3 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} \right|$$

$S_{req} = 31,78 \text{ cm}^3 \rightarrow$  Con el valor obtenido se establece que, se utilizará un acero de perfil rectangular cuyo módulo supere al calculado. En este caso refiriéndose a la tabla de aceros IPAC el módulo de resistencia para el diseño es de  $33,88 \text{ cm}^3$  con las siguientes dimensiones:  $50 \times 150 \times 2,5$  mm. (Anexo 8)

Con las dimensiones del material  $50 \times 150 \times 2,5$  mm., obtenidas en tabla se calcula lo siguiente:

### Cálculo de la deformación

Dónde:

**Y = Deformación**

**Q = Carga de la viga [N]**

**L = Longitud de la viga [m]**

**E = Módulo de elasticidad [N/m<sup>2</sup>] = 207 x 10<sup>9</sup> N/m<sup>2</sup>**

**I = Inercia [m<sup>4</sup>] = 2,54 x 10<sup>-6</sup> m<sup>4</sup>**

**q = Carga de manifold [kg/m]**

### Cálculo de la deformación

Según (Budynas & Nisbett, 2008), pág. 996.

$$Y_{\text{máx}} = - \frac{5WL^4}{384EI} \quad (13)$$

$$Y_{\text{máx}} = - \frac{5WL^4}{384EI};$$

$$Y = - \frac{(5) \left(-120 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}\right) (6 \text{ m})^4}{384 \left(207 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) (2,54 \times 10^{-6} \text{ m}^4)} \left(\frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}}\right)$$

$$Y = 0,037 \text{ m}$$

$$Y = 37,78 \text{ mm}$$

Según (Mott, 2009), pág. 476.

$$\frac{Y_{\text{máx}}}{L} \quad (14)$$

$$\frac{Y_{\text{máx}}}{L} = \frac{37,78 \text{ mm}}{6000 \text{ mm}}$$

$$\frac{Y_{\text{máx}}}{L} = 0,006$$

Este valor se encuentra dentro del intervalo de flexiones aceptables para la parte general del diseño, sin embargo se requiere una mayor precisión y es necesario un momento de inercia I, más elevado. Por otra parte el autor (Mott, 2009), propone la modificación para obtener una mejor precisión y rediseño.

En la longitud se coloca la mitad del valor propuesto, es decir; 3000 mm y en la flexión el valor de 37,78 mm a 1/8 del diseño (4,72 mm), se verifica la relación y se obtiene:

$$\frac{4,72 \text{ mm}}{3000 \text{ mm}} = 0,0015$$

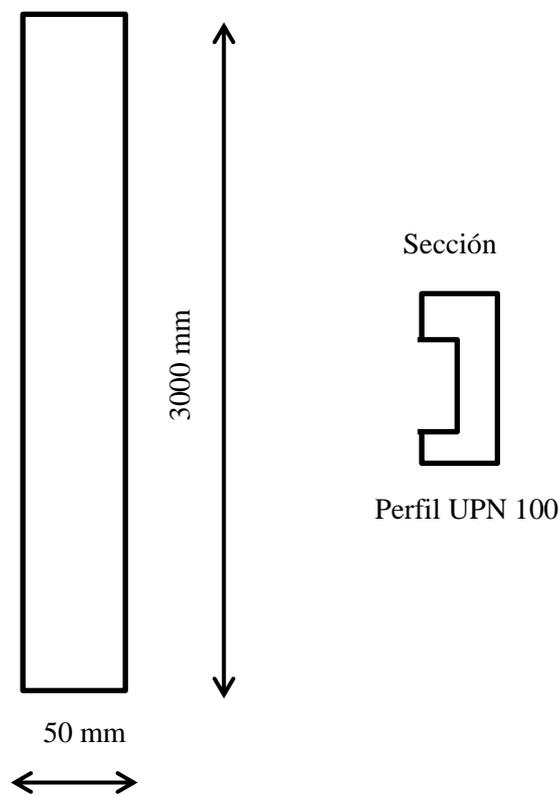
Este valor sitúa al diseño dentro del intervalo de precisión moderada más deseable.

El cálculo realizado en función del  $S_{\text{req}} = 31,78 \text{ cm}^3$  y con el material utilizado presenta una deformación mínima de 0,006.

## Cálculo de las columnas

Las columnas son elementos que sostienen al resto de componentes y permiten mantener un buen funcionamiento todas las partes que intervienen en el cálculo.

Según (McCormac & Csernak, 2012), para el cálculo de la columna propone el siguiente análisis.

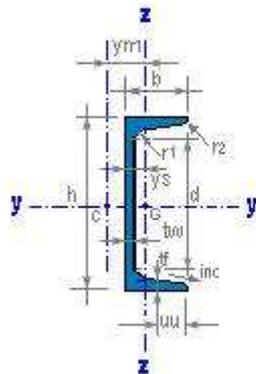


**Figura 32** Columna perfil UPN 100

**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

## UPN 100



$h = 100 \text{ mm}$	$r2 = 4.5 \text{ mm}$
$tf = 8.5 \text{ mm}$	$b = 50 \text{ mm}$
$r1 = 8.5 \text{ mm}$	$d = 64.0 \text{ mm}$
$tw = 6.0 \text{ mm}$	

$A = 13.5 \text{ cm}^2$	$M = 10.6 \text{ kg/m}$
$Iy = 206.0 \text{ cm}^4$	$Iz = 29.3 \text{ cm}^4$
$Wy = 41.2 \text{ cm}^3$	$Wz = 8.5 \text{ cm}^3$
$Wply = 49.0 \text{ cm}^3$	$Wplz = 16.2 \text{ cm}^3$
$iy = 3.91 \text{ cm}$	$iz = 1.47 \text{ cm}$
$It = 2.81 \text{ cm}^4$	$Iw = 410 \text{ cm}^6$
$AG = 35.10 \text{ m}^2/\text{t}$	$AL = 0.372 \text{ m}^2/\text{m}$
$Avz = 6.46 \text{ cm}^2$	
$ys = 1.55 \text{ cm}$	$ym = 2.93 \text{ cm}$

**Figura 33** Perfil UPN 100

**Fuente:** (merle, 2017)

**Elaborado por:** Hierros merle

### Cálculo de los extremos fijos

$$I_x = 0,5 \times L \quad (15)$$

$$I_x = 0,5 \times 3000 \text{ mm}$$

$$I_x = 1500 \text{ mm}$$

$$I_x = 150 \text{ cm}$$

Cálculo del coeficiente de pandeo

$$e = \lambda = \frac{L}{r} \quad (16)$$

$$\lambda = \frac{150 \text{ cm}}{1,47}$$

$$\lambda = 102,04$$

Con el valor de 102, 04 corresponde un coeficiente de pandeo de  $w = 1,95$ : según tabla.

Tipo del acero	Coeficiente $\lambda$ de pandeo función de la esbeltez $\lambda = h_x/i$										
	$\lambda$	$\lambda +$									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A37	20	1.01	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.03	1.03	1.03
	30	1.03	1.04	1.04	1.04	1.05	1.05	1.05	1.06	1.06	1.06
	40	1.07	1.07	1.08	1.08	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10	1.11
	50	1.12	1.12	1.13	1.14	1.14	1.15	1.16	1.17	1.17	1.18
	60	1.19	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24	1.25	1.26	1.28	1.29
	70	1.30	1.31	1.33	1.34	1.36	1.37	1.39	1.40	1.42	1.44
	80	1.45	1.47	1.49	1.51	1.53	1.55	1.57	1.59	1.61	1.63
	90	1.65	1.67	1.70	1.72	1.74	1.77	1.79	1.82	1.84	1.87
	100	1.89	1.92	1.95	1.97	2.00	2.03	2.06	2.09	2.12	2.15
	110	2.18	2.21	2.24	2.27	2.30	2.33	2.37	2.40	2.43	2.47
	120	2.50	2.53	2.57	2.60	2.64	2.68	2.71	2.75	2.78	2.82
	130	2.86	2.90	2.94	2.97	3.01	3.05	3.09	3.13	3.17	3.21
140	3.25	3.29	3.33	3.38	3.42	3.46	3.50	3.55	3.59	3.63	

**Figura 34** Coeficiente de pandeo del acero

**Fuente:** (decreto, 1996)

**Elaborado por:** Ministerio de obras públicas, transporte y medio ambiente

### Cálculo de la carga crítica

$$P_{cr} = \frac{(S_y) \times (A_{bruta})}{1 + \frac{(L^2) \times (A)}{(\lambda)^2 \times (I_{yy})}} \quad (17)$$

Se toma el material del acero cuyo  $S_y = 2600 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

$$P_{cr} = \frac{(2500) \times (13,5)}{1 + \frac{(150^2) \times (13,5)}{(102,04)^2 \times (29,3)}}$$

$$P_{cr} = 17588 \text{ kg}$$

Por lo tanto, el trabajo que realiza la carga crítica es:

$$\sigma_t = \frac{P_{cr}}{A} \quad (18)$$

$$\sigma_t = \frac{P_{cr}}{A}$$

$$\sigma_t = \frac{17588}{13,5}$$

$$\sigma_t = 1302,8 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\therefore \sigma_t < S_y$$

$$1302,8 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} < 2600 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad (\text{OK})$$

En consecuencia

$$n = \frac{S_y}{\sigma_t} \quad (19)$$

$$n = \frac{2600}{1302,8}$$

$$n = 1,99 \quad (\text{OK})$$

Cálculo real de la carga que soporta la columna

$$P_{real} = \frac{P_{cr}}{n} \quad (20)$$

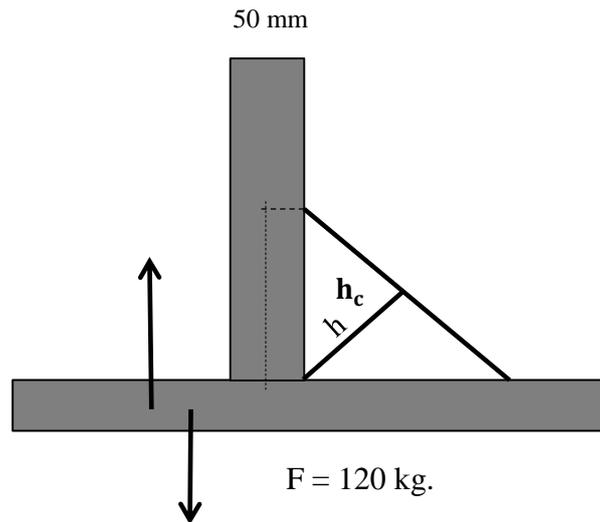
$$P_{real} = \frac{17588}{1,99}$$

$$P_{real} = 8838,19 \text{ kg}$$

En conclusión la carga es mayor que la carga de trabajo.

$$8838,19 > 720 \text{ kg}$$

### Cálculo de la soldadura



**Figura 35** Cálculo de la soldadura

**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

#### Datos:

$$F = 120 \text{ kg}$$

$$h_c = 8 \text{ mm}$$

$$l = 50 \text{ mm}$$

$$Q = 120 \text{ kg} \times \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}}$$

$$Q = 1177,2 \text{ N}$$

### **Esfuerzo Principal**

$$\sigma_1 = 1,168 \frac{F}{h_c l} \quad (21)$$

$$\sigma_1 = 1,168 \times \frac{120 \text{ kg}}{(8 \text{ mm})(50 \text{ mm})}$$

$$\sigma_1 = 0,350 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

### **Esfuerzo Cortante máximo**

$$\tau_{\text{MÁX}} = 1,18 \frac{F}{h_c l} \quad (22)$$

$$\tau_{\text{MÁX}} = 1,18 \times \frac{120 \text{ kg}}{(8 \text{ mm})(50 \text{ mm})}$$

$$\tau_{\text{MÁX}} = 0,354 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

### **Esfuerzo medio**

$$\tau = 1,414 \frac{F}{h_c l} \quad (23)$$

$$\tau = 1,414 \times \frac{120 \text{ kg}}{(8 \text{ mm})(50 \text{ mm})}$$

$$\tau = 0,424 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

### **Tensión de la garganta**

$$\sigma_x = \frac{F}{A} = \frac{F}{0,707 h_c l} \quad (24)$$

$$\sigma_x = \frac{120 \text{ kg}}{0,707 (8 \text{ mm})(50 \text{ mm})}$$

$$\sigma_x = 0,424 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

### **Esfuerzo cortante**

$$\tau = \sigma_x \cos 45^\circ = \frac{F}{h_c l} \quad (25)$$

$$\tau = \frac{120 \text{ kg}}{(8 \text{ mm})(50 \text{ mm})}$$

$$\tau = 0,3 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

### **Esfuerzo normal**

$$\sigma = \sigma_x \cos 45^\circ = \frac{F}{h_c l} \quad (26)$$

$$\sigma = 0,3 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Con el cálculo de la soldadura se determina que: los esfuerzos y las tensiones en el material del tubo rectangular resisten la soldadura.

### **Corrección en el medio de transmisión**

Con las medidas adoptadas el trabajador estará con las extremidades superiores debajo de los hombros que es lo apropiado, bajando el índice de 43 que es un nivel alto en el método OCRA, el cual se presenta en la actividad de cerrar o abrir las válvulas de los cilindros de alta presión.

Los movimientos repetitivos que realizan los operadores en la actividad de conectar la válvula del cilindro con el chicote y ocasiona dolores en brazos, manos, muñecas y por ende se propone utilizar un acople de conexión rápida que facilitara la maniobra y reducirá los problemas ergonómicos presentados en la tarea. (Anexo 9)

Las posturas forzadas que se evaluaron indicaron que no son las correctas, con el diseño planteado se va a mejorar la ergonomía del puesto de trabajo y las actividades de llenado de cilindro de alta presión.

### **Corrección en el trabajador**

Realizar un procedimiento de trabajo donde se establezca parámetros de tiempos y movimientos para mejorar la eficiencia del operador al realizar la actividad de llenado.

Plantear un diagrama de procesos estableciendo la mejor ruta para el llenado de cilindros de alta presión.

Para el levantamiento de cargas se lo mejorará con el coche transportador (Anexo 10) el cual no va a provocar esfuerzos forzosos al ingresar de un lugar a otro los cilindros de alta presión, sino disminuirá los problemas musculoesqueléticos de los operadores del área de llenado.

Mejorar la actividad de trabajo tanto productivamente como ergonómicamente, reduciendo los movimientos repetitivos que los operadores tienen al abrir o cerrar la válvula de cilindros de alta presión. (Anexo 11)

Implementar conectores rápidos que facilitarán la actividad de llenado de cilindros y no provocarán daños ergonómicos en los operadores del área de llenado.

Al momento que se pretenda llenar cilindros con alturas elevadas, es decir que sobrepase los 1,60 metros; se colocará una plataforma liviana de madera para que soporte el peso del operador, logrando así cumplir con la actividad y no realice movimientos forzosos los cuales fueron evidenciados al aplicar el método ergonómico OCRA.

## **Complemento**

Para complementar la propuesta se realizará las siguientes actividades:

- Dotar de equipo de protección (EPP).
- Realizar la señalética en el área aplicando la normativa vigente.
- Capacitar a los operadores sobre temas de ergonomía, levantamiento de cargas, estrés laboral, fatiga.
- Realizar la validación del manifold y tubería de alta presión con la finalidad de mantener seguros a los operadores del área de llenado.
- Comprometer a los operadores de llenado a realizar revisiones de las válvulas de los cilindros CGA 540 con la finalidad de evitar tener una válvula en malas condiciones.
- Dar mantenimiento de los cilindros tales como: pintura, prueba hidrostática, mantenimiento preventivo de la válvula.
- Realizar un plan de mantenimiento de la nueva estación de trabajo para lograr ampliar la vida útil de la estructura de trabajo.
- El conector rápido de válvulas debe contar con mantenimiento de rines, roscas, manija.
- Al momento de colocar la viga rectangular en la columna de perfil UNO 100 ó tubo de perfil cuadrado, se sujetará con una viga corrediza (Anexo 12) de tubo rectangular la misma que sirve para movilizar el manifold de un lado a otro.

## Análisis financiero

La Evaluación Financiera dentro de un proyecto procura demostrar que las inversiones que se va generar sean rentables y no generan algún tipo de riesgo para la empresa.

En la siguiente tabla se indica el cuadro de inversiones proyectado para dos años.

Cuadro de inversiones				
Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	
ESTRUCTURA METÁLICA	\$ 1.691,96	\$ 845,98	\$ 845,98	
MANIFOLD	\$ 6.713,20	\$ 3.356,60	\$ 3.356,60	
COSTO DE DISEÑO	\$ 1.000,00	\$ 500,00	\$ 500,00	
INSTALACIÓN MANO DE OBRA	\$ 2.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	
<b>TOTAL INVERSIONES</b>	<b>\$ 11.405,16</b>	<b>\$ 5.702,58</b>	<b>\$ 5.702,58</b>	

**Figura 36** Cuadro de inversiones

**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

INFORMACIÓN GENERAL	
Horizonte de evaluación (meses)	18
Costo materia prima	\$ 12,13
Producción en tanques al mes	1920
Producción año 2 y mes	2560
PVP ponderado	\$ 27,36
Impuestos	20%
Préstamo	\$ 5.000,00
Plazo (años)	2
Tasa	11,83%

**Figura 37** Información general

**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

ANÁLISIS DEL VALOR PRESENTE Y TASA INTERNA DE RETORNO				
TASA DE DESCUENTO		11,83%		
FLUJO DE CAJA			CALCULO DEL VALOR PRESENTE	
MES		Flujo de caja neto	MES	Valor Presente (VP)
0	\$	(37.992,18)	0	(\$ 37.992,18)
1	\$	9.355,24	1	\$ 8.365,59
2	\$	25.030,25	2	\$ 20.014,68
3	\$	25.030,25	3	\$ 17.897,41
4	\$	25.030,25	4	\$ 16.004,13
5	\$	25.030,25	5	\$ 14.311,12
6	\$	25.030,25	6	\$ 12.797,21
7	\$	25.030,25	7	\$ 11.443,45
8	\$	25.030,25	8	\$ 16.004,13
9	\$	25.030,25	9	\$ 10.232,90
10	\$	25.030,25	10	\$ 10.232,90
11	\$	25.030,25	11	\$ 10.232,90
12	\$	25.030,25	12	\$ 10.232,90
13	\$	25.030,25	13	\$ 10.232,90
14	\$	25.030,25	14	\$ 10.232,90
15	\$	25.030,25	15	\$ 10.232,90
16	\$	25.030,25	16	\$ 10.232,90
17	\$	25.030,25	17	\$ 10.232,90
18	\$	64.083,05	18	\$ 26.198,51
VALOR ACTUAL NETO (VAN)			\$ 34.517,35	
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)			42,33%	

**Figura 38** Análisis del valor presente y tasa interna de retorno

**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** Hernán Chiguano

En conclusión: el valor de VAN es positivo, por lo tanto el proyecto es factible, mientras que el valor del TIR da como resultado una tasa de interés superior a la tasa de interés del préstamo lo cual indica que el proyecto es viable y se lo puede realizar.

## Conclusiones

- El rediseño del puesto de trabajo en el área de llenado busca sacar provecho en tiempos, procesos, seguridad y salud de las personas que realizan las diferentes actividades de llenado.
- Con el cálculo de los materiales se determinó las reacciones, la carga, inercia y la deformación que el material presenta para el diseño de la estación de trabajo adoptando todos los puntos críticos de ergonomía previstos en el área de llenado.
- La nueva estación de trabajo, reducirá los problemas de ergonomía que tienen los operadores de llenado. Con el acople rápido propuesto los operadores de llenado dejarán de tener movimientos repetitivos. Al hacer uso del coche de cilindros planteado los operadores reducirán los dolores musculares, al contrario mejorará la productividad de tiempo de llenado de cilindros.

## Recomendaciones

- Una vez implementada la propuesta del rediseño se debe evaluar aspectos importantes como: productividad, seguridad, salud y métodos ergonómicos enfocados a disminuir los problemas de trastornos musculoesqueléticos de los operadores de llenado.
- Implementar el rediseño a la brevedad posible para evitar problemas ergonómicos, ausentismos, lesiones musculoesqueléticas en las personas del área de llenado de cilindros de alta presión.
- Es importante realizar semestralmente un checklist del sistema de manifold, para aumentar la vida útil de todos los componentes que intervienen en el llenado de cilindros de alta presión.

## MATERIAL DE REFERENCIA

### Referencias bibliografía

- Aparicio Ortuñez, A. (2004). Identificación y actuación frente a los riesgos laborales del trabajo repetitivo.
- Arias, R. (2012). La estabilidad laboral. Correo legal, legislación al día, 2.
- Asfahl, R., & W. Rieske, D. (2010). Seguridad industrial y administración de la salud. México: Pearson Educación.
- ASM. (2015). El catálogo de los gabinetes. 20.
- Berkowitz, R. (2011). El bienestar mental es de todos. El colectivo del bienestar mental del condado de rice, (pág. 12).
- Budynas, R., & Nisbett, K. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Camino, U. (2009). Prontuario básico de estructuras simples. 30.
- Cano, L. (s.f.). Factor de seguridad y esfuerzo de diseño permisible, esfuerzo y trabajo. 4.
- Cano, L. (S/A). Factor de seguridad y esfuerzo de diseño permisible. 3.
- Chiavenato, I. (2008). Gestión del talento humano. México: Elsevier.
- Cumbria Bienestar. (2 de Diciembre de 2013). Cumbria Bienestar. Recuperado el 09 de 01 de 2017, de <http://www.cumbriabienestar.es/el-bienestar-social/>
- decreto, R. (18 de ENERO de 1996). Normas Básicas de la edificación NBE-EA-95. Obtenido de [http://normativaconstruccion.cype.info/1\\_02\\_a/pagina117.html?1123](http://normativaconstruccion.cype.info/1_02_a/pagina117.html?1123)
- García Criollo, R. (2008). Estudio del trabajo. Mc Graw Hill.
- Gómez, D. (2011). Manual básico en salud, seguridad y medio ambiente de trabajo. Comisión permanente de procesos y condicione de estudio, trabajo y medio ambiente laboral.
- Herrera Castellanos, D. (2011). Fórmula para cálculo de la muestra poblaciones finitas. 2.

- Kanawaty, G. (1996). Introducción al estudio del trabajo. Oficina Internacional de trabajo Ginebra.
- Mager Stellman, J. (1998). Enciclopedia de seguridad y salud en el trabajo. Madrid: OIT.
- McAtamney, L., & Corlett, E. (1993). Rapid Upper Limb Assessment. Applied Ergonomics. Inglaterra.
- McCormac, J., & Csernak, S. (2012). Diseño de estructuras de acero. México: Alfaomega.
- Medina Chamorro, J., Soriano Serrano, M., & Olivares Díaz, I. (2009). Manual para el profesor de seguridad y salud en el trabajo. Barcelona: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Melgar López, P. (17 de Septiembre de 2015). Estadística. Recuperado el 14 de 02 de 2017, de [http://muestreo-pamela-506.blogspot.com/2015\\_09\\_01\\_archive.html](http://muestreo-pamela-506.blogspot.com/2015_09_01_archive.html)
- merle, H. (2017). Hierros merle. Recuperado el 13 de 03 de 2017, de <http://merle.es/perfiles-ipn-ipe-upn-hea-heb/>
- Minaya Lozano, G., & Llorca Rubio, J. (2013). Manual práctico para la evaluación del riesgo ergonómico. Valencia: INVASSAT.
- Mondelo, P., Gregori, E., Blasco, J., & Barrau, P. (1998). Diseño de puestos de trabajo. Barcelona: UPC.
- Mott, R. (2009). Resistencia de Materiales. México: Pearson Education.
- Nieves, F. (2007). Psicoestadística II. 9.
- Occhipinti, & Colombini. (1998). Occupational Repetitive Action.
- OIT, G. (27 de Abril de 2016). Salud y Seguridad en el Trabajo, Fuentes de información OIT. Obtenido de [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/--americas/---ro-lima/documents/publication/wcms\\_180285.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/--americas/---ro-lima/documents/publication/wcms_180285.pdf)
- Perez Garcia, A. (12 de 2012). Bienestarsocial. Recuperado el 31 de 01 de 2017, de <https://losteletabies.wordpress.com/significado/>
- Quiloango Farinango, Y. (Julio de 2014). La estabilidad laboral en el Ecuador, situación actual del trabajador en base a nuestra Constitución de la República y el Código de Trabajo. Quito.

Sanz Lubeiro, M. (2010). Manual de trastornos musculoesqueléticos. Gráficas Santa María.

Sémper Chávez, J. (Marzo de 2016). Implementación de medidas ergonómicas para prevención y control de lesiones músculo-esqueléticas en personal administrativo del Colegio Alemán de Quito. Quito.

Vergara Alcívar, M. (2014). Formulario de Vigas. 16.

Wolfgang, L., & Joachím, V. (1992). Ergonomía. Berlin: Koln.

**ANEXOS**  
**PLANOS DE DISEÑO**















## **ANEXOS GENERALES**

# ANEXO 1

## Formulario de Aviso de accidente de trabajo

 <b>INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL</b> <b>SEGURO GENERAL DE RIESGOS DEL TRABAJO</b>	<b>FORMULARIO DE AVISO DE ACCIDENTE DE TRABAJO</b>	<b>EXPEDIENTE No.</b> 1230-_____

### I. DATOS GENERALES

#### 1. Identificación General de la Empresa

Razón Social (\*) \_\_\_\_\_ RUC (\*) \_\_\_\_\_  
 Actividad Económica Principal (\*) \_\_\_\_\_ No. Patronal: \_\_\_\_\_  
 Dirección (\*) \_\_\_\_\_ Referencia (\*) \_\_\_\_\_  
(Calle Principal) (Número) (Calle Secundaria)  
 Provincia (\*) \_\_\_\_\_ Ciudad (\*) \_\_\_\_\_ Sector (\*) \_\_\_\_\_  
 Teléfono 1 (\*) \_\_\_\_\_ Teléfono 2: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_ Email: \_\_\_\_\_  
 Nombre del Representante Legal (\*) \_\_\_\_\_ No. Trabajadores (\*) Administrativos Operativos:  
 Número de sucursales que posee: \_\_\_\_\_

#### 2. Identificación de la persona accidentada

Apellidos (\*) \_\_\_\_\_ Nombres (\*) \_\_\_\_\_  
 Cédula/Doc. Identificación (\*) \_\_\_\_\_ Fecha de Nacimiento (\*) \_\_\_\_\_ (dd/mm/aaaa) Edad (\*) \_\_\_\_\_ Género:  M  F  
 Estado Civil (\*)  Soltero  Casado  Viudo  Divorciado  Unión Libre ¿Pertenece al grupo vulnerable? (\*)  Sí  No  
 Dirección (\*) \_\_\_\_\_ Referencia (\*) \_\_\_\_\_  
(Calle Principal) (Número) (Calle Secundaria)  
 Provincia (\*) \_\_\_\_\_ Ciudad (\*) \_\_\_\_\_ Sector (\*) \_\_\_\_\_  
 Teléfono 2: \_\_\_\_\_  
 Escolaridad (\*)  Ninguna  Bachillerato  Superior  Básica  Cuarto Nivel Profesión (\*) \_\_\_\_\_ Horario Regular de Trabajo (\*) \_\_\_\_\_  
De: (8:24-m) A: (14:00-m)  
 Ocupación (\*) \_\_\_\_\_  
 Tiempo en el puesto de trabajo (\*)  0-6 meses  7-11 meses  1-2 años  3-5 años  6-10 años  11-15 años  más de 15 años

### II. DETALLES DEL ACCIDENTE

#### 3. Información del accidente

Día de la Semana (\*) \_\_\_\_\_ Fecha del Accidente (\*) \_\_\_\_\_ (dd/mm/aaaa) (\*)  Fallecimiento  Incapacidad  
 Lugar del Accidente (\*)  En el centro o lugar de trabajo habitual  En otro centro o lugar de trabajo  En comisión de servicios  
 En desplazamiento en su jornada laboral  Al ir o volver del trabajo en itinere  
 Dirección (\*) \_\_\_\_\_ Referencia (\*) \_\_\_\_\_  
(Calle Principal) (Número) (Calle Secundaria)  
 Provincia (\*) \_\_\_\_\_ Ciudad (\*) \_\_\_\_\_ Sector (\*) \_\_\_\_\_  
 Hora (\*) \_\_\_\_\_ (HH:MM)

#### 4. Descripción y circunstancias del accidente

Describir qué hacía el trabajador y cómo se lesionó (\*) (Describir la actividad que desarrollaba al momento del accidente, los herramientas, equipos y/o materiales que utilizaba)

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

¿Era su trabajo habitual? (\*)  Sí  No ¿Ha sido accidente de tránsito? (\*)  Sí  No

Partes lesionadas del cuerpo (\*) \_\_\_\_\_

Persona que lo atendió inmediatamente (\*) \_\_\_\_\_

El accidentado fue trasladado a (\*) \_\_\_\_\_

#### 5. Información de testigos

##### Testigo 1

Apellidos: \_\_\_\_\_ Nombres: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_  
 Dirección Domiciliaria: \_\_\_\_\_

##### Testigo 2

Apellidos: \_\_\_\_\_ Nombres: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_  
 Dirección Domiciliaria: \_\_\_\_\_

### III. CERTIFICACIONES

\_\_\_\_\_  
 Firma y Sello del Patrono Nombre: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 Firma del Denunciante Nombre: \_\_\_\_\_  
 No. Cédula: \_\_\_\_\_

### ZONA DE USO EXCLUSIVO DEL IESS

Lugar y Fecha de Recepción: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 Firma y sello del funcionario

#### IV. INFORME MÉDICO INICIAL

##### 6. Datos que debe llenar el médico que atendió al accidentado

(En caso de no poder llenar esta sección, debe presentar el certificado y/o informes médicos originales, arriados y firmados por el médico o casa de salud donde fue atendido el accidentado)

Lugar de atención: \_\_\_\_\_ Fecha de atención: \_\_\_\_\_ (dd/mm/aaaa) Hora: \_\_\_\_\_ (HH:MM)

Presenta síntomas de: Intoxicación por alcohol:   
 Intoxicación por otras drogas:

Otros datos: Hubo riña:   
 Hay sospecha de simulación:

Descripción de lesiones:

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Unidad médica que informa:

Fecha que emite el informe: \_\_\_\_\_ (dd/mm/aaaa) Nombre del Facultativo: \_\_\_\_\_  
 No. Cédula: \_\_\_\_\_  
 No. Código médico: \_\_\_\_\_

Firma y Sello

#### V. INFORME DE MEDICINA DEL SEGURO DE RIESGOS DEL TRABAJO

##### Naturaleza de la lesión:

- |   |                                |                                  |   |   |
|---|--------------------------------|----------------------------------|---|---|
| 10. Fracturas   | 20. Luxaciones                 | 25. Torceduras y Esguinces       | 30. Conmociones y Traumatismos Internos | 40. Amputaciones y Enucleaciones            |
| 41. Otras Heridas   | 50. Traumatismos Superficiales | 55. Contusiones y Aplastamientos | 60. Quemaduras                          | 70. Envenenamientos agudos e intoxicaciones |
| 80. Efectos del tiempo de la exposición al frío, a los elementos y de otros estados de conexión | 81. Asfixia                    | 82. Efectos de la Electricidad   | 90. Lesiones Múltiples                  |   |
| 83. Efectos de las Radiaciones  | 90. Hemias                     |                                  |   |   |

##### Parte del cuerpo afectada:

- |                      |              |                         |                         |
|----------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|
| 1. CABEZA            | 2. CUELLO    | 4. MIEMBRO SUPERIOR D I | 5. MIEMBRO INFERIOR D I |
| 1.1. Región craneana | 3. TRONCO    | 4.1. Hombro             | 5.1. Cadera             |
| 1.2. Ojo D I         | 3.1. Espalda | 4.2. Brazo              | 5.2. Muslo              |
| 1.3. Oreja D I       | 3.2. Tórax   | 4.3. Codo               | 5.3. Rodilla            |
| 1.4. Boca            | 3.3. Abdomen | 4.4. Antebrazo          | 5.4. Pierna             |
| 1.5. Nariz           | 3.4. Pelvis  | 4.5. Muñeca             | 5.5. Tobillo            |
| 1.6. Cara            |              | 4.6. Mano               | 5.6. Pie                |
|                      |              | 4.7. Dedos              | 5.7. Dedos              |

6. UBICACIONES MÚLTIPLES

7. LESIONES GENERALES

Las lesiones descritas provocan: Incapacidad Temporal  Trámite a seguir: Subsidio   
 Incapacidad Permanente  CVI   
 Se evaluará al alta  Archivo

Las lesiones que presenta el afiliado (S/N) tienen relación directa con el accidente.  
 Las lesiones que presenta el accidentado (S/N) lo incapacitan para ejecutar su trabajo.  
 El accidentado tenía los defectos físicos o funcionales, que a continuación se indican, antes de ocurrir el accidente:

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Observaciones:

Lugar y Fecha de valoración:

Nombre del Médico del SGRT:

No. Cédula:

Firma y sello

NOTA: Los campos especificados con (\*) deben llenarse de forma obligatoria.

## ANEXO 2

### Formulario de Aviso de enfermedad profesional

	<b>INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL</b> <b>SEGURO GENERAL DE RIESGOS DEL TRABAJO</b>	<b>FORMULARIO DE AVISO DE ENFERMEDAD PROFESIONAL</b>	<b>EXPEDIENTE No.</b> 1230-_____
<b>I. DATOS GENERALES</b>			
<b>1. Identificación General de la Empresa</b>			
Razón Social (*)		RUC (*)	
Actividad Económica Principal (*)		No. Patronal:	
Dirección (*)			
Provincia (*)	<small>(Calle Principal)</small>	<small>(Número)</small>	<small>(Calle Secundaria)</small>
	Ciudad (*)	Sector (*)	
Teléfono 1 (*)	Teléfono 2:	Fax:	Email:
Nombre del Representante Legal (*)		No. Trabajadores (*)	Administrativos:      Operativos:
Dirección del centro de trabajo habitual del afiliado (*)			
<small>(Provincia, Ciudad, Sector, Calle Principal, Número, Calle Secundaria)</small>			
<b>2. Identificación del afiliado</b>			
Apellidos (*)		Nombres (*)	
Cédula/Doc. Identificación (*)	Fecha de Nacimiento (*)	<small>(Identificación)</small>	Edad:      Género: <input type="radio"/> M <input type="radio"/> F
Estado Civil: <input type="radio"/> Soltero <input type="radio"/> Casado <input type="radio"/> Viudo <input type="radio"/> Divorciado <input type="radio"/>	Unión Libre		
Dirección (*)			
Provincia (*)	<small>(Calle Principal)</small>	<small>(Número)</small>	<small>(Calle Secundaria)</small>
	Ciudad (*)	Sector (*)	
Teléfono 1 (*)	Teléfono 2:	Edad en la que empezó a trabajar (*)	
Escolaridad (*)	<input type="radio"/> Ninguna <input type="radio"/> Básica <input type="radio"/> Bachillerato <input type="radio"/> Superior <input type="radio"/> Cuarto Nivel	Horario Regular (*)	
Profesión/Oficio (*)	Ocupación (*)	Tiempo en el puesto de trabajo (*)	
<input type="radio"/> 0 – 6 meses <input type="radio"/> 7 – 11 meses <input type="radio"/> 1 – 2 años <input type="radio"/> 3 – 5 años <input type="radio"/> 6 – 10 años <input type="radio"/> 11 – 15 años <input type="radio"/> más de 15 años			
<b>II. HISTORIA OCUPACIONAL</b>			
<b>3. Ocupaciones anteriores</b>			
A. Razón Social (*)		Actividad Económica (*)	
Actividad que realizaba (*)		Tiempo que laboró aquí (*)	
B. Razón Social (*)		Actividad Económica (*)	
Actividad que realizaba (*)		Tiempo que laboró aquí (*)	
C. Razón Social (*)		Actividad Económica (*)	
Actividad que realizaba (*)		Tiempo que laboró aquí (*)	
<b>III. DATOS DE LA ENFERMEDAD</b>			
Enfermedad Profesional que reporta (*)			
Descripción de labores/agentes que se consideran causantes de la presente enfermedad:			
Tiempo de exposición (*)      (meses)			
<b>IV. CERTIFICACIONES</b>			
_____ Firma y Sello del Patrono		_____ Firma del Denunciante	
Nombre:		Nombre:	
Cédula:		Cédula:	
<b>ZONA DE USO EXCLUSIVO DEL IEES</b>			
_____ Lugar y Fecha de Recepción:		_____ Firma y sello del funcionario	
<small>ISSS-Form 001</small>	<small>Rev. 02</small>	<small>Fecha Vig. 01/01/2011</small>	<small>Página 1/1</small>

**V. INFORME MÉDICO INICIAL**

**Datos que debe llenar el médico que atendió al afiliado**

*(En caso de no poder llenar esta sección, debe presentar el certificado y/o informes médicos originales, sellados y firmados por el médico o caso de salud en donde fue atendido.)*

Lugar de atención: \_\_\_\_\_ Fecha de atención: \_\_\_\_\_ (dd/mm/aaaa)

Descripción de la enfermedad actual: (Características, evolución, diagnóstico)


Antecedentes patológicos generales:


Antecedentes patológicos correlacionados con la enfermedad actual:


Unidad médica que informa:

Fecha que emite el informe: \_\_\_\_\_ (dd/mm/aaaa)

Nombre del Facultativo: \_\_\_\_\_

No. Cédula: \_\_\_\_\_

No. Código médico: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Firma y Sello

**NOTA:** Los campos especificados con (\*) deben llenarse de forma obligatoria.

## ANEXO 3

### Método ergonómico OCRA

Con el método ergonómico OCRA se analizó los movimientos repetitivos en el puesto de trabajo.





## Aplicación para la evaluación del riesgo por trabajo repetitivo

OCRACheckINSHT v.1.2

15 de noviembre de 2012

**Nota:** Escribir únicamente en los recuadros de color azul 

**Instrucciones:** Cumplimentar los datos de las 6 hojas en orden secuencial. En la hoja "7. Resultados" se muestran los parámetros intermedios y el nivel de riesgo obtenido. Esta última hoja permite "copiar y pegar" a cualquier documento para la elaboración de un informe.

Esta aplicación ha sido desarrollada a partir de los criterios y el diseño realizados por:

**cenea**  
centro de ergonomía aplicada

Enrique Álvarez-Casado, Aquiles Hernández-Soto y Sorvia Tello  
Centro de Ergonomía Aplicada.



Daniela Colombini, Enrico Occhipinti, Marco Certai y Marco Piaci  
Unità di Ricerca Ergonomia della Postura e del Movimento

Silvia Nogareda  
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Según las recomendaciones contenidas en las normas UNE 1005-5 e ISO 11228-3.

Checklist OCRA

Ficha 1

Empresa: ENOX S.A. Fecha: 05/01/2017

Sección: PRODUCCIÓN Puesto: OPERADOR DE LLENADO

Descripción: El operador realiza movimientos repetitivos al abrir o cerrar las válvulas de los cilindros de alta presión

Datos organizativos

Descripción		Minutos
Duración del turno (min)	Oficial	430
	Efectivo	300
Pausas (min) <small>(Considerar la suma total de minutos de pausa sin considerar comida)</small>	De contrato	180
	Efectivo	120
Pausa para comer (min) <small>(Solo si está considerado dentro de la duración del turno)</small>	Oficial	60
	Efectivo	30
Tiempo total de trabajo no repetitivo (min) <small>(P. ej. Impreso, abastecimiento y control visual)</small>	Oficial	180
	Efectivo	120
Tiempo neto de trabajo repetitivo (min)		30
Nº de ciclos o unidades por turno	Programados	30
	Efectivos	25
Tiempo neto del ciclo (seg.)		36
Tiempo del ciclo observado ó periodo de observación (seg.)		15
Tiempo neto de trabajo repetitivo según observado (min)		6,25
Tiempo de insaturación del turno que necesita justificación	Diferencia (%)	58%
	Minutos	30

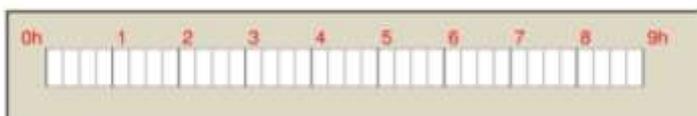
Factor Duración: 0,5

Escribir X donde corresponda

**Régimen de pausas**

- Existe una interrupción de al menos 8/10 minutos cada hora (incluyendo pausa para comer); o bien, el tiempo de recuperación está dentro del ciclo.
- Existen dos interrupciones en la mañana y dos por la tarde (más una pausa para comer) de una duración mínima de 8 – 10 minutos en el turno de 7 – 8 horas, ó como mínimo 4 interrupciones además de la pausa para comer, ó 4 interrupciones de 8 – 10 minutos en el turno de 6 horas.
- Existen 2 pausas de una duración mínima de 8 – 10 minutos cada una en el turno de 6 horas (sin pausa para comer); o bien, 3 pausas más una pausa para comer en el turno de 7 – 8 horas.
- Existen 2 interrupciones (más una pausa para comer) de una duración mínima de 8 – 10 minutos en el turno de 7 – 8 horas (o 3 pausas pero ninguna para comer); o bien, en el turno de 6 horas, una pausa de al menos 8-10 minutos.
- En el turno de 7 horas, sin pausa para comer, existe sólo una pausa de al menos 10 minutos; o bien, en el turno de 8 horas existe una única pausa para comer, la cuál no cuenta como horas de trabajo.
- No existen pausas reales, excepto algunos minutos (menos de 5) en el turno de 7 – 8 horas.

A modo descriptivo, se puede señalar la distribución de pausas en la jornada:



Factor Recuperación:

**Frecuencia de acciones técnicas dinámicas y estáticas**

	Dch.	Izd.
Número de acciones técnicas contenidas en el ciclo:	50	75
Frecuencia (acciones/min):	83	125
¿Existe la posibilidad de realizar breves interrupciones?	Si	Si

Existe X donde corresponde

Dch.	Izd.	Acciones técnicas dinámicas
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Los movimientos de los brazos son lentos con posibilidad de frecuentes interrupciones (20 acciones/minuto).
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los movimientos de los brazos no son demasiado rápidos (30 acciones/minuto ó una acción cada 2 segundos), con posibilidad de breves interrupciones.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los movimientos de los brazos son bastante rápidos (cerca de 40 acciones/min.) pero con posibilidad de breves interrupciones.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los movimientos de los brazos son bastante rápidos (cerca de 40 acciones/min.) la posibilidad de interrupciones es más escasa e irregular.
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Los movimientos de los brazos son rápidos y constantes (cerca de 50 acciones/min.)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los movimientos de los brazos son muy rápidos y constantes (60 acciones/min.)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Frecuencia muy alta (70 acciones/min. o más)

Dch.	Izd.	Acciones técnicas estáticas
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Un objeto es mantenido en presa estática por una duración de al menos 5 seg. consecutivos y esta acción dura 2/3 del tiempo ciclo o del periodo de observación.
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Un objeto es mantenido en presa estática por una duración de al menos 5 seg. consecutivos y esta acción dura TODO el tiempo ciclo o el periodo de observación.

	Dch.	Izd.
<b>Factor Frecuencia:</b>	<b>1,0</b>	<b>5,0</b>

Escala X donde corresponde

**Aplicación de fuerza**

Escala Y donde corresponde

La actividad laboral implica el uso de fuerza MUY INTENSA (Puntuación 9 de la escala de Borg)

Para:

- Tirar o empujar palancas.
- Cerrar o abrir.
- Presionar o manipular componentes.
- Utilizar herramientas.
- Usar el peso del cuerpo para obtener fuerza necesaria.
- Manipular componentes para levantar objetos.

Dch.	Izd.	(Duración total de labores)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 segundos cada 10 minutos
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1 % del tiempo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5 % del tiempo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Más del 10% del tiempo (?)

La actividad laboral implica el uso de FUERZA INTENSA (Puntuación 5-6-7 de la escala de Borg)

Para:

- Tirar o empujar palancas.
- Pulsar botones.
- Cerrar o abrir.
- Manipular o presionar objetos.
- Utilizar herramientas.
- Manipular componentes para levantar objetos.

Dch.	Izd.	(Duración total de labores)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 segundos cada 10 minutos
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1 % del tiempo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5 % del tiempo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Más del 10% del tiempo (?)

La actividad laboral implica el uso de fuerza MODERADA (Puntuación 3-4 en la escala de Borg)

Para:

- Tirar o empujar palancas.
- Pulsar botones.
- Cerrar o abrir.
- Manipular o presionar objetos.
- Utilizar herramientas.
- Manipular componentes para levantar objetos.

Dch.	Izd.	(Duración total de labores)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1/3 del tiempo
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Aprox. La mitad del tiempo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Más de la mitad del tiempo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Casi todo el tiempo

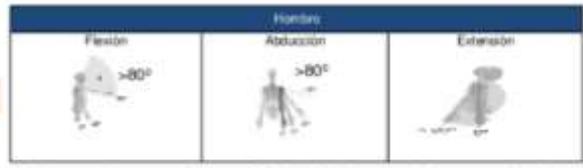
Factor Fuerza: Dch. **24** Izd. **24**

**Posturas forzadas**

Este X indica frecuencia

Dch. Izd.

<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



El/los brazos no descansan sobre la superficie de trabajo sino que están ligeramente elevados durante algo más de la mitad del tiempo.  
 Los brazos se mantienen sin apoyo casi a la altura del hombro (o en otra postura extrema) por casi un 10% del tiempo.  
 Los brazos se mantienen sin apoyo casi a la altura del hombro (o en otra postura extrema) por casi 1/3 del tiempo.  
 Los brazos se mantienen sin apoyo casi a la altura del hombro (o en otra postura extrema) por más de la mitad del tiempo.  
 Los brazos se mantienen sin apoyo casi a la altura del hombro (o en otra postura extrema) por casi todo el tiempo.

Adicionalmente, las manos operan por encima de la cabeza por más del 50% del tiempo.

Dch. Izd.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



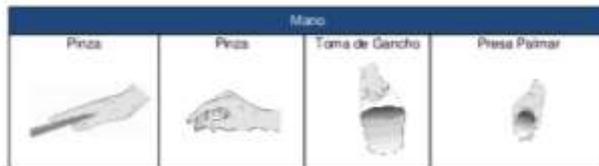
El codo debe realizar amplios movimientos de flexo-extensión o pronosupinación, movimientos bruscos cerca de 1/3 del tiempo.  
 El codo debe realizar amplios movimientos de flexo-extensión o pronosupinación, movimientos repetitivos por más de la mitad del tiempo.  
 El codo debe realizar amplios movimientos de flexo-extensión o pronosupinación, movimientos repetitivos por casi todo el tiempo.

Dch. Izd.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



La muñeca debe doblarse en una posición extrema o adoptar posturas molestas (amplias flexiones, extensiones o desviaciones laterales) por lo menos 1/3 del tiempo.  
 La muñeca debe doblarse en una posición extrema o adoptar posturas molestas por más de la mitad del tiempo.  
 La muñeca debe doblarse en una posición extrema por casi todo el tiempo.



Dch. Izd.

Por cada 1/3 del tiempo.

Más de la mitad del tiempo.

Casi todo el tiempo.

Dch. Izd.

Con los dedos juntos (precisión)

Con la mano casi completamente abierta (presa palmar)

Con los dedos en forma de gancho.

Con otros tipos de toma o agarre similares a los indicados anteriormente.

#### Esteriotipo

Dch. Izd.

Presencia del movimiento del hombro y/o codo y/o muñeca y/o mano idénticos, repetidos por **más de la mitad del tiempo** (o tiempo de ciclo entre 8 y 15 segundos en que prevalecen las acciones litoricas, incluso distintas entre ellas, de los miembros superiores).

Presencia del movimiento del hombro y/o codo y/o muñeca y/o mano idénticos, repetidos **casi todo el tiempo** (o tiempo de ciclo inferior a 8 segundos en que prevalecen las acciones litoricas, incluso distintas entre ellas, de los miembros superiores).

Factor Postura: Dch.  Izd.

**Factores de riesgo complementarios**

Escriba X donde corresponda

Dch. Izd.

**Factores físico-mecánicos**

Se emplean por más de la mitad del tiempo guantes inadecuados para la tarea, (incómodos, demasiado gruesos, talla incorrecta).

Presencia de movimientos repentinos, bruscos con frecuencia de 2 o más por minuto.

Presencia de impactos repetidos (uso de las manos para dar golpes) con frecuencia de al menos 10 veces por hora.

Contacto con superficies frías (inferior a 0 grados) o desarrollo de labores en cámaras frigoríficas por más de la mitad del tiempo.

Se emplean herramientas vibratorias por al menos un tercio del tiempo. Atribuir un valor de 4 en caso de uso de instrumentos con elevado contenido de vibración (ej. Martillo neumático).

Se emplean herramientas que provocan compresión sobre las estructuras musculosas y tendinosas (verificar la presencia de enrojecimiento, callos, heridas, etc. Sobre la piel).

Se realizan tareas de precisión durante más de la mitad del tiempo (tareas en áreas menores a 2 o 3mm) que requieren distancia visual de acercamiento.

Existen más factores adicionales al mismo tiempo que ocupan más de la mitad del tiempo.

Existen uno o más factores complementarios que ocupan casi todo el tiempo.

Dch. Izd.

**Factores socio-organizativos**

El ritmo de trabajo está determinado por la máquina, pero existen "espacios de recuperación" por lo que el ritmo puede acelerarse o desacelerar.

El ritmo de trabajo está completamente determinado por la máquina.

Factor Complementario: Dch.  Izd.

Empresa: ENOX S.A.

Fecha: 23/01/2017

Sección: PRODUCCIÓN

Puesto: OPERADOR DE LLENADO

Descripción: El operador realiza movimientos repetitivos al abrir o cerrar las válvulas de los cilindros de alta presión.

## Factores de riesgo por trabajo repetitivo

	Del.	Ind.
Tiempo de recuperación insuficiente:	2	2
Frecuencia de movimientos:	1	5
Aplicación de fuerza:	24	24
Hombros:	48	48
Codo:	8	8
Muñeca:	8	8
Mano-dedo:	8	8
Españo:	3	3
Posturas forzadas:	51	51
Factores de riesgo complementarios:	2	4
Factor Duración:	0,5	0,5

## Índice de riesgo y valoración

	Del.	Ind.
Índice de riesgo:	40	43

No aceptable. Nivel alto

No aceptable. Nivel alto

## Escala de valoración del riesgo:

Checklist
HASTA 7,5
7,6 - 11
11,1 - 14
14,1 - 22,5
≥ 22,5

Color
Verde
Amarillo
Naranja
Rojo oscuro
Rojo claro
Púrpura

Nivel de riesgo
Aceptable
Muy leve o incierto
No aceptable. Nivel leve
No aceptable. Nivel medio
No aceptable. Nivel alto

## ANEXO 4

### Método ergonómico INSHT

Con el método ergonómico INSHT se verifico si existe levantamiento de cargas.



## Aplicación para la evaluación del riesgo por levantamiento de cargas

ILsimpleINSHT v.1.0

14 de noviembre de 2010

**Nota:** Escribir únicamente en los recuadros de color azul



**Instrucciones:** Complimentar los datos de la hoja "1.Factores". En la hoja "2. Resultados" se muestran los parámetros intermedios y el nivel de riesgo obtenido. Esta última hoja permite imprimir y "copiar y pegar" a cualquier documento para la elaboración de un informe.

Esta aplicación ha sido desarrollada a partir de los criterios y el diseño realizados por:

**cenea** Enrique Alvarez-Casado, Aquiles Hernandez-Soto y Sonia Tello  
centro de ergonomía aplicada Centro de Ergonomía Aplicada.

Silvia Nogareda  
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

según las recomendaciones contenidas en la GT MMC INSHT y las normas UNE 1005-2 e ISO 11228-1.

Empresa:  Fecha:

Sección:  Puesto:

Descripción:

#### Población laboral a proteger

Seleccione todos aquellos grupos de población laboral que se deba proteger al realizar esta tarea:

- Mujeres entre 18 y 45 años
- Hombres entre 18 y 45 años
- Mujeres menores de 18 años y/o mayores de 45 años
- Hombres menores de 18 años y/o mayores de 45 años

Masa de referencia (M.ref):

#### Características de la carga

Masa real de la carga levantada:  Kg.

Masa efectiva levantada:   
*Peso excesivo*

Tipo de agarre que permite la carga:

- Bueno 
- Regular 
- Malo 

Factor de calidad de agarre (CM):

### Requerimientos posturales del levantamiento

Altura del agarre al inicio del levantamiento:  cm.  
 Factor de distancia vertical (VM):

Altura del agarre al final del levantamiento:  cm.  
 Factor de desplazamiento vertical (DM):

Distancia horizontal máxima entre el punto de agarre y el cuerpo:  cm.  
 Factor de distancia horizontal (HM):

Asimetría o dislocación angular del tronco al levantar la carga:  grados  
 Factor de asimetría (AM):

### Técnica utilizada

¿Se levanta la carga sujetándola con una o dos manos?   
Factor uso de 1 extremidad (OM):

### Datos organizacionales

¿Se realiza siempre el levantamiento de la carga entre 2 personas?   
Factor 2 personas (PM):

Frecuencia de levantamientos por minuto:  lev/min.  
Duración continua de la tarea de levantamiento:  min.  
Factor frecuencia y duración (FM):

Empresa: ENOX S.A.

Fecha: 23-01-2017

Sección: PRODUCCIÓN

Puesto: OPERADOR DE LLENADO

Descripción: El operador de llenado realiza la actividad de levantar los cilindros de alta presión con ays.

Masa efectiva levantada: 60,00

Peso excesivo

**Factores de riesgo por levantamiento de cargas**

Masa de referencia (M.ref): 25

Factor de calidad de agarre (CM): 1,00

Factor de distancia vertical (VM): 0,96

Factor de desplazamiento vertical (DM): 0,97

Factor de distancia horizontal (HM): 0,63

Factor de asimetría (AM): 1,00

Factor uso de 1 extremidad (OM): 1,00

Factor 2 personas (PM): 1,00

Factor frecuencia y duración (FM): 1,00

Masa límite recomendada: 14,67 Kg.

**Índice de riesgo y valoración**

$$\text{Índice de riesgo (IL): } \frac{\text{Masa levantada}}{\text{Masa recomendada}} = 4,1$$

Totalmente inaceptable.

Escala de valoración del riesgo:

Índice de riesgo	Color	Nivel de riesgo
Hasta 0,85	Verde	Aceptable
0,85 < LI ≤ 1	Amarillo	Muy leve o incierto
1 < LI ≤ 2	Peso suave	Presente. Nivel bajo.
2 < LI ≤ 3	Peso medio	Presente. Nivel significativo.
LI > 3	Peso pesado	Totalmente inaceptable.

## ANEXO 5

### Método ergonómico RULA

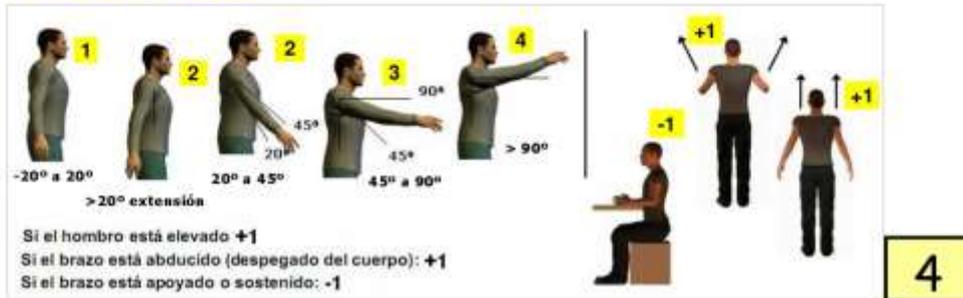
Con el método ergonómico RULA se verifico la existencia de posturas inadecuadas al realizar la actividad de llenado de cilindros de alta presión.



## MÉTODO R.U.L.A (HOJA DE DATOS):

### A. Análisis de brazo, antebrazo y muñeca

#### Puntuación del brazo:



#### Puntuación del antebrazo:



#### Puntuación de la muñeca:



**Puntuación giro de muñeca:**

Si la muñeca está en el rango medio de giro: **1**  
Si la muñeca está girada próxima al rango final de giro: **2**



**1**

**Puntuación del tipo de actividad muscular (Grupo A):**

Actividad dinámica (ocasional, poco frecuente y de corta duración): **0**  
Si la postura es principalmente estática (p.e. agarres superiores a 1 min.) ó si sucede repetidamente la acción (4 veces/min. ó más): **1**

**0**

**Puntuación de carga / fuerza (Grupo A):**

No resistencia o Carga o fuerza menor de 2 Kg. y se realiza intermitentemente: **0**  
entre 2 y 10 Kg. y se levanta intermitente: **1**  
entre 2 y 10 Kg. y es estática o repetitiva / o más de 10 Kg. intermitente: **2**  
más de 10 Kg. estática o repetitiva / o golpes o fuerzas bruscas o repentinas : **3**

**0**

**B. Análisis de cuello, tronco y pierna**

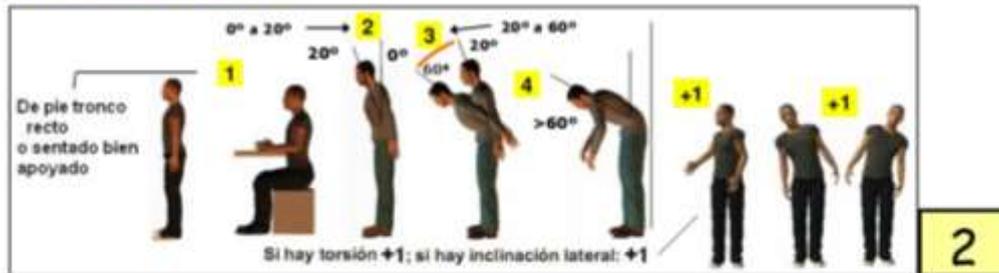
**Puntuación del cuello:**



**+1** cuello rotado  
**+1** inclinación lateral

**4**

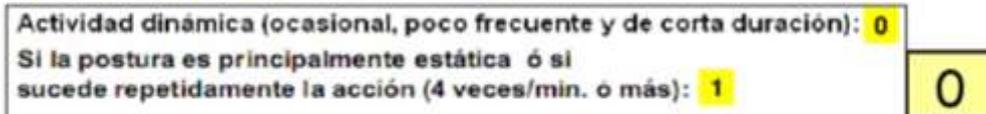
**Puntuación del tronco:**



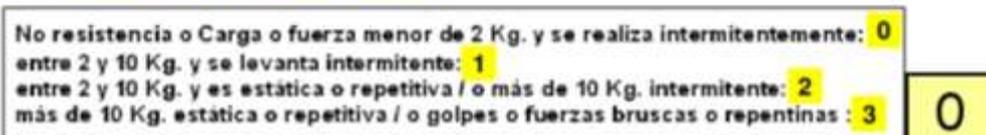
**Puntuación de las piernas:**



**Puntuación del tipo de actividad muscular (Grupo B):**



**Puntuación de carga / fuerza (Grupo B):**



**RESUMEN DE DATOS:**

**Grupo A: análisis de brazo, antebrazo y muñeca:**

Puntuación del brazo <sup>(1-6)</sup> :	<b>4</b>
Puntuación del antebrazo <sup>(1-3)</sup> :	<b>2</b>
Puntuación de la muñeca <sup>(1-4)</sup> :	<b>3</b>
Puntuación giro de muñeca <sup>(1-3)</sup> :	<b>1</b>
Puntuación del tipo de actividad muscular (Grupo A) <sup>(0-1)</sup> :	<b>0</b>
Puntuación de carga / fuerza (Grupo A) <sup>(0-3)</sup> :	<b>0</b>

**Grupo B: análisis de cuello, tronco y piernas:**

Puntuación del cuello <sup>(1-6)</sup> :	<b>4</b>
Puntuación del tronco <sup>(1-6)</sup> :	<b>2</b>
Puntuación de piernas <sup>(1-2)</sup> :	<b>1</b>
Puntuación del tipo de actividad muscular (Grupo B) <sup>(0-1)</sup> :	<b>0</b>
Puntuación de carga / fuerza (Grupo B) <sup>(0-3)</sup> :	<b>0</b>

**NIVELES DE RIESGO Y ACTUACIÓN:**

**Puntuación final RULA <sup>(1-7)</sup>: 5**

**Nivel de riesgo <sup>(1-4)</sup>: 3**

**Actuación:** Es necesario realizar un estudio en profundidad y corregir la postura lo antes posible.

## ANEXO 6

### Método ergonómico REBA

Con el método ergonómico REBA, se verifico la existencia de posturas forzadas al momento de mover los cilindros de alta presión.



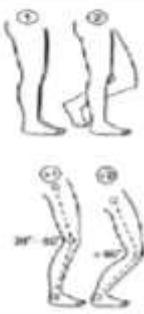
## MÉTODO R.E.B.A. (HOJA DE DATOS):

### Grupo A: Análisis de cuello, piernas y tronco

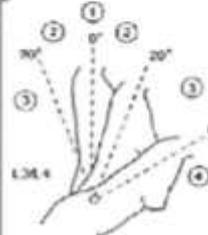
#### CUELLO

Movimiento	Puntuación	Corrección		1
0°-20° flexión	1	Añadir + 1 si hay torsión o inclinación lateral		
>20° flexión o en extensión	2			

#### PIERNAS

Movimiento	Puntuación	Corrección		2
Soporte bilateral, andando o sentado	1	Añadir + 1 si hay flexión de rodillas entre 30° y 60°		
Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2	Añadir + 2 si las rodillas están flexionadas + de 60° (salvo postura sedente)		

#### TRONCO

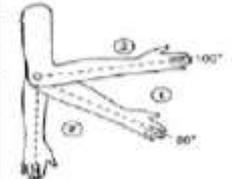
Movimiento	Puntuación	Corrección		2
Erguido	1	Añadir + 1 si hay torsión o inclinación lateral		
0°-20° flexión 0°-20° extensión	2			
20°-60° flexión >20° extensión	3			
> 60° flexión	4			

#### CARGA / FUERZA

0	1	2	+ 1	2
< 5 Kg.	5 a 10 Kg.	> 10 Kg.	Instauración rápida o brusca	

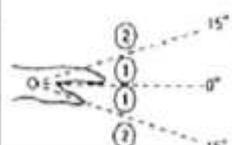
**Grupo B: Análisis de brazos, antebrazos y muñecas**

**ANTEBRAZOS**

Movimiento	Puntuación	
60°-100° flexión	1	
flexión < 60° o > 100°	2	

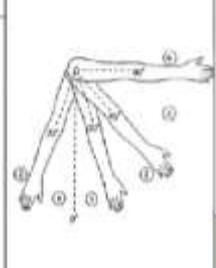
**2**

**MUÑECAS**

Movimiento	Puntuación	Corrección	
0°-15° flexión/ extensión	1	Añadir + 1 si hay torsión o desviación lateral	
>15° flexión/ extensión	2		

**1**

**BRAZOS**

Posición	Puntuación	Corrección	
0°-20° flexión/ extensión	1	Añadir: + 1 si hay abducción o rotación. + 1 si hay elevación del hombro. -1 si hay apoyo o postura a favor de la gravedad.	
>20° extensión	2		
flexión 20°-45°	2		
flexión 45°-90°	3		
>90° flexión	4		

**4**

**AGARRE**

0 - Bueno	1-Regular	2-Malo	3-Inaceptable
Buen agarre y fuerza de agarre	Agarre aceptable	Agarre posible pero no aceptable	Incómodo, sin agarre manual/Inaceptable usando otras partes del cuerpo

**3**

**ACTIVIDAD MUSCULAR**

¿Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ej. aguantadas más de 1 min. (S/N)?	<b>n</b>
--	----------

¿Existen movimientos repetitivos, por ej. repetición superior a 4 veces/min. (S/N)?	<b>S</b>
---	----------

¿Se producen cambios posturales importantes o se adoptan posturas inestables (S/N)?	<b>S</b>
---	----------

**RESUMEN DE DATOS:**

**Grupo A: Análisis de cuello, piernas y tronco**

PUNTUACIÓN CUELLO <sup>(1-2)</sup> :	1
PUNTUACIÓN PIERNAS <sup>(1-4)</sup> :	2
PUNTUACIÓN TRONCO <sup>(1-4)</sup> :	2
PUNTUACIÓN CARGA/FUERZA <sup>(0-3)</sup> :	2

**Grupo B: Análisis de brazos, antebrazos y muñecas**

PUNTUACIÓN ANTEBRAZOS <sup>(1-2)</sup> :	2
PUNTUACIÓN MUÑECAS <sup>(1-2)</sup> :	1
PUNTUACIÓN BRAZOS <sup>(1-4)</sup> :	4
PUNTUACIÓN AGARRE <sup>(0-3)</sup> :	3

**Actividad muscular:**

No hay partes del cuerpo estáticas

Existen movimientos repetitivos

Se producen cambios posturales importantes o posturas inestables

**NIVELES DE RIESGO Y ACCIÓN:**

Puntuación final REBA <sup>(1-10)</sup>	10
Nivel de acción <sup>(0-6)</sup>	3
Nivel de riesgo	Alto
Actuación	Es necesaria la actuación cuanto antes

## ANEXO 7

### Tabla del Chi - Cuadrado

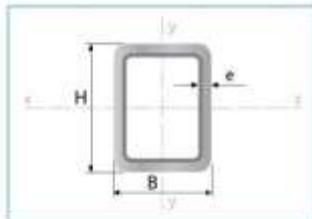
P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1484	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8733	0,7003	0,5707	0,4540
2	13,8159	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8226	1,5770	1,3863
3	16,2660	14,3302	12,8381	11,3449	9,3484	7,8797	6,2514	5,3170	4,6416	4,1002	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7784	6,7489	5,9886	5,3853	4,8764	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1132	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3512
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5381	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0120	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3854	7,8061	7,3832	6,8880	6,3458
8	26,1339	23,7742	21,8549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0361	10,2189	9,5245	8,9694	8,5007	7,9327	7,3641
9	27,8787	25,4625	23,3993	21,6669	19,0128	16,9190	14,6337	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0860	9,6136	8,9632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,0181	23,2993	20,4832	18,3079	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7867	11,0971	10,4732	9,8922	9,3410
11	31,2635	28,7191	26,7369	24,9750	21,9309	19,6752	17,2759	15,7671	14,6314	13,7987	12,8887	12,1856	11,5288	10,9199	10,3410
12	32,9093	30,2882	28,3697	26,7179	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8230	29,9193	27,6982	24,7336	22,3620	19,8119	18,2020	16,9646	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3390
14	36,1139	33,3262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4862	18,1888	17,1169	16,2221	15,4289	14,8823	13,9861	13,3393
15	37,6978	34,8094	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6039	19,3187	18,2451	17,3317	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2718	36,2735	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4178	17,5646	16,7796	16,0425	15,3385
17	40,7913	37,7462	35,7184	33,4087	30,1918	27,6871	24,7980	22,9779	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,2519	39,2238	37,1564	34,8052	31,5264	28,9693	25,9894	24,1555	22,7393	21,6640	20,6814	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,6594	40,6947	38,5821	36,1988	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9984	22,7378	21,6893	20,7638	19,9182	19,1869	18,3376
20	45,0142	42,1558	39,9969	37,5863	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,3163	43,5749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8878	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	47,5676	44,9541	42,7957	40,2894	36,7807	33,9248	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0387	22,1663	21,3370
23	48,7726	46,2931	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,6336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1322	29,5233	28,2412	27,0960	26,0625	25,1864	24,2837	23,3367
25	52,6187	49,9351	46,8389	44,3149	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0113	50,8291	48,2099	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4291	31,7646	30,4346	29,2463	28,1730	27,1780	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2132	49,6430	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9137	31,5284	30,3193	29,2366	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4609	41,3372	37,9189	35,7189	34,0266	32,6268	31,3989	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,2686	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1384	33,7199	32,4612	31,3388	30,3823	29,2988	28,3361

## ANEXO 8

### Perfil rectangular

# Tubería Estructural Rectangular



Largo Normal:  
6 metros.  
Recubrimiento:  
Negro o Galvanizado  
Norma de Calidad:  
ASTM A 500 Gr. A, B ó C  
Norma de Fabricación:  
NTE INEN 2415  
Espesores:  
Desde 1,50 a 6,00 mm  
Observaciones:  
Otras dimensiones y largos,  
previa consulta

- Aplicaciones
- Automotriz y de autopartes: carrocería y remolques.
  - Agroganadera: maquinaria e implementos agrícolas, avícolas y ganaderas.
  - Señalización y vialidad: soportas.
  - Aparatos de gimnasia y fitness.
  - Construcción: columnas.
  - Estructuras: galpones y naves industriales, edificios, soporte de techos.



Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas							
			Eje x-x'				Eje y-y'			
			Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	Módulo de torsión	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	
B	H	e	A	P	I	W	i	I	W	i
mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
20	30	1,50	1,35	1,05	1,59	1,06	1,08	0,84	0,94	0,79
		2,00	1,74	1,36	1,94	1,30	1,05	1,02	1,02	0,77
20	40	1,40	1,50	1,02	3,09	1,55	1,41	1,04	1,34	0,82
		1,50	1,60	1,10	3,27	1,63	1,41	1,10	1,10	0,82
		1,80	1,80	1,53	3,76	1,88	1,39	1,26	1,26	0,82
		2,00	2,14	1,88	4,05	2,03	1,38	1,35	1,38	0,75
25	50	1,40	1,97	1,55	6,28	2,51	1,79	2,13	1,71	1,04
		1,50	2,10	1,85	6,69	2,66	1,78	2,26	1,80	1,04
		1,80	2,40	1,85	7,72	3,09	1,76	2,80	2,08	1,02
		2,00	2,74	2,15	8,39	3,38	1,75	2,82	2,25	1,01
		2,50	3,34	2,02	8,90	3,90	1,72	3,29	2,84	0,99
		3,00	3,91	3,07	11,20	4,48	1,69	3,70	2,95	0,97
30	50	1,40	2,11	1,05	7,11	2,84	1,83	3,23	2,15	1,24
		1,50	2,25	1,27	7,64	3,02	1,83	3,42	2,28	1,23
		1,80	2,67	2,09	8,77	3,51	1,81	3,96	2,54	1,22
		2,00	2,94	2,31	9,54	3,82	1,80	4,30	2,82	1,21
		2,50	3,50	2,87	11,31	4,53	1,78	5,07	3,38	1,19
		3,00	4,21	3,30	12,86	5,15	1,75	5,73	3,82	1,17
40	60	1,40	2,67	2,10	13,54	4,51	2,23	7,07	3,93	1,63
		1,50	2,85	2,24	14,39	4,80	2,23	7,72	3,86	1,64
		1,80	3,38	2,86	16,85	5,62	2,25	9,01	4,51	1,63
		2,00	3,74	2,92	19,42	6,14	2,22	9,84	4,32	1,62
		2,50	4,59	3,60	22,00	7,36	2,19	11,75	5,58	1,60
		3,00	5,41	4,25	25,41	8,47	2,17	13,47	6,74	1,58
30	70	1,40	2,67	2,10	16,36	4,67	2,47	4,37	2,42	1,26
		1,50	2,85	2,24	17,38	4,87	2,47	4,64	3,09	1,28
		1,80	3,39	2,86	20,35	5,61	2,45	5,39	3,00	1,26
		2,00	3,74	2,93	22,23	6,35	2,44	5,67	3,91	1,25
		2,00	4,59	3,60	26,63	7,61	2,41	6,96	4,94	1,23
		3,00	5,41	4,25	30,61	8,74	2,38	7,93	5,20	1,21
40	80	1,50	3,45	2,71	23,99	7,25	2,90	9,94	4,37	1,70
		1,80	4,11	3,22	24,09	8,52	2,88	11,64	5,52	1,68
		2,00	4,54	3,56	27,36	9,54	2,87	12,73	6,36	1,67
		2,50	5,59	4,39	35,12	11,28	2,84	15,27	7,84	1,65
		3,00	6,61	5,19	42,08	13,07	2,81	17,59	8,79	1,63
		4,00	8,55	6,71	54,90	16,22	2,78	21,59	10,79	1,59
50	90	1,50	4,00	3,18	44,68	9,93	3,32	18,19	7,25	2,12
		1,80	4,60	3,78	52,70	11,71	3,30	21,02	8,53	2,10
		2,00	5,34	4,19	57,88	12,86	3,29	23,37	9,35	2,09
		2,50	6,59	5,17	70,28	15,62	3,27	26,25	11,30	2,07
		3,00	7,81	6,13	81,88	18,33	3,24	29,71	13,11	2,05
		4,00	10,15	7,97	102,81	22,85	3,19	40,81	16,32	2,01
50	100	1,50	4,30	3,42	57,77	11,55	3,64	19,89	7,90	2,14
		1,80	5,19	4,07	68,22	13,64	3,63	23,41	9,37	2,12
		2,00	5,74	4,50	74,99	15,00	3,62	25,68	10,27	2,12
		2,50	7,09	5,56	91,22	18,24	3,59	31,07	12,43	2,08
		3,00	8,41	6,60	106,49	21,30	3,56	36,08	14,44	2,07
		4,00	10,95	8,59	134,24	26,85	3,50	45,05	18,02	2,03
90	150	1,80	6,99	5,48	188,33	25,11	4,19	33,07	13,55	2,20
		2,00	7,74	6,07	207,84	27,67	4,18	37,21	14,88	2,19
		2,50	9,59	7,53	254,09	33,86	4,15	45,19	18,08	2,17
		3,00	11,41	8,96	298,58	39,81	4,12	52,68	21,27	2,15
		4,00	14,95	11,73	381,49	50,87	4,08	66,27	26,51	2,11
		5,00	18,30	14,41	456,94	60,87	4,04	78,12	31,20	2,06
60	120	1,80	6,27	4,92	119,90	19,07	4,37	45,25	13,75	2,27
		2,00	6,94	5,45	131,93	21,99	4,30	49,34	15,11	2,26
		2,60	8,69	6,71	161,25	26,87	4,23	58,17	18,28	2,23
		3,00	10,21	8,01	189,15	31,33	4,20	64,44	21,48	2,21
		4,00	13,30	10,46	245,84	40,14	4,23	81,30	27,12	2,14
		5,00	16,38	12,84	287,23	47,87	4,19	96,25	32,38	2,13
70	200	3,00	15,61	12,25	749,71	74,97	6,93	145,15	41,47	3,02
		4,00	20,25	16,13	988,09	96,93	6,87	189,62	53,33	3,01
		5,00	25,30	19,90	1.174,26	117,43	6,81	232,47	63,56	2,96
		6,00	30,03	23,58	1.365,00	136,50	6,74	259,91	73,12	2,92
75	125	1,80	6,99	5,48	152,92	24,47	4,68	70,08	18,98	3,17
		2,00	7,74	6,07	168,56	26,97	4,67	77,15	20,57	3,16
		2,50	9,59	7,53	206,53	33,04	4,64	84,20	25,14	3,14
		3,00	11,41	8,96	242,88	39,86	4,61	110,55	29,68	3,11
		4,00	14,95	11,73	310,87	49,14	4,56	146,75	37,53	3,07
		5,00	18,38	14,41	372,77	59,64	4,51	187,93	44,78	3,02
75	170	3,00	14,41	11,31	956,71	63,62	6,22	148,46	39,98	3,22
		4,00	18,96	14,87	1.188,30	82,09	6,16	181,22	50,99	3,18
		5,00	23,38	18,33	1.468,40	99,25	6,10	229,29	61,14	3,13
		6,00	27,63	21,69	1.807,36	115,13	6,04	283,88	70,37	3,09
100	150	3,00	14,41	11,31	450,67	61,42	5,85	247,67	40,53	4,15
		4,00	18,96	14,87	594,71	79,29	5,60	318,87	61,73	4,10
		5,00	23,38	18,33	719,46	95,93	5,55	384,27	78,95	4,05
		6,00	27,63	21,69	835,21	111,36	5,50	444,75	93,84	4,01
100	200	3,00	17,41	13,67	924,37	92,44	7,29	318,26	53,55	4,26
		4,00	22,56	18,01	1.199,81	119,98	7,23	410,88	82,18	4,23
		5,00	28,38	22,20	1.459,51	145,95	7,17	487,19	96,44	4,19
		6,00	33,63	26,40	1.703,83	170,38	7,12	577,44	115,49	4,14

## ANEXO 9

### Conector rápido TW 57 y manguera



DATA SHEET

D-2812/M/08133-1-3 | Date: 04/2013

## Type **TW57**

**WEH® Connector for filling of gas cylinders**

with external thread (with or without a residual pressure valve)



FUTURE. TECHNOLOGY. TODAY.

**General**

**DESCRIPTION**



**Features**

- For gas cylinders with external thread
- Version for residual pressure valves or non-residual pressure valves available
- Connection in seconds
- No hand tightening required
- Easy to connect
- Right-hand and left-hand operation
- Suitable for pallet filling
- WEH® Jaw locking mechanism
- Compact design
- High-grade materials

The type TW57 quick connector for gas cylinder valves with external thread provides a pressure-tight connection in seconds. The split collet design system locks securely onto the cylinder valve thread and seals tightly.

**Safety features**

A fully developed design with simple actuation controlling the functioning of the gas connector.

The quick connector cannot be disconnected under pressure because a special safety peg protrudes and locks the connector against removal.

Type TW57 for oxygen has venting bores (see opposite picture) in the front sleeve for lateral venting of gas in case of accidental gas leakage, thus preventing pressure built-up in the connector.



TW57 with RVP pin and venting bores

The TW57 is available for 200 bar and 300 bar systems.

This quick connector is available for gas cylinder valves acc. to DIN, BS, NF, CGA etc. Connectors for oxygen applications are oxygen cleaned and free of oil and grease.

**Application**

Quick connector for filling of gas cylinders with external thread (with or without a residual pressure valve).

**TECHNICAL DATA**

Characteristic	Basic version
Pressure range	PN = 200 bar   PS = 250 bar   PT = 375 bar PN = 300 bar   PS = 375 bar   PT = 565 bar
Temperature range	+5 °C up to +80 °C +5 °C up to +60 °C (O <sub>2</sub> )
Connection A	External thread connection acc. to the corresponding national standard e.g. DIN, CEN, CGA, BS, NF etc.
Medium	Oxygen, nitrogen, CO <sub>2</sub> , air, inert gases, medical gases
Actuation	Manual actuation via operating loop (loop depending on type of gas cylinder)
Material	Corrosion resistant stainless steel, brass
Sealing material	Acc. to gas type
Design	With or without RVP pin
Registration	PED97/23/EC, CE0036 Adiabatic ignition test available

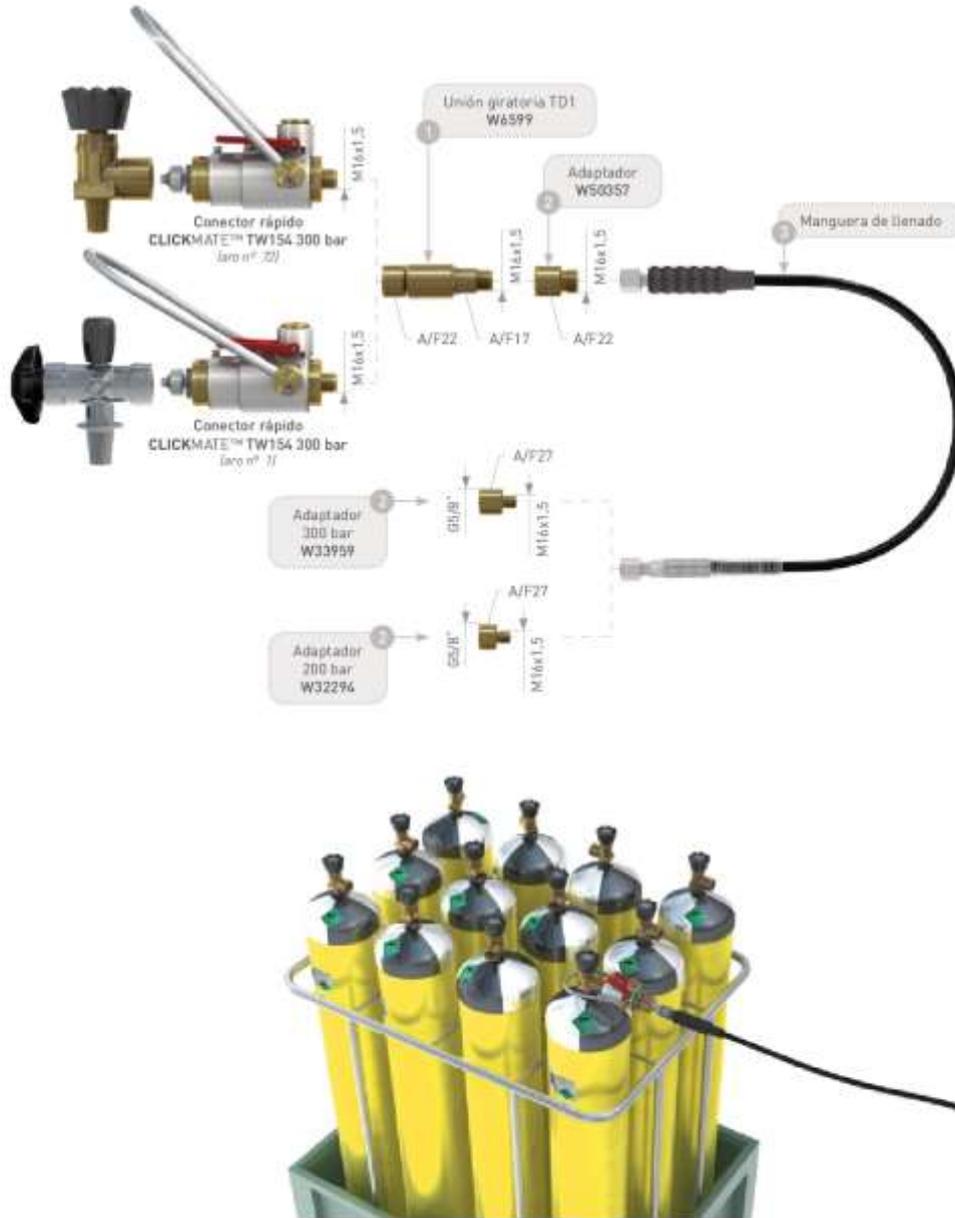
Other designs on request

**Example of use:**



## » CLICKMATE™ TW154 | Conexión directa a latiguillo de llenado

### RESUMEN DEL SISTEMA



## » CLICKMATE™ TW154 | Conexión directa a latiguillo de llenado

### ACCESORIOS

Los siguientes accesorios están disponibles para el CLICKMATE™ TW154:

#### 1 Unión giratoria TD1

La unión giratoria TD1 evita que la manguera de llenado se tuerza y facilita la alineación radial del conector.



Código	Descripción	Presión	Conexión (roscas macho)
<b>W6599</b>	Unión giratoria TD1	200 bar / 300 bar	M16x1,5
<b>B200B-049-00</b>	Conjunto de juntas para TD1	-	-

#### 2 Adaptador

Adaptador para la conexión en la manguera de llenado o para la conexión de la manguera de llenado con la rampa de carga.



Código	Descripción	Presión	Conexión
<b>W50357</b>	Para la conexión a manguera de llenado	200 bar / 300 bar	M16x1,5 rosca macho junta tórica con cono interior 60°
<b>W32294</b>	Para la conexión a manguera de llenado/ rampa de carga	200 bar	G5/8" rosca hembra DIN 477 n° 13
<b>W33959</b>	Para la conexión a manguera de llenado/ rampa de carga	300 bar	G5/8" rosca hembra DIN 477 n° 16

#### 3 Manguera de llenado



Código	Descripción	Conexión (rosca hembra)
<b>E68-32040</b>	Longitud del manguera 1,5 m / diámetro nominal DN 5 mm (con certificado TÜV)	M16x1,5

Otras longitudes de manguera bajo pedido

## ANEXO 10

### Coche transportador



**Palé de cilindro, con o sin carretilla elevadora**  
2 modelos disponibles en existencia. O llámenos para configurar uno que cumpla con sus necesidades especiales.



MODELO N° CP6FL8HP  
DIMENSIONES: 45" W x 39" D x 44" H  
(114 cm x 99 cm x 112 cm)  
CAPACIDAD: 6 CILINDROS DE CARRETILLAS  
8-9" CILINDROS DE ALTA PRESIÓN

#### CARACTERÍSTICAS ESTÁNDAR:

Construcciones desarmadas para fletes más económicos

Ensamblaje fácil con una llave de 9/16 (14 mm) y el paquete incluido de herramientas

Manipulación con barra de empuje

Juego de ruedas de 4" x 2" (10 cm x 5 cm)

Acabado en polvo electrostático para una protección y buena apariencia duraderas

5000#: correa de nylon de prueba y ensamblaje ajustado

Acceso sin obstrucción a cualquier cilindro

Reduzca los riesgos de lesiones costosas de espalda a través de la manipulación de forma segura de los cilindros pesados con nuestro palé de cilindro de muy bajo perfil. Los Palés de cilindros de American Standard Manufacturing ayudan a asegurar la manipulación segura y eficiente de cilindros de alta presión o de la carretilla elevadora. Su diseño a ras de suelo permite que los cilindros sean rodados fácilmente al lugar sin ser levantados y su muy bajo perfil permite la fácil carga de inclinar y rodar.



MODELO N° CP4FL8HP  
DIMENSIONES: 36" L X 39" W X 44" H  
(91 CM X 99 CM X 112 CM)  
CAPACIDAD: 4 CILINDROS DE CARRETILLAS  
6-9" CILINDROS DE ALTA PRESIÓN

800-488-8816 • PO Box 164, Central Bridge, NY 12835 • Fax 518.868.2525

11

MANIPULACIÓN

800.488.8816

## ANEXO 11

### Tabla de válvula de cilindro CGA 540

SHERWOOD GLOBAL VALVE FEATURES



**Durable forged brass body, precisely machined internal components and design elements meet the most stringent international valve performance standards. Automated assembly and testing processes ensure exceptional quality. All Sherwood GV valves are 100% leak tested.**

**Metal-to-metal seal below bonnet threads prevents pressure accumulation at top of valve body.**

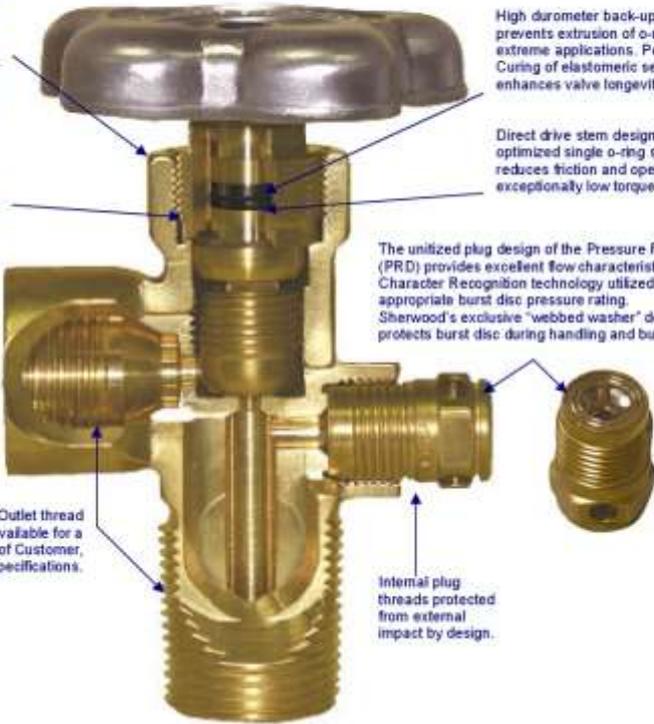
**Inlet and Outlet thread configurations are available for a broad spectrum of Customer, Country and Code specifications.**

**High durometer back-up ring prevents extrusion of o-ring in extreme applications. Peroxide Curing of elastomeric seals enhances valve longevity.**

**Direct drive stem design with optimized single o-ring seal reduces friction and operates at exceptionally low torque levels.**

**The unitized plug design of the Pressure Relief Device (PRD) provides excellent flow characteristics. Optical Character Recognition technology utilized to verify appropriate burst disc pressure rating. Sherwood's exclusive "webbed washer" design protects burst disc during handling and bulk shipment.**

**Internal plug threads protected from external impact by design.**



STANDARDS CONFORMANCE	
CGA V-9	Standard for Gas Cylinder Valves
CGA S1.1	Standard for Pressure Relief Devices
CGA V-1	Compressed Gas Cylinder Valve Outlet and Inlet Specifications
ISO 10297	International Standard for Cylinder Valves Design Specifications
EN 849	International Standard for Cylinder Valves Design Specifications
AS2473	Australian Standard for Compressed Gas Cylinder Valves
TPED	Transportable Pressure Equipment Directive Modules B & D

DESIGN SPECIFICATIONS		
<b>Maximum Working Pressure</b>	6,000 PSIG	413 BAR
<b>Burst Pressure</b>	15,000 PSIG	1,035 BAR
<b>Operating Temperature</b>	Min: -50°F Max: 130°F	-45°C 55°C
<b>Storage Temperature</b>	Min: -65°F Max: 155°F	-54°C 68°C
<b>Leak Rate Internal/External</b>	1X10 <sup>-5</sup> atm ccs	
<b>Minimum Cycle Life</b>	5,000 Cycles	
<b>Cv Flow Factor</b>	Standard: CO2 / Manifold	690 1.23



**Sherwood Valve LLC**



International Company C. A.  
R.T. 200488447

2111 Liberty Drive  
Niagara Falls, NY 14304 USA  
PH: 888-508-2583  
FX: 716-505-4859  
www.sherwoodvalve.com

**GV SERIES O-RING SEAL DESIGN INDUSTRIAL VALVES**

Gas Service @120°F	CGA Outlet	Outlet Thread Size	Inlet Thread Size	Sherwood Part Number
<b>Air</b>				
0 psi TO 3,000 psi	346	.825 – 14 NGO RH Ext.	½ - 14 NGT ¾ - 14 NGT 1-11½ NGT .750 – 16 UNF 1.125 – 12 UNF	GV34641-XX GV34661-XX GV34681-XX GV34651-XX-75 GV34651-XX GV34761-XX
3,001 psi TO 5,500 psi	347 (long nipple)	.825 – 14 NGO RH Ext.	¾ - 14 NGT	GV70261-XX
5,501 psi TO 7,500 psi	702	1.125 – 14 NGO RH Int.	¾ - 14 NGT	GV70261-XX
<b>Argon</b>				
0 psi TO 3,000 psi	580	.965 – 14 NGO RH Int.	½ - 14 NGT ¾ - 14 NGT 1-11½ NGT .750 – 16 UNF 1.125 – 12 UNF	GV58041-XX GV58061-XX GV58081-XX GV58051-XX-75 GV58051-XX GV68061-XX GV67761-XX
3,001 psi TO 5,500 psi	680	1.045 – 14 NGO RH Int.	¾ - 14 NGT	GV68061-XX
5,501 psi TO 7,500 psi	677	1.030 – 14 NGO LH Ext.	¾ - 14 NGT	GV67761-XX
<b>Carbon Dioxide</b>				
0 psi TO 3,000 psi	320	.825 – 14 NGO RH Ext.	½ - 14 NGT ¾ - 14 NGT 1-11½ NGT .750 – 16 UNF 1.125 – 12 UNF	GV32041-XX GV32061-XX GV32081-XX GV32051-XX-75 GV32051-XX
<b>Carbon Monoxide</b>				
0 psi TO 3,000 psi	350	.825 – 14 NGO LH Ext.	½ - 14 NGT ¾ - 14 NGT 1-11½ NGT .750 – 16 UNF 1.125 – 12 UNF	GV35045-XX GV35065-XX GV35085-XX GV35055-XX-75 GV35055-XX GV69565-XX GV70365-XX
3,001 psi TO 5,500 psi	695	1.045 – 14 NGO LH Int.	¾ - 14 NGT	GV69565-XX
5,501 psi TO 7,500 psi	703	1.125 – 14 NGO LH Int.	¾ - 14 NGT	GV70365-XX
<b>Helium</b>				
0 psi TO 3,000 psi	580	.965 – 14 NGO RH Int.	½ - 14 NGT ¾ - 14 NGT 1-11½ NGT .750 – 16 UNF 1.125 – 12 UNF	GV58041-XX GV58061-XX GV58081-XX GV58051-XX-75 GV58051-XX GV68061-XX GV67761-XX
3,001 psi TO 5,500 psi	680	1.045 – 14 NGO RH Int.	¾ - 14 NGT	GV68061-XX
5,501 psi TO 7,500 psi	677	1.030 – 14 NGO LH Ext.	¾ - 14 NGT	GV67761-XX
<b>Hydrogen</b>				
0 psi TO 3,000 psi	350	.825 – 14 NGO LH Ext.	½ - 14 NGT ¾ - 14 NGT 1-11½ NGT .750 – 16 UNF 1.125 – 12 UNF	GV35045-XX GV35065-XX GV35085-XX GV35055-XX-75 GV35055-XX GV69565-XX GV70365-XX
3,001 psi TO 5,500 psi	695	1.045 – 14 NGO LH Ext.	¾ - 14 NGT	GV69565-XX
5,501 psi TO 7,500 psi	703	1.125 – 14 NGO LH Int.	¾ - 14 NGT	GV70365-XX
<b>Krypton</b>				
0 psi TO 3,000 psi	580	.965 – 14 NGO RH Int.	½ - 14 NGT ¾ - 14 NGT 1-11½ NGT .750 – 16 UNF 1.125 – 12 UNF	GV58041-XX GV58061-XX GV58081-XX GV58051-XX-75 GV58051-XX GV68061-XX GV67761-XX
3,001 psi TO 5,500 psi	680	1.045 – 14 NGO RH Int.	¾ - 14 NGT	GV68061-XX
5,501 psi TO 7,500 psi	677	1.030 – 14 NGO LH Ext.	¾ - 14 NGT	GV67761-XX



**Sherwood Valve LLC**



2111 Liberty Drive  
Niagara Falls, NY 14304 USA  
PH: 888-508-2583  
FX: 716-505-4859  
www.sherwoodvalve.com

**GV SERIES O-RING SEAL DESIGN INDUSTRIAL VALVES**

Gas Service @120°F	CGA Outlet	Outlet Thread Size	Inlet Thread Size	Sherwood Part Number
<b>Neon</b>				
0 psi TO 3,000 psi	580	.965 – 14 NGO RH Int.	½ - 14 NGT	GV58041-XX
			¾ - 14 NGT	GV58061-XX
			1-11½ NGT	GV58081-XX
			.750 – 16 UNF	GV58051-XX-75
3,001 psi TO 5,500 psi	680	1.045 – 14 NGO RH Int.	1.125 – 12 UNF	GV58051-XX
			¾ - 14 NGT	GV68061-XX
5,501 psi TO 7,500 psi	677	1.030 – 14 NGO LH Ext.	¾ - 14 NGT	GV67761-XX
<b>Nitrogen</b>				
0 psi TO 3,000 psi	580	.965 – 14 NGO RH Int.	½ - 14 NGT	GV58041-XX
			¾ - 14 NGT	GV58061-XX
			1-11½ NGT	GV58081-XX
			.750 – 16 UNF	GV58051-XX-75
3,001 psi TO 5,500 psi	680	1.045 – 14 NGO RH Int.	1.125 – 12 UNF	GV58051-XX
			¾ - 14 NGT	GV68061-XX
5,501 psi TO 7,500 psi	677	1.030 – 14 NGO LH Ext.	¾ - 14 NGT	GV67761-XX
<b>Nitrous Oxide</b>				
0 psi TO 3,000 psi	326	.825 – 14 NGO RH Ext.	½ - 14 NGT	GV32641-XX
			¾ - 14 NGT	GV32661-XX
			1-11½ NGT	GV32681-XX
			.750 – 16 UNF	GV32651-XX-75
3,001 psi TO 5,500 psi	680	1.045 – 14 NGO RH Int.	1.125 – 12 UNF	GV32651-XX
			¾ - 14 NGT	GV68061-XX
5,501 psi TO 7,500 psi	677	1.030 – 14 NGO LH Ext.	¾ - 14 NGT	GV67761-XX
<b>Oxygen</b>				
0 psi TO 3,000 psi	540	.903 – 14 NGO RH Ext.	½ - 14 NGT	GV54041-XX
			¾ - 14 NGT	GV54061-XX
			1-11½ NGT	GV54081-XX
			.750 – 16 UNF	GV54051-XX-75
3,001 psi TO 5,500 psi	577	.960 – 14 NGO RH Ext.	1.125 – 12 UNF	GV54051-XX
			¾ - 14 NGT	GV57761-XX
5,501 psi TO 7,500 psi	701	1.103 – 14 NGO RH Ext.	¾ - 14 NGT	GV70161-XX
<b>Sulfur Hexafluoride</b>				
0 psi TO 3,000 psi	590	.965 – 14 NGO LH Int.	½ - 14 NGT	GV59041-XX
			¾ - 14 NGT	GV59061-XX
			1-11½ NGT	GV59081-XX
			.750 – 16 UNF	GV59051-XX-75
3,001 psi TO 5,500 psi	680	1.045 – 14 NGO RH Int.	1.125 – 12 UNF	GV59051-XX
			¾ - 14 NGT	GV68061-XX
5,501 psi TO 7,500 psi	677	1.030 – 14 NGO LH Ext.	¾ - 14 NGT	GV67761-XX

**OPTIONS**

4 & 7 & 24 threads oversize inlets: To order, add -4 or -7 or -24 to the end of the part number.  
e.g. GV35061-XX becomes GV35061-XX-7

Chrome Plating: To order, add letter "A" after letters GV in the part number.  
e.g. GV34661-XX becomes GVA34661-XX

Lexan® polycarbonate handwheels: To order, add suffix LX to the end of the part number.  
e.g. GV34661-XX becomes GV34661-XXLX

Fusible backed pressure relief devices in 165°F or 212°F nominal melting temperatures:  
To order, change 1 in the part number to 4 (165°F) or to 5 (212°F).  
e.g. GV35061-XX becomes GV35064-XX for 165°F, or GV35065-XX for 212°F

**NOTE:** GV valves are not approved for CNG service.  
Not all valves are available in all configurations. Contact factory for availability.  
Orders may be subject to minimum quantities.

### REPAIR INSTRUCTIONS FOR GV SERIES INDUSTRIAL AND CHROME PLATED VALVES

#### DISASSEMBLY OF VALVE

1. Place the valve assembly into a vise or similar holding fixture, taking care not to damage the inlet or outlet threads. The holding fixture must securely grip the valve body on the wrench flats so that no damage is done to the internal bores, external threads, outlet, or pressure relief device.
2. Chamber
  - a. Using a 13 mm socket, remove the handwheel nut from the handwheel by turning it counter clockwise.
  - b. Remove the handwheel from the stem square.
  - c. Using an 11/16" socket wrench or hex box wrench, remove the bonnet by turning it counter clockwise. The stem subassembly with o-ring and back-up o-ring may remove with the bonnet. If not, remove the stem subassembly from the valve after the bonnet.
  - d. Being careful not to scratch the bonnet sealing surface in the valve body, use a square drive to remove the lower plug from the valve chamber, by turning it counter clockwise.
3. Pressure Relief Device
  - a. Being careful not to scratch the sealing surface of the valve body, remove the pressure relief device by turning it counter clockwise using a 5/8" hex box wrench or socket.

#### INSPECTION OF VALVE AND COMPONENTS

1. Valve Body
  - a. Inspect the valve body chamber for dirt, debris or damage. Where possible, blow out the valve body chamber using clean, dry, Compressed Air or Nitrogen to remove any foreign particles.
  - b. If the valve body is damaged, do not attempt to repair. Order a new valve assembly.
2. Components
  - a. Always discard the bonnet and stem subassembly and the lower plug. Order replacement parts. **NOTE:** The lower plug replacement must correspond with the valve body and its relative application. For example, standard valves have a .125" or .156" through hole in the body which uses a nylon seat diameter that is relative to that size, part number 1400-40. Carbon dioxide and manifold valves – except for oxygen – have a .272" through hole in the body and use a nylon seat that is relative to that size, part number 1400-40A.
  - b. Handwheels should only be reused if in good condition. Discard handwheels if damaged.
  - c. Inspect the pressure relief device threads for damage. Inspect the rupture disc and the webbed washer for scratches. Discard this component if damaged and order replacement parts.

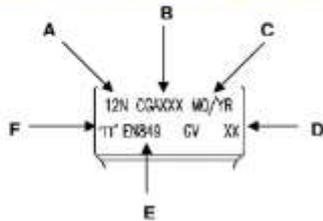
#### ASSEMBLY OF VALVE

1. Chamber
  - a. Apply 3 dabs of lubricant around the perimeter of the lower plug threads, approximating the size of a pencil eraser for each. Locate lubricant toward the lower most threads closest to the crimped seat but using care not to get lubricant on the nylon seat. **NOTE:** Use Turmoxxygen LC027 lubricant for oxygen service. Use Christo-Lube MCG-111 lubricant for all other gas applications.
  - b. Being careful not to damage the bonnet sealing surface in the valve body, install the new lower plug into the chamber, seat first and tighten using a square drive until it is fully seated.
  - c. Engage the new bonnet and stem subassembly into the valve body and hand tighten by turning clockwise. Rotate stem square until it becomes engaged in the lower plug.
  - d. Using an 11/16" hex torque wrench, tighten the bonnet to 50-60 ft. lbs. **NOTE:** A properly calibrated torque wrench must be used. Over torquing will damage the bonnet.
  - e. Place the handwheel over the stem square. Thread the handwheel nut onto the stem thread and tighten to 15-35 in. lbs.
  - f. To ensure free and smooth operation, open and close the valve several times by turning the handwheel.
2. Pressure Relief Device (PRD)
  - a. **NOTE:** Refer to CGA 5-1.1 latest edition to select the correct pressure relief device type according to the cylinder pressure and application.
  - b. Thread the proper pressure relief device on the PRD port until hand tight.
  - c. Using a 5/8" socket and a calibrated torque wrench, tighten the PRD to 25-35 ft. lbs. Over torquing will damage the PRD.

#### TESTING OF ASSEMBLED VALVE

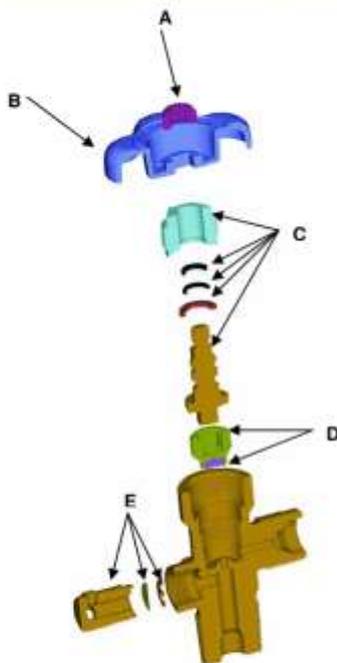
1. Thoroughly test each repaired valve assembly by inserting and tightening the valve assembly into a cylinder or suitable test fixture.
2. Pressurize the valve assembly with an inert gas to the working pressure of the cylinder of intended use.
3. With outlet suitably plugged, open the valve assembly by turning the handwheel counter clockwise. Using leak detection solution or equipment, check the bonnet, stem, and PRD for leaks.
4. Close the valve assembly by turning the handwheel clockwise. Remove the outlet plug and check for seat leakage through the outlet using proper leak detection solution or equipment.
5. If any leakage is detected, in the open or the closed position, the necessary repairs must be made before using the valve assembly.

**STAMPING CROSS REFERENCE FOR GV SERIES INDUSTRIAL AND CHROME PLATED VALVES**



- A. Inlet Thread Designation
- B. Outlet Specification
- C. Month/Year of Manufacture
- D. Week of Calendar Year
- E. International Standard for Cylinder Valve Design Specifications
- F. Regulatory Approval (PI Mark)

**PARTS BREAKDOWN FOR GV SERIES INDUSTRIAL AND CHROME PLATED VALVES**



- |    |                              |                          |
|----|------------------------------|--------------------------|
| A. | Handwheel Nut                | 1251-6                   |
| B. | Handwheel                    | 1919A                    |
| C. | Bonnet and Stem Assembly     | 1400-30-100 (Oxygen)     |
|    | Includes:                    | 1400-30-101 (All Others) |
|    |                              | Bonnet                   |
|    |                              | Back-Up O-ring           |
|    |                              | O-ring                   |
|    |                              | Thrust Washer            |
|    |                              | Stem                     |
| D. | Lower Plug and Seat Assembly | 1400-40 (Standard)       |
|    | Includes:                    | 1400-40A (CO2 Manifold)  |
|    |                              | Lower Plug               |
|    |                              | Seat                     |
| E. | Pressure Relief Device       | P625-19X9-XX             |
|    | Includes:                    |                          |
|    |                              | Plug                     |
|    |                              | Rupture Disc             |
|    |                              | Webbed Seal Washer       |

## ANEXO 12

### Viga corrediza

#### System Composition

##### Linear Motion System with Slimline Bearing Programme

Pages 2-7 provide an overview of the comprehensive GV3 linear motion system. Below is shown the basic range of Slides and components available with Hepco's Slimline Bearings. An identical range of Slides is available with Hepco's Standard Bearings, details of which are shown on the previous page. Components are available factory assembled where possible or

##### ALL SLIDES (COMMON FEATURES) 1124-29

- All Slides suitable for both Slimline and Standard Bearings. Please see previous page for specific features.
- One piece construction for assured parallelism and rigidity.
- Manufactured from high quality bearing steel.
- Deep hardened V faces for maximum wear resistance.
- Soft centre section allows customising.
- Wide range of sizes to choose from.
- 3 grades of precision to suit cost/performance requirements.
- Any length supplied up to 4 metres, unground grade to 6 metres.
- Unlimited length achieved by bolting.
- Attractive, corrosion-inhibiting black finish on unground faces.
- Common 70° 'V' allows many bearing/slide combinations.

##### LUBRICATOR 1138

- Lubricates contact surfaces increasing load capacity and life.
- Lightly sprung felt wiper ensures low friction.
- Can be attached from either side of the carriage/mounting surface.
- Long lubrication interval.

##### DOUBLE EDGE FLAT SLIDE 1128-29

- Please see previous page for features.

##### DOUBLE EDGE SPACER SLIDE 1124-25

- Please see previous page for features.

##### PINIIONS 1145

- Bored type and integral shaft type available.
- Hardened teeth for long life.
- Keyway provided in bored type pinion.
- Shaft type pinion compatible with Hepco Rock Driven Carriage.
- Shaft type pinion compatible with Hepco Motor Gearboxes.

##### SINGLE EDGE SPACER SLIDE 1126-27

- Please see previous page for features.

##### SINGLE EDGE FLAT SLIDE 1128-29

- Please see previous page for features.

##### BEARING ATTRIBUTES 1134-35

- Special raceway conformity and low radial clearance, for Slide applications.
- General quality to ISO Class 4. Aspects to Class 2.
- Made in Hepco factory which has the following accreditation: - ISO 9001 Aerospace Sector Certification TS 157.

##### CAP WIPER 1137

- Lubricates contact surfaces increasing load capacity and life.
- "Lubricated for life" in most applications.
- Seals against ingress of debris.
- Improves operational safety.
- Enhances appearance of system.
- Incorporates both through hole and tapped hole fixing facility.

##### BLIND HOLE ECCENTRIC BEARING 1134-35

- For mounting into thick plates or where access to opposite side is restricted.
- Adjustable from operating side for ease of access.

**Basado en la comprobada gama Generación II, el sistema lineal resistente a la corrosión SL2 de Hepco ofrece al usuario la capacidad de intercambio con componentes de Generación II y GV3 en una extensa gama compuesta de rodamientos en acero inoxidable, guías planas y guías con espaciador. Además dispone de una serie complementaria de ligeras placas de carro en aluminio y bridas mordaza, con un tratamiento especial de la superficie que provee una elevada resistencia a la corrosión mejor que la mayoría de los aceros inoxidables.**



**Este proceso está aprobado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos para ser utilizado en máquinas que procesan alimentos.**

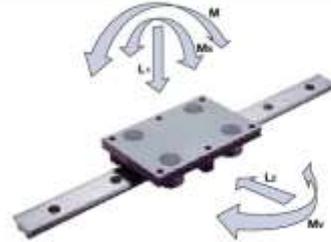
## Características y Ventajas

- Guías endurecidas y rectificadas a fin de mejorar la duración, la resistencia a la corrosión y conseguir un funcionamiento suave.
- Longitudes en una sola pieza de hasta 4 metros en la mayoría de las secciones, para ahorrar tiempo en el ensamblaje.
- Una amplia gama de guías planas o con espaciador que ofrecen diversas opciones de diseño.
- El concepto comprobado en 'V' de Hepco consigue una baja fricción y una buena rigidez.
- Las caperuzas de retén impiden que se introduzca la suciedad y ofrecen una lubricación positiva, larga vida y una seguridad superior.
- Los lubricadores facilitan una lubricación positiva aumentando la duración y proporcionando una baja fricción.
- Adecuado para aplicaciones en ambientes esterilizados.
- Disponibilidad de tres dimensiones en las placas de carro para cada sección de guía permitiendo muchas opciones de diseño.
- Rodamientos de doble hilera para cargas radiales altas y mayor duración, ideales para aplicaciones en condiciones arduas.
- La opción de un rodamiento doble ofrece una baja fricción y es tolerante con la desalineación.
- Las características de baja fricción permiten al sistema funcionar en 'seco' sin lubricación.
- Disponible en componentes por separado o montado para una máxima flexibilidad.
- El uso extensivo de los tapones de plástico impide la introducción de suciedad.
- Sin mantenimiento, por lo que puede funcionar en condiciones arduas.

## Información Técnica

### Cálculos de Carga / Duración

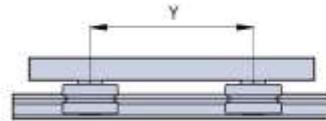
Las capacidades de momento máximo y de carga directa para el Sistema SL2 se muestran en la tabla de abajo. Las capacidades se dan tanto para las condiciones 'en seco' y 'lubricado' – esta se refiere al contacto en la 'V', ya que todos los Rodamientos son lubricados internamente de por vida. Los valores están basadas en un funcionamiento libre de choques.



Tipo de Carro	Sistema en Seco, Rodamiento Doble y de Doble Hilera					Sistema Lubricado, Rodamiento de tipo Doble					Sistema Lubricado, Rodamiento de Doble Hilera				
	L1(máx)	L2(máx)	M1(máx)	Mv(máx)	M(máx)	L1(máx)	L2(máx)	M1(máx)	Mv(máx)	M(máx)	L1(máx)	L2(máx)	M1(máx)	Mv(máx)	M(máx)
SSCPM512	80	80	0.4	40 x Y	40 x Y	240	240	1.3	120 x Y	120 x Y	No aplicable				
SSCP525	320	320	3.6	160 x Y	160 x Y	960	960	11	480 x Y	480 x Y	1600	3000	17	1500 x Y	800 x Y
SSCP535	320	320	5	160 x Y	160 x Y	960	960	15	480 x Y	480 x Y	1600	3000	25	1500 x Y	800 x Y
SSCP550	320	320	7.3	160 x Y	160 x Y	960	960	22	480 x Y	480 x Y	1600	3000	37	1500 x Y	800 x Y
SSCPM44	640	640	13	320 x Y	320 x Y	3000	3000	60	1500 x Y	1500 x Y	3600	6000	72	3000 x Y	1800 x Y
SSCPM60	640	640	18	320 x Y	320 x Y	3000	3000	84	1500 x Y	1500 x Y	3600	6000	100	3000 x Y	1800 x Y
SSCPM76	640	640	23	320 x Y	320 x Y	3000	3000	108	1500 x Y	1500 x Y	3600	6000	129	3000 x Y	1800 x Y
SSCP176	1440	1440	50	720 x Y	720 x Y	6000	6000	210	3000 x Y	3000 x Y	8000	10000	280	3000 x Y	4000 x Y

### Cálculo de la Vida del Sistema

Para calcular la vida del Sistema, el factor de carga Lf debe ser calculado utilizando la ecuación de abajo. Cuando actúen momentos tipo M y Mv, para cada Placa de Carro deberá calcularse el M(máx) y Mv(máx). Se determinará multiplicando la figura de la tabla por la distancia entre centros de los Rodamientos [Y, en metros].



$$L_f = \frac{L_1}{L_{1(máx)}} + \frac{L_2}{L_{2(máx)}} + \frac{M_s}{M_{s(máx)}} + \frac{M_v}{M_{v(máx)}} + \frac{M}{M_{(máx)}}$$

Lf no debe exceder de 1 para cualquier combinación de cargas.

Una vez se ha calculado Lf, la vida en km puede ser calculada utilizando una de las dos ecuaciones de abajo, tomando la Vida Básica de la tabla para el Rodamiento aplicable en la condición lubricado.

Rodamiento	Vida Básica Lubricado	Vida Básica En Seco
SS SJ/L/BHI 13	40	40
SS SJ/L/BHI 25	40	70
SS SJ/L/BHI 25 DR	70	70
SS SJ/L/BHI 34	100	100
SS SJ/L/BHI 34 DR	150	100
SS SJ/L/BHI 54	200	150
SS SJ/L/BHI 54 DR	400	150

#### Sistema en Seco

$$Vida (km) = \frac{Vida Básica}{(L_f)^2}$$

#### Sistema Lubricado

$$Vida (km) = \frac{Vida Básica}{(L_f)^3}$$

## Información Técnica

### Ejemplos de Cálculos de Carga / Duración

#### Ejemplo 1

Una Placa de Carro SSCPS25 130 con Rodamientos de tipo doble SSSJ25 y Caperuzas de Retén SSCS25 se monta en una Guía con Espaciador SSNS25. La Placa de Carro soporta una carga de 30N desplazada 50mm de la línea central tal y como muestra el dibujo.

$$L1 = 30N$$

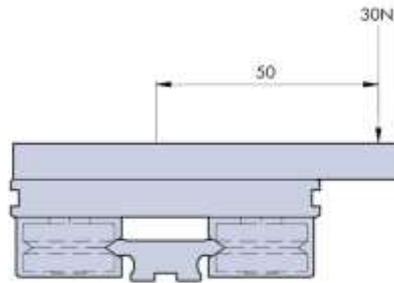
$$M_x = L1 \times 0.05 = 30 \times 0.05 = 1.5Nm$$

$$L2 = M_x = M = 0$$

$$L_f = \frac{30}{960} + \frac{0}{960} + \frac{1.5}{11} + \frac{0}{(480 \times \pi)} + \frac{0}{(480 \times \pi)} = 0.168$$

La vida básica de un sistema lubricado utilizando Rodamientos dobles SSSJ25 es de 40km.

$$\text{Vida (km)} = \frac{40}{0.168^3} = \mathbf{8436km}$$



#### Ejemplo 2

Una Placa de Carro SSCPM44 175 con Rodamientos de doble hilera SSSJ34DR y Caperuzas de Retén SSCS34 se monta en una Guía con Espaciador SSNM44. La Placa de Carro soporta una carga de 200N desplazada 150mm de la línea central tal y como muestra el dibujo.

$$L1 = 200N$$

$$M = L1 \times 0.15 = 200 \times 0.15 = 30Nm$$

$$L2 = M_x = M_v = 0$$

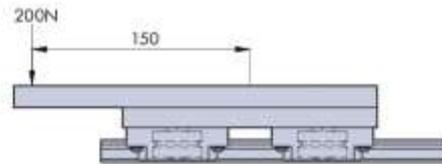
Utilizando un Carro SSCPM44 175,  $Y = 0.103m$

$$M_{(máx)} = 1800 \times 0.103 = 185.4Nm$$

$$L_f = \frac{200}{3600} + \frac{0}{6000} + \frac{0}{72} + \frac{0}{(3000 \times \pi)} + \frac{30}{185.4} = 0.217$$

La vida básica de un sistema lubricado utilizando Rodamientos de doble hilera SSSJ34DR es de 150km.

$$\text{Vida (km)} = \frac{150}{0.217^3} = \mathbf{14680km}$$



#### Ejemplo 3

Una Placa de Carro SSCPL76 300 con Rodamientos de tipo doble SSSJ54 se monta en una Guía con Espaciador SSNL76. La superficie de contacto en "V" está seca. El sistema asciende y desciende utilizando un husillo de bolas, tal y como se muestra en el dibujo. La masa levantada es de 30kg.

Para el equilibrio del sistema, la fuerza de levantamiento F1 ha de igualar la fuerza de descenso F2 ( $30kg \times 9.81$ ) = 294.3N F1 da un momento según las manecillas del reloj, F2 da un momento en sentido contrario a las manecillas del reloj.

$$M = (294.3 \times 0.12) - (294.3 \times 0.06) = 17.66Nm$$

$$L1 = L2 = M_x = M_v = 0$$

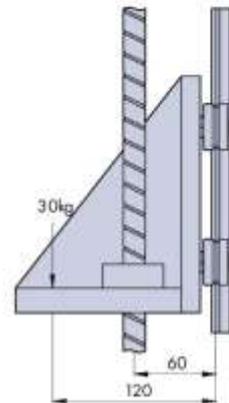
Utilizando una Placa de Carro SSCPL76 300,  $Y = 0.198$

$$M_{(máx)} = 720 \times 0.198 = 142.5Nm$$

$$L_f = \frac{0}{1440} + \frac{0}{1440} + \frac{0}{50} + \frac{0}{(720 \times \pi)} + \frac{17.6}{142.5} = 0.124$$

La Vida Básica para un sistema en seco utilizando Rodamientos de tipo doble SSSJ54 es de 150 km.

$$\text{Vida (km)} = \frac{150}{0.124^3} = \mathbf{9755km}$$



## ANEXO 13

### Tablas del Acero A36

#### Acero Laminado en Caliente

FICHA TÉCNICA			
Presentación	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Longitud (mm)
Bobinas	1.5 a 12.0	1000, 1200, 1220	—
Láminas Cortadas	1.5 a 9.0	1000, 1200, 1220	2000, 3000, 6000
Planchas	4.5 a 50.0	1829	6096
		2438	6096
Lámina Alfajor	2.0 a 6.0	1000, 1220	2000, 3000, 6000
Decapado y Aceitado	1.50 a 3.5	1000, 1200, 1220	—

PROPIEDADES MECÁNICAS						
Calidad	Norma	Designación	Fluencia	Resistencia	Elongación	Usos
Comercial	ASTM A 1011	SAE 1006	—	—	—	Ornamentación, auto no estructural, autopartes.
		SAE 1008	—	—	—	
Estructural	ASTM A 36	A 36	250 Mpa	400 - 550 Mpa	23 % min	Estructuras metálicas, tubos, autopartes.
	ASTM A 1011	SS GRADO 50	340 MPa	450 MPa	17 % min	Acero de alta resistencia superior al A36
	ASTM A 572	SS GRADO 50	345 MPa	450 MPa	21 % min	Acero de alta resistencia superior al A36
	ASTM A 588	TS > 70	345 MPa	485 MPa	21 % min	Acero de alta resistencia con resistencia a la corrosión. Fabricación de puentes.
Alta presión	JIS 3116	SG 30 - SG 295	295 MPa	440 MPa	26 % min	Recipientes metálicos para gases licuados o comprimidos.
	JIS 3116	SG 33 - SG 325	325 MPa	490 MPa	22 % min	
	ASTM 283	GRADO C	205 MPa	380 - 515 Mpa	25 % min	Tanques de almacenamiento.

COMPOSICIÓN QUÍMICA						
Calidad	Norma	C	Mn	Si	P	S
Comercial	ASTM A 1011 SAE 1006	0.08 max	0.45 max	—	0.030 max	0.035 max
	ASTM A 1011 SAE 1008	0.10 max	0.50 max	—	0.030 max	0.035 max
Estructural	ASTM A 36	0.26 max	0.80 - 1.20	0.40 max	0.040 max	0.050 max
	ASTM A 1011 SS GRADO 50	0.25 max	1.35 max	—	0.035 max	0.040 max
	ASTM A 572 SS GRADO 50	0.23 max	1.35 max	0.40 max	0.040 max	0.050 max
	ASTM A 588 *	0.19 max	0.80 - 1.25	0.30 - 0.65	0.040 max	0.050 max
Alta presión	JIS 3116 SG 30 - SG 295	0.20 max	1.00 max	0.35 max	0.040 max	0.040 max
	JIS 3116 SG 33 - SG 325	0.20 max	1.50 max	0.55 max	0.040 max	0.040 max
	ASTM 283 GRADO C	0.24 max	0.90 max	0.40 max	0.035 max	0.040 max

\* Ni: 0.40 max, Cr: 0.40-0.65, V: 0.02-0.10, Cu: 0.25-0.40

## ANEXO 14

### Formulario de viga apoyada

#### VIGA APOYADA

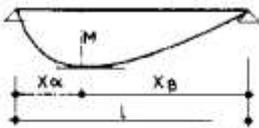
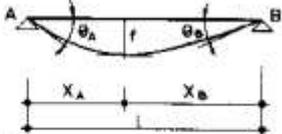
##### DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

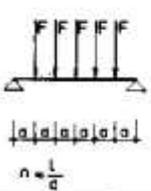
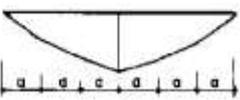
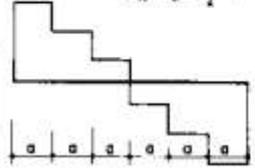
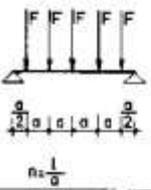
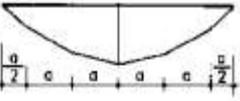
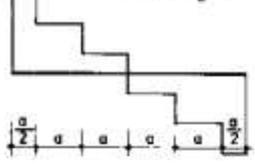
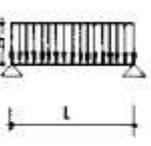
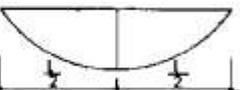
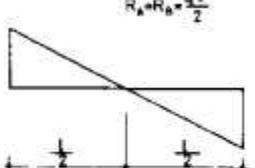
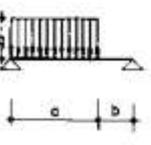
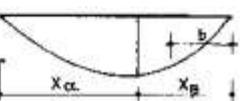
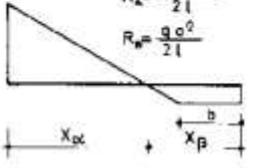
F, q y segmentos en valor absoluto.

SOLICITACION	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES MOMENTO MAXIMO	DIAGRAMA DE ESFUERZOS CORTANTES REACCIONES EN APOYOS	FLECHAS MAXIMAS ANGULOS DE GIRO EXTREMOS
	$M = \frac{Fab}{l}$	$R_A = \frac{Fb}{l}$ $R_B = \frac{Fa}{l}$	$a < b, x_m = \left[ \frac{b(l+a)}{3} \right]^{\frac{1}{2}}, f = \frac{Fa}{31EI} \left[ \frac{b(l+a)}{3} \right]^{\frac{3}{2}}$ $a > b, x_m = \left[ \frac{a(l+b)}{3} \right]^{\frac{1}{2}}, f = \frac{Fb}{31EI} \left[ \frac{a(l+b)}{3} \right]^{\frac{3}{2}}$ $\theta_A = \frac{Fab(l-b)}{61EI}, \theta_B = \frac{Fab(l+a)}{61EI}$
	$M = \frac{Fl}{4}$	$R_A = R_B = \frac{F}{2}$	$x_A = x_B = \frac{l}{2}, f = \frac{Fl^3}{48EI}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{Fl^2}{16EI}$
	$M = Fa$	$R_A = R_B = F$	$x_A = x_B = \frac{l}{2}, f = \frac{Fa}{24EI} (3l^2 - 4a^2)$ $\theta_A = \theta_B = \frac{Fa(l-a)}{2EI}$
	$M = \frac{Fl}{2}$	$R_A = R_B = \frac{3F}{2}$	$x_A = x_B = \frac{l}{2}, f = \frac{19}{384} \frac{Fl^3}{EI}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{5Fl^2}{32EI}$

## VIGA APOYADA DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

$F, q$  y segmentos en valor absoluto

SOLICITACION	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES MOMENTO MAXIMO	DIAGRAMA DE ESFUERZOS CORTANTES REACCIONES EN APOYOS	FLECHAS MAXIMAS ANGULOS DE GIRO EXTREMOS
 <p><math>n = \frac{l}{a}</math></p>	$n = 2k, \quad M = \frac{a}{8} Fl$ $n = 2k+1, \quad M = \frac{n^2-1}{8n} Fl$ 	$R_A = R_B = \frac{n-1}{2} F$ 	$x_A = x_B = \frac{l}{2} \begin{cases} n=2k, f = \frac{5n^2-4}{384n} \frac{Fl^3}{EI} \\ n=2k+1, f = \frac{(5n^2-1)(n^2-1)}{384n^3} \frac{Fl^3}{EI} \end{cases}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{n^2-1}{24n} \frac{Fl^2}{EI}$
 <p><math>n = \frac{l}{a}</math></p>	$n = 2k, \quad M = \frac{n}{8} Fl$ $n = 2k+1, \quad M = \frac{n^2-1}{8n} Fl$ 	$R_A = R_B = \frac{n}{2} F$ 	$x_A = x_B = \frac{l}{2} \begin{cases} n=2k, f = \frac{-n^4+6n^2+2n^2+4n-4}{384n^2} \frac{Fl^3}{EI} \\ n=2k+1, f = \frac{5n^4+2n^2+1}{384n^3} \frac{Fl^3}{EI} \end{cases}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{2n^2+1}{48n} \frac{Fl^2}{EI}$
	$M = \frac{1}{8} ql^2$ 	$R_A = R_B = \frac{ql}{2}$ 	$x_A = x_B = \frac{l}{2}, \quad f = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EI}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{ql^3}{24EI}$
	$x_\alpha = \frac{a(l+b)}{2l}, \quad M = \frac{qa^2(l+b)^2}{8l^2}$ 	$R_A = \frac{qa(l+b)}{2l}$ $R_B = \frac{qa^2}{2l}$ 	$\alpha < 0.45371, \quad x_B = \left[ \frac{2l^3 - a^3}{6} \right]^{\frac{1}{3}}, \quad f = \frac{qa^2}{8} \left[ \frac{2l^3 - a^3}{6} \right]^{\frac{2}{3}}$ $\alpha > 0.45371, \quad x_B = \frac{58'575 \cdot l - 8'575 \cdot a}{100}$ $f = \frac{qa^4}{10^9 EI} (13'5734 \frac{a}{l} - 0'55261)$ $\theta_A = \frac{qa^3}{24 EI} (2 - \frac{a}{l}), \quad \theta_B = \frac{qa^2}{24 EI} (2 - \frac{a^2}{l^2})$

**ANEXO 15**

**Tasa de interés efectiva Marzo 2017, Banco Central del Ecuador**

<b>Tasas de Interés</b>			
<b>marzo - 2017</b>			
<b>1. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS VIGENTES</b>			
<b>Tasas Referenciales</b>		<b>Tasas Máximas</b>	
<b>Tasa Activa Efectiva Referencial para el segmento:</b>	<b>% anual</b>	<b>Tasa Activa Efectiva Máxima para el segmento:</b>	<b>% anual</b>
Productivo Corporativo	8.58	Productivo Corporativo	9.33
Productivo Empresarial	9.49	Productivo Empresarial	10.21
Productivo PYMES	11.02	Productivo PYMES	11.83
Comercial Ordinario	9.42	Comercial Ordinario	11.83
Comercial Prioritario Corporativo	8.14	Comercial Prioritario Corporativo	9.33
Comercial Prioritario Empresarial	9.83	Comercial Prioritario Empresarial	10.21
Comercial Prioritario PYMES	11.33	Comercial Prioritario PYMES	11.83
Consumo Ordinario	16.85	Consumo Ordinario	17.30
Consumo Prioritario	16.65	Consumo Prioritario	17.30
Educativo	9.49	Educativo	9.50
Inmobiliario	10.67	Inmobiliario	11.33
Vivienda de Interés Público	4.98	Vivienda de Interés Público	4.99
Microcrédito Minorista	27.62	Microcrédito Minorista	30.50
Microcrédito de Acumulación Simple	25.18	Microcrédito de Acumulación Simple	27.50
Microcrédito de Acumulación Ampliada	21.65	Microcrédito de Acumulación Ampliada	25.50
Inversión Pública	7.85	Inversión Pública	9.33