

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Análisis de las Condiciones de Trabajo y Diseño de los Puestos
de la Línea de Producción de una Planta Envasadora de Gas
Licuado de Petróleo en la Ciudad de Guayaquil”

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:

**MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN DE LA
PRODUCCIÓN**

Presentada por:

Eduardo Alberto Carranza Santos

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2010

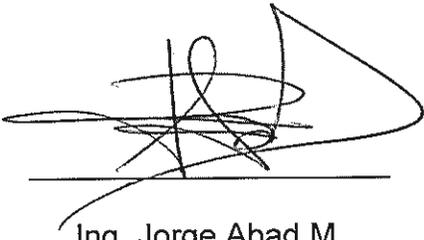
AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi padre y a todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de mi tesis.

DEDICATORIA

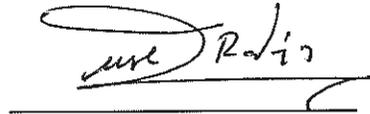
A mi madre

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



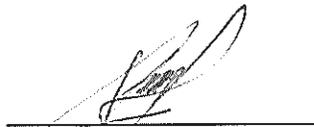
Ing. Jorge Abad M.

Subdecano de la FIMCP



Ing. Denise Rodríguez Z.

Directora de Tesis



Ing. Kléber Barcia V.

Vocal



CIB-ESPOL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).




Eduardo Alberto Carranza Santos

RESUMEN

La empresa sede de este estudio comercializa Gas Licuado del Petróleo (G.L.P.) en el Ecuador, es líder en el mercado ecuatoriano. Posee 5 plantas envasadoras de G.L.P. en el país para realizar sus operaciones, la planta de mayor capacidad de envasado se encuentra en la ciudad de Guayaquil es la única planta que labora las 24 horas al día mínimo durante 6 días a la semana.

Sus operaciones son apoyadas por tecnología de punta sin embargo presenta altos niveles de rotación de personal operativo, disminuciones de productividad y costos asociados por las liquidaciones de personal. Se cree que la rotación actual del personal operativo se debe a las malas condiciones de los puestos de trabajo.

El objetivo general de esta tesis es desarrollar una metodología que permita analizar y mejorar las condiciones de trabajo en el proceso de envasado de G.L.P. en cilindros metálicos.

Para ello es necesario evaluar ergonómicamente las condiciones iniciales de trabajo del proceso de envasado de cilindros realizando estudios de evaluación del gasto energético y capacidad de trabajo, niveles de iluminación y ruido, evaluación de microclima laboral, evaluación de posturas de trabajo a través del método rula entre otras técnicas. Utilizando los resultados del diagnóstico se procederá a diseñar los puestos de trabajo, implementar las mejoras y evaluar ergonómicamente las condiciones finales de trabajo del proceso de envasado de cilindros.

Con el desarrollo de esta tesis se busca evitar enfermedades laborales en el personal operativo, disminuir en un 50% los niveles actuales de rotación del personal operativo del área de envasado y por consiguiente el 50% de los gastos asociados a las liquidaciones de personal y aumentar la productividad de la línea de producción en un 5%.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÌNDICE GENERAL.....	II
ABREVIATURAS.....	III
SIMBOLOGÍA.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. MARCO TEÓRICO.....	7
1.1. Conceptos de ergonomía	8
1.2. Herramientas de Análisis Ergonómico	26
1.3. Diseño de puestos de trabajo.....	41
1.4. Estudios ergonómicos de diseño de puestos de trabajo realizados en Ecuador y Latinoamérica.....	46
1.5. Normativas Locales e Internaciones	47
CAPÍTULO 2	
2. DIAGNÓSTICO	51
2.1. Descripción del proceso	52
2.2. Evaluación ergonómica inicial del proceso	63
2.2.1. Análisis de la postura de trabajo	64
2.2.2. Evaluación de esfuerzos físicos por levantamiento de carga.....	66
2.2.3. Evaluación del gasto energético y la capacidad de trabajo físico.....	73
2.2.4. Evaluación del nivel de ruido.....	85
2.2.5. Evaluación del nivel de iluminación	90
2.2.6. Análisis de microclima laboral	93
CAPÍTULO 3	
3. DISEÑO DE PUESTO	100

3.1. Estudio antropométrico.....	101
3.2. Consideraciones de diseño.....	103
3.3. Diseño de los puestos de trabajo.	105
CAPÍTULO 4	
4. EVALUACIÓN	114
4.1. Detalle de implementación de las mejoras en el proceso	115
4.2. Evaluación ergonómica final del proceso	121
4.2.1. Análisis de la postura de trabajo.....	121
4.2.2. Evaluación de esfuerzos físicos por levantamiento de carga....	125
4.2.3. Evaluación del nivel de ruido.....	132
4.2.4. Evaluación del nivel de iluminación	136
4.2.5. Análisis de microclima laboral	138
4.3. Evaluación financiera de mejoras implementadas	140
CAPÍTULO 5	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	147
APENDICES	
BIBLIOGRAFÍA	

ABREVIATURAS

g	Gramo
Kg	Kilogramo
U	Unidad
Sg	Segundo
Min	Minuto
J	Joule
J/Sg	Joule/Segundo
KJ	Kilojoule
Kcal	Kilocalorías
W	Watt
W/m²	Watt por metro cuadrado

SIMBOLOGÍA

A	Área
L	Longitud
F	Frecuencia
E	Energía
G.L.P.	Gas Licuado de Petróleo
E.G.P.	Eficiencia global productiva

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1.1 – Interpretación de índice de sobrecarga calórica.....	26
FIGURA 1.2 – Ventana de ejecución del programa e-Niosh.....	39
FIGURA 2.1 – Descripción de los componentes del tanque.....	52
FIGURA 2.2 – Torre de control.....	52
FIGURA 2.3 – Vehículo con cilindros.....	53
FIGURA 2.4 – Recepción de cilindros en carrusel de carga.....	53
FIGURA 2.5 – Verificación de superficie y enderezamiento de asa.....	54
FIGURA 2.6 – Tabulación de tara de cilindros.....	54
FIGURA 2.7 – Llenado de cilindro.....	55
FIGURA 2.8 – Verificación de peso.....	55
FIGURA 2.9 – Verificación de fuga.....	55
FIGURA 2.10 – Colocación de sello de seguridad.....	56
FIGURA 2.11 – Transporte de vehículo lleno a torre de control.....	56
FIGURA 2.12 – Diagrama de proceso.....	58
FIGURA 2.13 – Diagrama de recorrido.....	59
FIGURA 2.14 – Relación entre las actividades y el tipo de actividad.....	60
FIGURA 2.15 – Productividad de la planta 2007.....	63
FIGURA 2.16 – Postura 1 – Tabulación de Tara.....	64
FIGURA 2.17 – Postura 2 – Tabulación de Tara.....	65
FIGURA 2.18 – Primer elemento – Recepción de cilindro.....	67
FIGURA 2.19 – Tercer elemento – Recepción de cilindro.....	68

FIGURA 2.20 – Primer elemento – Apilamiento de cilindro lleno.....	70
FIGURA 2.21 – Tercer elemento – Apilamiento de cilindro lleno.....	71
FIGURA 2.22 – Determinación de frecuencia cardiaca – Primer operario....	81
FIGURA 2.23 – Determinación de frecuencia cardiaca- Segundo operario...	83
FIGURA 2.24 – Puntos de Medición de niveles de ruido – 2007.....	86
FIGURA 2.25 – Mapa de ruido del primer turno - 2007	87
FIGURA 2.26 – Mapa de ruido del segundo turno – 2007.....	89
FIGURA 2.27 – Gráfico de superficie – Primer Turno.....	91
FIGURA 2.28 – Gráfico de superficie – Segundo Turno.....	92
FIGURA 3.1 – Vista Lateral de diseño.....	102
FIGURA 3.2 – Vista Posterior de diseño.....	102
FIGURA 3.3 – Esquema de diseño de silla de trabajo.....	103
FIGURA 3.4 – Diseño preliminar de silla de trabajo.....	105
FIGURA 3.5 – Tablero de ingreso de datos del puesto de tabulado.....	106
FIGURA 3.6 – Diseño final de silla de trabajo del puesto de tabulado.....	107
FIGURA 3.7 – Operación de retiro de válvula con pistola neumática.....	108
FIGURA 3.8 – Diagrama Causa Efecto.....	109
FIGURA 3.9 – Evaluación de causas de Grupo Multidisciplinario.....	110
FIGURA 3.10 – Transportador de cilindros.....	111
FIGURA 3.11 – Postura de operador cuando descarga cilindro.....	112
FIGURA 3.12 – Esquema lateral actual de muelle de descarga.....	112
FIGURA 3.13 – Esquema lateral propuesto de muelle de descarga.....	113

FIGURA 4. 1 – Surtidor de agua en nave de envasado.....	116
FIGURA 4.2 – Máquinas volteadoras extractoras de G.L.P.....	117
FIGURA 4.3 – Nueva silla de trabajo del puesto de tabulación de tara.....	117
FIGURA 4.4 – Nuevo sistema de lubricación de cadena del transportador.	118
FIGURA 4.5 – Foto de muelle de descarga después de implementación de mejora.....	119
FIGURA 4.6 – Operación de descarga de cilindro – 2007.....	119
FIGURA 4.7 – Operación de descarga de cilindro – 2009.....	119
FIGURA 4.8 – Instalación de tejas translucidas en techo de nave de envasado.....	120
FIGURA 4.9 – Paletizado de cilindros 2009.....	121
FIGURA 4.10 – Resultado final de postura 1 – Método Rula.....	123
FIGURA 4.11 – Resultado final de postura 2 - Método Rula.....	124
FIGURA 4.12 – Primer elemento – Recepción de cilindros.....	126
FIGURA 4.13 – Resultados de aplicación de Método e-Niosh.....	127
FIGURA 4.14 – Foto de Operación de descarga de cilindros.....	128
FIGURA 4.15 – Foto de Operación de apilamiento de cilindro lleno.....	130
FIGURA 4.16 – Tercer elemento – Apilamiento de cilindro.....	131
FIGURA 4.17 – Puntos de medición de niveles de ruido – 2009.....	133
FIGURA 4.18 – Mapa de ruido del primer turno – 2009.....	134
FIGURA 4.19 – Mapa de ruido del segundo turno – 2009.....	135
FIGURA 4.20 – Gráfico de superficie - Primer turno.....	136

FIGURA 4.21- Gráfico de superficie – Segundo turno.....	137
FIGURA 4.22 – Productividad anual de planta de envasado.....	441
FIGURA 4.23 – Análisis financiero de mejoramiento de condiciones de trabajo.....	146

INDICE DE TABLA

	Pág.
TABLA 1– Análisis comparativo de métodos de evaluación de riesgos postulares.....	28
TABLA 2 – Puntajes de relación de brazo y antebrazo con la posición de la muñeca.....	30
TABLA 3 – Puntajes de relación de tronco, cintura y piernas.....	30
TABLA 4 – Determinación de puntaje final.....	34
TABLA 5 – Interpretación de resultados – Método Rula.....	35
TABLA 6 – Análisis comparativo de métodos de valoración de esfuerzos..	37
TABLA 7 – Datos requeridos para la ejecución del programa e-Niosh.....	40
TABLA 8 – Interpretación de los resultados del programa e-Niosh.....	40
TABLA 9 – Estándares de tiempo del proceso de envasado de cilindro....	61
TABLA 10 – Productividad de la línea 2007.....	62
TABLA 11 – Evaluaciones específicas requeridas.....	63
TABLA 12 – Descripción de postura 1.....	65
TABLA 13 – Descripción de postura 2.....	66
TABLA 14 – Descripción primer elemento – recepción de cilindro.....	67
TABLA 15 – Descripción tercer elemento – recepción de cilindro.....	68
TABLA 16 – Resultados obtenidos – métodos e-niosh-recepción de cilindros.....	69
TABLA 17 – Descripción primer elemento apilamiento de cilindro lleno.....	70
TABLA 18 – Descripción tercer elemento – apilamiento de cilindro lleno.....	71

TABLA 19 – Resultados obtenidos-métodos e-Niosh- Apilamiento de cilindro lleno.....	72
TABLA 20 – Determinación de coeficientes de penosidad.....	74
TABLA 21 – Detalle de jornada laboral – recepción de cilindro.....	75
TABLA 22 – Determinación de gasto energético – elemento 1.....	76
TABLA 23 – Determinación de gasto energético – recepción de cilindros...77	77
TABLA 24 – Detalle de jornada laboral – apilamiento de cilindro lleno.....	78
TABLA 25 – Determinación de gasto energético elemento 3.....	79
TABLA 26 – Determinación de gasto energético – apilamiento de cilindro lleno.....	80
TABLA 27 – Datos generales del operario.....	81
TABLA 28 – Control de frecuencia durante análisis.....	82
TABLA 29 – Datos generales – segundo operario.....	83
TABLA 30 – Control de frecuencia durante análisis – segundo operario.....	84
TABLA 31 - Control de niveles de ruido – primer turno.....	86
TABLA 32 – Controles de niveles ruido – segundo turno.....	88
TABLA 33 – Mediciones de iluminación del primer turno (luxes).....	90
TABLA 34 – Mediciones de iluminación del segundo turno (luxes).....	92
TABLA 35 – Medición de factores climáticos.....	94
TABLA 36 – Determinación de presión parcial de agua (PVA).....	95
TABLA 37 – Determinación del índice de sobre carga calórica (ICS).....	96
TABLA 38 – Medidas antropométricas para diseño de silla.....	101

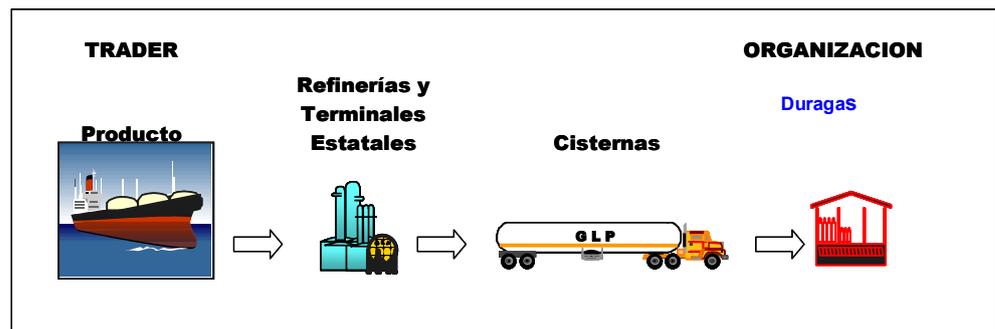
TABLA 39 – Medidas antropométricas de personal operativo.....	103
TABLA 40 - Implementación de mejoras 2008.....	115
TABLA 41 – Descripción de postura 1 – Tabulación de tara.....	122
TABLA 42 – Descripción de postura 2 – Tabulación de tara.....	124
TABLA 43 - Primer elemento – Recepción de cilindro.....	126
TABLA 44 – Resultados obtenidos – Método Niosh.....	128
TABLA 45 - Tercer elemento – Apilamiento de cilindro lleno.....	130
TABLA 46 – Resultados obtenidos – Método Niosh.....	131
TABLA 47 – Niveles de ruido – Primer turno.....	134
TABLA 48 – Niveles de ruido- Segundo turno.....	135
TABLA 49 – Mediciones de iluminación – Primer turno (luxes).....	136
TABLA 50 – Mediciones de iluminación – Segundo turno (luxes).....	137
TABLA 51 – Comparación ergonómica.....	139
TABLA 52 – Productividad de planta (Cilindros envasados / Horas hombre trabajadas).....	141
TABLA 53 – Costos de operación.....	142
TABLA 54 – Recuperación de producto.....	143
TABLA 55 – Precio de Producto.....	143
TABLA 56 – Ahorro generado por recuperación de producto.....	144
TABLA 57 – Gastos asociados a liquidaciones de personal.....	145
TABLA 58 – Detalle de inversión.....	145

INTRODUCCIÓN

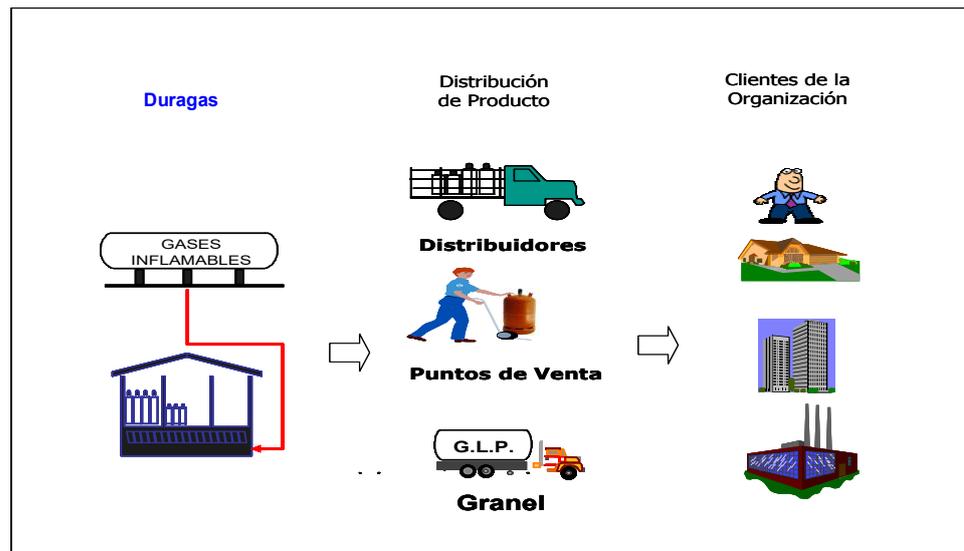
La empresa sede de este estudio inicia sus actividades en 1956 comercializando Gas Licuado del Petróleo (G.L.P.) en el Ecuador. El G.L.P. se le denomina a un pequeño número de hidrocarburos que a temperatura ambiente y presión atmosférica se encuentran en estado gaseoso y que al ser sometidos a una presión relativamente baja pasan al estado líquido. Los principales componentes son el propano y butano, cuya mezcla en aproximadamente 70% y 30%, respectivamente, en el país se comercializa el producto principalmente en cilindros metálicos.

La compañía adquiere el producto de las terminales de almacenamiento en tierra y refinerías estatales, el 70% de lo que se consume en el mercado ecuatoriano es importado y llega vía marítima.

El esquema operativo se lo detalla en el siguiente gráfico:



A continuación se describe el esquema de distribución de su producto en el mercado ecuatoriano:



En la actualidad la empresa cuenta con 5 plantas envasadoras de G.L.P. tal como se detalla a continuación:

ENVASADORA DE G.L.P.	CAPACIDAD DE ENVASADO
GUAYAQUIL	3600 Cilindros / Hora
MONTECRISTI	1150 Cilindros / Hora
SANTO DOMINGO	1300 Cilindros / Hora
BELLAVISTA	1150 Cilindros / Hora
PIFO	1200 Cilindros / Hora

La planta de mayor capacidad de envasado se encuentra en la ciudad de Guayaquil es la única planta que labora las 24 horas al día mínimo durante 6 días en la semana

Planteamiento del problema

La compañía en el 2006 presentaba altos índices de rotación en el personal operativo de las plantas de envasado de G.L.P. principalmente en planta Guayaquil.

	Personal que renuncia en planta Guayaquil			Total de empleados	Liquidaciones de personal
	A. Mantenimiento	A. Envasado	Otras Áreas		
Ene-06	1	5	1	7	\$ 4.489
Feb-06	2	6	0	8	\$ 5.001
Mar-06	3	8	0	11	\$ 6.005
Abr-06	0	14	1	15	\$ 11.894
May-06	0	8	0	8	\$ 1.800
Jun-06	1	5	3	9	\$ 3.000
Jul-06	0	7	5	12	\$ 3.913
Ago-06	0	10	0	10	\$ 500

Existe un promedio mensual de 10 personas que salen de planta Guayaquil, y el área que presenta más salidas es el área de envasado tal como se detalla en la anterior tabla, la empresa incurre en 4.500\$ mensuales aproximadamente por liquidaciones asociadas a las salidas del personal, lo que significa que anualmente se gasta 54.000\$ por este tema

En el 2006 no existían registros de las causas que originaban la salida de personal sin embargo consultando con el departamento de Recursos Humanos se consideraba que en la mayoría de las ocasiones se debía a un exceso de trabajo físico de ser así el personal operativo correría riesgos de lesiones o posibles enfermedades profesionales. Además estos altos niveles de

rotación generan una disminución en la productividad por el tiempo de transición entre la salida del personal y la incorporación del nuevo personal y existe riesgos de accidentes laborales durante el tiempo de inducción del nuevo personal, entre otros.

Objetivos

Objetivo general

- ✚ Desarrollar una metodología que permita analizar y mejorar las condiciones de trabajo del personal operativo del proceso de envasado de G.L.P. en cilindros con el objeto de disminuir el 50% de los niveles de rotación del personal operativo y por consiguiente el 50% de los gastos asociados a las liquidaciones de personal y aumentar la productividad de la línea de producción en un 5%.

Objetivos específicos

- ✚ Determinar un procedimiento de diagnóstico que permita analizar las condiciones de trabajo en el proceso de envasado de cilindros y su influencia en la rotación del personal operativo y la productividad de la línea de producción.
- ✚ Desarrollar una metodología que permita analizar y diseñar los puestos de trabajo del proceso de envasado para mejorar las

condiciones de trabajo del personal y disminuir los niveles de rotación de personal en al menos un 50%.

- ✚ Validar la metodología utilizada y evaluar los beneficios obtenidos por la mejora de las condiciones de trabajo en el área de envasado.

Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo de esta tesis se detalla en los siguientes pasos:

- 1)** Descripción del proceso de envasado.
- 2)** Realizar una evaluación ergonómica inicial del proceso de envasado (Año 2007).
- 3)** Diseñar los puestos de trabajo (Año 2007).
- 4)** Implementación de mejoras (Año 2008).
- 5)** Realizar una evaluación ergonómica final del proceso de envasado (Año 2009).
- 6)** Evaluar los resultados alcanzados.
- 7)** Concluir y recomendar.

Justificación

En el país existen muy pocas organizaciones que han adoptado conceptos ergonómicos para administrar líneas de producción, no se han desarrollado investigaciones profundas de mejoramiento de condiciones de trabajo y desarrollo científico de temas ergonómicos.

La metodología propuesta puede presentarse como una oportunidad de mejora para que cualquier organización la utilice y obtenga los mismos beneficios.

El desarrollo de esta tesis permitirá obtener retribuciones económicas para la organización sede de este estudio y además mejorara las actuales condiciones de trabajo en el proceso operativo evitando en el personal enfermedades laborales futuras.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta las tendencias actuales sobre ergonomía, además se presenta un análisis crítico de las mismas. Se abordan las técnicas y métodos a emplear en el desarrollo de la tesis y se muestra el nivel de importancia de esta ciencia en Ecuador y América latina.

1.1 Conceptos de ergonomía

La palabra ergonomía se deriva de la palabra griega **ergon** que significa trabajo y de **nomos** que significa leyes o conocimiento, para denotar la ciencia del trabajo. La primera vez que se utilizó el término ergonomía, fue en 1857 por el ingeniero polaco, W. Jastrzebowski, en su obra "Esbozo de la Ergonomía o ciencia del trabajo basada en unas verdades tomadas de la naturaleza". La ergonomía es el estudio científico de los factores humanos en relación con el ambiente de trabajo (iluminación, color, temperatura, ruido y ventilación) y el diseño de los equipos (máquinas, espacios de trabajo, etc.), para garantizar un mejor confort.

A partir de 1949 se funda la primera sociedad de ergonomía la llamada "Ergonomics Research Society", la cual fue promovida por Murrell, y definió a la ergonomía en ese entonces de la siguiente manera "El conjunto de los estudios científicos de la interacción entre el hombre y su entorno de trabajo"

Posteriormente la I.S.O. en 1961 define a la ergonomía como "La aplicación de las ciencias biológicas del hombre, junto con las ciencias de ingeniería, para lograr la adaptación mutua óptima del hombre y su trabajo."

En 1993 el consejo colombiano de seguridad, Gilberto Minaya, Fundación MAPFRE, dentro del XXVI Congreso de Seguridad Integral, Higiene y Medicina del trabajo definió a la ergonomía como “Es sobre todo una filosofía o una tentativa de aproximación a los problemas que se presentan en la concepción y la realización de los objetos utilizados por el hombre, que tiene como fin el permitir al futuro usuario una mayor eficacia y una menor posibilidad de error en la utilización de estos objetos. Es pues, un esfuerzo de tornarlos más adaptados, más cómodos, menos exasperantes y fatigantes para el usuario”.

En el año 2000 la Asociación Internacional de Ergonomía la define como “La ergonómica disciplina científica referida a la comprensión de interacciones entre seres humanos y a otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos al diseño para optimizar funcionamiento del bienestar humano y de sistema total”

Como se aprecia de la revisión de conceptos existe algo en común en cada definición que es el mejoramiento de la relación entre el hombre y su entorno de trabajo a través de la ciencia o la ingeniería para mejorar las actividades diarias en el trabajo, además que es

una ciencia que busca la prevención tanto de accidentes como de enfermedades laborales y el equilibrio entre el bienestar de las personas y los costos, es una ciencia que de ser aplicada correctamente en el Ecuador tal como en otros países de América Latina traería múltiples beneficios a nuestro sistema productivo.

La ergonomía tiene como ciencia un gran campo de acción, por lo cual abarca una gran cantidad de disciplinas como las ciencias naturales y las ciencias sociales. Las disciplinas que conforman a la ergonomía son las siguientes:

A) La Ingeniería, esta analiza matemáticamente los cambios físicos a la tarea y controla la exposición a riesgos. Los controles de ingeniería actúan sobre la fuente de los riesgos.

B) La psicología, la cual basa su estudio en el comportamiento del hombre dentro de su ambiente de trabajo.

C) La fisiología, esta estudia los órganos y la constitución de los mismos, para analizar como se ven afectados por el medio ambiente.

D) La antropometría, la cual trata con las medidas del cuerpo humano que se refieren al tamaño del cuerpo, formas, fuerza y capacidad de trabajo.

E) La legislación, la cual está basada en el estudio y formulación de leyes que rigen la vida jurídica de la sociedad.

Clasificación de la Ergonomía

La clasificación de esta ciencia es diversa de acuerdo a muchos analistas y científicos, sin embargo de lo revisado y dada la realidad ecuatoriana en donde muy pocas organizaciones han adoptado conceptos ergonómicos en sus sistemas de trabajo, el autor comparte lo expuesto por Mag. María Nora y Paula Ragel de la Universidad del Valle en 1996 en las memorias del curso Ergonomía aplicada y procedimientos operativos de evaluación y control en el punto 1.4.4 clasifica a la ergonomía de acuerdo a su ámbito de aplicación, desarrollo tecnológico y sus objetivos en:

- **Ergonomía preventiva.** Cuando se está en la fase de concepción de un puesto de trabajo, en donde es necesario definir todos aquellos factores que tienen que ver con el control de los riesgos posibles.

- **Ergonomía correctiva.** Se refiere al rediseño del puesto de trabajo que ya existe.

Condiciones de trabajo

La Organización Mundial de la Salud (OMS), "salud es el estado de bienestar físico, mental y social completo y no meramente la ausencia de enfermedad". La búsqueda de este bienestar completo quizás haga que se considere el puesto de trabajo como un lugar que deba cumplir condiciones básicas de seguridad y de comodidad. Legalmente, y de cara a la prevención, los empresarios están obligados a informar a los trabajadores sobre los posibles riesgos de su trabajo y a ofrecerles medidas de prevención y protección.

En Ecuador la búsqueda de las empresas por tener sistemas de manufactura más competitivos ha obligado a muchas a olvidar los factores humanos en el diseño de los mismos, estos factores humanos al no tomarse en cuenta traen consigo problemas operacionales, ya que originan tiempos muertos en la operación del sistema por la dificultad de realizar las tareas, lo cual impacta directamente en la productividad de la compañía, así como un costo a largo plazo, al tener personal incapacitado por alguna lesión acumulativa causada por el diseño del sistema. La mayor parte del diseño de los sistemas de manufactura ecuatorianos está basado solo en el proceso más no en los factores de prevención de riesgos.

Carga física

De acuerdo al autor Osborne D. en su libro Ergonomía en Acción. La adaptación del medio de trabajo al hombre, Editorial Limusa, 1990

“Es toda actividad física que relaciona un consumo energético susceptible de ser medido, su determinación se realiza en base de la producción de calor metabólico que genera el individuo”.

Factores que condicionan la sobrecarga mental y el estrés laboral

Los autores chilenos del estudio ergonómico en plantas salmonera de la región X argumentan que en el ámbito del trabajo, un operario labora en condiciones óptimas cuando las exigencias mentales de las tareas asignadas están en equilibrio con la cantidad de esfuerzo físico que debe dedicar para responder a ellas. Por otra parte, si su actividad no le demanda ningún compromiso mental, el trabajador comienza a sentirse incómodo, molesto e insatisfecho en su trabajo, por lo que debe realizar un sobre esfuerzo para mantener el estado de concentración e interés. De igual manera, si la actividad lo absorbe mentalmente, excediendo sus límites tolerables, también se producirá un deterioro de sus funciones mentales. De modo tal que, la pérdida de este equilibrio desencadenará en el trabajador una

serie de reacciones de fatiga o estrés, y aunque no todos reaccionan de la misma forma, las presiones y tensiones prolongadas, van provocando desajustes en los trabajadores. Estas condiciones, pueden afectar el clima laboral, los niveles de producción, se cometen más errores, aumentando además la ocurrencia de accidentes y enfermedades. El estrés laboral crónico, se puede presentar cuando la persona se encuentra sometida a:

- Condiciones físicas y ambientales inadecuadas del lugar de trabajo
- Clima laboral deteriorado
- Sistemas punitivos de control y supervisión
- Niveles mínimos o excesivos de demandas derivadas del trabajo
- Organización deficiente de las actividades
- Niveles de responsabilidad excesivos o mínimos en las actividades
- Dificultades para compatibilizar el trabajo con su vida personal y familiar
- Alteración de ritmos biológicos.

Un aspecto importante de considerar es que algunos agentes ambientales, pueden encontrarse en límites que no provoquen

enfermedades directamente vinculadas a ellos, pero cuya presencia altera la reacción de los trabajadores y su bienestar, contribuyendo a que cometan un mayor número de errores. Entre éstos, cabe mencionar temperaturas excesivas, el ruido y la iluminación.

Tipo de estudios ergonómicos

De acuerdo a la Phd. Marisol Góngora Calderón en el desarrollo de análisis ergonómicos encontraremos estudios como:

- Antropometría
- Biomecánica y fisiología
- Ergonomía ambiental
- Ergonomía cognitiva
- Ergonomía de diseño y evaluación
- Ergonomía de necesidades específicas
- Ergonomía preventiva

Antropometría

Las funciones principales de la antropometría es ofrecer datos a los profesionales para alcanzar sus objetivos. Los métodos antropométricos se encuentran entre las herramientas básicas para resolver problemas de diseño ergonómicos aplicando ingeniería. Los datos antropométricos dan una realidad de las

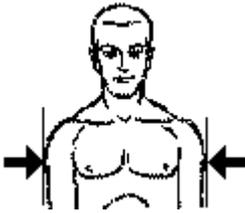
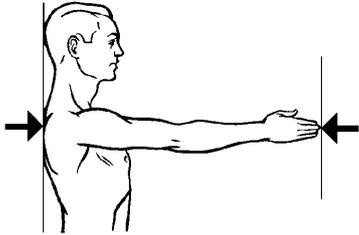
características específicas de la población analizada, en un mundo tan diverso podemos encontrar una diferencia de 40 cm entre la media de una población y otra. El hombre es un ser completamente variado las variaciones se atribuyen específicamente a evoluciones biológicas y socioculturales dependiendo del sistema en donde se desenvuelve tal como lo menciona Lilia Prado en su libro factores ergonómicos en el diseño.

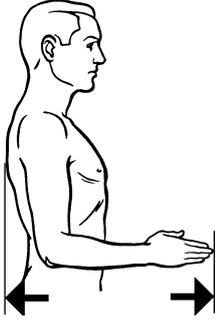
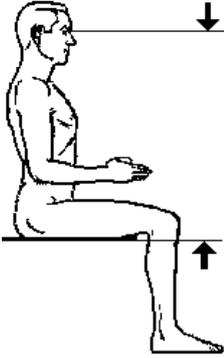
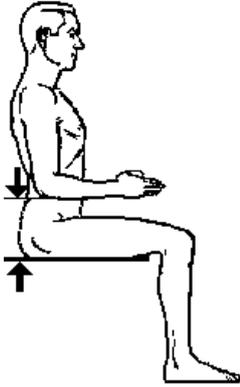
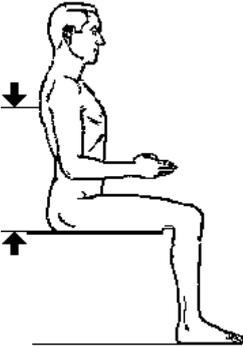
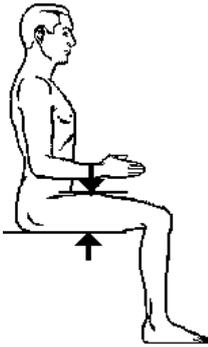
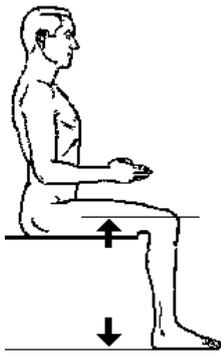
En la actualidad los países en desarrollo atraviesan un claro problema ergonómico y es que la falta de una base de datos ergonómicas que defina las dimensiones corporales de la población origina un desequilibrio en el sistema hombre máquina debido a que las máquinas por lo general provienen de países desarrollados en donde los diseños de las maquinas y sistemas se realizan en función de tablas antropométricas representativas de su población, Ecuador no es la excepción, la carencia de este tipo de datos técnicos y el poco desarrollo de conceptos ergonómicos en su sistema productivo genera en el ambiente laboral problemas productivo y de condiciones severas de trabajo en la realización de las actividades productivas.

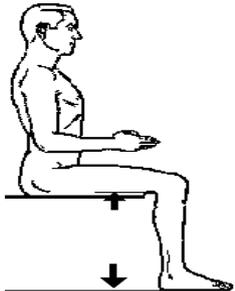
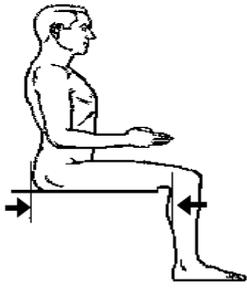
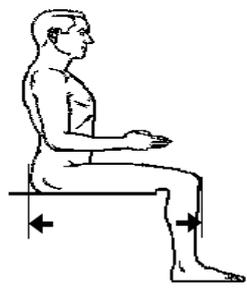
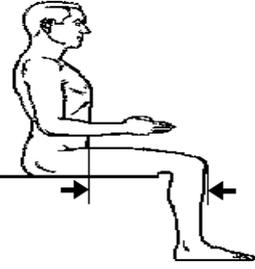
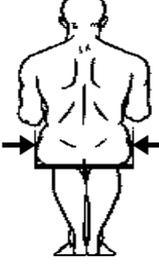
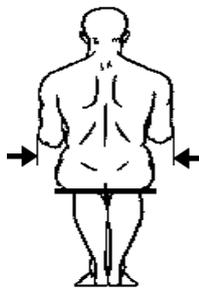
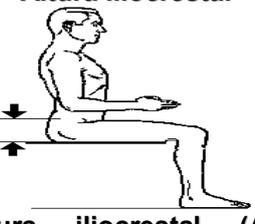
En el país la ausencia de datos antropométricos de su población origina que se realicen estudios específicos y se comparen con tablas de países vecinos o latinoamericanos, actualmente Colombia tiene dimensiones establecidas al igual que México, Cuba, Chile y España. Para el desarrollo de la tesis el se tomará como referencia las tablas colombianas ya que son las mas representativas de los países de América del sur tal como lo menciona los autores Ávila R y Prado Lilia en su libro “Dimensiones Antropométricas de población Latinoamericana”

Cuando el objeto de estudio es el hombre, resulta conveniente considerarlo incluido dentro de una población. Las poblaciones deben ser definidas en relación con el proyecto de diseño, ya que el mismo es el que delimita a que sección de la población debe estudiarse. (Ej.: para diseñar pupitres para la CUJAE debería estudiarse la población de estudiantes del mismo). La doctora Alonso en su libro Ergonomía publicado en la Habana en el 2006 en el capítulo 2 menciona las principales dimensiones antropométricas del cuerpo humano y su criterio

de uso en el desarrollo de diseños ergonómicos, a continuación lo mencionado:

<p style="text-align: center;">Estatura</p>  <p>Estatura (E): Distancia vertical desde el vertex hasta el suelo con el sujeto en Posición de Atención Antropométrica. Criterio de uso: Alturas de puertas.</p>	<p style="text-align: center;">Altura Ojos de Pie</p>  <p>Altura de los ojos (AO): Distancia vertical desde el suelo hasta el eje horizontal que pasa por el centro de la pupila. Criterio de uso: Altura de dispositivos informativos visuales.</p>	<p style="text-align: center;">Altura de Codo de Pie</p>  <p>Altura del codo (AC): Distancia vertical desde el suelo hasta la depresión que forma la unión del brazo y antebrazo. Criterio de uso: Altura de mostradores y mesas para trabajar de pie.</p>
<p style="text-align: center;">Diámetro Biacromial</p>  <p>Diámetro Biacromial (DB): Distancia entre los puntos más laterales y superiores de los apófisis acromiales del omóplato. Criterio de uso: Ancho del respaldo.</p>	<p style="text-align: center;">Alcance Máximo del Brazo</p>  <p>Alcance máximo del brazo (AMB): Distancia desde el plano vertical hasta el eje que se produce en la mano cuando el sujeto tiene extendido al máximo el brazo. Criterio de uso: Área máxima de trabajo.</p>	<p style="text-align: center;">Alcance Lateral del Brazo</p>  <p>Alcance lateral del brazo (ALB): Distancia desde el eje central del cuerpo hasta el eje que se produce en la mano cuando el sujeto tiene extendido lateralmente al máximo el brazo. Criterio de uso: Área máxima de trabajo.</p>

<p>Alcance Mínimo del Brazo</p>  <p>Alcance mínimo del brazo (AMIB): Distancia desde el respaldo hasta el eje vertical de la mano con el puño cerrado cuando el sujeto tiene su brazo, paralelo a la línea media del tronco y formando un ángulo de 90° con el antebrazo. Criterio de uso: Área mínima de trabajo.</p>	<p>Altura de los Ojos Sentado</p>  <p>Altura de los ojos sentado (AOS): Distancia desde el eje que pasa por el centro de la pupila hasta la superficie horizontal del asiento. Criterio de uso: Altura de dispositivos informativos visuales.</p>	<p>Altura del Codo Sentado</p>  <p>Altura del codo sentado (ACS): Distancia desde el plano del asiento hasta la depresión del codo, cuando el brazo está paralelo a la línea media del tronco y formando un ángulo de 90°, con el antebrazo. Criterio de uso: Altura de planos de trabajo.</p>
<p>Altura Subescapular</p>  <p>Altura subescapular (AS): Distancia desde el ángulo inferior de la escápula hasta el plano del asiento. Criterio de uso: Diseño del espaldar.</p>	<p>Altura del Muslo</p>  <p>Altura del muslo (AM): Distancia desde el punto más alto del muslo y el plano horizontal del asiento. Criterio de uso: Espacio libre entre el asiento y el puesto de trabajo.</p>	<p>Altura de la Rodilla</p>  <p>Altura de la rodilla sentado (AR): Distancia vertical desde el plano horizontal del piso hasta la rótula. Criterio de uso: Espacio libre entre el asiento y el puesto de trabajo.</p>

<p style="text-align: center;">Altura Poplítea</p>  <p>Altura poplítea (AP): Distancia vertical desde el plano del suelo hasta la zona inmediata posterior de la rodilla. Criterio de uso: Altura del asiento.</p>	<p style="text-align: center;">Longitud Sacropoplítea</p>  <p>Longitud sacropoplítea (LSP): Distancia desde el punto de la depresión poplítea de la pierna hasta el plano vertical de la espalda. Criterio de uso: Profundidad del asiento.</p>	<p style="text-align: center;">Longitud Sacrorótula</p>  <p>Longitud sacrorótula (LSR): Distancia desde el vértice de la rótula hasta el plano vertical de la espada del individuo. Criterio de uso: Espacio debajo de la mesa.</p>
<p style="text-align: center;">Longitud del muslo</p>  <p>Longitud del muslo (LM): Distancia desde el vértice de la rótula hasta la depresión producida entre la parte del abdomen. Criterio de uso: Espacio para mover las piernas.</p>	<p style="text-align: center;">Ancho de la cadera sentado</p>  <p>Anchura de la cadera sentado (ACS): Distancia máxima entre las caderas. Criterio de uso: Ancho del asiento y separación entre reposabrazos.</p>	<p style="text-align: center;">Ancho de codo a codo</p>  <p>Anchura de codo a codo (ACC): Distancia que separa las superficies laterales de los codos. Criterio de uso: Separación entre los reposabrazos.</p>
<p style="text-align: center;">Altura iliocrestal</p>  <p>Altura iliocrestal (AI): Distancia desde el plano del asiento hasta las crestas iliacas. Criterio de uso: Diseño del espaldar.</p>	<p style="text-align: center;">Longitud del pie</p>  <p>Longitud del pie (LP): Distancia comprendida entre el borde posterior del Talón de Aquiles y el borde anterior del primer dedo del pie. Criterio de uso: Diseño de Reposapiés.</p>	<p style="text-align: center;">Ancho del pie</p>  <p>Ancho del pie (Apie): Distancia comprendida entre el borde interno y externo del pie a nivel de la cabeza del primer y quinto metatarsiano. Criterio de uso: Diseño de Reposapiés.</p>

Diferentes autores como Karwowski, Ávila, Apud, Helander y García, 1992 ofrecen Tablas Antropométricas con los datos de las dimensiones de la población de diferentes países, en los anexos B y C se pueden observar.

El diseño de puestos de trabajo puede realizarse utilizando cuatro criterios:

- Recomendaciones de Expertos
- Normas
- Mediciones Directas.
- Tablas Antropométricas.

Recomendaciones de Expertos.

El diseño se realiza basado en las dimensiones del puesto de trabajo recomendadas por especialista en Ergonomía.

Normas

El diseño se realiza basado en las dimensiones del puesto de trabajo recomendadas por las normas establecidas.

Mediciones Directas.

El puesto de trabajo se diseña acorde a las dimensiones del cuerpo humano de una o varias personas dadas por el usuario, teniendo en cuenta los periféricos.

Tablas Antropométricas.

El puesto de trabajo se diseña acorde a las dimensiones del cuerpo humano de poblaciones de diferentes países, teniendo en cuenta los periféricos, y demás componentes a ubicar en el puesto.

Para el desarrollo de esta tesis se realizará mediciones directas y se tomará como referencia las medidas antropométricas de la población de Colombia.

Evaluación de microclima laboral

El microclima laboral es un verdadero factor incidente sobre las condiciones del trabajador, se ha comprobado que esta variable puede causar deshidratación, aumento de las enfermedades de las vías respiratorias, reducción en el rendimiento físico, irritabilidad, incrementos de errores, bajo rendimiento mental, incomodidad por sudar, etc.

Los factores que definen al ambiente térmico son:

- La temperatura del aire o seca (t_a - °C.)
- El contenido de vapor de agua en la atmósfera, puede expresarse como humedad relativa H_r (%)
- La temperatura radiante media, TRM (°C)

- La velocidad del aire V_a (m / Sg.)

Los métodos de evaluación del microclima pueden ser:

- Índice de Temperatura de bulbo húmedo y de globo
- Índice Temperatura Efectiva
- Índice de Sobrecarga Calórica ISC

El índice de temperatura de bulbo húmedo y de globo es un indicador utilizado con poca frecuencia debido a que se requiere una vigilancia continua sobre la sobrecarga térmica de cada una de las actividades que se realizan en el área de trabajo, además no considera factores como la velocidad del aire en el transcurso del tiempo.

El índice de temperatura efectiva es poco práctico para este análisis por que requiere de la utilización de nomogramas que a su vez considera actividades poco comunes y requeriría de muchas asunciones.

El índice de sobrecarga calórica es muy completo debido a que parte de la ecuación de balance térmico en donde se determina el ambiente térmico a través de la temperatura y velocidad de aire, temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo factores que definen el

ambiente térmico, además es fácil aplicación, establece la relación entre la cantidad de energía en forma de calor que se necesita para la realización de cierta actividad en condiciones ambientales dadas y la energía máxima que es posible eliminar a través de la evaporación del sudor en esas condiciones. Este método se detalla a continuación:

Considerar a un operario promedio, obtener:

- La superficie corporal SC definida en la siguiente formula:

$$SC = 0202 (Pc)^{0.425} (H)^{0.725}$$

Pc = Peso corporal (Kg)

H = Altura (m)

- **M** = La generación de metabólica de calor (W/m²)
- El intercambio de calor C (w/m²)

C =Intercambio de calor por convección

$$C = 4,6V_a^{0,6}(t_s - 35)$$

Va =Velocidad de aire

Ts =Temperatura de bulbo seco (°C)

- El intercambio de calor R (w/m²)

R =Intercambio de calor por radiación

$$R = 4,4(TMR - 35)$$

TMR = Temperatura media radiante (°C)

$$(TMR + 273)^4 = (t_g + 273)^4 + 1,4\sqrt{V_a}(t_g - t_s)10^8$$

Tg= Temperatura de globo (°C)

Ts= Temperatura de bulbo seca (°C)

Va= Velocidad del aires (m/s)

Finalmente para obtener la presión parcial de vapor de agua se toma en cuenta la temperatura de bulbo seco, la temperatura de bulbo húmedo y el la humedad relativa del medio, con estos valores se acude a la tabla psicrométrica mostrada en el anexo A.

Con la obtención de estos datos se procede a determinar la evaporación requerida (E req) y la evaporación máxima (E max) definidas a continuación:

$$E_{req} = M + R + C$$

$$E_{max} = 7 V_a^{0.6} (56 - P_{va}) < 390 \text{ w/m}^2$$

Con estos datos se debe determinar el índice de sobrecarga calórica

ISC

$$ISC = E_{req} / E_{MAX} * 100\%$$

Evaluar el índice obtenido para determinar el ambiente térmico en base a la figura 1.1:



Figura 1.1 INTERPRETACIÓN DE ÍNDICE DE SOBRECARGA CALORICA

Uno de los autores del libro Ergonomía – Confort y estrés térmico Pedro R. Mondelo menciona algunas medidas de protección frente al ambiente caluroso, las cuales se presenta a continuación:

- Selección del personal mediante examen médico, elección de personas no obesas, sin afecciones cardiovasculares, excluyendo mujeres en estado de gestación.
- Establecimiento de un programa de aclimatación para ser aplicado antes del ingreso al trabajo.
- Establecimiento de un sistema de suministro de agua fresca.
- Aplicación de un programa educativo, dado por especialistas que mantenga al trabajador informado sobre las posibles afectaciones del ambiente en el que se desarrollan sus actividades.

1.2 Herramientas de Análisis Ergonómico

Existe una gran variedad de herramientas para el análisis ergonómico, estas se orientan frecuentemente a un tipo

específico de trabajo. El analista determina que tipo de evaluación y técnica es mejor para evaluar los riesgos de lesiones laborales basados en un conocimiento de las aplicaciones de determinada herramienta.

Existen muchas técnicas las más útiles y que han demostrado su efectividad en la evaluación de riesgos son:

Herramientas de evaluación de riesgos posturales

Estas herramientas ergonómicas ofrecen un método estándar para analizar razonable y objetivamente los riesgos de trabajo. Entre las técnicas usadas actualmente para los análisis ergonómicos se encuentran las siguientes:

- RULA - Rapid Upper Limb Assessment. - Evaluación rápida de miembros superiores, para investigar los riesgos de trauma acumulativo como la postura, la fuerza y el análisis del uso de músculos.
- Renault - Método para la evaluación de puestos de trabajo, basado en cuatro factores ergonómicos (seguridad, entorno físico, carga física, carga nerviosa) y cuatro factores psicológicos y sociológicos (autonomía, relaciones, repetibilidad, contenido del trabajo).

• OWAS.- Owako Working posture Analysis System. OWAS es un método para la evaluación de la carga postural durante el trabajo. El método de OWAS se basa en una clasificación simple y sistemática de las posturas de trabajo combinadas con observaciones de las tareas de trabajo. El método se puede aplicar, por ejemplo, en las siguientes áreas:

1. Desarrollo de una estación de trabajo o de un método del trabajo, reducir su carga muscular y hacerla más segura y productiva
2. Planeamiento de un nuevo método del lugar de trabajo o del trabajo
3. Exámenes ergonómicos
4. Encuestas sobre medicina del trabajo
5. Investigación y desarrollo

En la tabla 1 se muestra la comparación de los métodos anteriormente descritos:

TABLA 1
ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS POSTULARES

	Comparación de métodos de análisis de riesgos posturales		
	RULA	RENAULT	OWAS
Nivel de conocimiento del personal recolector de datos	Conocimiento básico	Alto conocimiento técnico de análisis	Conocimiento básico
Tiempo aproximado de observación	30 min.	2 - 3 Horas	1 Horas
Valoración puntuaciones de condiciones de trabajo	Valoración en 5 niveles	Valoración en 5 niveles	Valoración en 5 niveles
Aplicaciones	Puestos fijos	Puestos en cadena, de montaje trabajos repetitivos y de ciclos cortos	Puestos fijos
Comentarios	De fácil aplicación, evaluación de esfuerzos en función de posturas, función muscular y las fuerzas que se ejercen	Es susceptible de ser adaptado y modificado para analizar otras características	Evaluación sistemática de posturas de trabajo y solo énfasis en posturas inadecuadas

Del análisis realizado, para el desarrollo de la evaluación de los riesgos posturales de los puestos de trabajo del proceso de envasado de cilindro se utilizará el método Rula.

Método de RULA

El método de RULA (Rapid Upper Limb Assessment) fue desarrollado para investigar la exposición de los trabajadores de manera individual a los factores de riesgo asociados con desórdenes de los miembros superiores del cuerpo. RULA también fue desarrollado a través de la evaluación de las posturas adoptadas, las fuerzas requeridas y las acciones musculares de los operadores que realizaban diversas tareas de manufactura donde los factores de riesgo asociados a los desórdenes de los miembros superiores del cuerpo humano podían estar presentes.

Los factores de riesgo bajo investigación son aquellos descritos por Mc Phee como factores externos de carga.

Estos factores incluyen:

- a. Número de movimientos
- b. Posturas de trabajo determinadas por el equipo y el mobiliario
- c. Trabajo estático muscular
- d. Fuerza

El método usa diagramas de las posturas del cuerpo y de las tablas 2-3-4, en donde se encuentran la puntuación que proveen la evaluación de la exposición a los factores de riesgo.

**TABLA 2
PUNTAJES DE RELACIÓN DE BRAZO Y ANTEBRAZO CON LA
POSICIÓN DE LA MUÑECA**

Extremidades superiores - puntuación postura					
Hombro	Codo	Postura Muñeca			
		1	2	3	4
		Giro		Giro	
		1	2	1	2
1	1	1	2	2	2
	2	2	2	2	2
	3	2	3	3	3
2	1	2	3	3	3
	2	3	3	3	3
	3	3	4	4	4
3	1	3	3	4	4
	2	3	4	4	4
	3	4	4	4	4
4	1	4	4	4	4
	2	4	4	4	4
	3	4	4	4	5
5	1	5	5	5	5
	2	5	6	6	6
	3	6	6	6	7
6	1	7	7	7	7
	2	8	8	8	8
	3	9	9	9	9

**TABLA 3
PUNTAJES DE RELACIÓN TRONCO, CINTURA Y PIERNAS**

Cuello, tronco, extremidades inferiores - Puntuación postura												
Cuello	Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Ext. Inf.		Ext. Inf.		Ext. Inf.		Ext. Inf.		Ext. Inf.		Ext. Inf.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Los rangos de movimiento para el antebrazo fueron establecidos en base a los descubrimientos de los estudios realizados por Tichauer, Chaffin, Herberts, Hagberg, Schuldt y Larsson-Ringdahl. Los puntajes son:

- 1 de 20 pulgadas de extensión a 20 pulgadas de flexión
- 2 de extensión mayor a 20 pulgadas o de 20-45 grados de flexión
- 3 para 45-90 grados de flexión
- 4 para 90 grados o más de flexión

Si el hombro es elevado, la puntuación de postura derivada como se indica arriba es incrementada en 1. Si el antebrazo se gira, el puntaje se ve incrementado en 1. Si la persona está apoyado o el peso de su brazo está soportado por algo, entonces el puntaje de postura se disminuye en 1. Los rangos para el brazo se desarrollaron a partir del trabajo de Grandjean y Tichauer. Los puntajes son:

- 1 de 60-100 grados de flexión
- 2 para menos de 60 pulgadas o más de 100 grados de flexión.

Si el brazo está trabajando atravesando la línea media del cuerpo o de lado entonces el puntaje de postura se incrementa en 1. Las especificaciones para el puntaje de la muñeca señaladas por la

Health and Safety Executive son usadas para determinar los siguientes puntajes:

- 1 si se encuentra en posición neutral
- 2 para 0-15 pulgadas ya sea en flexión o extensión
- 3 para 15 pulgadas o más en flexión o extensión

Si la muñeca se encuentra con desviación radial al realizar el movimiento, entonces el puntaje por postura se incrementa en 1. Los giros de la muñeca son definidos alrededor de la postura neutral.

Los puntajes son:

- 1 si la muñeca está en el rango medio de giro
- 2 si la muñeca se encuentra en o cerca del termino del rango de giro.

Los rangos de postura para el cuello están basados en estudios de Chaffin y Kilbom. Los puntajes y los rangos son:

- 1 de 0-10 pulgadas de flexión
- 2 de 10-20 pulgadas de flexión
- 3 de 20 o más pulgadas de flexión
- 4 si es en extensión

Si el cuello se encuentra girado estos puntajes son incrementados en 1. Si el cuello está en movimiento forzado, ya sea inclinado frontal o lateral, entonces el puntaje se incrementa en 1. Los rangos para el tronco son los siguientes:

- 1 estando sentado o con buen soporte con un ángulo de 90 pulgadas o más
- 2 de 0-20 pulgadas de flexión
- 3 de 20-60 pulgadas de flexión
- 4 de 60 pulgadas o más de flexión

Si la cintura se encuentra girando, el puntaje se incrementa en 1. Si la cintura está forzada en movimiento frontal o lateral, el puntaje se incrementa en 1. Los puntajes para las diferentes posturas de las piernas son definidos por:

- 1 si las piernas y los pies están debidamente apoyados cuando uno se encuentra sentado con el peso correctamente balanceado
- 2 si las piernas y los pies no están debidamente apoyados o si el peso no está correctamente balanceado

**TABLA 4
DETERMINACIÓN DE PUNTAJE FINAL**

Puntuación final							
Cuello, tronco, extremidad inferior							
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

Para una puntuación final de 1 o 2, la postura de trabajo debió haber sumado 2 o menos por cada grupo. Posturas de trabajo y acciones que tengan un puntaje final de 1 y 2 son consideradas aceptables si no se mantiene o repiten por períodos largos. Un puntaje final de 3 o 4 será dado a posturas de trabajo las cuales están fuera de rangos razonables de movimiento como definido en la literatura, también será dado este puntaje final a posturas de trabajo que están dentro de rangos de movimiento razonables pero donde se requiere de acciones repetitivas, cargas estáticas o exceso de fuerza. Se requiere de mayores investigaciones y quizás sea necesario realizar ciertos cambios. Un puntaje final de 5 o 6 indica aquellas posturas de trabajo que no se encuentran dentro de los rangos de movimiento

convenientes: se requiere que la persona que realiza movimientos repetitivos y/o trabajo muscular estático y puede ser necesario el uso de exceso de fuerza. Se sugiere que estas operaciones sean investigadas rápidamente y que sean realizados cambios a corto plazo mientras se planean cambios a largo plazo que reduzcan los niveles de exposición a los factores de riesgo. Un puntaje final de 7 será dado a cualquier postura de trabajo que se encuentre en o cerca del final del rango de movimiento y donde también se tienen movimientos repetitivos y acciones estáticas. Cualquier postura donde las fuerzas o cargas sean excesivas también se incluye en este grupo. Investigaciones y modificaciones de estas operaciones son requeridas de inmediato para reducir la excesiva carga al sistema músculo-esquelético y el riesgo de lesiones a la persona.

Finalmente las necesidades de acción en las cuales es dividido el puntaje final se indican en la tabla 5 de interpretación de resultados:

**TABLA 5
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS – MÉTODO RULA**

Nivel 1	Puntos 1-2	Postura aceptable si no se repita o mantiene durante largos períodos
Nivel 2	Puntos 3-4	Investigar, posibilidad de requerir cambios
Nivel 3	Puntos 5-6	Investigar, realizar cambios rápidamente
Nivel 4	Puntos 7 +	Realizar cambios de manera inmediata

Herramientas de valoración de esfuerzos por levantamiento de carga

De acuerdo a R. Mondelo, Gregori, Blasco, Barrau en su libro Diseño de puestos de trabajo 2ª Edición enuncia los métodos más usuales para la valoración de esfuerzo:

- Método AFNOR, es desarrollado por la Association Francaise de Nomalisation, da los límites de esfuerzos recomendados por la acción sobre los controles, herramientas o útiles, esta normativa analiza las fuerzas pero de forma escasa los momentos de giro.
- Método NIOSH, es desarrollado por el Nacional Institute of Safetu and Health de los Estados Unidos, realiza una revisión de la metodología sobre la manipulación de cargas y levantamiento de pesos, este método ha sido desarrollado por prevenir lesiones, establece límites según conceptos de biomecánicos, fisiológicos o psicofísicos estableciendo la carga máxima.
- Método REFA (Siemenes), desarrollado por una fundación alemana en 1924 fue redactado contemplando las leyes, normas o códigos vigentes para los diferentes temas, no se suponen conocimientos de fisiología.

La comparación de estos métodos se lo muestra a continuación.

**TABLA 6
ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS DE VALORACIÓN DE
ESFUERZOS**

	AFNOR	NIOSH	REFA
Consideraciones de Fuerzas	Si	Si	Si
Consideraciones de Momentos			Si
Consideraciones de Levantamientos		Si	Si
Variable - Posición			Si
Variable - Postura	Si	Si	Si
Variable - Duración		Si	Si
Variable - Frecuencia	Si	Si	Si
Tiempo de desarrollo	30 min	45 min	1-2 H
Nivel de Conocimientos	Medio	Básicos	Avanzados
Ciencias Involucradas	Fisiología	Biomecánica Fisiología Psicofísica	Físicas Fisiología

De lo mostrado en la tabla 6, el método a utilizar para la valoración de esfuerzos físicos por levantamiento de cargas es el método NIOSH debido a que involucra mas ciencias que los demás métodos, a mas de esto considera posturas variables, actividades de larga duración y de alta frecuencia.

Método de NIOSH

La finalidad de este método es la evaluación de riesgos por levantamiento de cargas identificando los riesgos de lumbalgias asociados a la carga física y recomendando un límite de peso adecuado para cada tarea analizada. Las guías prácticas de trabajo NIOSH (1981).- Evalúa los riesgos de carga basados en los parámetros de NIOSH. • Ecuación revisada de carga de NIOSH

(1991). El desarrollo de la evaluación se realiza por grupos los pasos a seguir son los siguientes:

- Realizar observaciones del proceso de carga durante el transcurso de la jornada laboral.
- Determinar las posiciones iniciales y finales del proceso.
- Seleccionadas las posiciones se realiza mediciones sobre el trabajador, respaldada en imágenes de la actividad que realiza.
- Con los datos necesarios se procede a la aplicación del método en base a lo solicitado por el programa. En donde se evalúa el manejo de carga por la ecuación:

$$RWL = LC * HM * VM * DM * AM * FM * CM$$

En donde:

RWL, es el límite recomendado

LC, es un valor constante de 23 Kg y el resto son factores correctores geométricos, temporales y de agarre'

HM, es el incremento de la distancia horizontal de la carga a la columna, $HM = 25 // H$

VM, es el incremento vertical de carga desde el suelo,

$$VM = (1 - (0,003 \text{ abs } (V - 75)))$$

DM, es el desplazamiento de la carga, $DM = 0,82 - 4,5 / D$

AM, es el desplazamiento en un plano recto de la carga,

$$AM = (1 - (0,0032 A))$$

FM, frecuencia de levantamiento de la carga

CM, Evaluación de los agarres de la carga.

Agarres	Bueno	Medio	Pobre
V<75cm	1	0,95	0,90
V>75cm	1	1	0,90

En base a estos fundamentos se ha desarrollado el programa e-Niosh, versión 1.1, cuyos autores son: José Diego Más, Mercedes Chiner y Sabina cuesta, de tal manera permite la fácil aplicación del método Niosh, en la figura 1.2. Se muestra la ejecución del programa.



FIGURA 1.2 VENTANA DE EJECUCIÓN DEL PROGRA e- Niosh

Para la ejecución de este programa se requiere la determinación de los datos mostradas en la tabla 7:

**TABLA 7
DATOS REQUERIDOS PARA LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA e-NIOSH**

DATOS	DESCRIPCION
H	Distancia entre el centro de gravedad de la carga vertical y la vertical de la columna vertebral(Zona lumbrar) del operario.Se solicita Origen y destino)
V	Distancia entre el suelo y el centro de gravedad de la carga en reposo (antes de ser cargada por el operario). Se solicita origen y destino
D	Distancia entre el centro de gravedad de la carga en reposo y el centro de gravedad de la misma una vez cargada por el operario a la altura de transporte. Se solicita origen y destino.
A	Angulo (en grados) entre el plano sagital del operarios y el centro de gravedad de la carga. Se solicita origen y destino.
Elevaciones por minuto	Número de veces que se repite es proceso de carga cada minuto.
Duración del trabajo	Este valor está tabulado y se debe elegir de entre los existentes en la persiana desplegable
Peso	Peso en Kilogramos de la carga

Finalmente para la interpretación de los resultados se muestran en la tabla 8.

**TABLA 8
INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL PROGRAMA e-NIOSH**

L1 >1	La tarea actual generará riesgo de dolor
L1 > 3	La tarea actual generará riesgo de lesión

1.3 Diseño de puestos de trabajo

En el año de 1993 el Ing. Osvaldo César Belletini expuso en Brasil en el segundo congreso Latino Americano de Ergonomía un esquema metodológico para la resolución de problemas ergonómicos que podría ser adoptado en cualquier organización, a continuación de las memorias de la exposición se extrae.

El esquema metodológico común de la ergonomía incluye entre sus etapas principales a las siguientes:

- La elección del SHM (Sistema Hombre Máquina) a ser optimizado.
- El diagnóstico sobre el mismo.
- El diseño de soluciones alternativas sobre ese SHM.
- La experimentación de esas soluciones.
- La elección de una de ellas para ser adoptada como la más conveniente.
- La implementación y seguimiento de la alternativa elegida.

En todos los casos debe siempre recurrirse a las técnicas de creatividad, tanto individuales como grupales. El uso adecuado de estas metodologías (las que, generalmente, postergan

siempre la evaluación de las alternativas desarrolladas para una etapa siguiente a fin de no limitar el espectro de soluciones posibles) permite plantear con total libertad las ideas concernientes al diseño y funcionamiento del sistema en estudio y evitar así la peor de las trabas a la creatividad de los ergónomos: su propia autolimitación.

Entonces, cuando las alternativas han superado la etapa de experimentación (y de modificación de las mismas, si hubiera resultado necesario), así como simultáneamente la de medición de sus índices de desempeño, llegará el momento de decidir cuál de ellas es la más conveniente para ser implementada y, también, de justificar la propuesta de cambio de la estructura del SHM. Existirán, por lo tanto, tantas alternativas a considerar como el número de las nuevas desarrolladas más el "estado actual". Esta es la fundamental etapa de la evaluación y elección de las alternativas, etapa que constituye el motivo de este trabajo.

Elegir es crucial por definición, es posible encontrarse en una encrucijada de varios caminos, en la que hay que decidir por cuál continuar; y la elección de la alternativa a adoptar para la estructuración definitiva del SHM tiene justamente esas características.

En el 2003 la diseñadora industrial Carmen Villareal de la universidad de Monterrey durante la realización de quinto congreso internacional de ergonomía definió una metodología para la realización de una investigación y diseño ergonómico de un proceso, esto es tomado de las memorias de la conferencia: La metodología que se presenta, dentro de su macro estructura comprende cuatro aspectos, el primero que es de investigación, el segundo que es desarrollo del proceso creativo del proyecto, el tercero que es la realización del proyecto, que es en si los resultados y conclusiones, y el cuarto que es el proceso o desarrollo ergonómico, el cual está formado por todas las consideraciones y puntos importantes desde el punto de vista de factores humanos que tenemos que incluir dentro de las tres primeras fases.

El aspecto de investigación que es el primer aspecto, se compone de las etapas 3 etapas y está basado en organizar la manera de trabajar y la información que se va a requerir para el desarrollo del proyecto; se organiza esta información y se analiza para prepararla de manera que sea útil al caso en particular.

1.- Introducción y estructuración.- Se inicia con el descubrimiento de una necesidad y en base a esa

necesidad que tiene que estar bien valorada y definida, se plantea todo el proyecto; se tiene que concretar la terminología que se va a emplear.

2.- Investigación y marco teórico. - Se establecen los temas y conceptos que se requiere investigar y se desarrolla el marco teórico en donde se incluyen temas como materiales, mecanismos, competencia, estilos de diseño, ergonomía, etc.

3.- Metodología.- ya teniendo los temas e información que se requiere para el proyecto, se marca la metodología que se seguirá para realizar el análisis de la información como análisis de similares existentes, materiales, etc. Y esta etapa concluye con la definición de los requerimientos o premisas de diseño.

En el aspecto de desarrollo creativo, se desarrolla la idea del producto o mejoramiento de proceso.

La proyección y el desarrollo del diseño. - se inicia precisamente con las premisas de diseño, se concretan las ideas con bocetos, alternativas, planos, modelos, cálculo de resistencia de materiales y estructuras, costos, etc.

El tercer aspecto, es el de solución y conclusiones que es en donde se lleva a cabo el proyecto.

Etapa de resultados.- se hacen pruebas de producción hasta llegar a un prototipo, para poder hacer el juego de planos finales.

Etapa de conclusiones.- en esta etapa, ya con prototipos y planos, se obtienen conclusiones de los costos y de la resistencia así como del empaque, la publicidad, etc.

El cuarto y último aspecto, que es el proceso o desarrollo ergonómico, se desarrolla a través de toda la metodología y son puntos clave a los que se les tiene incluir dentro de los puntos tratados en los aspectos antes mencionados, de principio a fin, desde la etapa 1 en donde se define el tipo de producto que se va a solucionar y se delimita el análisis ergonómico hasta el prototipo final en donde se hacen pruebas ergonómicas y se deja asentado en los planos.

En base a la bibliografía revisada para el desarrollo de este estudio el autor realizará el análisis de las condiciones de trabajo y diseño de los puestos de la línea de producción de la

planta envasadora de gas licuado de petróleo en base a la siguiente metodología:

- ✚ Descripción del proceso
- ✚ Evaluación ergonómica inicial del proceso
- ✚ Diseño de puestos de trabajo e implementación
- ✚ Evaluación ergonómica final del proceso
- ✚ Evaluación de resultados

1.4 Estudios ergonómicos de diseño de puestos de trabajo realizados en Ecuador y Latinoamérica

En Ecuador no existe estudios ergonómicos que soporten diseños de puesto de trabajo en muchos de los casos la realización de este tipo de estudios llegan hasta evaluaciones ergonómicas de las condiciones de trabajo y concluyen con la presentación de recomendaciones generales y específicas de posibles soluciones.

El hecho de que en el país no cuenta con una base de datos antropométricos de la población es un indicador claro del desarrollo de esta ciencia en el país, esperemos que en los próximos años estudios relacionados con este tema nos permitan obtener datos reales de nuestra población para continuar desarrollando la ergonomía en nuestro sistema productivo.

En Latinoamérica el desarrollo de la ergonomía en muchos casos ha sido impulsada por organismos gubernamentales como por ejemplo Chile en donde el gobierno impulsa el desarrollo de sus sistema productivo sobre todo el del sector privado con la ejecución de proyectos ergonómicos, fruto de ello el sector productivo ha validado los resultado y adoptan como suyos los conceptos y aplicaciones. Es común en países de latinoamérica encontrar organizaciones y asociaciones que se dediquen a desarrollar la ergonomía como ciencia de apoyo del desarrollo y además permiten conocer al mundo sus avances y nuevos descubrimientos como por ejemplo la sociedad chilena de ergonomía, la sociedad de ergonomista de México, la sociedad española de ergonomía, la sociedad colombiana de ergonomía, entre otras.

Países como Colombia, Chile, Cuba, México y España cuentan con una base de datos antropométricos de sus poblaciones lo que permite aun más desarrollar la ciencia a través de diseños ergonómicos en baso a un requerimiento real y no teórico.

1.5 Normativas Locales e Internaciones

En Ecuador la principal normativa descrita que se preocupa por los problemas de prevención de posibles lesiones y enfermedades

laborales que el trabajador pudiera acarrear en su trabajo al momento de realizar la tarea esta descrito principalmente en el código de trabajo, en el que se encuentra especificaciones técnicas para ambientes productivos por ejemplo límites permisibles de duración de jornada de trabajo mínimo 8 h máximo 12 h diarias, niveles mínimos de iluminación 300 luxes durante la jornada diurna, “Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento de trabajo”, de acuerdo al Artículo 55 (Ruidos y Vibraciones), el valor máximo permisible para 8 horas de trabajo es de 85 dB(A).

En los últimos años el desarrollo de controles ambientales han colaborado con la prevención de impactos ambientales que ambiente directamente al ecosistema y este tipo de medidas de prevención colaboran explícitamente dentro de cada sector productivo con especificaciones técnicas de control y a su vez ayudan en el mejoramiento de las condiciones de trabajo del empleado, por ejemplo encontramos en el texto unificado de la legislación ambiental ecuatoriana parámetros para cada sector sobre los niveles máximos de ruido, emisiones de gas carbónicos al ambiente, etc.

En Colombia existe normativa más explícita en cuanto a prevención de enfermedades laborales, entre ellas tenemos una norma para el manejo y transporte manual de cargas consignada en la resolución 2400 de 1979 artículos 388 a 397, donde se establecen los procedimientos que se deben seguir cuando se presentan las actividades de levantar y transportar materiales, la selección de los trabajadores, la técnica corporal, la señalización de las cargas, la combinación con ambientes de temperaturas extremas, la carga máxima para levantar y transportar, los impedimentos para la movilización de cargas y las técnicas de manipulación de tambores, cilindros, barriles y en general cargas de gran tamaño, así como algunas técnicas para el almacenamiento alto de cargas. En el artículo 390 de dicha resolución señala que el peso máximo que puede transportar en hombros una mujer es de 20kg y un hombre, de 50kg. En el artículo 392 se define la carga máxima para levantar desde piso o plataforma así: para mujeres 12,5kg, para hombres 25kgrs. Además se recomienda que en caso de que se manipule carga pesada el trabajador solo lo realice a la altura de la región púbrica para evitar cualquier sobre esfuerzo muscular o vertebral.

En Chile y México el sistema productivo se fortalece con proyectos de prevención de enfermedades laborales, a más de la creación

asociaciones únicas que mantienen en constante proceso de mejora continua del desarrollo de la ergonomía a través de capacitaciones, consultas especializadas, generación de publicaciones documentales del estudios realizados y las nuevas tendencias.

En España el reglamento de trabajo del ministerio que regula las condiciones de los trabajadores explícitamente da parámetros ergonómicos de control y obliga a considerar puestos productivos en función de las necesidades la fuerza laboral obligando al empleador a utilizar conceptos ergonómicos para administrar sus sistemas productivos.

CAPÍTULO 2

2. DIAGNÓSTICO

En este capítulo se detalla la descripción del proceso de envasado y la evaluación ergonómica inicial de las condiciones de trabajo del proceso.

2.1 Descripción del proceso

A continuación se mencionan algunos términos que describen los componentes físicos de un cilindro, ver figura 2.1.

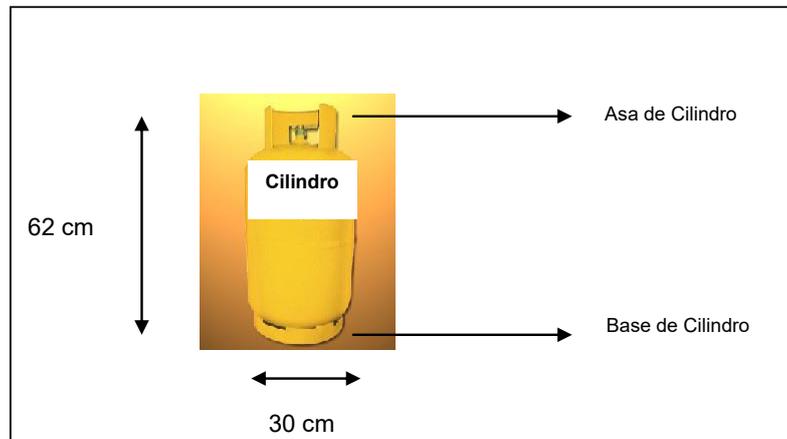


FIGURA 2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL TANOUE

Las actividades involucradas en el proceso de envasado son las siguientes:

- **Inspección de cilindros ingresados a planta**

El despachador de la torre de control verifica la cantidad exacta de cilindros ingresados a planta.



FIGURA 2.2 TORRE DE CONTROL

Tal como se detalla en la figura 2.2 la torre de control es un puesto de inspección, por disposiciones de jefatura de planta no debe ingresar vehículos cerrados, todo vehículo debe presentar la facilidades para su inspección visual.

- **Transporte a la nave de envasado**

Después de la autorización del despachador, el vehículo del cliente se dirige a la nave de envasado.



**FIGURA 2.3 VEHÍCULO
CON CILINDROS**

- **Recepción de cilindros en carrusel de carga**

A la llegada a la nave de envasado los cilindros son descargados manualmente del vehículo a los carruseles de carga, ver figura.



**FIGURA 2.4 RECEPCIÓN DE CILINDROS EN
CARRUSEL DE CARGA**

- **Verificación de superficie y enderezamiento de la asa**

Sobre los carruseles de carga se inspecciona la superficie de cada cilindro, además se verifica el estado de la asa y en caso de presentar problemas con la ayuda de una herramienta metálica se endereza el asa de manera manual.



FIGURA 2.5 VERIFICACIÓN DE SUPERFICIE Y ENDEREZAMIENTO DE ASA

- **Tabulación de la tara del cilindro**

Antes de llegar al punto de llenado del carrusel un operario ingresa la tara del cilindro (tara es la denominación del peso del cilindro vacío) a la mesa de control.



FIGURA 2.6 TABULACIÓN DE TARA DE CILINDRO

- **Llenado de cilindro**

Con el ingreso de la tara a la mesa de control, se procede de manera automática a envasar el gas (G.L.P.) al cilindro.



FIGURA 2.7 LLENADO DE CILINDRO

- **Verificación de peso**

Después del llenado se traslada al cilindro a una balanza de control en donde se verifica que el peso sea el correcto.



FIGURA 2.8 VERIFICACIÓN DE PESO

- **Verificación de fuga**

La verificación consiste en someter al cilindro a una revisión de la válvula en la máquina detectora de fugas.



FIGURA 2.9 VERIFICACIÓN DE FUGA

- **Colocación del sello de seguridad**

Uno de los pasos finales del proceso de llenado es la colocación del sello de seguridad esto se lo realiza de manera manual sobre el carrusel de carga.



FIGURA 2.10 COLOCACIÓN DE SELLO DE SEGURIDAD

- **Apilamiento del cilindro lleno**

Finalmente completado el proceso de llenado el cilindro lleno es retirado del carrusel de carga y apilado manualmente sobre el vehículo del cliente.

- **Transporte a la torre de control**

El vehículo se retira de la nave de envasado y se dirige a la torre de control.



FIGURA 2.11 TRANSPORTE DE VEHÍCULO LLENO A TORRE DE CONTROL

- **Inspección de cilindros despachados**

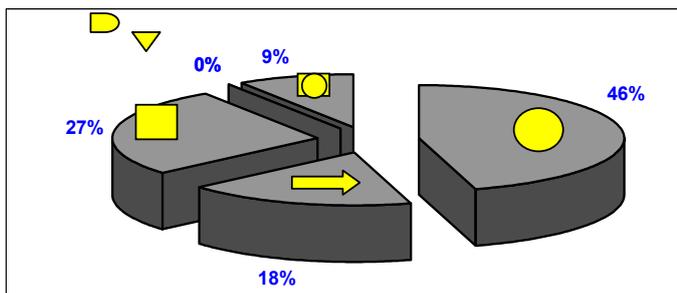
El despachador de la torre de control verifica la cantidad exacta de cilindros despachados por la nave de envasado, posterior a esta verificación se autoriza la salida del vehículo de la planta.

En planta Guayaquil existe un fondo de maniobras de cilindros de 90.000 cilindros de 15 Kg. A continuación se presenta los correspondientes diagramas de flujo de proceso, de recorrido y los estándares de tiempo del proceso de envasado de G.L.P. en cilindros tomados de la tesis “Evaluación ergonómica de las condiciones de trabajo del proceso de envasado de cilindros en una planta envasadora de gas licuado de petróleo” que realizó el autor, ver figura 2.12, figura 2.13 y tabla 9.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO			
EMPRESA	Planta envasadora de gas (G.L.P.) Guayaquil	DIAGRAMA N°	1
PROCESO	Proceso de envasado de G.L.P. en cilindros de capacidad 15 Kg.		
EMPIEZA EN	Torre de control de recepción y despacho de vehículos		9:00
TERMINA EN	Torre de control de recepción y despacho de vehículos		16:45
RESPONSABLE DE ESTUDIO	E.C.	HOJA	1 / 2
FECHA	03-Jul-06	MÉTODO	ACTUAL

| N° | TIPO | DETALLE DEL PROCESO | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/> |
|----|-------------|--|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | Manual | Inspección de cilindros ingresados a planta | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Mecánico | A la nave de envasado de cilindro | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Manual | Recepción de cilindros en carrusel de carga | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Manual | Verificación de superficie y enderezamiento de asa | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Semi - Auto | Tabulación de la tara del cilindro | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6 | Automático | Llenado de cilindro | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Automático | Verificación de peso | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Automático | Verificación de fuga | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9 | Manual | Colocación del sello de seguridad | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10 | Manual | Apilamiento de cilindro lleno en vehículo | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11 | Mecánico | A torre de control de despacho | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/> |
| 12 | Manual | Inspección de cilindros despachados | <input type="radio"/> | <input type="checkbox"/> |

RESULTADOS



ACTIVIDADES DE PROCESO					
OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	DEMORA	ALMACENAMIENTO	ACTIVIDAD COMBINADA
<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>				

TIPO DE ACTIVIDAD	
100% Recurso Humano	MANUAL
40% RRHH - 60% Máquina	MECÁNICA
20% RRHH - 80% Máquina	SEMI AUTOMÁTICA
97% RRHH - 3% Máquina	AUTOMÁTICA

3		2			1	6
	2					2
1						1
1		1				2
5	2	3	0	0	1	

FIGURA 2.12 DIAGRAMA DE PROCESO

DIAGRAMA DE RECORRIDO			
EMPRESA	Planta envasadora de gas (G.L.P.) Guayaquil	DIAGRAMA N°	1
PROCESO	Proceso de envasado de G.L.P. en cilindros de capacidad 15 Kg.		
EMPIEZA EN	Torre de control de recepción y despacho de vehículos		9:00
TERMINA EN	Torre de control de recepción y despacho de vehículos		16:45
RESPONSABLE DE ESTUDIO		E.C.	HOJA 2 / 2
FECHA	03-Jul-06	MÉTODO	ACTUAL

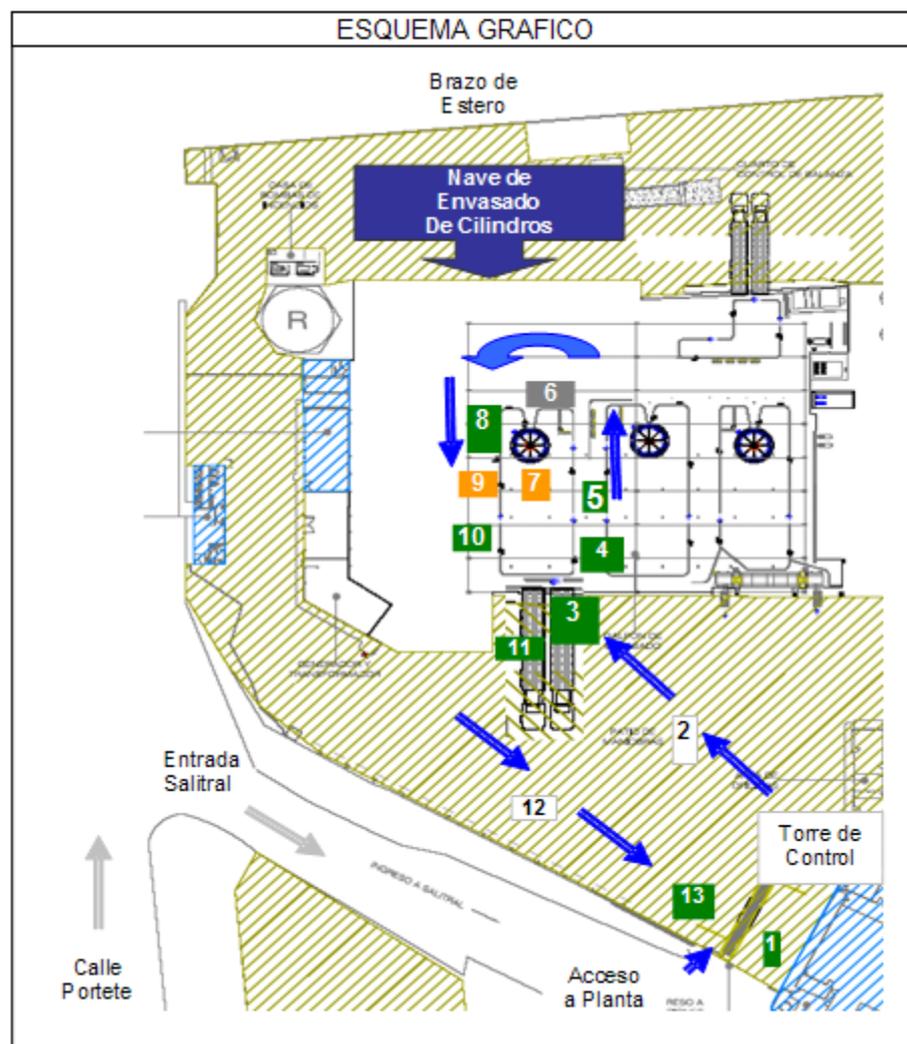


FIGURA 2.13 DIAGRAMA DE RECORRIDO

Como se puede observar en el diagrama de flujo el 46% de las actividades son operativas, el 27% son actividades de inspección y el resto son actividades de transporte y combinadas.

La figura 2.14 muestra la relación existente entre las actividades del proceso y el tipo de actividades del mismo:

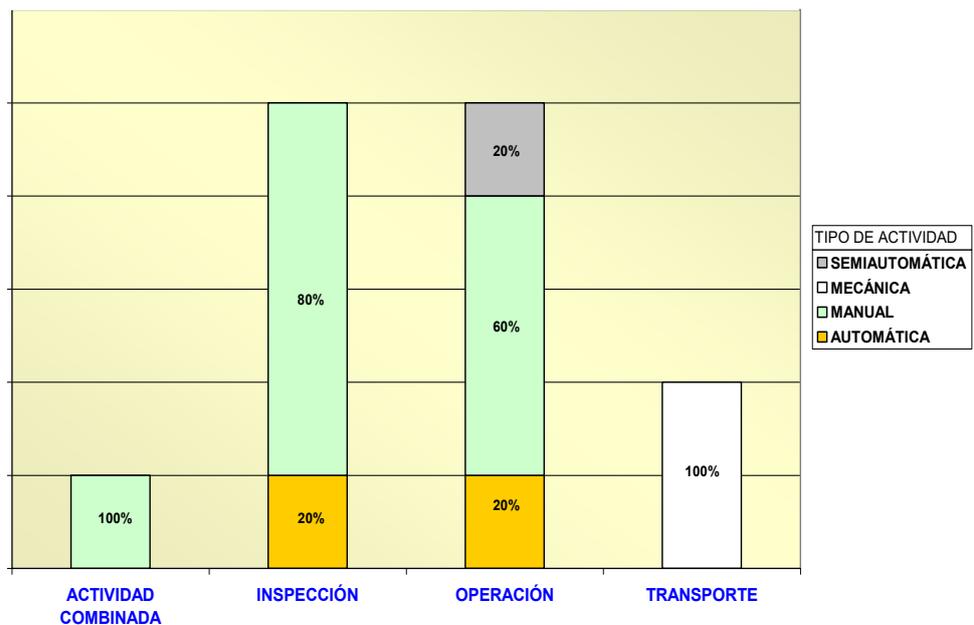


FIGURA 2.14 RELACIÓN ENTRE LAS ACTIVIDADES Y EL TIPO DE ACTIVIDAD

De lo que se puede apreciar el 60% de las actividades operativas son manuales, de la misma manera el 80% de las actividades de inspección son manuales.

Para la obtención de los estándares de tiempo se realizó estudios de tiempo en ambos turnos aplicando estudios de tiempo con cronometro, muestreo de trabajo, opinión de expertos y tiempos históricos. Los estándares de tiempo para el proceso de envasado de cilindro se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 9
ESTÁNDARES DE TIEMPO DEL PROCESO DE ENVASADO DE CILINDRO

Actividades del proceso de envasado de cilindros		Tiempo estándar		
1	Inspección de cilindros ingresados a planta	6 min/veh	0,37 Sg/U	
2	A la nave de envasado de cilindro	4 min/veh	0,25 Sg/U	
3	Recepción de cilindros en carrusel de carga	1º TURNO	17,94 Unid / min	3,34 Sg/U
		2º TURNO	18,13 Unid / min	3,31 Sg/U
4	Verificación de superficie y enderezamiento de asa	1º TURNO	3,26 Sg/U	3,26 Sg/U
		2º TURNO	3,86 Sg/U	3,86 Sg/U
5	Tabulación de la tara del cilindro	1º TURNO	3,84 Sg/U	3,84 Sg/U
		2º TURNO	4,10 Sg/U	4,10 Sg/U
6	Llenado de cilindro	1º TURNO	3,43 Sg/U	3,43 Sg/U
		2º TURNO	3,84 Sg/U	3,84 Sg/U
7	Verificación de peso	1º TURNO	3,57 Sg/U	3,57 Sg/U
		2º TURNO	3,59 Sg/U	3,59 Sg/U
8	Verificación de fuga	1º TURNO	3,19 Sg/U	3,19 Sg/U
		2º TURNO	3,25 Sg/U	3,25 Sg/U
9	Colocación del sello de seguridad	1º TURNO	3,54 Sg/U	3,54 Sg/U
		2º TURNO	2,76 Sg/U	2,76 Sg/U
10	Apilamiento de cilindro lleno en vehículo	1º TURNO	17,50 Unid / min	3,43 Sg/U
		2º TURNO	21,11 Unid / min	2,84 Sg/U
11	A torre de control de despacho	4 min/veh	0,25 Sg/U	
12	Inspección de cilindros despachados	8 min/veh	0,50 Sg/U	

Productividad de la línea de producción

Durante el año 2006 se mostró la problemática de la alta rotación de personal en el área de envasado y en el año 2007 se desarrolló la evaluación ergonómica de las condiciones de trabajo del proceso, el comportamiento de la productividad de la línea de producción se comportó de la siguiente manera:

Es de mencionar que en la planta existen 3 carruseles con igual capacidad nominal en maquinaria, la productividad de la planta es el promedio existente de cada línea de producción, la productividad de la línea de envasado, es la relación existente entre el número de horas hombre trabajadas y el número de cilindros envasados.

**TABLA 10
PRODUCTIVIDAD DE LA LINEA 2007**

	2007 - Carrusel 1					2007 - Carrusel 2					2007 - Carrusel 3				
	Operadores	Horas trabajadas	Horas hombre trabajadas	Cilindros envasados	Productividad línea	Operadores	Horas trabajadas	Horas hombre trabajadas	Cilindros envasados	Productividad línea	Operadores	Horas trabajadas	Horas hombre trabajadas	Cilindros envasados	Productividad línea
ENERO	6	32.400	194.400	401.892	2,07	6	33.900	203.400	383.602	1,89	6	31.740	190.440	356.368	1,87
FEBRERO	6	29.460	176.760	367.088	2,08	6	27.540	165.240	303.117	1,83	6	28.140	168.840	319.778	1,89
MARZO	6	34.470	206.820	406.376	1,96	6	32.640	195.840	378.943	1,93	6	31.980	191.880	368.981	1,92
ABRIL	6	33.540	201.240	400.566	1,99	6	31.320	187.920	371.761	1,98	6	31.500	189.000	362.413	1,92
MAYO	6	32.880	197.280	389.169	1,97	6	34.380	206.280	425.534	2,06	6	34.020	204.120	414.003	2,03
JUNIO	6	29.160	174.960	392.680	2,24	6	30.000	180.000	405.183	2,25	6	28.880	173.280	387.924	2,24
JULIO	6	33.720	202.320	463.694	2,29	6	32.700	196.200	436.618	2,23	6	34.680	208.080	436.378	2,10
AGOSTO	6	34.020	204.120	447.839	2,19	6	32.940	197.640	405.834	2,05	6	32.760	196.560	423.875	2,16
SEPTIEMBRE	6	30.660	183.960	419.853	2,28	6	30.900	185.400	410.627	2,21	6	29.880	179.280	396.595	2,21
OCTUBRE	6	34.280	205.680	442.876	2,15	6	33.900	203.400	421.972	2,07	6	33.060	198.360	414.564	2,09
NOVIEMBRE	6	33.360	200.160	416.526	2,08	6	33.120	198.720	425.276	2,14	6	32.160	192.960	421.663	2,19
DICIEMBRE	6	31.440	188.640	409.491	2,17	6	32.760	196.560	424.500	2,16	6	32.640	195.840	419.279	2,14

Luego de obtener la productividad de cada línea se procede con la obtención de la productividad de la planta.



FIGURA 2.15 PRODUCTIVIDAD DE LA PLANTA 2007

Durante el año 2007 en planta Guayaquil la relación productiva fue de 2,08 cilindros por hora hombre trabajado.

2.2 Evaluación ergonómica inicial del proceso

A inicios del 2007 se realizó estudios ergonómicos para evaluar las condiciones de trabajo del proceso. Se observó cada una de las actividades del proceso y se determinó la necesidad de realizar evaluaciones específicas dependiendo del tipo de actividad que se realizaba, de lo mencionado se muestra la tabla.

**TABLA 11
EVALUACIONES ESPECIFICAS REQUERIDAS**

ACTIVIDADES DEL PROCESO		Evaluación Especifica
1	Inspección de cilindros ingresados a planta	No aplica
2	A la nave de envasado de cilindro	No aplica
3	Recepción de cilindros en carrusel de carga	Valoración de esfuerzos
4	Verificación de superficie y enderezamiento de asa	No aplica
5	Tabulación de la tara del cilindro	Riesgo postulares
6	Llenado de cilindro	No aplica
7	Verificación de peso	No aplica
8	Verificación de fuga	No aplica
9	Colocación del sello de seguridad	No aplica
10	Apilamiento de cilindro lleno en vehículo	Valoración de esfuerzos
11	A torre de control de despacho	No aplica
12	Inspección de cilindros despachados	No aplica

Además de estos estudios para completar la evaluación ergonómica inicial del proceso se realizó:

- Evaluación de gasto energético y capacidad de trabajo
- Evaluación de los niveles de ruido
- Evaluación de niveles de iluminación
- Evaluación de microclima laboral

2.2.1 Análisis de la postura de trabajo

Para la evaluación de riesgo posturales se utilizó el método Rula, la actividad a ser analizada es la de tabulación de la tara del cilindro.

Esta actividad tiene dos posturas:

Postura 1, cuando el operario utilizando su mano hace rotar el cilindro en su mismo eje sobre el carrusel para visualizar la tara.



FIGURA 2.16 POSTURA 1 – TABULACIÓN DE TARA

De lo expuesto en la figura 2.16 se obtiene la tabla 12:

**TABLA 12
DESCRIPCION DE POSTURA 1**

AREA A	ANGULO
BRAZO DERECHO	80°
ANTEBRAZO	10°
MUÑECA	5°
AREA B	ANGULO
CUELLO	20°
TRONCO	10°
PIERNAS	-

En base a esto se procede con el ingreso de los datos en el programa e-Rula, referentes a las 4 áreas de riesgo referentes a la postura, contracción estática, tiempo de actividad y fuerza. La puntuación final obtenida es de 7, de acuerdo a la tabla de resultados del método RULA, se debe realizar cambios de manera inmediata en el puesto de trabajo.

Postura 2, cuando el operario ingreso los datos en la pantalla de control del carrusel.



FIGURA 2.17 POSTURA 2 – TABULACIÓN DE LA TARA

De lo expuesto en la figura 2.17 se obtiene la tabla 13.

**TABLA 13
DESCRIPCION DE POSTURA 2**

AREA A	ANGULO
BRAZO	36°
ANTEBRAZO	25°
MUÑECA	5°
AREA B	ANGULO
CUELLO	15°
TRONCO	25°
PIERNAS	-

De la misma manera que en la evaluación de la postura anterior se procede a ingresar datos para evaluar los 4 factores de riesgo.

La puntuación final obtenida es de 3, de acuerdo a la tabla de interpretación de resultados se requiere investigar nuevas opciones de trabajo ya que existe la posibilidad de requerir cambios en futuro.

Finalmente la evaluación del puesto en el que se desarrolla la actividad de tabular la tara del cilindro obtuvo puntaje de 7 y 3 en las posturas 1 y 2 respectivamente lo que da a entender que el puesto de trabajo es poco adecuado y se deben introducir cambios para mejorarlos.

2.2.2 Evaluación de esfuerzos físicos por levantamiento de carga

De acuerdo a la observación realizada sobre el proceso fue necesario valorar los esfuerzos físicos del personal por realizar las actividades de recepción de cilindros en el carrusel de carga y

apilamiento de cilindro lleno en vehículo. Para ello se utilizó el método Niosh, la valoración se detalla a continuación:

Recepción de cilindro en carrusel de carga.

Esta actividad cuenta con 3 elementos tal como se detalla:

- El primer elemento ocurre cuando el operario que coge los cilindros apilados y los deja rodar sobre la plataforma del vehículo. ver figura.



FIGURA 2.18. PRIMER ELEMENTO – RECEPCIÓN DE CILINDRO

De lo expuesto se obtiene la tabla 14.

**TABLA 14
DESCRIPCION PRIMER ELEMENTO – RECEPCION DE
CILINDRO**

Requerimientos de programa	Origen	Destino
H	30 cm	30 cm
V	93 cm	93 cm
D	93 cm	15 cm
A	0 °	45 °
Elevaciones por minuto	5,5 Unid / min	
Agarre de la carga	Bueno	
Duración del trabajo	8 H	
Peso	15 Kg	

- El segundo elemento de esta actividad es cuando el operario empuja el cilindro para que continúe rodando, en muchos de los casos se lo empuja con el pie y en ocasiones lo hacen con las manos, este elemento no requiere evaluación ya que no existe levantamiento de carga.
- El tercer elemento de esta actividad es cuando el operario coloca el cilindro sobre el carrusel de carga, ver figura.



FIGURA 2.19 TERCER ELEMENTO – RECEPCIÓN DE CILINDRO

De lo expuesto se obtiene la tabla.

**TABLA 15
DESCRIPCION TERCER ELEMENTO –
RECEPCION DE CILINDRO**

Requerimientos de programa	Origen	Destino
H	15 cm	15 cm
V	18 cm	18 cm
D	18 cm	15 cm
A	0 °	0 °
Elevaciones por minuto	5,5 Unid / min	
Agarre de la carga	Bueno	
Duración del trabajo	8 H	
Peso	15 Kg	

Finalmente los resultados obtenidos se muestran en la tabla 16.

TABLA 16
RESULTADOS OBTENIDOS –
MÉTODO e-Nios-RECEPCIÓN DE CILINDROS

# Elemento	Descripción del elemento	Índice de carga Origen	Índice de carga Destino
1	Asir cilindro vacío apilado en plataforma	3,971	6,884
2	Empujar el cilindro sobre la plataforma	-	-
3	Colocar el cilindro sobre el carrusel de carga	3,067	3,362

Dado los resultados obtenidos en base a la tabla de los resultados obtenidos de la aplicación del método Niosh, se concluye, la realización de la actividad recepción de cilindros en carrusel de carga causa un riesgo de dolor sobre el operario al final de la jornada laboral y además una posible lesión en un futuro no muy lejano, de los tres elementos de esta actividad el primera presenta mayores riesgo dado los índices de carga mostrados en la tabla 45, y tiene lógica debido a que este elemento implica una manipulación de carga desde una altura vertical superior a la del tercer elemento y su actividad en si es dar impulso al cilindro lo que implica de una mayor aplicación de energía mientras que el tercer elemento simplemente recepta el cilindro y aprovecha su impulso para colocarlo sobre el carrusel.

Apilamiento de cilindro lleno en vehículo

Esta actividad cuenta con 3 elementos los cuales son:

- El primer elemento ocurre cuando el operario retira el cilindro lleno del carrusel de carga, ver figura.



FIGURA 2.20 PRIMER ELEMENTO – APILAMIENTO DE CILINDRO LLENO

De lo expuesto se obtiene la tabla 17.

**TABLA 17
DESCRIPCION PRIMER ELEMENTO
A PILAMIENTO DE CILINDRO LLENO**

Requerimientos de programa	Origen	Destino
H	15 cm	15 cm
V	31 cm	31 cm
D	31 cm	41 cm
A	0 °	45 °
Elevaciones por minuto	3,1 Unid / min	
Agarre de la carga	Bueno	
Duración del trabajo	8 H	
Peso	30 Kg	

- El segundo elemento de esta actividad es cuando el operario empuja el cilindro lleno sobre el piso del vehículo, este elemento no implica evaluación alguno puesto no se realiza levantamiento de carga alguna.
- Finalmente el tercer elemento de esta actividad es cuando el operario apila los cilindros sobre la plataforma del vehículo, ver figura 4.22:



FIGURA 2.21 TERCER ELEMENTO – APILAMIENTO DE CILINDRO LLENO

De lo expuesto se obtiene la siguiente tabla.

**TABLA 18
DESCRIPCIÓN TERCER ELEMENTO –
APILAMIENTO DE CILINDRO LLENO**

Requerimientos de programa	Origen	Destino
H	20 cm	20 cm
V	15 cm	15 cm
D	15 cm	93 cm
A	0 °	180 °
Elevaciones por minuto	3,1 Unid / min	
Agarre de la carga	Bueno	
Duración del trabajo	8 H	
Peso	30 Kg	

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 19
RESULTADOS OBTENIDOS –
MÉTODO e-Niosh – APILAMIENTO DE CILINDRO LLENO

# Elemento	Descripción del elemento	Índice de carga Origen	Índice de carga Destino
1	Retirar el cilindro del carrusel de carga	2,429	2,696
2	Empujar el cilindro sobre la plataforma	-	-
3	Apilar el cilindro sobre la plataforma	4,449	7,072

Dados los resultado obtenidos en la tabla 48, los dos informes obtenidos afirman que la ejecución de la actividad de apilamiento de cilindro causa en los operarios posibles dolores al final de la jornada laboral y es muy probable que acareara lesiones futuras, de la misma manera se afirma en base a los índices de carga de la tabla 48 que el elemento apilar cilindro sobre plataforma esta propenso a generar riesgos de dolores y lesiones en el personal debido a que la altura vertical de manipulación de la carga es superior a la del primer elemento, por tanto es necesario investigar una posible alternativa a la realización de esta actividad o mejoramiento del puesto de trabajo.

2.2.3 Evaluación del gasto energético y la capacidad de trabajo físico

Gasto energético

Se evaluó el gasto energético sobre las actividades que involucren levantamiento de carga dado que son las que generan más gasto energético, estas actividades son las de recepción de cilindros en carrusel de carga y apilamiento de cilindro lleno sobre vehículo, de las dos la más representativa es la segunda debido a que la actividad manipula una carga aproximada de 30 Kg para este análisis se verificó el comportamiento de un operador durante el primer turno (25 años) y otro para el segundo turno (26 años).

Se determinó una calificación cualitativa del gasto energético de acuerdo al método de medición de la frecuencia cardiaca obteniendo de esta manera el grado de penosidad de la actividad.

La aplicación de este método comenzó con el monitoreo de la frecuencia cardiaca de cada operador cada 30 min con la ayuda de un instrumento electrónico de medición de pulsaciones cardiacas. Al inicio de la jornada registraron un frecuencia cardiaca de 80 y 78 respectivamente pul / min.

A partir de estos datos se obtiene la frecuencia cardiaca media (FCM) y la frecuencia cardiaca máxima (FC max):

Ahora se procede a obtener los coeficientes de penosidad, ver tabla 20.

TABLA 20

DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE PENOSIDAD

Operador del primer turno		Operador del segundo turno	
Edad =	25 Años	Edad =	26 Años
FC max t =	195 pul / min	FC max t =	194 pul / min
FC basal =	80 pul / min	FC basal =	78 pul / min
FCB	80 pul / min	FCB	78 pul / min
Fc max t	195 pul / min	Fc max t	194 pul / min
FCM	116	6	Coeficiente de penosidad
AFC	24	1	
FCmax	140	5	
CCA	36	6	
CCR	0,31	6	
Puntuación		24	
Valoración		T. Duro	
FCM	106	5	Coeficiente de penosidad
AFC	19	1	
FCmax	125	2	
CCA	28	6	
CCR	0,24	6	
Puntuación		20	
Valoración		T. Penoso	

Dadas las puntuaciones se demuestra que la actividad de apilamiento de cilindros llenos sobre vehículo implica la realización de un trabajo muy duro para el operador y que en el primer turno existe un mayor gasto energético que en el segundo turno. Por tanto para la cuantificación del gasto energético de deberá analizar las actividades del primer turno.

Para proceder a la cuantificación del gasto energético se utilizó el método de utilización de tabla de valores estándares, la primera actividad analizada es la recepción de cilindros en carrusel de carga, el tiempo estándar de esta actividad es de 17,94 unidades / Sg, la jornada laboral es de 8 horas y poseen un receso de 15 min en la mañana y 45 min para almorzar por lo que se determina un régimen de descanso de 1 hora o 3600 Sg, los elementos de la actividad se muestran en la tabla 21.

TABLA 21
DETALLE DE JORNADA LABORAL – RECEPCIÓN DE CILINDRO

# Elemento	Descripción del elemento	Porcentaje	Jornada
1	Asir cilindro vacío apilado en plataforma	30,8%	7754 Sg
2	Empujar el cilindro sobre la plataforma	26,9%	6781 Sg
3	Colocar el cilindro sobre el carrusel de carga	26,9%	6785 Sg
4	Necesidades personales y fatiga	15,4%	3881 Sg
	Descanso		3600 Sg
TOTAL			28800 Sg

A continuación se procede a determinar la superficie corporal SC,

$$SC = 0.202(PC)^{0.425}(H)^{0.725}$$

Dado que el peso del operador (PC) es de 65 Kg y la altura (H) es de 1,7 m. se obtiene un SC equivalente a 1,75 m². Las recomendaciones descritas en el capítulo uno establecen considerar

un metabolismo basal de un persona típica equivalente a $44 \text{ W} / \text{m}^2$ por tanto el régimen metabólico basal es igual al metabolismo basal por la superficie corporal equivalente a $77,48 \text{ W}$.

Los movimientos que se realizan sobre la plataforma del vehículo la distancia aproximada de cada plataforma es de 10 m , de esta actividad los elementos que tiene movimiento son asir cilindro vacío apilado en plataforma y empujar el cilindro sobre plataforma, es decir conforme se vaya vaciando la plataforma llena de cilindros vacíos el operario camina lentamente, la capacidad de las plataformas son 966 cilindros, en base al estándar de la actividad se determina el tiempo que se utiliza para el llenado equivalente a $53,84 \text{ min}$, por lo que la velocidad de trabajo es de $0,185 \text{ m} / \text{min}$ o $0,00005 \text{ m} / \text{Sg}$. Ahora se estima el gasto energético para cada elemento, ver tabla 22.

TABLA 22
DETERMINACION DE GASTO ENERGETICO – ELEMENTO 1

Actividad	Postura w/m^2	Tipo de trabajo	Veloc. Trab. $(\text{w}/\text{m}^2) / (\text{m}/\text{s})$
Retirar el cilindro del carrusel de carga	20	105	
Empujar el cilindro sobre la plataforma	30	125	110
Apilar el cilindro sobre la plataforma	30	105	110
Necesidades personales y fatiga			
Descanso	10		

En la tabla 23 se determina el gasto energético a partir del metabolismo basal, componentes de la postura, del tipo de trabajo y de la velocidad de la actividad, ver tabla 23.

TABLA 23
DETERMINACION DE GASTO ENERGÉTICO – RECEPCIÓN DE CILINDROS

Actividad	MB (W)	GE de Postura (W)	GE del Tipo de trabajo (W)	Veloc. Trab. (m/seg)	GE de la Veloc. Trab. (W)	GE (W)
Asir cilindro vacío apilado en plataforma	76,98	34,99	183,70			295,67
Empujar el cilindro sobre la plataforma	76,98	52,49	218,69	0,00005	0,01	348,16
Colocar el cilindro sobre el carrusel de carga	76,98	52,49	148,71	0,00005	0,01	278,18
Necesidades personales y fatiga	76,98	17,50	0,00		0,00	94,47
Descanso	76,98	17,50	0,00		0,00	94,47

Actividad	Duración total (seg)	GE (J/seg)	GE (J)
Asir cilindro vacío apilado en plataforma	7753,8	295,67	2292550,4
Empujar el cilindro sobre la plataforma	6781,0	348,16	2360881,7
Colocar el cilindro sobre el carrusel de carga	6784,6	278,18	1887351,9
Necesidades personales y fatiga	3880,8	94,47	366631,7
Descanso	3600,0	94,47	340103,6
Total			7247519,3

Por tanto el gasto energético para la actividad de recepción de cilindros en carrusel de carga es de 7247519,3 J o 287,60 J / Sg o su equivalente **164,39 W /m²** para la jornada laboral actual.

Ahora con la ayuda del segundo operario se cuantificará el gasto energético para la actividad de apilamiento de cilindro lleno en vehículo durante el primer turno, a esta actividad se le determinó un estándar de tiempo de 17,50 unidades / Sg, los elementos de la actividad se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 24
DETALLE DE JORNADA LABORAL – APILAMIENTO DE CILINDRO LLENO

# Elemento	Descripción del elemento	Porcentaje	Jornada
1	Retirar el cilindro del carrusel de carga	25,1%	6338 Sg
2	Empujar el cilindro sobre la plataforma	24,6%	6180 Sg
3	Apilar el cilindro sobre la plataforma	35,9%	9054 Sg
4	Necesidades personales y fatiga	14,4%	3629 Sg
	Descanso		3600 Sg
TOTAL			28800 Sg

A continuación se procede a determinar la superficie corporal SC,

$$SC = 0.202(PC)^{0.425}(H)^{0.725}$$

Dado que el peso del operador (PC) es de 66 Kg y la altura (H) es de 1,7 m. se obtiene un SC equivalente a 1,76 m²

El metabolismo basal es de $44 \text{ W} / \text{m}^2$. Por tanto el régimen metabólico basal es igual al metabolismo basal por la superficie corporal equivalente a $77,48 \text{ W}$.

Los movimientos que se realizan sobre la plataforma del vehículo la distancia aproximada de cada plataforma es de 10 m , no se realizan movimientos sin carga, cada movimiento es con carga y se realiza conforme se llena la plataforma, la capacidad de las plataformas son 966 cilindros, en base al estándar de la actividad se determina el tiempo que se utiliza para el llenado equivalente a $55,2 \text{ min}$, por lo que la velocidad de trabajo es de $0,18 \text{ m} / \text{min}$ o $0,00005 \text{ m/Sg}$.

Con la determinación de estos parámetros se procede a determinar las estimaciones en función de las tablas de valores estándares, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 25
DETERMINACION DE GASTO ENERGETICO ELEMENTO 3

Actividad	Postura w/m^2	Tipo de trabajo	Veloc. Trab. $(w/\text{m}^2) / (\text{m/s})$
Retirar el cilindro del carrusel de carga	20	105	
Empujar el cilindro sobre la plataforma	30	125	110
Apilar el cilindro sobre la plataforma	30	105	110
Necesidades personales y fatiga			
Descanso	10		

Ahora se procede a determinar el gasto energético, mostrado en la tabla 26:

TABLA 26
DETERMINACIÓN DE GASTO ENERGÉTICO – APILAMIENTO DE CILINDRO LLENO

Actividad	MB (W)	GE de Postura (W)	GE del Tipo de trabajo (W)	Veloc. Trab. (m/seg)	GE de la Veloc. Trab. (W)	GE (W)
Retirar el cilindro del carrusel de carga	77,48	35,22	184,89			297,59
Empujar el cilindro sobre la plataforma	77,48	52,83	220,11	0,00005	0,01	350,43
Apilar el cilindro sobre la plataforma	77,48	52,83	184,89	0,00005	0,01	315,21
Necesidades personales y fatiga	77,48	17,61	0,00		0,00	95,09
Descanso	77,48	17,61	0,00		0,00	95,09

Actividad	Duración total (seg)	GE (J/seg)	GE (J)
Retirar el cilindro del carrusel de carga	6338,0	297,59	1886131,4
Empujar el cilindro sobre la plataforma	6180,0	350,43	2165641,9
Apilar el cilindro sobre la plataforma	9054,0	315,21	2853907,9
Necesidades personales y fatiga	3629,0	95,09	345075,2
Descanso	3600,0	95,09	342317,6
Total			7593074,1

Por tanto el gasto energético es de 7593074,1 J, conociendo que la jornada laboral es de 8 horas se concluye que el gasto energético para la actividad de apilamiento de cilindros llenos es de 301,31 J / Sg o su equivalente de **171,11 W/ m2**

Capacidad de trabajo físico

Para determinar la capacidad de trabajo físico se utiliza la prueba escalón descrita en el capítulo uno, este análisis se lo realizo durante la jornada del primer turno y los datos del primer operario se muestran en la tabla:

**TABLA 27
DATOS GENERALES DEL OPERARIO**

	Datos
Edad	27
Estatura (m)	1,70
Peso (kg)	65
Metabolismo Basal (W/m ²)	44

Ahora se determina las frecuencias cardiacas de referencia ver figura 2.22 .

$$\begin{aligned} \text{FCmax} &= 220 - \text{edad} \\ \text{Edad} &= 27 \\ \text{FCmax} &= 193 \quad \text{pul / min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FCref} &= 65\% (\text{FCmax}) \\ \text{FCref} &= 125 \quad \text{pul / min} \end{aligned}$$

$$\text{Factor de Corrección} = \boxed{1}$$

**FIGURA 2.22 DETERMINACIÓN DE FRECUENCIA
CARDIACA – PRIMER OPERARIO**

Posterior a ello se realiza la prueba y se detiene inmediatamente después de que la frecuencia cardiaca supera la frecuencia de

referencia, las mediciones obtenidas a partir de las cargas realizadas se muestran en la tabla 28:

TABLA 28
CONTROL DE FRECUENCIA DURANTE ANALISIS

FC max	193 pul / min
FC ref	125 pul / min
Factor de Corrección	1
FC Inicial	88 pul / min
FC a 17 veces/min	119 pul / min
FC a 26 veces/min	128 pul / min

La prueba se detuvo luego de realizar la tercera carga de trabajo sobre el operario debido a que en ese momento el medidor de frecuencia cardiaca registro 128 pul / min superando la frecuencia de referencia de 125 pul / min. Ahora a partir de la tabla mostrada en el ANEXO F se determina la capacidad máxima de trabajo equivalente a 3.33 litros / minuto a $634,5 \text{ W} / \text{m}^2$

Ahora es necesario comparar el gasto energético del operario realizando la actividad recepción de cilindros en carrusel de carga equivalente a $164,39 \text{ W} / \text{m}^2$ frente al 30% de la capacidad máxima de trabajo **$190,34 \text{ W} / \text{m}^2$** demostrando que la carga de trabajo genera un esfuerzo físico grande al operario pero no supera los límites permisibles, afirmando aun más la evaluación del gasto energético realizada con el método de medición de frecuencia cardiaca en donde se indica que el gasto energético es muy severo.

Antes de comenzar con la determinación de la capacidad de carga de trabajo con la ayuda del segundo operario realizando la actividad de apilamiento de cilindro lleno en vehículo se detallan la descripción del operario, ver tabla 29.

**TABLA 29
DATOS GENERALES – SEGUNDO OPERARIO**

	Datos
Edad	25
Estatura (m)	1,70
Peso (kg)	66
Metabolismo Basal (W/m2)	44

Ahora se procede al cálculo de frecuencias cardiacas de referencia, ver figura.

$$\begin{aligned}
 &FC_{\max} = 220 - \text{edad} \\
 &\text{Edad} = 25 \\
 &FC_{\max} = 195 \quad \text{pul / min} \\
 \\
 &FC_{\text{ref}} = 65\% (FC_{\max}) \\
 &FC_{\text{ref}} = 127 \quad \text{pul / min} \\
 \\
 &\text{Factor de Corrección} = \boxed{1}
 \end{aligned}$$

FIGURA 2.23 DETERMINACIÓN DE FRECUENCIA CARDIACA – SEGUNDO OPERARIO

Se realiza la prueba escalón y los resultados se muestran en la tabla 30:

TABLA 30
CONTROL DE FRECUENCIA DURANTE
ANALISIS – SEGUNDO OPERARIO

FC max	195 pul / min
FC ref	127 pul / min
Factor de Corrección	1
FC Inicial	89 pul / min
FC a 17 veces/min	117 pul / min
FC a 26 veces/min	125 pul / min
FC a 34 veces/min	138 pul / min

Como se observa la prueba se detuvo al momento que el operario se le sometió la tercera carga. Con este resultado se busca el valor de consumo máximo de energía en el ANEXO F de lo que se extrae que el valor máximo de oxígeno que puede consumir es 3,67 litros / minuto o su equivalente a 694,7 W / m²

Es de recordar que el gasto energético no debe sobre pasar el 30% de la capacidad máxima de trabajo físico, en nuestro caso el gasto energético es de 171,11 W/ m² y el 30% de la capacidad de trabajo físico es **208,42 W / m²**. Lo que significa que la realización de esta actividad esta dentro de los límites permisibles de realización de actividades físicas a pesar de ser una carga de trabajo muy severa.

2.2.4 Evaluación del nivel de ruido

El monitoreo de ruido en la planta se realizó durante los días 18 y 19 de enero de 2007, los puntos evaluados se eligieron en los lugares de mayor afluencia de personal y aquellos relacionados directamente al proceso de envasado y sus alrededores, los puntos fueron:

R1 : En el centro de los carrusel 1 de carga

R2 : En el centro de los carrusel 2 de carga

R3 : En el centro de los carrusel 3 de carga

R4 : En área de descarga provisional

R5 : En frente de los tanques estacionarios

R6 : En el centro del patio de maniobra

R8: En el área de inertizado

R7: En la torre de control

Tal como se lo muestra en la figura 4.27.

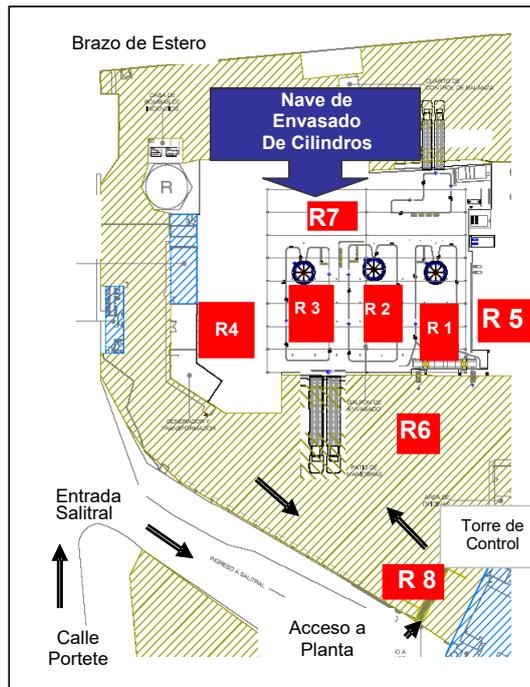


FIGURA 2.24 PUNTOS DE MEDICIÓN DE NIVELES DE RUIDO – 2007

La medición se realizó en un período de 8 horas para cada turno, a fin de registrar los niveles de ruido en un día normal de labores de la planta, ver tabla 31.

TABLA 31 CONTROL DE NIVELES DE RUIDO – PRIMER TURNO

		Niveles máximo de ruido durante el primer turno							
		Carrusel 1	Carrusel 2	Carrusel 3	Provisional	Estacionario	Patio	Intertizado	Torre
Hora		R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8
Primer turno	8:00	90	92	89	80	72	81	82	69
	9:00	89	89	88	78	70	77	77	69
	10:00	90	91	90	77	71	80	79	70
	11:00	88	89	90	72	69	79	78	68
	12:00	89	90	90	78	67	79	80	50
	13:00	80	78	82	77	60	70	71	55
	14:00	89	91	85	78	69	80	78	54
	15:00	90	88	89	80	70	78	79	64
16:00	88	89	88	79	78	77	80	67	
Promedio		88,11	88,56	87,89	77,67	69,56	77,89	78,22	62,89

Para una mejor interpretación de los resultados se elabora un mapa de ruido, ver figura 4.28.

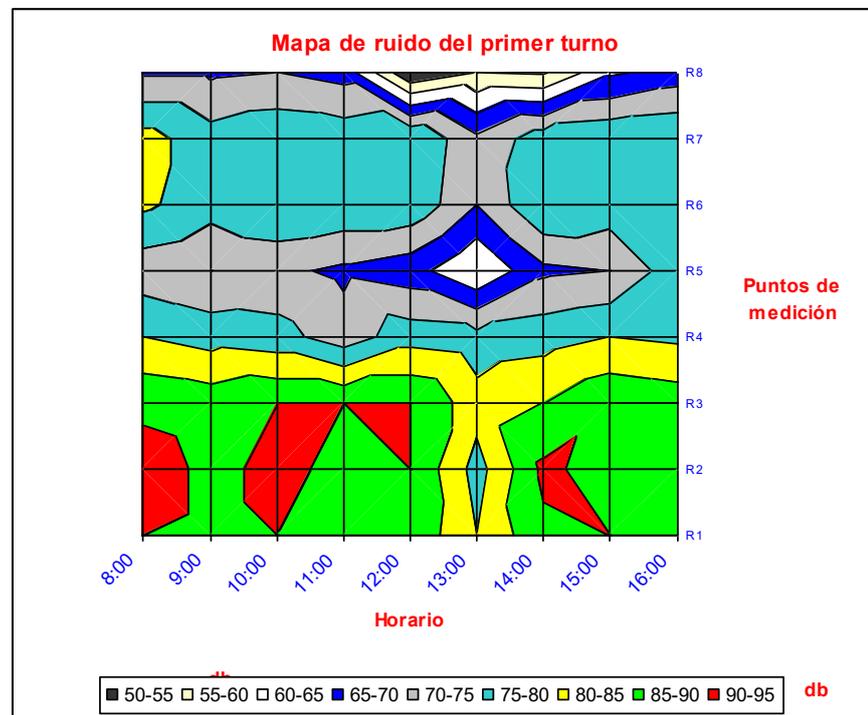


FIGURA 2.25 MAPA DE RUIDO DEL PRIMER TURNO-2007

Como se observa los puntos en donde no se cumple con la normativa del artículo 55 referente a niveles de ruido (85 db máximo permitido) son los puntos R1, R2, R3 (carruseles de carga) en donde los niveles máximos registrados son 90 db , 92db, 90db respectivamente. De la misma manera se observa que en los carruseles de carga solo durante el período de las 12:00 hasta las 14:00 los niveles de ruido están por debajo de los 85 db, el resto del

día se registran niveles superiores a los 85 db tal como se muestra en el mapa de ruido (colores verdes y rojo).

Con respecto a los otros puntos de medición los resultados del monitoreo nos muestran que los niveles de ruido son menores a los 85 db, sin embargo el personal que se encuentra a los alrededores de la nave de envasado está expuesto a un nivel de ruido de 78 db en promedio que si bien es permitido por la ley es un nivel alto.

De lo estudiado durante el segundo turno los niveles de ruido se muestran en la tabla 32.

**TABLA 32
CONTROL DE NIVELES DE RUIDO – SEGUNDO TURNO**

		Niveles máximo de ruido durante el segundo turno							
		Carrusel 1	Carrusel 2	Carrusel 3	Provisional	Estacionario	Patio	Intertizado	Torre
Hora		R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8
Segundo turno	19:00	88	85	88	75	66	78	74	67
	20:00	88	89	89	72	69	79	78	68
	21:00	89	88	87	78	67	79	80	50
	22:00	80	86	89	79	65	75	73	64
	23:00	85	89	88	77	71	77	79	67
	0:00	83	89	85	72	69	79	78	68
	1:00	89	90	84	78	67	69	80	50
	2:00	78	78	82	77	60	70	71	55
	3:00	84	78	86	74	63	77	74	66
	Promedio		84,89	85,78	86,44	75,78	66,33	75,89	76,33

Para la interpretación de los resultados mostramos el mapa de ruido, ver figura.

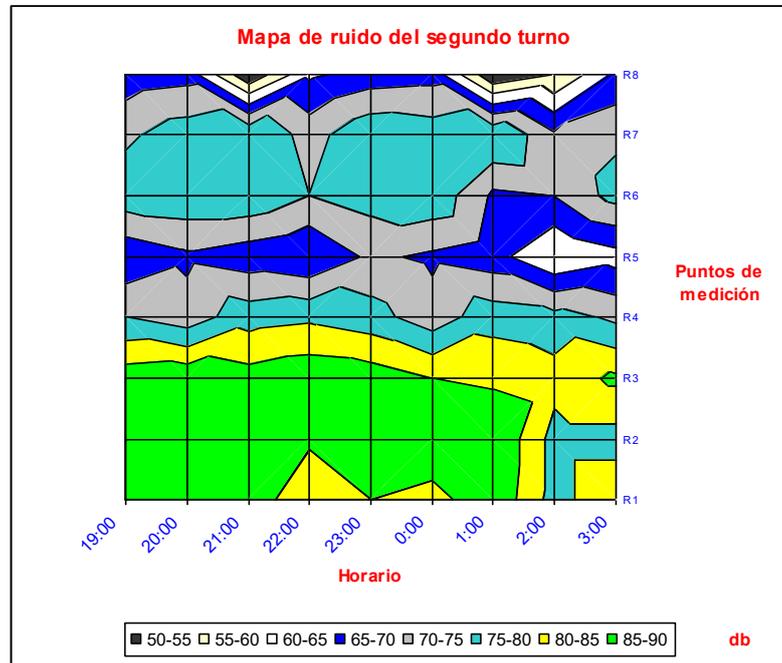


FIGURA 2.26 MAPA DE RUIDO DEL SEGUNDO TURNO – 2007

De acuerdo a este mapa de ruido los puntos que superan el máximo permitido (85db) son los puntos R1, R2, R3 (carruseles de carga) en donde los niveles máximos son 89 db , 90db, 89db respectivamente esto se registra desde que comienza el segundo turno hasta las 01:00 aproximadamente, el resto de la jornada registran niveles por debajo del nivel permitido.

El resto de los puntos de medición presentan niveles por debajo de los 85 db y presentan en promedio un nivel de exposición de ruido de 76 db.

2.2.5 Evaluación del nivel de iluminación

Para evaluar los niveles de intensidad luminosa se empleó un luxómetro, realizando medidas puntuales en los puestos de trabajo durante el primero y segundo turno

El resultado de las mediciones realizadas dentro de la nave de envasado durante el primer turno se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 33
MEDICIONES DE ILUMINACIÓN DEL PRIMER TURNO
(LUXES)

	Carrusel 1	Carrusel 2	Carrusel 3
Enderezado de esas	899	310	980
Tabulación de tara	650	290	870
Llenado	560	285	270
Pesado	386	340	850
Verificación de fuga	356	360	560
Colocación de sello	360	390	600

Los puesto referentes a la torre de control, recepción de cilindros y apilamiento de cilindros están abastecidos por la luz natural, su

medición excede los 600 luxes. Las mediciones de este turno se muestran en el gráfico de superficies.

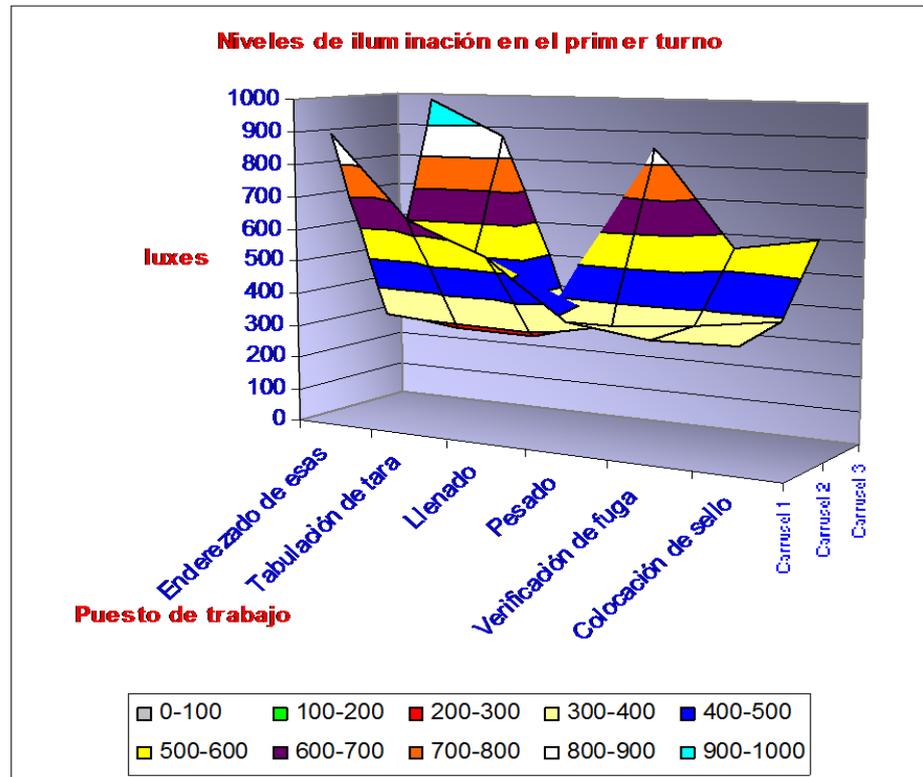


FIGURA 2.27 GRÁFICO DE SUPERFICIE – PRIMER TURNO

Como se observa durante el primer turno existen 3 puestos que no cumplen con el mínimo requerido como son tabulación, llenado y pesado del carrusel 2, el resto de puestos de trabajo superan los 300 luxes descritos en el capítulo uno.

Las mediciones realizadas para el segundo turno se muestran en la siguiente tabla 34.

TABLA 34
MEDICIONES DE ILUMINACIÓN DEL SEGUNDO TURNO
(LUXES)

	Carrusel 1	Carrusel 2	Carrusel 3
Enderezado de esas	899	310	980
Tabulación de tara	650	290	870
Llenado	560	285	270
Pesado	386	340	850
Verificación de fuga	356	360	560
Colocación de sello	360	390	600

La representación de los datos se muestra en un gráfico de superficies.

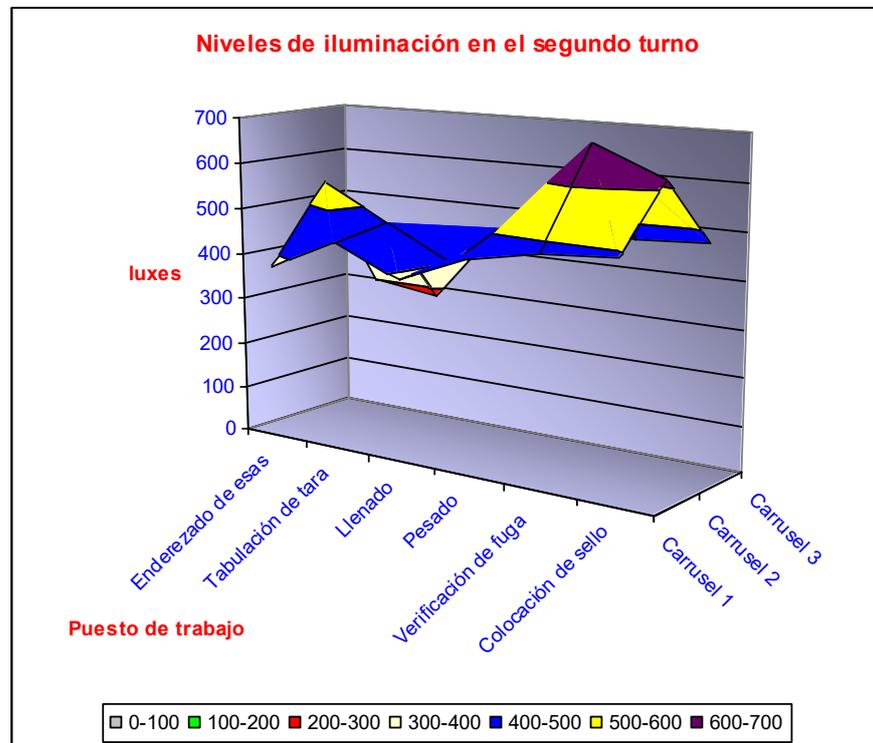


FIGURA 2.28 GRÁFICO DE SUPERFICIE – SEGUNDO TURNO

Como se muestra en la figura 2.28 existe un puesto que no cumple el mínimo permitido por la ley y es el puesto de tabulación de la tara de cilindro en el carrusel 3, sin embargo este bajo nivel se debe a que la iluminaría que se encuentra sobre su puesto de trabajo no está funcionando al momento de la evaluación, a pesar de ello el puesto de trabajo 20 luxes menos que lo permitido, el resto de puesto de trabajo cuentan con un nivel superior a los 300 luxes mínimos requeridos para la realización de este tipo de tareas, y en promedio los puestos cuentan con 400 luxes.

2.2.6 Análisis de microclima laboral

Se estableció un control de los factores que inciden en la determinación del ambiente térmico, las mediciones se realizaron en los dos turno, para el primer turno se consideró dos períodos el de la mañana y el de la tarde, ver tabla 35.

TABLA 35
MEDICIÓN DE FACTORES CLIMÁTICOS

Microclima Primer turno - Mañana				
Hora	V aire	Tb. Seca	Tb. Húmeda	Humedad
	m/s	°C	°C	%
10:00	0,5	29	27	30
11:00	0,5	29	26	30,5

Microclima Primer turno - Tarde				
Hora	V aire	Tb. Seca	Tb. Húmeda	Humedad
	m/s	°C	°C	%
12:00	0,5	30	29	58
13:00	0,5	32	28	60

Microclima Segundo Turno				
Hora	V aire	Tb. Seca	Tb. Húmeda	Humedad
	m/s	°C	°C	%
20:00	0,5	26	23	24
21:00	0,5	25	22	25
22:00	0,5	24	20	24,5
23:00	0,5	25	20	24,5

Posterior a ello se determino la presión parcial del agua (Pva) a través de la carta Psicrométrica, ver ANEXO A, los resultados se muestran en la tabla 36.

TABLA 36
DETERMINACIÓN DE PRESIÓN PARCIAL DE AGUA (Pva)

Microclima Primer turno - Mañana								
Hora	Estatura (m)	Peso(Kg)	M (W)	tbs (°C)	tbh(°C)	tg(°C)	Va(m/s)	Pva (hPa)
10:00	1,7	66,00	301,31	29	27	32,5	0,5	28
11:00	1,7	66,00	301,31	29	26	32	0,5	29

Microclima Primer turno - Tarde								
Hora	Estatura (m)	Peso(Kg)	M (W)	tbs (°C)	tbh(°C)	tg(°C)	Va(m/s)	Pva (hPa)
12:00	1,7	66,00	301,31	30	29	31	0,5	36
13:00	1,7	66,00	301,31	32	28	32	0,5	33

Microclima Primer turno - Noche								
Hora	Estatura(m)	Peso(Kg)	M (W)	tbs (°C)	tbh(°C)	tg(°C)	Va(m/s)	Pva (hPa)
20:00	1,65	59	301,31	26	23	26	0,5	22
21:00	1,65	59	301,31	25	22	25	0,5	25
22:00	1,65	59	301,31	24	20	25	0,5	19
23:00	1,65	59	301,31	25	20	25,5	0,5	19

Luego se determinó los valores de evaporación requerida y evaporación máxima para finalmente determinar el ISC, ver tabla 37.

TABLA 37
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SOBRE CARGA
CALORICA (ISC)

Microclima Primer turno - Tarde						
Hora	C (w/m ²)	R (w/m ²)	M (W/m ²)	E req (w/m ²)	E max (w/m ²)	ISC
10:00	-18,21	2,17	171,11	155,08	129,31	120
11:00	-18,21	-1,83	171,11	151,07	124,69	121

Microclima Primer turno - Tarde						
Hora	C (w/m ²)	R (w/m ²)	M (W/m ²)	E req (w/m ²)	E max (w/m ²)	ISC
12:00	-15,17	-13,74	171,11	142,20	92,37	154
13:00	-9,10	-13,20	171,11	148,81	106,22	140

Microclima Segundo turno						
Hora	C (w/m ²)	R (w/m ²)	M (W/m ²)	E req (w/m ²)	E max (w/m ²)	ISC
20:00	-27,31	-39,60	183,39	116,48	157,02	74
21:00	-30,35	-44,00	183,39	109,04	143,17	76
22:00	-33,38	-39,90	183,39	110,10	170,88	64
23:00	-30,35	-39,76	183,39	113,28	170,88	66

Con la obtención del indicador ISC se concluye que existe sobrecarga calórica sobre el personal en el primer turno y esta a su vez es mayor en los horario de la tarde después del medio día superando los límites permisibles, en el segundo turno encontramos un ISC en promedio de unos 71 que demuestra que el personal operativo se encuentra laborando en un ambiente severo.

Como resultado de la evaluación ergonómica inicial realizada al proceso de envasado de cilindro de la planta envasadora de gas licuado de petróleo (G.L.P.) ubicada en la ciudad de Guayaquil se determinó:

- En el puesto de tabulación de tara se debe realizar cambios de manera inmediata, estos cambios básicamente implican un rediseño del puesto de trabajo.
- El gasto energético es mayor en el primer turno es mayor que en el segundo turno.
- La actividad de recepción de cilindros en carrusel de carga es una actividad que demanda de un esfuerzo enorme al operario dado la jornada y las condiciones actuales de trabajo, sin embargo el gasto energético (GE) para esta actividad no supera el 30% de la capacidad de trabajo físico (CTP) concluyendo que esta dentro de los límites tolerables.

GE	30% CTF
164,39 w / m ²	190,34 w / m ²

- La actividad de apilamiento de cilindros llenos en vehículo es una actividad que demanda de un esfuerzo enorme del operario, el gasto energético (GE) para esta actividad no supera el 30% de la capacidad de trabajo físico (CTP) por tanto esta dentro de los límites permisibles.

GE	30% CTF
171,1 w / m2	208,417 w / m2

- Los niveles de ruido en los carruseles de carga superan los 85 db (nivel máximo de ruido) en los dos turnos, sin embargo en el resto de puntos donde se realizó el control de los niveles de ruido alrededor de la nave de envasado si bien es cierto se registraron niveles por debajo de los 85 db en promedio se registraron niveles de 70 db valores muy altos de ruido para un área de trabajo.
- Los niveles de iluminación en el carrusel 2 de carga durante el primer turno están por debajo de los límites permitidos en los puestos de tabulación de tara y llenado de cilindro. Y en el segundo turno en el carrusel 3 de carga también presenta niveles inferiores a lo permitido.
- El ambiente térmico para el primer turno ha superado los límites permisibles (ISC=100) tanto en la mañana como en la tarde.

Hora	ISC
10:00	120
11:00	121
12:00	154
13:00	140

- El ambiente térmico para el segundo turno está dentro de los límites permisibles sin embargo se clasifica como un ambiente severo debido a que los niveles del ISC están elevados.

Hora	ISC
20:00	74
21:00	76
22:00	64
23:00	66

Con la evaluación de las condiciones de trabajo del proceso de envasado descrito en este capítulo es necesario se encontró evidencia para concluir que el personal operativo del proceso de envasado esta sujeto a condiciones severas de trabajo dentro de la jornada laboral.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE PUESTO

En este capítulo se presenta el levantamiento de las medidas antropométricas del personal y el diseño de puesto de trabajo.

3.1 Estudio antropométrico

La población definida para el estudio es el personal operativo que labora en el área de envasado de la planta Guayaquil, los datos antropométricos permitirán la realización de un nuevo diseño ergonómico de la silla de trabajo del puesto tabulación de tara en el proceso de envasado.

El criterio es establecer los lineamientos ergonómicos de diseño tal como se hablo en el capítulo uno, las medidas seleccionadas se eligen por el uso, en este caso se orientaran al diseño de una silla de trabajo, las medidas antropométricas definidas son:

**TABLA 38
MEDIDAS ANTROPOMÉTICAS PARA DISEÑO DE SILLA**

Simbología	Detalle	Uso
AMB	Alcance máximo del brazo	Área máxima de trabajo.
ACS	Altura del codo sentado	Altura de planos de trabajo
AS	Altura subescapular	Diseño del espaldar
AP	Altura poplítea	Altura del asiento
LSP	Longitud sacropoplítea	Profundidad del asiento
ACS	Anchura de la cadera sentado	Ancho del asiento y separación entre reposabrazos
ACC	Anchura de codo a codo	Separación entre los reposabrazos
AI	Altura iliocrestal	Diseño del espaldar

A partir de estas medidas comenzamos a bosquejar el diseño de la silla que se requiere, a continuación se ilustrara como estas medidas nos ayudaran a obtener los requerimientos de altura, fondo y ancho de la silla.

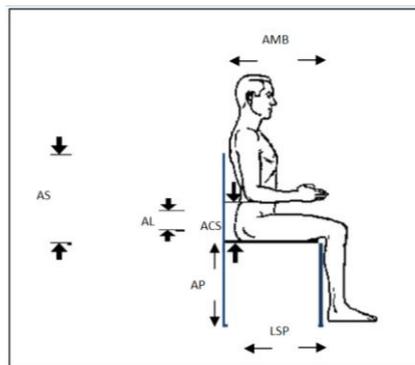


FIGURA 3.1 VISTA LATERAL DE DISEÑO

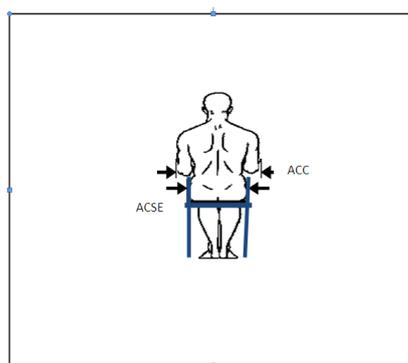


FIGURA 3.2 VISTA POSTERIOR DE DISEÑO

A continuación se presenta el diseño preliminar.

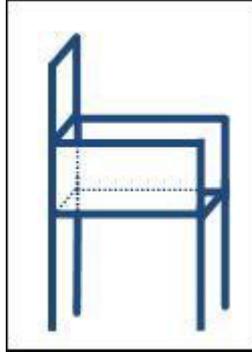


FIGURA 3.3 ESQUEMA DISEÑO DE SILLA DE TRABAJO

Se tomo las medidas antropométricas de 54 personas que laboran en el área de envasado de planta Guayaquil, los datos obtenidos y el análisis estadístico se muestran en los anexos D,E,F,G,H,I,J,K y las medidas antropométricas son:

**TABLA 39
MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS DE PERSONAL**

		Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95	\bar{X}
AMB	Alcance máximo del brazo	65	70	77	70,5
ACS	Altura del codo sentado	19	22	25	21,8
AS	Altura subescapular	36	39	42	39,2
AP	Altura poplítea	37	44	53	44,6
LSP	Longitud sacropoplítea	43	47	51	46,5
ACSE	Anchura de la cadera sentado	30	35	39	34,7
ACC	Anchura de codo a codo	42	47	52	46,4
AI	Altura iliocrestal	14	18	21	15,9

3.2 Consideraciones de diseño

Las consideraciones de diseño son las siguientes:

- ✚ Las patas tienen un ángulo de 90° con respecto a la superficie del suelo, el espaldar de la silla debería tener los mismos 90° sin embargo se presenta la necesidad de giros esporádicos del tronco para que a través de sus extremidades laterales alcance algún cilindro al que no se le pueda divisar la tara y se requiera dar vuelta, por eso el ángulo del respaldar de la silla será de 95° .
- ✚ Dado que no existe una base de datos antropométricos de la población ecuatoriana, de la bibliografía revisada en el capítulo uno nos indico que existen varias maneras de realizar diseños entre la que se encontró como una de las mas importantes las mediciones directas, para el desarrollo de este diseño se considerara a las mediciones directas como referente de diseño.
- ✚ A pesar de que el diseño esta basado en mediciones directas tomadas de los trabajadores actuales y de que a partir de esto se procede con el diseño de la silla es necesario tomar medidas en la selección de personal para que de a aquí en mas no ingresen a trabajar operadores cuya altura sea menor a 1,72 m dado que es el promedio de altura de los 54 operadores investigados, de no ser así no se estaría

cumpliendo con el hecho de que se diseña para el 95% de la población.

3.3. Diseño de los puestos de trabajo

Silla de trabajo

A partir de las medidas antropométricas y el diseño preliminar obtenemos las medidas de la silla y evaluamos.

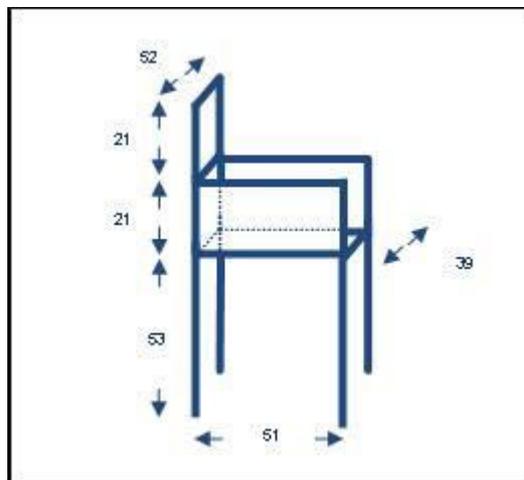


FIGURA 3.4 DISEÑO PRELIMINAR DE SILLA DE TRABAJO

La altura de codo sentado y la altura poplítea oriento la altura del plano de trabajo desde el piso, sumando las dos dimensiones el actual diseño permite desenvolver sus actividades sobre un plano de trabajo de 74 centímetros, luego se analiza si el plano preliminar de trabajo contempla todas las actividades operativas del puesto, tal como se menciona en el capítulo dos cuando se describió el proceso

en este puesto de trabajo el operador ingresa el dato de la tara al tablero de ingreso de datos, mostrado en la siguiente figura.



FIGURA 3.5 TABLERO DE INGRESO DE DATOS DEL PUESTO DE TABULADO

La altura del tablero de ingreso de datos es de 85, 11 centímetros mas alto que el plano de trabajo del diseño preliminar, con este análisis se procede a un aumento de 11 centímetros al diseño de las patas de la silla, finalmente las dimensiones de la silla se muestran a continuación.

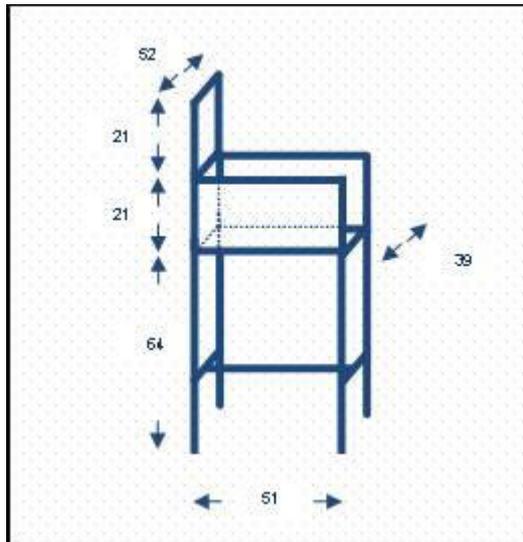


FIGURA 3.6 DISEÑO FINAL DE SILLA DE TRABAJO DEL PUESTO DE TABULADO

Operación de retiro de válvulas.

Para el caso de la operación de retiro de válvulas paso previo antes del inertizado del cilindro se evalúa el cambio de esta operación manual por una operación mecánica reemplazando el uso de la pistola neumática debido a lo siguiente:

- ✚ Es una operación que genera emanaciones de G.L.P. al ambiente.
- ✚ Es una operación que contribuye con los altos niveles de ruido ya que se apoya de una pistola neumática para el retiro de la válvula del cilindro.

- ✚ El cambio sugerido es adoptar el método mecánico que se realiza actualmente en las plantas de España del mismo Grupo, en donde se utiliza máquinas volteadoras colocadas en los carruseles de cadena para que por gravedad se extraiga el G.L.P. del cilindro luego de eso otra máquina con una velocidad controlada y con un acople diseñado para su diámetro retira la válvula, disminuyendo de esta manera las emanaciones de G.L.P. y los niveles de ruido del área, la siguiente figura describe la operación actual.



FIGURA 3.7 OPERACIÓN DE RETIRO DE VÁLVULA CON PISTOLA NEUMÁTICA

Transportación de cilindro

Como se mostro en el capítulo 2 existe niveles altos de ruido en las actividades diarias del proceso, el transportador de cadena es una fuente generadora de excesivo ruido para controlar esta operación se realizó un análisis con un grupo multidisciplinario para encontrar las principales causas de la generación excesiva de ruido. Primero se realizo en conjunto un diagrama causa efecto, ver diagrama.

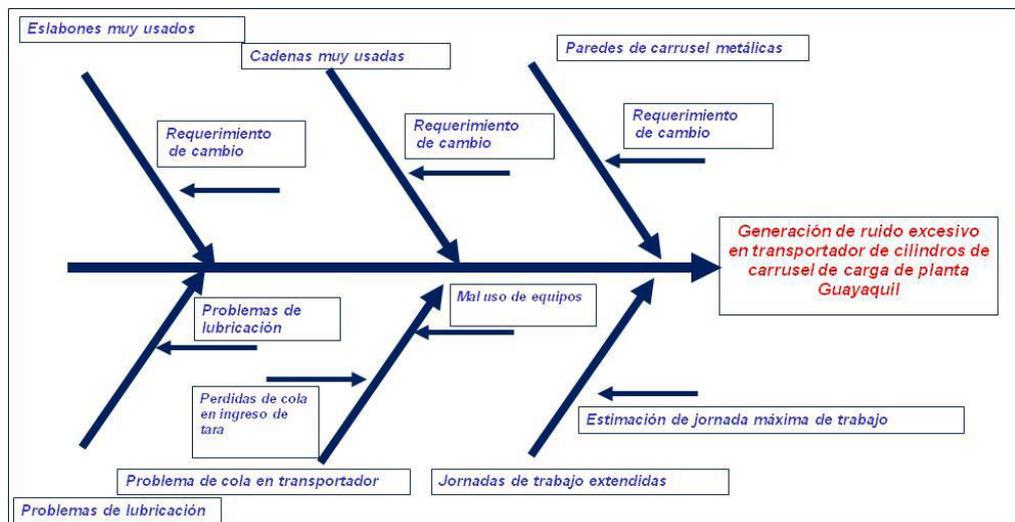


FIGURA 3.8 DIAGRAMA CAUSA EFECTO

Luego de la identificación de las principales causas generadoras, se evalúa su importancia e influencia, a continuación lo mencionado:

Grupo Multidisciplinario		Variables de Análisis	
A	Jefe de planta	1	Eslabones muy usados
B	Jefe administrativo	2	Cadenas muy usadas
C	Jefe de mantenimiento	3	Paredes de carrusel metálicas
D	Supervisor de producción	4	Problemas de lubricación
E	Mecánico de patio	5	Problemas de cola en transportador
F	Despachador de carrusel	6	Jornadas de trabajo extendidas

Evaluación	1	2	3	4	5	6
A	0	1	1	2	0	1
B	1	1	1	1	1	1
C	0	1	1	2	0	1
D	1	1	1	1	1	0
E	1	0	1	2	1	0
F	1	0	1	1	1	1
Total	4	4	6	9	4	4

0	Poca
1	Media
2	Alta

FIGURA 3.9 EVALUACIÓN DE CAUSAS DE GRUPO MULTIDISCIPLINARIO

Es necesario cambiar el sistema de lubricación de cadena ya que a partir del análisis realizado se lo encontró como uno de los principales generadores de ruido en el área de envasado, actualmente los carruseles de cadena son lubricados una vez al día al inicio de cada jornada y en ocasiones el despachador responsable de la supervisión del carrusel se olvida lo que origina que la cadena no cuente con un lubricante que ayude a controlar

el desgaste y disminuya el ruido, es de mencionar que por lo general los carruseles operan 22 horas diarias.



FIGURA 3.10 TRANSPORTADOR DE CILINDROS

El cambio sería mecanizar la operación de lubricación de las cadenas del transportador a través de aspersión controlada con un timer y un sistema neumático programado para garantizar lubricación durante toda la operación del carrusel.

Recepción de cilindro en carrusel de carga.

La altura del transportador de cadena en el muelle de carga y descarga de cilindros ocasiona que el personal operativo fuerce su columna al adoptar posiciones incómodas por la inclinación existente, a continuación se muestra una foto de la operación:



FIGURA 3.11 POSTURA DE OPERADOR CUANDO DESCARGA CILINDRO

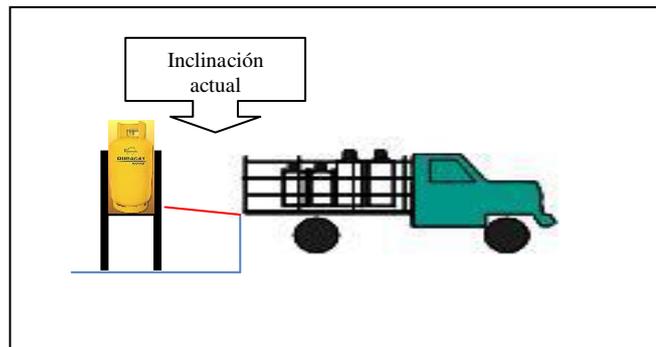


FIGURA 3.12 ESQUEMA LATERAL ACTUAL DE MUELLE DE DESCARGA

Es necesario recortar las patas del transportador en 10 cm para eliminar la inclinación, solo en el tramo del muelle de descarga lo que significa 45 m entre los 3 carruseles de la planta.

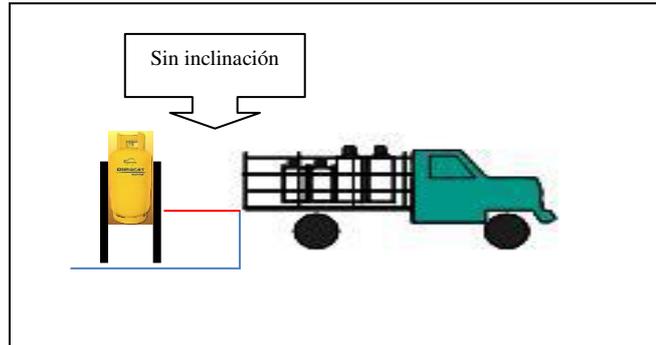


FIGURA 3.13 ESQUEMA LATERAL PROPUESTO DE MUELLE DE DESCARGA

Sistema de potabilización de agua

No existe un sistema de aprovisionamiento de agua para el consumo del personal operativo, tal como se lo demostró en el capítulo 2 existe un I.S.C. muy severo e incide directamente sobre las condiciones de trabajo del personal, por la realidad de trabajar en un ambiente explosivo no se puede colocar fácilmente equipos industriales que no sean anti explosivos.

De la bibliografía revisada en el capítulo uno ante este tipo de condiciones como medida de control se puede colocar un sistema de potabilización de agua con un intercambiador de calor para controlar la temperatura del líquido y garantizar que el personal acceda en cualquier momento al líquido mejorando el confort del personal.

CAPÍTULO 4

4. EVALUACIÓN

En este capítulo se detalla las acciones realizadas para mejorar las condiciones de trabajo, se presenta la evaluación ergonómica final del proceso y se realiza la evaluación financiera de las mejoras implementadas.

4.1 Detalle de implementación de las mejoras en el proceso

A partir de la evaluación ergonómica inicial se encontraron requerimientos puntuales de mejoras, con el diseño de puestos de trabajo se presentaron soluciones de ingeniería, a continuación se detalla el calendario de implementación de mejoras.

**TABLA 40
IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS 2008**

Enero	Sistema de potabilización de agua en nave de envasado
Febrero	-
Marzo	Máquinas volteadoras
Abril	
Mayo	-
Junio	Silla de puesto de Tabulado de tara
Julio	-
Agosto	Sistema mecanizado de lubricación de la cadena del transportador
Septiembre	
Octubre	Disminución de altura de transportador en muelle y reubicación al anden de carga y descarga
Noviembre	
Diciembre	Instalación de tejas translucidas

Sistema de potabilización de agua para nave de envasado

Este sistema se implementó durante el mes de enero de 2008, se tomó conexiones de la red de agua que pasa por la planta se contrató a la empresa Clean Water para que instale un equipo que a través filtros, como filtro de micras que separan los sólidos, filtro de piedras de carbón activado, proceso de ósmosis inversa y una cabina de ozonificación permitan obtener agua apta para el consumo

humano, posterior a este proceso un intercambiador de calor disminuye la temperatura de agua para ofrecer agua temperada al personal operativo, luego de esto, se lleva por tubería de acero fitosanitario hasta un dispensador para que el personal en la nave de envasado se provea de agua.



FIGURA 4.1 SURTIDOR DE AGUA EN NAVE DE ENVASADO

Máquinas Volteadoras

Aproximadamente 3000 cilindros mensuales entran al área de inertizado de cilindro, el promedio de G.L.P. que se encuentra en cada cilindro es de 0,75 Kg, se instaló un sistema de extracción del producto por gravedad, con esto se evita las emanaciones de G.L.P. al ambiente y al final de las máquinas volteadoras se instaló una máquina que mecánicamente retira la válvula a una velocidad controlada y su acople es diseñado especialmente para las válvulas de los cilindros con esto se evita el uso de la pistola neumática. Se adjunto fotos de la maquinaria instalada.



**FIGURA 4.2 MÁQUINAS VOLTEADORAS
EXTRACTORAS DE G.L.P.**

Silla de puesto de tabulado

Luego del diseño de la silla se contrató a un proveedor para que construya la silla con lo definido en el capítulo anterior, finalmente en junio del 2008 se utilizó la silla en el área de envasado, adjunto fotos.



**FIGURA 4.3 NUEVA SILLA DE TRABAJO DEL PUESTO
DE TABULACIÓN DE TARA**

Sistema Mecanizado de lubricación de la cadena del transportador

Para garantizar la lubricación de cadena en periodos constantes y con un régimen programado de aplicación se construyó un sistema mecánico regulado que a través de aire comprimido y abastecido de un tanque de lubricante de cadena es controlado por un timer, manteniendo la cadena del transportador lubricada durante toda la jornada de producción.



FIGURA 4.4 NUEVO SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE CADENA DEL TRANSPORTADOR

Disminución de altura de transportador en muelle y reubicación al andén de carga y descarga

A finales del año 2008 se recortó 10 cm las patas del transportador de cadena a la altura del muelle y se lo reubicó juntándolo al andén de carga y descarga, a continuación la siguiente figura.



**FIGURA 4.5 FOTO DE MUELLE DE DESCARGA
DESPUÉS DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA**



**FIGURA 4.6 OPERACIÓN DE DESCARGA DE CILINDRO -
2007**



**FIGURA 4.7 OPERACIÓN DE DESCARGA DE CILINDRO -
2009**

Instalación de tejas translucidas

Finalmente para mejorar la iluminación del primer turno en el techo de la nave de envasado se instaló tejas translucidas, para que no exista inconvenientes en el segundo turno se incorporó la revisión de las iluminarias de la nave al plan de mantenimiento programado de la planta, con esto se garantiza una buena iluminación, a continuación una fotografía de la mejora en la nave.



FIGURA 4.8 INSTALACIÓN DE TEJAS TRANSLUCIDAS EN NAVE DE ENVASADO

Operación de carga y descarga de cilindros

La compañía tiene un proyecto hasta el año 2015 de paletizar todos los cilindros como parte de la estrategia diferenciación con la competencia. A finales de 2009 todos los distribuidores mayoristas de la ciudad de Guayaquil han paletizado su operación, con este proyecto paulatinamente se eliminará la actividad manual de estibar cilindros y por ende se disminuirá los riesgo de generación de enfermedades laborales.



FIGURA 4.9 PALETIZADO DE CILINDROS 2009

4.2. Evaluación ergonómica final del proceso

Luego de la implementación de las mejoras durante los meses de septiembre a noviembre del año 2009 se realizó la evaluación ergonómica final del proceso siguiendo la misma metodología de la evaluación inicial.

4.2.1 Análisis de la postura de trabajo

Para la evaluación de riesgo posturales se va a utilizar el método Rula de acuerdo a lo analizado en el capítulo uno, la

actividad a ser analizada es la de tabulación de la tara del cilindro. Esta actividad tiene dos posturas:

Postura 1, cuando el operario utilizando su mano hace rotar el cilindro en su mismo eje sobre el carrusel de carga para visualizar la tara.

TABLA 41
DESCRIPCIÓN DE POSTURA 1 – TABULACIÓN DE TARA

AREA A	ANGULO
BRAZO DERECHO	70°
ANTEBRAZO	10°
MUÑECA	5°
AREA B	ANGULO
CUELLO	10°
TRONCO	5°
PIERNAS	-

En base a esto se procede con el ingreso de los datos en el programa e-Rula, referentes a las 4 áreas de riesgo.

- Factor de riesgo referente a la postura,
- Factor de riesgo por contracción estática del músculo, del capítulo dos el estándar de tiempo para la actividad tabulación de tara es de 3,84 Sg / Unidad en el primer turno y de 4,10 Sg / Unidad en el segundo turno, por

tanto en el programa se detalla que esta actividad que requiere un tiempo menor a un minuto / Unidad.

- Factor de riesgo por fuerzas.

The screenshot shows a software window titled "PUNTUACIÓN FINAL DE LOS FACTORES DE RIESGO." with a blue title bar. The main area is divided into two sections, A and B. Section A contains a table with the following data:

BRAZO	4
ANTEBRAZO	2
MUÑECA	3
CAT. MUÑECA	1

Below the table is a calculation grid for "Puntuación postura A":

4	+	MUSCULO	+	FUERZA	=	PUNTAJÓN C
		0		0		4

Section B contains a table with the following data:

CUELLO	2
TRONCO	3
PIERNAS	1

Below the table is a calculation grid for "Puntuación postura B":

3	+	MUSCULO	+	FUERZA	=	PUNTAJÓN D
		0		0		3

At the bottom right, there is a "Total: 3" field and a "Salir" button.

FIGURA 4.10 RESULTADO FINAL DE POSTURA 1 – MÉTODO RULA

La puntuación final obtenida es de 3 de acuerdo a la tabla de resultados descrita en el capítulo uno, se debe investigar cambios futuros no genera riesgo.

Postura 2, cuando el operario ingreso los datos en la pantalla de control del carrusel de carga.

TABLA 42
DESCRIPCIÓN DE POSTURA 2 – TABULACIÓN DE TARA

AREA A	ANGULO
BRAZO	25°
ANTEBRAZO	10°
MUÑECA	5°
AREA B	ANGULO
CUELLO	10°
TRONCO	5°
PIERNAS	-

De la misma manera que en la evaluación de la postura anterior se procede a ingresar datos para evaluar los 4 factores de riesgo. La puntuación final de los factores se presenta en la figura 4.12



FIGURA 4.12 RESULTADO FINAL DE POSTURA 2 – MÉTODO RULA

La puntuación final obtenida es de 2, de acuerdo a la tabla de interpretación de resultados se tiene una postura aceptable, no existen riesgos de lesión.

La evaluación del puesto en el que se desarrolla la actividad de tabular la tara del cilindro obtuvo puntaje de 3 y 2 en las posturas 1 y 2 respectivamente lo que da a entender que realizar la actividad en ese puesto de trabajo no genera riesgo de enfermedades laborales al personal de envasado.

4.2.2. Evaluación de esfuerzos físicos por levantamiento de carga

Las actividades de recepción de cilindros en carrusel de carga y apilamiento de cilindro lleno en vehículo involucran levantamiento de carga lo que significa que es necesario valorar los esfuerzos físicos del personal. Para realizar la evaluación se utilizará en método Niosh tal como se menciona en el capítulo uno. A continuación se presenta la valoración:

Recepción de cilindro en carrusel de carga.

Esta actividad cuenta con 3 elementos tal como se detalla:

- El primer elemento ocurre cuando el operario que coge los cilindros apilados y los deja rodar sobre la plataforma del vehículo.

**TABLA 43
PRIMER ELEMENTO – RECEPCIÓN DE CILINDRO**

Requerimientos de programa	Origen	Destino
H	30 cm	30 cm
V	93 cm	93 cm
D	93 cm	15 cm
A	0 °	45 °
Elevaciones por minuto	5,5 Unid / min	
Agarre de la carga	Bueno	
Duración del trabajo	8 H	
Peso	15 Kg	



FIGURA 4.12 PRIMER ELEMENTO – RECEPCIÓN DE CILINDROS

Los resultados se muestran a continuación:

Índice de carga en origen: 3,971	Índice de carga en destino: 6,884
CRITERIO:	
Índice de carga > 1	Riesgo de dolor
Índice de carga > 3	Riesgo de lesión

FIGURA 4.13 RESULTADOS DE APLICACIÓN DE MÉTODO e-Niosh

- El segundo elemento de esta actividad es cuando el operario empuja el cilindro para que continúe rodando, en muchos de los casos se lo empuja con el pie y en ocasiones lo hacen con las manos, este elemento no requiere evaluación ya que no existe levantamiento de carga.
- El tercer elemento de esta actividad es cuando el operario coloca el cilindro sobre el carrusel de carga, ya no existe levantamiento de carga con los cambios realizados disminuyendo de altura de transportador en muelle y reubicación al andén de carga y descarga, a continuación se muestra en la figura.



FIGURA 4.14 FOTO DE OPERACIÓN DE DESCARGA DE CILINDRO

Finalmente los resultados obtenidos se muestran en la tabla

**TABLA 44
RESULTADOS OBTENIDOS – MÉTODO NIOSH**

# de Elemento	Descripcion del elemento	Indice de carga de origen	Indice de carga destino
1	Asir el cilindro vacío apilado en la plataforma	3,971	6,884
2	Empujar el cilindro sobre la plataforma	-	-
3	Colocar el cilindro sobre el carrusel de carga	-	-

Dado a los resultados obtenidos en base a la tabla del capítulo uno, se concluye, la actividad recepción de cilindros en carrusel de carga causa un riesgo de dolor sobre el operario al final de la jornada laboral, además existen posibilidades de lesión en caso de que un operario realice esta actividad durante toda la jornada laboral de los tres elementos de esta actividad el primero presenta riesgo dado los índices de carga mostrados en la tabla de resultados, sin embargo con la política adoptada de que

cada operario cambio de puesto cada 2 horas el riesgo disminuye, 2 horas es el tiempo aproximado de descargar y cargar un camión de distribuidor, además considerando la evaluación inicial esta actividad ha disminuido su riesgo de generación de enfermedades laborales y con la eliminación del estibaje gracias al proyecto 2015 el riesgo se eliminará.

Apilamiento de cilindro lleno en vehículo

Esta actividad ha sufrido cambio con las mejoras, se cuenta con 3 elementos los cuales son:

- El primer elemento ocurre cuando el operario retira el cilindro lleno del carrusel de carga, ya no existe levantamiento de carga con los cambios realizados disminuyendo de altura de transportador en muelle y reubicación al andén de carga y descarga.
- El segundo elemento de esta actividad es cuando el operario empuja el cilindro lleno sobre el piso del vehículo, este elemento no implica evaluación alguno puesto no se realiza levantamiento de carga alguna.

- Finalmente el tercer elemento de esta actividad es cuando el operario apila los cilindros sobre la plataforma del vehículo, ver figura:



FIGURA 4.15 FOTO DE OPERACIÓN DE APILAMIENTO DE CILINDRO LLENO

De lo expuesto se obtiene la tabla.

**TABLA 45
TERCER ELEMENTO – APILAMIENTO DE CILINDRO LLENO**

Requerimientos de programa	Origen	Destino
H	20 cm	20 cm
V	15 cm	15 cm
D	15 cm	93 cm
A	0 °	180 °
Elevaciones por minuto	3,1 Unid / min	
Agarre de la carga	Bueno	
Duración del trabajo	8 H	
Peso	30 Kg	

A partir de la descripción del tercer elemento se procede a la aplicación del programa e-Niosh tal como se muestra en la figura.



FIGURA 4.16 TERCER ELEMENTO – APILAMIENTO DE CILINDRO

El resultado de la aplicación del programa se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 46 RESULTADOS OBTENIDOS – MÉTODO NIOSH

# de Elemento	Descripción del elemento	Índice de carga de origen	Índice de carga destino
1	Retirar el cilindro del carrusel de carga	-	-
2	Empujar el cilindro sobre la plataforma	-	-
3	Apilar el cilindro sobre la plataforma	4,449	7,042

Dados los resultado obtenidos, se afirma que la ejecución de la actividad de apilamiento de cilindro causa en los operarios posibles dolores al final de la jornada laboral, en base al índices de carga de la tabla de resultados se concluye que el elemento apilar cilindro sobre plataforma esta propenso a generar riesgos de dolores, sin embargo con la política adoptada de cada operario cambio de puesto cada 2 horas el riesgo disminuye, además considerando la evaluación inicial esta actividad ha disminuido su riesgo de

generación de enfermedades laborales, finalmente el riesgo se eliminará en el 2015 con el proyecto de paletizar toda la operación de carga y descarga.

4.2.3. Evaluación del nivel de ruido

El monitoreo de ruido en la planta se realizó durante los días 18 y 19 de noviembre de 2009, los puntos evaluados fueron:

R1 : En el centro de los carrusel 1 de carga

R2 : En el centro de los carrusel 2 de carga

R3 : En el centro de los carrusel 3 de carga

R4 : En área de descarga provisional

R5 : En frente de los tanques estacionarios

R6 : En el centro del patio de maniobra

R8: En el área de intertizado

R7: En la torre de control

Tal como se lo muestra en la figura

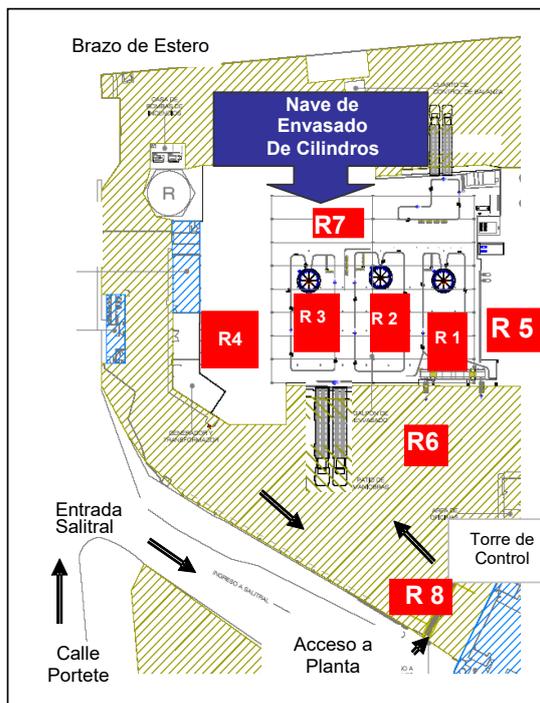


FIGURA 4.17 PUNTOS DE MEDICIÓN DE NIVELES DE RUIDO - 2009

La medición se realizó en un período de 8 horas para cada turno, a fin de registrar los niveles de ruido en un día normal de labores de la planta, ver tabla.

**TABLA 47
NIVELES DE RUIDO – PRIMER TURNO**

	Carrusel 1	Carrusel 2	Carrusel 3	Provisional	Estacionario	Patio	Intertizado	Torre	
Hora	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	
Primer turno	8:00	80	81	80	75	70	70	72	65
	9:00	79	78	79	70	67	68	70	66
	10:00	80	79	78	67	71	73	71	70
	11:00	81	77	78	70	69	71	69	68
	12:00	79	80	80	72	66	70	73	48
	13:00	75	77	79	71	62	68	69	55
	14:00	80	79	78	72	64	71	71	50
	15:00	79	78	79	75	67	67	73	61
	16:00	67	72	70	68	69	64	69	60
Promedio	77,78	77,89	77,89	71,11	67,22	69,11	70,78	60,33	

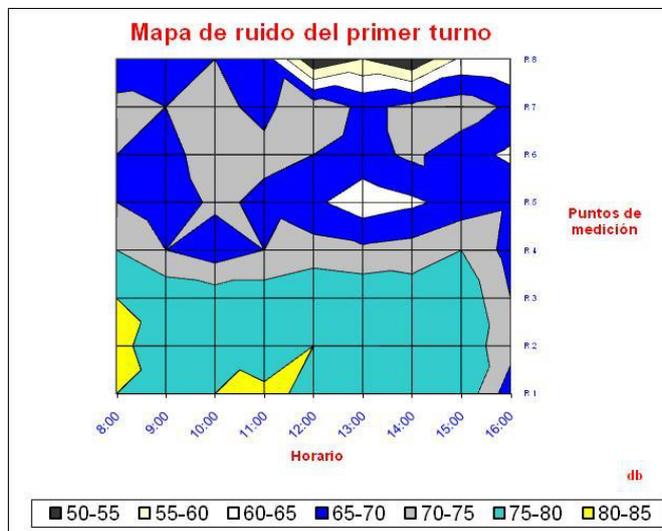


FIGURA 4.18 MAPA DE RUIDO DEL PRIMER TURNO - 2009

**TABLA 48
NIVELES DE RUIDO – SEGUNDO TURNO**

	Carrusel 1	Carrusel 2	Carrusel 3	Provisional	Estacionario	Patio	Intertizado	Torre	
Hora	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	
Segundo turno	19:00	77	78	79	75	66	78	74	67
	20:00	78	79	77	72	65	75	78	68
	21:00	77	79	78	78	67	76	71	56
	22:00	79	77	77	68	65	75	69	57
	23:00	78	77	79	77	69	77	66	67
	0:00	72	70	72	72	69	71	78	68
	1:00	74	69	72	69	64	69	69	56
	2:00	78	75	72	77	60	70	71	55
	3:00	69	70	69	70	63	77	74	66
	Promedio	75,78	74,89	75,00	73,11	65,33	74,22	72,22	62,22

Después de las mejoras implementadas los niveles de ruido de la planta bajaron considerablemente a un promedio de 72 db en promedio en cada turno de trabajo cumpliendo la reglamentación del código de trabajo y mejorando las condiciones de trabajo del personal operativo.



FIGURA 4.19 MAPA DE RUIDO DEL SEGUNDO TURNO - 2009

4.2.4. Evaluación del nivel de iluminación

Para evaluar los niveles de intensidad luminosa se empleó un luxómetro, realizando medidas puntuales en los puestos de trabajo durante el primero y segundo turno. El resultado de las mediciones realizadas se muestra a continuación:

TABLA 49
MEDICIONES DE ILUMINACIÓN – PRIMER TURNO (LUXES)

	Carrusel 1	Carrusel 2	Carrusel 3
Enderezado de esas	820	610	830
Tabulación de tara	660	390	800
Llenado	590	370	370
Pesado	400	380	800
Verificación de fuga	370	370	560
Colocación de sello	450	400	600

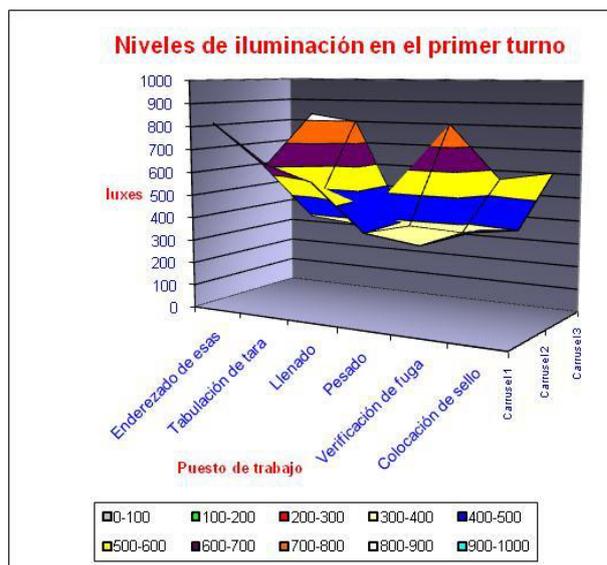


FIGURA 4.20 GRÁFICO DE SUPERFICIE – PRIMER TURNO

**TABLA 50
MEDICIONES DE ILUMINACIÓN - SEGUNDO TURNO (LUXES)**

	Carrusel 1	Carrusel 2	Carrusel 3
Enderezado de esas	380	550	350
Tabulación de tara	450	470	460
Llenado	390	400	450
Pesado	450	480	480
Verificación de fuga	480	680	460
Colocación de sello	490	620	470

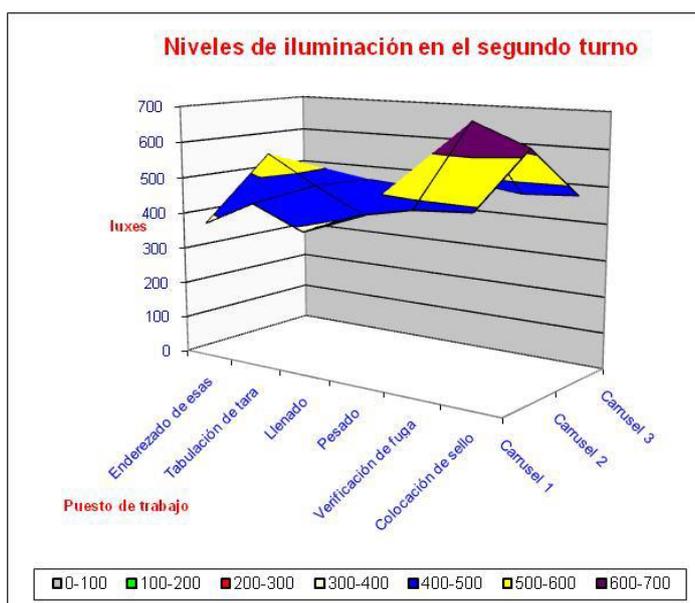


FIGURA 4.21 GRÁFICO DE SUPERFICIE – SEGUNDO TURNO

Con la incorporación de tejas traslucidas y el control de la incorporación del control de las iluminarias al plan de mantenimiento de la planta, los niveles de iluminación han mejorado considerablemente y cumplen con los 300 luxes mínimos exigidos en el código de trabajo en ambos turnos.

4.2.5. Análisis de microclima laboral

Dadas las condiciones de trabajar en un ambiente altamente explosivo dentro de las mejoras no se desarrolló alguna que mejore el índice de sobre carga calórica el cuál en la evaluación inicial obtuvo niveles de ambiente severo tal como se muestra en el capítulo dos.

A pesar de que la planta se encuentra junto a un brazo del estero, la humedad en el medio mantiene genera condiciones severas, es de mencionar que en capítulo uno se mostró alternativas que mencionan como mejorar las condiciones en ambiente severos, es por eso la instalación de un equipo de purificación de agua que provea al personal de agua apta para el consumo humano.

Finalmente luego de las mejoras implementadas en el 2008 se concluye que las condiciones de trabajo mejoraron considerablemente con respecto a la evaluación ergonómica inicial que se realizo en el 2007 así lo comprueba la evaluación ergonómica final realizada en el año 2009, se adjunta un tabla comparativa.

**TABLA 51
COMPARACIÓN ERGONÓMICA**

Estudio Ergonómico	Evaluación inicial 2007	Mejoras 2008	Evaluación final 2009
Análisis de la postura de trabajo	Requiere investigar nuevas opciones de trabajo en el puesto de tabulación de tara ya que existe la posibilidad de requerir cambios en puesto en futuro	Estudio antropométrico, diseño Ergonómico de silla de trabajo, Construcción e implementación de silla de trabajo para puesto de tabulado	Actividad no genera riesgo por postura de trabajo, no causara lesiones futuras
Evaluación de levantamiento de carga	Riesgo de dolor sobre el operario de estibaje al final de la jornada laboral y además una posible lesión en futuro	Disminución de altura de transportador en muelle y reubicación al anden de carga y descarga	Actividad no genera riesgo de lesiones y el 2015 no se estibaran los cilindros de manera manual
Evaluación del nivel de ruido	Niveles de ruido superior a los 85 db, incumpliendo los limites dispuestos en código de trabajo	Implementación de maquinas volteadoras, Sistema mecanizado de lubricación de la cadena del transportador	Niveles de ruido disminuyeron por debajo de los 85 db exigidos en el código de trabajo
Evaluación del nivel de iluminación	Puestos menores a 300 luxes, incumpliendo los limites permisibles dispuestos en código de trabajo	Instalación de tejas translucidas en techo de nave	Todos los puestos en cualquier turno cuentan con mas de 300 luxes
Análisis de microclima laboral	Personal trabaja en ambiente severo	Sistema de potabilización de agua en nave de envasado	Mejoramiento de confort del personal con abastecimiento de agua temperada apta para el consumo humano en la nave de envasado

4.3 Evaluación financiera de mejoras implementadas

Para esta evaluación es necesario detallar los beneficios económicos obtenidos y la inversión realizada en las mejoras, a continuación el detalle.

Beneficios económicos obtenidos

Los beneficios económicos obtenidos con las mejoras implementadas son tres: Disminución del costo de operación de envasado, Recuperación de G.L.P. por instalación de máquinas volteadoras y disminución de gastos asociados por liquidaciones de personal operativo.

Disminución del costo de operación de envasado

La productividad de la planta esta definida como la relación del número de cilindros envasados para las horas hombre trabajadas, los datos de los cálculos de productividad se muestran en los anexos L,M,N, se evidencia un aumento de más del 9% en la productividad de la planta desde el 2007, se adjunta tabla y figura.

TABLA 52
PRODUCTIVIDAD DE PLANTA (Cilindros envasados /
Horas hombre trabajadas)

	2007	2008	2009
ENERO	1,94	2,17	2,21
FEBRERO	1,94	2,05	2,05
MARZO	1,94	2,07	2,08
ABRIL	1,96	2,07	2,08
MAYO	2,02	2,08	2,11
JUNIO	2,24	2,18	2,17
JULIO	2,20	2,31	2,32
AGOSTO	2,13	2,28	2,30
SEPTIEMBRE	2,24	2,26	2,24
OCTUBRE	2,11	2,29	2,33
NOVIEMBRE	2,14	2,17	2,21
DICIEMBRE	2,16	2,32	2,26
Promedio Anual	2,10	2,19	2,20
Aumento Anual con respecto a 2007		9,14%	9,89%

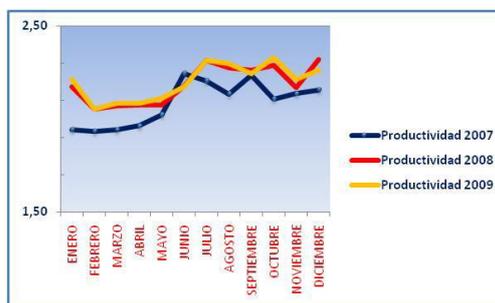


FIGURA 4.22 PRODUCTIVIDAD ANUAL DE PLANTA DE ENVASADO

El aumento de productividad en la planta da como resultado una disminución en el costo operativo, ya que en el 2007 se envasaba 2,10 cilindros por hora hombre trabajada y en el 2009 se envasó 2,20 cilindros por hora hombre trabajada. La disminución del costo de la operación de envasado desde el 2007 a 2009 genero un ahorro a la organización, ver la siguiente tabla.

**TABLA 53
COSTOS DE OPERACIÓN**

	Costo Operativo por cilindro				Cilindros Envasados		
	2007	2008	2009		2007	2008	2009
ENERO	\$0,770	\$0,790	\$0,785		1.141.862	1.229.965	1.230.865
FEBRERO	\$0,760	\$0,780	\$0,780		989.983	1.112.122	1.111.982
MARZO	\$0,780	\$0,790	\$0,800		1.154.300	1.166.507	1.162.530
ABRIL	\$0,775	\$0,784	\$0,780		1.134.740	1.186.337	1.186.142
MAYO	\$0,770	\$0,770	\$0,790		1.228.706	1.292.289	1.290.649
JUNIO	\$0,790	\$0,780	\$0,780		1.185.787	1.206.073	1.206.658
JULIO	\$0,750	\$0,790	\$0,760		1.336.690	1.268.505	1.269.742
AGOSTO	\$0,810	\$0,780	\$0,780		1.277.548	1.309.956	1.311.267
SEPTIEMBRE	\$0,825	\$0,800	\$0,800		1.227.075	1.294.528	1.286.028
OCTUBRE	\$0,790	\$0,780	\$0,780		1.279.412	1.314.836	1.313.853
NOVIEMBRE	\$0,810	\$0,800	\$0,790		1.263.465	1.169.267	1.174.307
DICIEMBRE	\$0,810	\$0,790	\$0,800		1.253.270	1.203.588	1.271.365
Promedio Anual	\$0,7882	\$0,7858	\$0,7855	Total Envasado	14.472.838	14.753.973	14.815.388
Variación Anual con respecto 2007		-\$0,0024	-\$0,0027	Ahorro		-\$34.873	-\$40.406

Como se muestra la variación del costo operativo genera un ahorro, ya que de no haber realizado ninguna mejora el costo del 2007 hubiera sido el mismo en el 2008 y 2009 o quizás mas. Con las mejoras el costo operativo disminuyo y si lo multiplicamos el número de cilindros envasados en el 2008 y 2009 encontramos un ahorro de 34.873 \$ y 40.406\$ en los mencionados años.

Recuperación de G.L.P. por instalación de máquinas volteadoras

Antes de la instalación de las máquinas volteadoras el G.L.P. se destinaba al ambiente y aproximadamente en cada tanque se encontraba en promedio 0,75 Kg de producto, con la instalación de las máquinas volteadoras ese G.L.P. se lo ingresa a los tanques

estacionarios y se lo comercializa nuevamente. Es de mencionar que la instalación de las máquinas volteadoras concluyó a finales de abril de 2008, a partir de mayo de ese año el G.L.P. es recuperado, se adjunta tabla de análisis.

**TABLA 54
RECUPERACIÓN DE PRODUCTO**

	Cilindros Inertizados		G.L.P. recuperado	
	2008	2009	2008	2009
ENERO		3.127		2.345 Kg
FEBRERO		3.020		2.265 Kg
MARZO		3.046		2.285 Kg
ABRIL		2.964		2.223 Kg
MAYO	3.057	2.979	2.293 Kg	2.234 Kg
JUNIO	3.115	2.999	2.336 Kg	2.249 Kg
JULIO	3.089	2.960	2.317 Kg	2.220 Kg
AGOSTO	3.034	2.993	2.276 Kg	2.245 Kg
SEPTIEMBRE	3.032	3.076	2.274 Kg	2.307 Kg
OCTUBRE	3.043	3.108	2.282 Kg	2.331 Kg
NOVIEMBRE	2.902	3.100	2.177 Kg	2.325 Kg
DICIEMBRE	2.961	2.990	2.221 Kg	2.243 Kg
Total	24.233	36.362	18.175 Kg	27.272 Kg

Lo que significa que se a recuperado cerca de 45.446 Kg. De la página web de petrocomercial en donde se publica el precio oficial del producto por Kg. estipulado por decreto ejecutivo se obtiene la siguiente figura.

**TABLA 55
PRECIO DE PRODUCTO**

Período de Vigencia	Propano
Del 1° al 31 de Enero	0.439528
Del 1° al 28 de Febrero	0.515068
Del 1° al 31 de Marzo	0.450530
Del 1° al 30 de Abril	0.498198
Del 1° al 31 de Mayo	0.468863
Del 1° al 30 de Junio	0.518361
Del 1° al 31 de Julio	0.573000
Del 1° al 31 de Agosto	0.570067
Del 1° al 30 de Septiembre	0.645606
Del 1° al 31 de Octubre	0.632261
Del 1° al 30 de Noviembre	0.732879
Del 1° al 31 de Diciembre	0.743144

Fuente: Abastecedora de Petrocomercial
Precios en Terminal de G.L.P.
(Decreto Ejecutivo No. 995 del 01-abr-2008)
Año 2009

Con el precio del producto y el G.L.P. recuperado se obtiene el ahorro generado, se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 56
AHORRO GENERADO POR RECUPERACIÓN DE PRODUCTO

	Precio \$ / Kg	Ahorro por Recuperación de G.L.P.	
	G.L.P.	2008	2009
ENERO	\$0,4395		\$1.031
FEBRERO	\$0,5151		\$1.167
MARZO	\$0,4505		\$1.029
ABRIL	\$0,4981		\$1.107
MAYO	\$0,4688	\$1.075	\$1.047
JUNIO	\$0,5183	\$1.211	\$1.166
JULIO	\$0,5730	\$1.327	\$1.272
AGOSTO	\$0,5700	\$1.297	\$1.280
SEPTIEMBRE	\$0,6456	\$1.468	\$1.489
OCTUBRE	\$0,6322	\$1.443	\$1.474
NOVIEMBRE	\$0,7328	\$1.595	\$1.704
DICIEMBRE	\$0,7331	\$1.628	\$1.644
Total		\$11.044	\$15.409

Lo que significa 26.454 \$ de ahorro hasta el final del 2009.

Disminución de gastos asociados por liquidaciones de personal operativo

En la siguiente tabla se muestra la estadística de control de salidas de personal operativo del área de envasado.

**TABLA 57
GASTOS ASOCIADOS A LIQUIDACIONES DE PERSONAL**

	2007		2008		2009	
	Salidas de Envasado	Liquidaciones de personal	Salidas de Envasado	Liquidaciones de personal	Salidas de Envasado	Liquidaciones de personal
Enero	9	\$ 4.489	8	\$ 2.493	5	\$ 3.926
Febrero	7	\$ 5.001	7	\$ 4.556	3	\$ 2.691
Marzo	11	\$ 9.005	8	\$ 6.005	6	\$ 4.962
Abril	10	\$ 10.094	5	\$ 3.898	3	\$ 2.301
Mayo	7	\$ 3.800	7	\$ 4.531	2	\$ 1.403
Junio	9	\$ 4.500	6	\$ 3.706	3	\$ 2.639
Julio	8	\$ 3.513	5	\$ 3.317	2	\$ 1.569
Agosto	9	\$ 4.314	7	\$ 3.915	1	\$ 553
Septiembre	8	\$ 3.915	6	\$ 3.917	2	\$ 1.059
Octubre	7	\$ 3.916	5	\$ 3.619	2	\$ 1.398
Noviembre	6	\$ 3.117	6	\$ 3.913	2	\$ 1.583
Diciembre	9	\$ 4.918	5	\$ 3.517	0	\$ 0
Total	100	\$ 60.582	75	\$ 47.387	31	\$ 24.084
Promedio	8	\$ 5.049	6	\$ 3.949	3	\$ 2.007
Reducción %				22%		60%
Ahorro generado				\$ 13.195		\$ 36.498

Como resultado de las mejoras en las condiciones de trabajo el estadístico de salidas de personal ha disminuido considerablemente en más del 50% y la reducción de gastos asociados a las liquidaciones de personal también generando un ahorro de 49.693 \$ hasta finales del 2009.

Inversión realizada en las mejoras

Se adjunta en la siguiente tabla los rublos de inversión por cada mejora realizada.

**TABLA 58
DETALLE DE INVERSIÓN**

Detalle de mejora	Inversión realizada
Sistema de potabilización de agua en nave de envasado	\$ 3.000
Maquinas volteadoras	\$ 95.000
Silla de puesto de Tabulado de tara	\$ 1.200
Sistema mecanizado de lubricación de la cadena del transportador	\$ 4.900
Disminución de altura de transportador en muelle y reubicación al anden de carga y descarga	\$ 7.550
Instalación de tejas translúcidas	\$ 3.800
Total	\$ 115.450

A más de los beneficios obtenidos en la condiciones de trabajo la empresa genero réditos financieros, así lo demuestra la siguiente figura 4.23. A partir del año 2010 se estima un ahorro generado de cerca de 70.000 \$ al año ya que el costo de operación se mantendrá debido a los niveles de producción y la variación de costos de operación, la recuperación de G.L.P. se mantiene ya que la capacidad de inertizar es de 3000 tanques mensuales y los gastos asociados por liquidación continuaran disminuyendo.

	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012
Inversión realizada						
Sistema de potabilización de agua en nave de envasado		\$3.000				
Máquinas volteadoras		\$95.000				
Silla de puesto de Tabulado de tara	\$0	\$1.200	\$0	\$0	\$0	\$0
Sistema mecanizado de lubricación de la cadena		\$4.900				
Disminución de altura de transportador en muelle y reubicación		\$7.550				
Instalación de tejas translucidas		\$3.800				
Ahorro Generado						
Disminución del costo de operación	\$0	\$34.873	\$40.406	\$70.000	\$70.000	\$70.000
Recuperación de G.L.P. por instalación de máquinas volteadoras		\$11.044	\$15.409			
Disminución de gastos asociados por liquidaciones		\$13.195	\$36.498			
Flujo Generado		- \$56.338	\$ 92.313	\$ 70.000	\$ 70.000	\$ 70.000
T.I.R.		144%				
V.A.N.		\$ 35.975				

FIGURA 4.23 ANÁLISIS FINANCIERO DE MEJORAMIENTO DE CONDICIONES DE TRABAJO

El desarrollo de este proyecto genera un flujo positivo al segundo año generando un T.I.R. del 144%.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones de la tesis.

Conclusiones

- ✚ La metodología utilizada para el desarrollo de esta tesis permitió analizar las condiciones de trabajo del personal operativo del proceso de envasado de G.L.P. en cilindros durante el año 2007. Como resultado de esta evaluación se diseñó puestos de trabajo y en función de eso se implementaron mejoras en la planta en el año 2008. Finalmente en el 2009 se realizó una evaluación final a las condiciones de trabajo evidenciando una disminución de salida de personal de más de 50% y una reducción del 60% de los gastos asociados a las liquidaciones de personal y se aumentó el 9,89% la productividad de la planta.
- ✚ Se disminuyó el riesgo de generación de enfermedades laborales en el personal operativo durante el desarrollo de sus actividades de trabajo en el proceso de envasado.
- ✚ Los niveles de ruido en área de envasado no superan los 85 db estipulados en el código de trabajo.
- ✚ Todos los puestos de trabajo del proceso de envasado cuentan con más de 300 luxes superando el mínimo establecido en el código de trabajo

- ✚ Se mejoró el confort del personal operativo que labora en el proceso de envasado a pesar de que trabajan en un ambiente severo por la incidencia de la tensión térmica.
- ✚ El costo operativo de envasado disminuyó en 0,0027 \$ por cilindro envasado lo que representa un ahorro anual de 37.000\$ en promedio.
- ✚ El desarrollo de este proyecto generó réditos positivos al año y medio generando una T.I.R. del 144% y un V.A.N. de 35.975 \$.

Recomendaciones

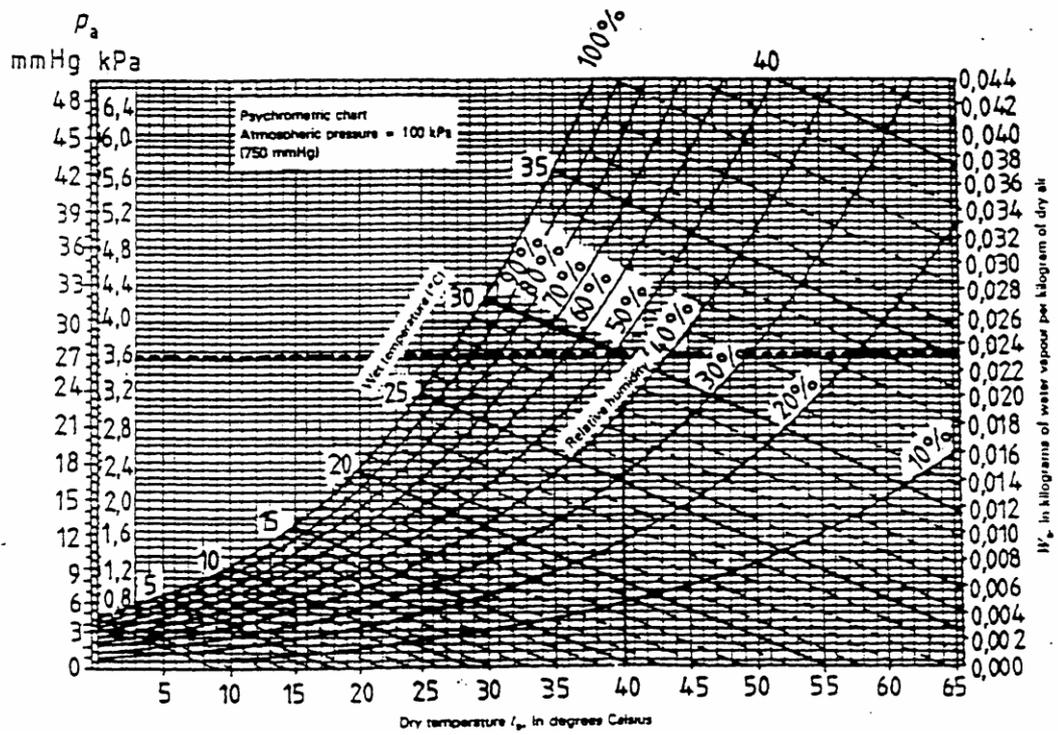
- ✚ En el Ecuador hace falta el desarrollo de una base de datos antropométricos de la población que permitan desarrollar aun más los conceptos ergonómicos en el sector industrial base del sistema productivo del país.
- ✚ La empresa ecuatoriana debe desarrollar proyectos ergonómicos ya que los beneficios son económicos sociales permitiendo desarrollar las actividades operativas sin riesgo de generación de enfermedades laborales en el personal.
- ✚ A la organización se le recomienda aplicar esta metodología al resto de la planta, desarrollar una nota de investigación para que la compartan con el resto de compañías del grupo, además es recomendable continuar desarrollando proyectos

que mejoren las condiciones de trabajo ya que el rédito para la organización es muy bueno.

ANEXOS

ANEXO A

CARTA PSICROMÉTRICA



ANEXO B

Tabla antropométrica de la población cubana

Población Laboral Cubana, de 30 a 39.9 años de edad. Sexo Femenino.
 Ávila Rosalío Chaurand, Prado Lilia R Leon. Dimensiones Antropométricas de la población latinoamericana. Universidad de Guadalajara. ISBN 970 27 0082 5. Impreso en México. 1993-1999

DIMENSIONES ANTROPOMETRICAS	Percentil 5	Percentil 95	X D.E
Altura poplítea	351	424	388 22
Longitud sacro-poplítea	430	535	483 32
Longitud sacro-rótula	510	619	565 33
Altura del muslo desde el asiento	130	193	162 19
Altura de la rodilla desde el suelo	433	518	476 26
Altura de codo sentado	147	220	228 24
Altura de hombro sentado	503	588	546 26
Ancho de cadera sentado	307	458	383 46
Ancho de codo a codo	383	552	467 52
Diámetro biacromial	324	381	353 17
Altura iliocrestal	188	264	184 22
Altura subescapular	370	445	408 23
Alcance máximo frontal del brazo	628	741	685 34

ANEXO C

Tabla antropométrica de la población colombiana

Comentario: Población Laboral **Colombiana** de **30 a 59** años de edad. Sexo **Masculino**. Ávila Rosalío Chaurand, Prado Lilia R León. Dimensiones Antropométricas de la población latinoamericana. Universidad de Guadalajara. ISBN 970 27 0082 5. Impreso en México. 1993-1999. Datos tomados en 1995.

DIMENSIONES ANTROPOMETRICAS	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95	X D.E
Altura poplítea	37.6	41.4	45.6	41.5 2.48
Longitud sacro-poplítea	41.6	46.2	51.3	46.4 2.83
Longitud sacro-rótula	51.9	56.5	61.5	56.6 2.93
Altura del muslo desde el asiento	12.7	14.7	17.0	14.7 1.22
Altura de la rodilla desde el suelo	47.7	51.7	56.3	51.7 2.84
Altura de codo sentado	19.2	22.8	27.0	22.8 2.44
Altura de hombro sentado	52.8	58.0	61.8	57.8 2.65
Altura codo de pie	96.6	105	111.7	104.4
Altura de ojo sentado	71.4	77.0	82.1	76.8 3.27
Altura de ojo parado	142.4	154.8	165.1	155.0 7.03
Ancho de cadera sentado	31.3	35.2	40.2	35.1 2.56
Ancho de codo a codo	40.7	46.3	52.5	46.3 3.81
Diámetro biacromial	35.7	39.1	41.7	39.0 1.86
Profundidad máxima del cuerpo	18.6	21.5	24.6	21.5 1.85
Alcance máximo lateral del brazo	70.7	76.1	82.2	76.1 3.70
Alcance máximo frontal del brazo	66.4	71.1	76.8	71.5 3.43
Longitud del pie	18.5	20.2	22.0	20.2 10.5
Ancho del pie	9.1	10.1	11.0	10.1 0.57

ANEXO D

Toma de medidas de alcance máximo de brazo del personal operativo y análisis estadístico de datos

	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95	\bar{X}
Alcance máximo del brazo	65,2	70,0	76,8	70.5

Operario	Lectura
1	70
2	67
3	72
4	75
5	75
6	76
7	64
8	70
9	74
10	68
11	69
12	66
13	65
14	68
15	69
16	65
17	69
18	70
19	71
20	70
21	70
22	70
23	75
24	71
25	70
26	69
27	77
28	74
29	78
30	69
31	76
32	66
33	73
34	74
35	77
36	71
37	69
38	73
39	70
40	73
41	67
42	68
43	66
44	70
45	71
46	71
47	70
48	78
49	66
50	69
51	63
52	75
53	67
54	69

Estadística Descriptiva	
Media	70,53258794
Error típico	0,490117741
Mediana	69,96519853
Moda	70
Desviación estándar	3,601615135
Varianza de la muestra	12,97163158
Curtosis	-0,514689687
Coefficiente de asimetría	0,266004912
Rango	14,85970643
Mínimo	63,26725777
Máximo	78,12696419
Suma	3808,759749
Cuenta	54

ANEXO E

Toma de medidas de altura de codo sentado del personal operativo y análisis estadístico de datos

	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95	\bar{X}
Altura del codo sentado	19,0	22,2	24,9	21.8

Operario	Lectura
1	22
2	21
3	24
4	22
5	20
6	23
7	23
8	17
9	22
10	24
11	24
12	22
13	20
14	23
15	21
16	24
17	19
18	23
19	26
20	23
21	24
22	21
23	19
24	22
25	18
26	21
27	21
28	26
29	23
30	19
31	21
32	26
33	23
34	24
35	24
36	19
37	24
38	23
39	20
40	23
41	23
42	19
43	19
44	21
45	21
46	23
47	23
48	21
49	19
50	23
51	20
52	20
53	20
54	22

Estadística Descriptiva	
Media	21,86816895
Error típico	0,278481898
Mediana	22,15381829
Moda	22
Desviación estándar	2,046415657
Varianza de la muestra	4,187817041
Curtosis	-0,279784738
Coefficiente de asimetría	-0,042876652
Rango	9,218871128
Mínimo	17,0335914
Máximo	26,25246253
Suma	1180,881123
Cuenta	54
Mayor (1)	26,25246253
Menor(1)	17,0335914

ANEXO F

Toma de medidas de altura subescapular del personal operativo y análisis estadístico de datos

	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95	\bar{x}
Altura subescapular	36,2	39,1	42,4	39,22

Operario	Lectura
1	38
2	39
3	38
4	38
5	42
6	39
7	38
8	41
9	41
10	40
11	38
12	37
13	36
14	41
15	38
16	40
17	40
18	38
19	35
20	40
21	39
22	39
23	39
24	39
25	41
26	38
27	39
28	39
29	39
30	39
31	40
32	37
33	38
34	39
35	34
36	38
37	41
38	42
39	38
40	43
41	44
42	39
43	38
44	41
45	40
46	39
47	40
48	39
49	40
50	40
51	42
52	43
53	37
54	38

Estadística Descriptiva	
Media	39,22313202
Error típico	0,261335002
Mediana	39,11076168
Moda	38
Desviación estándar	1,920412221
Varianza de la muestra	3,687983099
Curtosis	1,026563586
Coefficiente de asimetría	-0,032259052
Rango	10,38075425
Mínimo	33,83625288
Máximo	44,21700713
Suma	2118,049129
Cuenta	54
Mayor (1)	44,21700713
Menor(1)	33,83625288

ANEXO G

Toma de medidas de altura poplítea del personal operativo y análisis estadístico de datos

	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95	\bar{X}
Altura poplítea	36,9	43,7	52,8	44,6

Operario	Lectura
1	43
2	49
3	44
4	40
5	46
6	37
7	35
8	53
9	46
10	53
11	50
12	50
13	42
14	49
15	42
16	47
17	41
18	42
19	49
20	49
21	45
22	48
23	41
24	54
25	49
26	43
27	43
28	40
29	43
30	42
31	43
32	46
33	46
34	43
35	40
36	37
37	39
38	55
39	43
40	48
41	46
42	35
43	49
44	50
45	41
46	45
47	46
48	38
49	40
50	47
51	41
52	51
53	43
54	40

Estadística Descriptiva	
Media	44,62557446
Error típico	0,645449694
Mediana	43,73332478
Moda	#N/A
Desviación estándar	4,743067212
Varianza de la muestra	22,49668658
Curtosis	-0,55597236
Coficiente de asimetría	0,066958547
Rango	19,65938736
Mínimo	34,87683591
Máximo	54,53622327
Suma	2409,781021
Cuenta	54
Mayor (1)	54,53622327
Menor(1)	34,87683591

ANEXO H

Toma de medidas de longitud sacro poplítea del personal operativo y análisis estadístico de datos

	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95	\bar{X}
Longitud sacropoplítea	42,9	46,6	51,1	46,53

Operario	Lectura
1	46
2	44
3	45
4	44
5	51
6	44
7	49
8	44
9	52
10	46
11	47
12	49
13	46
14	48
15	49
16	49
17	45
18	47
19	46
20	44
21	48
22	43
23	48
24	51
25	46
26	46
27	47
28	40
29	48
30	51
31	49
32	45
33	47
34	48
35	44
36	45
37	47
38	44
39	43
40	43
41	47
42	47
43	40
44	46
45	48
46	49
47	47
48	47
49	46
50	47
51	53
52	43
53	46
54	48

Estadística Descriptiva	
Media	46,53692092
Error típico	0,357863699
Mediana	46,58348305
Moda	44
Desviación estándar	2,629750382
Varianza de la muestra	6,91558707
Curtosis	0,242895056
Coefficiente de asimetría	-0,006786899
Rango	12,31416536
Mínimo	40,27897697
Máximo	52,59314233
Suma	2512,99373
Cuenta	54
Mayor (1)	52,59314233
Menor(1)	40,27897697

ANEXO I

Toma de medidas de anchura de cadera sentado del personal operativo y análisis estadístico de datos

	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95	\bar{X}
Anchura de la cadera sentad	30,4	34,7	39,1	34,68

Operario	Lectura
1	31
2	30
3	36
4	35
5	33
6	34
7	42
8	32
9	34
10	33
11	36
12	35
13	37
14	36
15	34
16	35
17	33
18	35
19	35
20	35
21	35
22	35
23	34
24	35
25	39
26	40
27	38
28	34
29	34
30	33
31	35
32	33
33	38
34	36
35	35
36	35
37	34
38	35
39	32
40	35
41	32
42	33
43	35
44	30
45	30
46	35
47	35
48	36
49	39
50	38
51	30
52	33
53	39
54	34

Estadística Descriptiva	
Media	34,6809231
Error típico	0,339080254
Mediana	34,72144735
Moda	34
Desviación estándar	2,49172081
Varianza de la muestra	6,208672594
Curtosis	0,883020609
Coficiente de asimetría	0,518520889
Rango	12,44995929
Mínimo	29,63846052
Máximo	42,08841981
Suma	1872,769847
Cuenta	54
Mayor (1)	42,08841981
Menor(1)	29,63846052

ANEXO J

Toma de medidas de anchura de codo a codo del personal operativo y análisis estadístico de datos

	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95	\bar{X}
Anchura de codo a codo	41,9	46,6	51,6	46,35

Operario	Lectura
1	48
2	49
3	49
4	48
5	42
6	50
7	56
8	45
9	49
10	42
11	47
12	41
13	44
14	50
15	47
16	44
17	52
18	53
19	47
20	44
21	47
22	46
23	48
24	45
25	46
26	46
27	48
28	48
29	43
30	43
31	46
32	44
33	46
34	44
35	47
36	45
37	45
38	37
39	48
40	42
41	46
42	44
43	46
44	49
45	52
46	49
47	48
48	48
49	47
50	49
51	45
52	48
53	42
54	43

Estadística Descriptiva	
Media	46,35601391
Error típico	0,433716931
Mediana	46,56669342
Moda	48
Desviación estándar	3,187155519
Varianza de la muestra	10,1579603
Curtosis	1,45503009
Coefficiente de asimetría	0,191663008
Rango	18,76029273
Mínimo	37,38841667
Máximo	56,14870941
Suma	2503,224751
Cuenta	54
Mayor (1)	56,14870941
Menor(1)	37,38841667

ANEXO K

Toma de medidas de altura iliocrestal del personal operativo y análisis estadístico de datos

	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95	\bar{X}
Altura iliocrestal	14	18	21	15,9

Operario	Lectura
1	16
2	17
3	20
4	15
5	15
6	16
7	20
8	15
9	14
10	18
11	14
12	15
13	19
14	19
15	17
16	21
17	19
18	19
19	14
20	17
21	17
22	20
23	20
24	14
25	15
26	20
27	16
28	15
29	19
30	18
31	15
32	18
33	16
34	12
35	17
36	20
37	18
38	15
39	19
40	18
41	21
42	22
43	19
44	17
45	16
46	19
47	18
48	18
49	14
50	16
51	19
52	19
53	22
54	21

Estadística Descriptiva	
Media	17,48372647
Error típico	0,324208308
Mediana	18,02352465
Moda	19
Desviación estándar	2,382434777
Varianza de la muestra	5,675995465
Curtosis	-0,783239417
Coefficiente de asimetría	-0,081392349
Rango	10,27308372
Mínimo	12,12295438
Máximo	22,39603809
Suma	944,1212293
Cuenta	54
Mayor (1)	22,39603809
Menor(1)	12,12295438

ANEXO L

Indicadores de eficiencia y cálculos de productividad 2007

	2007 - Carrusel 1						2007 - Carrusel 2						2007 - Carrusel 3					
	Operadores	Horas trabajadas	Horas hombre trabajadas	Cilindros envasados	Productividad línea	EGP	Operadores	Horas trabajadas	Horas hombre trabajadas	Cilindros envasados	Productividad línea	EGP	Operadores	Horas trabajadas	Horas hombre trabajadas	Cilindros envasados	Productividad línea	EGP
ENERO	6	32.400	194.400	401.892	2,07	66,2%	6	33.900	203.400	383.602	1,89	61,0%	6	31.740	190.440	356.368	1,87	60,9%
FEBRERO	6	29.460	176.760	367.088	2,08	66,5%	6	27.540	165.240	303.117	1,83	60,3%	6	28.140	168.840	319.778	1,89	60,6%
MARZO	6	34.470	206.820	406.376	1,96	61,8%	6	32.640	195.840	378.943	1,93	61,5%	6	31.980	191.880	368.981	1,92	61,2%
ABRIL	6	33.540	201.240	400.566	1,99	62,8%	6	31.320	187.920	371.761	1,98	63,3%	6	31.500	189.000	362.413	1,92	61,3%
MAYO	6	32.880	197.280	389.169	1,97	62,4%	6	34.380	206.280	425.534	2,06	65,9%	6	34.020	204.120	414.003	2,03	64,3%
JUNIO	6	29.160	174.960	392.680	2,24	70,6%	6	30.000	180.000	405.183	2,25	70,5%	6	28.880	173.280	387.924	2,24	69,8%
JULIO	6	33.720	202.320	463.694	2,29	70,9%	6	32.700	196.200	436.618	2,23	69,2%	6	34.680	208.080	436.378	2,10	66,5%
AGOSTO	6	34.020	204.120	447.839	2,19	70,9%	6	32.940	197.640	405.834	2,05	66,2%	6	32.760	196.560	423.875	2,16	69,1%
SEPTIEMBRE	6	30.660	183.960	419.853	2,28	73,1%	6	30.900	185.400	410.627	2,21	70,6%	6	29.880	179.280	396.595	2,21	71,2%
OCTUBRE	6	34.280	205.680	442.876	2,15	68,1%	6	33.900	203.400	421.972	2,07	66,4%	6	33.060	198.360	414.564	2,09	66,7%
NOVIEMBRE	6	33.360	200.160	416.526	2,08	67,2%	6	33.120	198.720	425.276	2,14	67,5%	6	32.160	192.960	421.663	2,19	69,8%
DICIEMBRE	6	31.440	188.640	409.491	2,17	81,0%	6	32.760	196.560	424.500	2,16	81,2%	6	32.640	195.840	419.279	2,14	81,1%

ANEXO M

Indicadores de eficiencia y cálculos de productividad 2008

	2008 - Carrusel 1						2008 - Carrusel 2						2008 - Carrusel 3					
	Operadores	Horas trabajadas	Horas hombre trabajadas	Cilindros envasados	P	EGP	Operadores	Horas trabajadas	Horas hombre trabajadas	Cilindros envasados	P	EGP	Operadores	Horas trabajadas	Horas hombre trabajadas	Cilindros envasados	P	EGP
ENERO	6	31.500	189.000	410.081	2,17	71,1%	6	31.320	187.920	408.714	2,17	72,8%	6	31.440	188.640	411.170	2,18	73,1%
FEBRERO	6	30.540	183.240	373.640	2,04	69,0%	6	30.300	181.800	368.438	2,03	68,3%	6	29.460	176.760	370.044	2,09	69,2%
MARZO	6	31.680	190.080	397.376	2,09	70,0%	6	30.720	184.320	394.307	2,14	69,5%	6	31.440	188.640	374.824	1,99	65,5%
ABRIL	6	32.160	192.960	407.954	2,11	69,8%	6	32.100	192.600	410.504	2,13	68,8%	6	31.020	186.120	367.879	1,98	65,5%
MAYO	6	34.260	205.560	432.819	2,11	69,4%	6	35.280	211.680	439.587	2,08	70,5%	6	34.200	205.200	419.883	2,05	67,6%
JUNIO	6	30.540	183.240	401.089	2,19	71,5%	6	31.200	187.200	411.715	2,20	71,6%	6	30.600	183.600	393.269	2,14	71,3%
JULIO	6	30.720	184.320	430.496	2,34	76,1%	6	30.180	181.080	417.723	2,31	75,5%	6	30.480	182.880	420.286	2,30	76,0%
AGOSTO	6	31.680	190.080	431.719	2,27	74,1%	6	32.100	192.600	440.106	2,29	74,7%	6	32.160	192.960	438.131	2,27	74,6%
SEPTIEMBRE	6	31.820	190.920	440.161	2,31	75,6%	6	31.860	191.160	420.770	2,20	72,9%	6	31.730	190.380	433.597	2,28	75,7%
OCTUBRE	6	31.860	191.160	447.834	2,34	75,7%	6	32.070	192.420	429.920	2,23	73,2%	6	31.800	190.800	437.082	2,29	74,7%
NOVIEMBRE	6	30.060	180.360	401.214	2,22	72,7%	6	29.520	177.120	390.876	2,21	72,8%	6	30.240	181.440	377.177	2,08	69,4%
DICIEMBRE	6	29.400	176.400	405.563	2,30	74,8%	6	28.800	172.800	395.261	2,29	76,0%	6	28.220	169.320	402.764	2,38	76,5%

ANEXO N

Indicadores de eficiencia y cálculos de productividad 2009

	2009 - Carrusel 1						2009 - Carrusel 2						2009 - Carrusel 3					
	Operadores	Horas trabajadas	Horas hombre trabajadas	Cilindros envasados	Productividad línea	EGP	Operadores	Horas trabajadas	Horas hombre trabajadas	Cilindros envasados	Productividad línea	EGP	Operadores	Horas trabajadas	Horas hombre trabajadas	Cilindros envasados	Productividad línea	EGP
ENERO	6	31.000	186.000	410.981	2,21	71,1%	6	31.320	187.920	409.714	2,18	72,8%	6	30.440	182.640	410.170	2,25	73,1%
FEBRERO	6	30.040	180.240	373.940	2,07	69,0%	6	31.300	187.800	368.038	1,96	68,3%	6	29.060	174.360	370.004	2,12	69,2%
MARZO	6	31.080	186.480	397.390	2,13	70,0%	6	30.920	185.520	390.807	2,11	69,5%	6	31.040	186.240	374.333	2,01	65,5%
ABRIL	6	32.000	192.000	407.999	2,12	69,8%	6	32.880	197.280	410.864	2,08	68,8%	6	30.020	180.120	367.279	2,04	65,5%
MAYO	6	33.060	198.360	431.899	2,18	69,4%	6	35.770	214.620	439.867	2,05	70,5%	6	33.200	199.200	418.883	2,10	67,6%
JUNIO	6	30.040	180.240	401.589	2,23	71,5%	6	31.980	191.880	412.015	2,15	71,6%	6	30.500	183.000	393.054	2,15	71,3%
JULIO	6	30.120	180.720	439.096	2,43	76,1%	6	31.180	187.080	410.523	2,19	75,5%	6	30.080	180.480	420.123	2,33	76,0%
AGOSTO	6	31.080	186.480	431.999	2,32	74,1%	6	32.900	197.400	441.016	2,23	74,7%	6	31.160	186.960	438.252	2,34	74,6%
SEPTIEMBRE	6	31.120	186.720	441.161	2,36	75,6%	6	33.960	203.760	410.770	2,02	72,9%	6	30.730	184.380	434.097	2,35	75,7%
OCTUBRE	6	31.060	186.360	447.888	2,40	75,7%	6	32.970	197.820	430.920	2,18	73,2%	6	30.200	181.200	435.045	2,40	74,7%
NOVIEMBRE	6	30.060	180.360	402.114	2,23	72,7%	6	28.980	173.880	395.876	2,28	72,8%	6	29.340	176.040	376.317	2,14	69,4%
DICIEMBRE	6	30.969	185.814	430.791	2,32		6	32.196	193.176	419.646	2,17		6	30.525	183.150	420.928	2,30	

BIBLIOGRAFÍA

1. K. ZANDIN, Manual del Ingeniero Industrial, Tomo I, Mc Graw Hill, 2005.
2. K. ZANDIN, Manual del Ingeniero Industrial, Tomo II, Mc Graw Hill, 2005.
3. FRED E. MEYER, Estudio de tiempos y movimientos, Editorial Alfaomega, 1999.
4. ALONSO, A., Factores Ergonómicos en el trabajo con computadoras personales, ISBN 959-261-136-1 Cuba, 2003.
5. MERCEDES CHINER D, Laboratorio de ergonomía, Editorial Alfaomega, 2004.
6. PEDRO R. MONDELO, Fundamentos, Ergonomía 1, Editorial Alfaomega, 2000.
7. Maria Nora H. de Bastidas, Paula Andrea Rangel Flor, María Fernanda Bastidas Hurtado, MEMORIAS CURSO: ERGONOMIA APLICADA Y PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS DE EVALUACION Y CONTROL, Grupo Latinoamericano de Rehabilitación Profesional, Santafé de Bogotá; 1996
8. Lilia Prado, Rosalio Chaurand, Enrique Lugo, Factores Ergonomicos en el diseno. Ergonomia, Grupo Grafico del Occidente S.A. de CV, Guadalajara, 2005
9. Pedro R. Mondelo, Enrique Gregori Torada, Santiago Comas Uriz, Emilio Castejon Vilella, Esther Bastolome Lacambra, Ergonomia - Confort y Estres térmico, Grupo Alfaomega.
10. Carmen Villareal, La ergonomia es parte del diseno industrial, Universidad de Monterrey, Ciudad Juárez, Chihuahua, México . 2003.
11. Ing. Osvaldo César Bellettini, ERGONOMIA - EVALUACIÓN – MULTIDIMENSIONALIDAD, Trabajo expuesto en el Segundo

Congreso Latino Americano de Ergonomía, Florianópolis, Brasil, 10 al 13/10/93.

12. Marcos Ibarra*, Edwin Barros, APLICACIONES DE ERGONOMIA EN SECTOR DE CALZADO, Instituto de Biomecánica de Valencia, Valencia, España. 2005.
13. Elías Apud*, Silvia Lagos** y Fabiola Maureira***, ESTUDIO ERGONÓMICO EN PLANTAS SALMONERAS DE LA X REGIÓN, Universidad de Concepción, Santiago, Chile. 2003.
14. www.iea.cc/ergonomics/index.cfm
15. www.ergo.human.cornell.edu
16. www.iea.cc/browse.php?contID=what_is_ergonomics
17. http://contacto.cantv.com.ve/minisitios/Riesgos_Laborales/La_ergonomia/Default.htm
18. www.elergonomista.com/fe04.htm
19. www.ergocupacional.com/main.html?src=%2F4910%2F35922.html
20. www.ergonomia.cl/chile30.html