



Proyecto Final de Ingeniería Industrial

Mejoras ergonómicas en instalaciones de la terminal de
almacenamiento y reparto de empresa petrolera
multinacional

Autores: Antonio Rowland Ramos Díaz
Juan Cruz de la Rúa
Luciano Martín López

Docente Guía: Ing. Alejandro Vaquer



Proyecto Final de Ingeniería Industrial

Mejoras ergonómicas en instalaciones de la terminal de
almacenamiento y reparto de empresa petrolera
multinacional

Autores: Antonio Rowland Ramos Díaz
Juan Cruz de la Rúa
Luciano Martín López

Docente Guía: Ing. Alejandro Vaquer

Dedicatorias

Antonio Rowland Ramos Díaz

Con todo mi cariño y mi amor quiero dedicarle mi humilde obra de Proyecto Terminal de Carrera primeramente a la memoria de mi madre Rosa Patricia Díaz Grajales, que hizo todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme aliento cuando sentía que el camino se terminaba. Gracias mamá.

A mi padre Antonio Ramos por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles para poder seguir adelante. A mis abuelos Mercedes y Darío que me han dado su amor y cariño desde el primer día de vida. Gracias a mi familia que hoy espera ansiosa a mi regreso y que sin ellos el sueño que hoy cumpla no hubiese prosperado, Ana, Magdiel, Keyla, Eduardo, Caleb y Adrián, a todos ustedes les dedico esta humilde obra.

Juan Cruz de la Rúa

Quiero dedicar este proyecto a mis padres, Felipe y Vera, que me apoyaron en todos mis proyectos a lo largo de mi vida. A mi novia María Emilia que me acompañó y motivó en todas las largas noches de estudio de la carrera y a mis hermanos y amigos que siempre estuvieron conmigo.

Luciano Martín López

Con todo mi amor quiero dedicar este Proyecto Final a mis padres que hicieron todo para que yo pueda cumplir mis objetivos, por motivarme y acompañarme a lo largo de mi vida en todo momento y por brindarme la mejor educación que pude haber recibido. También quiero dedicárselo a la memoria de mi tía por el amor y cariño que me dio durante toda mi infancia. A mi novia por estar al lado mío durante este trayecto y finalmente a mi hermano y amigos por apoyarme y hacer de este camino algo inolvidable.

Resumen en español

La empresa petrolera estudiada se dedica a la extracción, procesamiento, distribución y venta de petróleo y sus derivados. Cuenta con 6 refinerías y más de 70 terminales de almacenamiento y reparto, distribuidas por todo el país.

En las terminales de almacenamiento y reparto, se realiza el comercio de los diferentes productos de la empresa, por lo cual dichos centros de trabajo son eslabones importantes de la cadena operativa de esta empresa.

Una terminal en el estado de Chiapas (MX) presenta incrementos en el índice de frecuencia de accidentes personales; según el informe del año 2013 publicado por la empresa, el 60% recae en la zona de islas, mostrando sistematicidad; provocando incapacidades en los operadores y gastos extras a la empresa por reemplazos.

Analizamos todas las posibles causas de los accidentes y realizamos un estudio ergonómico completo de las prácticas operativas en esta terminal, y demostramos que los brazos de carga y descarga que se encuentran actualmente operando en el área de llenado de auto tanques, los cuales son pesados y se manejan manualmente, lo que aunado a un desnivel en el piso propio del diseño de la isla, presentan situación riesgosa para los operadores.

El objetivo de nuestro trabajo es eliminar el riesgo de accidentes en esta zona, implementando el uso de equipos apropiados que mejoren las prácticas operativas actuales.

Luego de analizar la información relevada, nuestra recomendación es reemplazar los pesados brazos actuales de carga y descarga de manejo manual por dos brazos ubicados en posición fija, que cuentan con mecanismo de aproximación; con un sistema de manejo a distancia desde tablero de control que conecta o desconecta los brazos de carga y descarga al auto tanque, el cual se encuentra estacionado en posición pre-establecida. De esta manera, el operario evita todo tipo de esfuerzo físico. Los brazos fijos a su vez contarán con una correcta disposición dentro de la isla para una mayor optimización de los procesos.

Por el ahorro resultante en el esfuerzo y los movimientos, podemos proponer que se reduzca la dotación actual en un operador por isla, que como son 7 islas, implica un ahorro en salarios y CCSS del orden de los USD 150.000 anuales.

Abstract

A multinational oil company is engaged in the production, storage, distribution and sales of petroleum and petroleum products and by-products. It has 6 refineries and more than 70 storage and distribution terminals, distributed around the country.

The company product trade is developed in the storage and distribution terminals; this is why these terminals are imperative to the operational chain of the company.

After performing a complete ergonomic study of the operational practices in the terminal, it is evident that the facilities, which are currently operating in the tank trucks filling area, are significantly dangerous for the workers.

This all combined with a 2013 internal report of a Chiapas storage and distribution terminal that shows 60% of the accidents happen in that area systematically, causing worker's disabilities and company's additional expenses.

Our aim is to eliminate the risk of accidents in this area, implementing the use of suitable equipment that would improve the current operational practices.

After analyzing the gathered data, we recommend replacing the current loading and unloading arms with two arms fixed in one position, along with an automatic retractable system that connects or disconnects the loading and unloading arms to the tank trucks, which is placed at a pre-determined position. This way, the worker avoids any physical efforts. The fixed arms would also have a correct disposition within the island for a greater process optimization.

Now, the working force is decreased from 2 to 1 worker who will be in charge of the area. It all results in a reduction of 7 workers, saving an estimate of USD 150.000 per year.

Agradecimientos

Escribir un proyecto final es una tarea complicada. El haber logrado un balance justo entre el rigor y la claridad de los argumentos; entre el atractivo de los ejemplos y su importancia para los temas expuestos; y un nivel de exposición que haga accesibles a un público general los temas tratados, sin degradarlos y convertirlos en trivialidades. Si este balance se obtuvo, será en buena medida gracias a diferentes personas que al igual que nuestro equipo de trabajo, contribuyeron de manera directa o indirecta en el resultado de nuestro proyecto terminal de carrera.

En primera instancia queremos agradecerle a Dios por la oportunidad que nos da de lograr e ir alcanzando cada uno de los objetivos y sueños que de manera individual y hoy en equipo hemos logrado.

A nuestros familiares y amigos que nos han apoyado a lo largo de este trayecto de formación profesional, que con su esfuerzo y motivación nos han enseñado el camino correcto para ser personas de bien. Muchas gracias familiares y amigos.

Desde nuestro equipo queremos manifestar nuestro agradecimiento de manera especial y sincera al Ingeniero Alejandro Vaquer y al Doctor en Ingeniería Francisco Redelico, por su orientación y rigurosidad para guiar nuestras ideas de manera acertada, buscando siempre mejorar. Un aporte invaluable no solamente en el desarrollo de este proyecto, sino también generando en nosotros una formación profesional. Muchas gracias Ingenieros por sus aportes.

De igual manera queremos agradecer el invaluable apoyo de los Ingenieros Jorge Ávalos, Walter Beutelspacher y Martín Cruz, del área de operaciones de la empresa en México. Ellos facilitaron el acceso a la información veraz y actual, para desarrollar un proyecto que pueda trascender del papel a acciones, aplicando las habilidades y destrezas que cada uno de los integrantes del equipo de trabajo adquirió durante nuestra formación profesional.

Sin olvidar, tampoco, a todos los miembros de las instituciones educativas participantes (Instituto Tecnológico de Buenos Aires e Instituto Politécnico Nacional) en las cuales nuestro equipo de trabajo se ha formado de manera profesional y humana, esperando también seguir trabajando activamente con todos ellos en diferentes iniciativas en un futuro.

De parte de nuestro equipo de trabajo, Antonio, Juan Cruz y Luciano, muchas gracias...

ÍNDICE

CAPÍTULO I – ERGONOMÍA Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	1
1.1 Introducción	2
1.2 El petróleo	3
1.3 Distribución del petróleo en el mundo	3
1.4 Descripción de la empresa petrolera	6
1.5 Terminal de Almacenamiento y Reparto	8
CAPÍTULO II - EL PROBLEMA - ANÁLISIS DE ACCIDENTES	11
2.1 Accidentes en TAR Tuxtla	12
2.2 Diagrama de flujo de proceso	13
2.3 Análisis de accidentes por área	14
2.4 Descripciones de los accidentes	15
2.5 Islas de llenado de auto tanques	18
2.6 Posibles causas de los accidentes en las islas	20
2.6.1 Análisis detallado de las posibles causas	21
CAPÍTULO III – EVALUACIÓN DE CONDICIONES DE TRABAJO – MÉTODO REBA	25
3.1 Evaluación de condiciones de trabajo	26
3.2 Métodos de evaluación ergonómica	26
3.3 Método REBA: Evaluación del cuerpo entero	28
3.4 Método REBA a la práctica	39
3.5 Diagnóstico REBA	47
3.6 El brazo de carga/descarga y la ergonomía	48
CAPÍTULO IV - SOLUCIONES AL PROBLEMA Y CONCLUSIONES	49
4.1 Propuesta de mejora	50
4.2 Modificaciones en la práctica operativa de carga/descarga de auto tanques	51
4.3 Auto tanques en la empresa	52
4.4 Brazos de carga y descarga propuestos	53
4.4.1 Brazo de carga superior	53
4.4.2 Brazo de descarga inferior	54
4.5 Esquema de las Islas con instalaciones propuestas	56
4.6 Prácticas operativas propuestas para carga de auto tanques	57
4.7 Prácticas operativas propuestas para descarga de auto tanques	62
4.8 Plan de implementación	68
4.9 Riesgos del proyecto	70
4.10 Conclusiones	71

CAPÍTULO I

ERGONOMÍA Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1 Introducción

«La ergonomía es una disciplina científica de carácter multidisciplinar, que estudia las relaciones entre el hombre, la actividad que realiza y los elementos del sistema en que se halla inmerso, con la finalidad de disminuir las cargas físicas, mentales y psíquicas del individuo y de adecuar los productos, sistemas, puestos de trabajo y entornos a las características, limitaciones y necesidades de sus usuarios; buscando optimizar su eficacia, seguridad, confort y el rendimiento global del sistema».¹

Este concepto involucra tanto a la organización como a los trabajadores, y busca optimizar los procesos y tareas para mejorar la calidad de vida de los empleados y a la vez el rendimiento de los mismos para mayor beneficio económico de la organización.

A partir de su carácter preventivo e integral, la ergonomía busca reducir las cargas físicas, mentales, psíquicas y organizacionales a las que se somete el empleado, (causales de estrés ocupacional, problemas psicológicos, sobrecarga fisiológica, lesiones músculo-esqueléticas y fatiga), a fin de reducir el riesgo de accidentes laborales e índices de siniestralidad, promover la salud, seguridad y el bienestar de los trabajadores, mejorar el ambiente y condiciones de trabajo, y lograr un mayor compromiso, motivación y desempeño por parte los empleados.²

Una correcta ergonomía en una empresa no solo mejora el rendimiento de los empleados y la productividad con la que trabajan, trayendo beneficios económicos, sino que también tienen un impacto directo en los costos de la empresa. Esto se debe a que las malas ergonomías y diseños incorrectos de puestos de trabajo son causantes de lesiones en los trabajadores, provocando ausentismos, reemplazos temporarios o indefinidos, y multas. Estos costos generalmente son altos para las empresas y es importante reducirlos y mejorar los estándares de calidad.

En este trabajo de investigación, se estudiará el caso de una empresa petrolífera ubicada en México. Específicamente, se estudiará una de sus terminales de almacenamiento y reparto de sus productos, en la cual se registraron diversos accidentes en el año 2013, con tendencia positiva respecto a los años anteriores, que provocaron lesiones a diferentes operadores causando ausentismos y altos costos por reemplazos y multas.

Se estudiara en qué áreas suceden estos accidentes y se analizaran las causas de los mismos, para así proponer una solución que mejore la ergonomía de los procesos que presentan problemas actualmente, mejorando las prácticas operativas y así la seguridad en el trabajo en las terminales de almacenamiento y reparto de la empresa.

1.2 El petróleo

¹ Definición oficial adoptada por el Concejo de la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA)

² "SEGUN LA IEA." Asociación De Ergonomía Argentina. Web. <<http://www.adeargentina.org.ar/segun-iea.html>>.

«El petróleo es una mezcla homogénea de compuestos orgánicos, principalmente hidrocarburos insolubles en agua. También es conocido como petróleo crudo o simplemente crudo. Se produce en el interior de la Tierra, por transformación de la materia orgánica acumulada en sedimentos del pasado geológico y puede acumularse en trampas geológicas naturales, de donde se extrae mediante la perforación de pozos».³

Es un recurso natural no renovable y representa casi el 40% de las necesidades energéticas mundiales. Por su importancia en la industria, principalmente en la manufacturera y el transporte, la variación en su precio afecta directamente en la economía, teniendo un importante impacto global. El precio del petróleo sigue los estándares mundiales, y la suba del mismo significa una suba en una gran cantidad de productos terminados dado el aumento en sus costos.

El petróleo puede encontrarse en dos estados diferentes: por un lado en estado líquido (petróleo crudo) y por otro lado en estado gaseoso (gas natural). Luego de extraer el crudo de la naturaleza, pasa por un proceso llamado “destilación fraccionada”, en el cual se refina en diversos compuestos que tienen diferentes usos. Este proceso ocurre a altas temperaturas en las torres de fraccionamiento y sus principales derivados son: Nafta, Gasolina, Aceites lubricantes y diferentes gases, entre ellos, metano, etano, propano y butano.

1.3 Distribución del petróleo en el mundo

El petróleo es la energía primaria más importante y por ello son muchos los países productores a nivel mundial, quienes lo buscan con dos objetivos: uso industrial y beneficio económico a través de su comercialización.

En el gráfico a continuación se observan a los principales países petroleros:

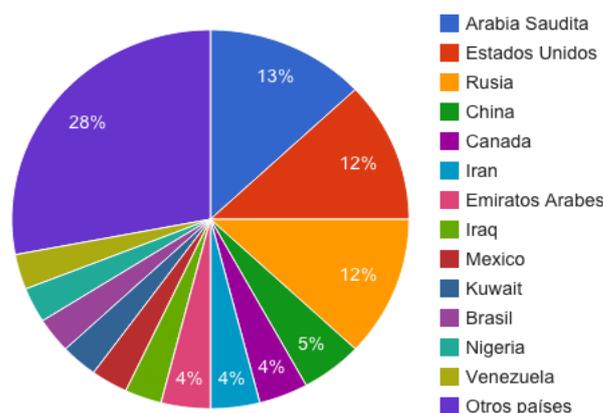


Gráfico 1.1 Principales países productores de petróleo a nivel mundial⁴.

En la actualidad, la producción mundial del petróleo supera los 80 millones de barriles de crudo diarios. Los principales países productores son Estados Unidos, Rusia y China,

³ "Petróleo". *Wikipedia*. Wikimedia Foundation, 12 Feb. 2014. Web. <<http://en.wikipedia.org/wiki/Petróleo>>.

⁴ "Ranking Mundial De Países Productores De Petróleo- El Captor | Blog". *Blog De Economía*. Web. 4 Dec. 2014. <<http://www.elcaptor.com/2013/08/ranking-mundial-de-paises-productores-de-petroleo.html>>.

quienes en conjunto representan más del 35% del total de la producción petrolífera. México se ubica en la 9° posición, con una producción anual de casi 3 millones de barriles, representando un 4% de la producción mundial anual.

Si observamos las reservas, este ranking se modifica. Actualmente, el país con mayores reservas probadas⁵ de petróleo en el mundo es Venezuela. Estas estimaciones se realizan a partir de análisis geológicos y de ingeniería, por lo que las cantidades fijadas gozan de un alto grado de confianza.

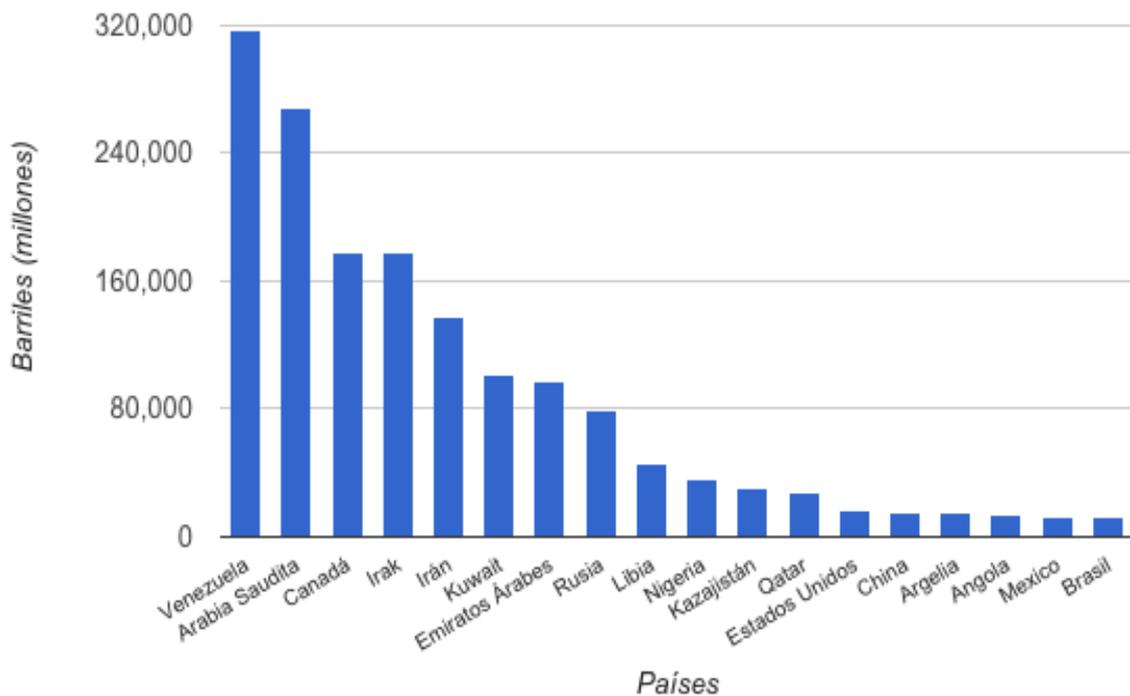


Gráfico 1.2 Reservas mundiales de petróleo convencional.

Observamos que México se ubica dentro de los principales 20 países con mayores reservas de petróleo en el mundo, lo que proyecta crecimiento económico de cara al futuro.

⁵ "Reserva probada": aquellas reservas cuya extracción sea rentable, las distintas naciones o empresas pueden ver como se producen grandes aumentos puntuales de sus reservas probadas en unas coyunturas económicas determinadas o por un avance tecnológico.

También, es interesante observar que México se ubica dentro del Top 10 países consumidores de petróleo en el mundo, por lo cual la empresa petrolera cumple un rol muy importante para la economía del país. El ranking completo puede verse en el siguiente gráfico:

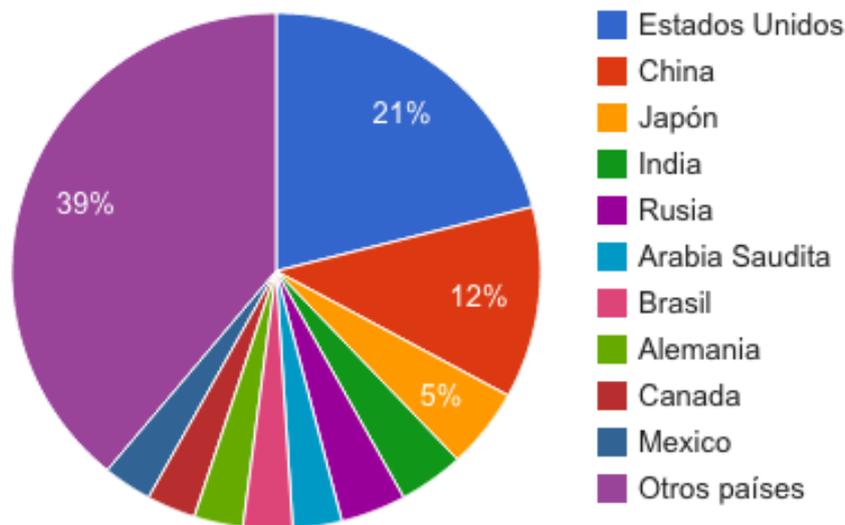


Gráfico 1.3 Principales países consumidores de petróleo a nivel mundial⁶.

Durante la década de los años 60, compañías multinacionales tales como Mobil, BP y Shell dieron inicio a la industria petrolera como la conocemos ahora, aprovechando el gas natural y petróleo de los yacimientos.

En la actualidad, firmas operadas por gobiernos tienen el control exclusivo de aproximadamente el 81%. Las compañías petroleras operadas por los gobiernos más importantes son: GAZPROM (Rusia), STATOIL (Noruega), SAUDI ARAM (Arabia Saudita), PEMEX (México), PETROBRAS (Brasil), YPF (Argentina) y PDVSA (Venezuela).

⁶ Web. <<http://www.eia.gov/petroleum/marketing2014>>.

1.4 Descripción de la empresa petrolera

La petrolera multinacional a estudiar es una de las más grandes empresas de América Latina de producción de productos petrolíferos.

La empresa no solo realiza la producción del petróleo, sino que desarrolla toda la cadena productiva de la industria, desde la exploración en búsqueda del producto inicial, la producción y refinación de materia prima convirtiéndola en sus diferentes productos terminados, hasta la distribución y comercialización de productos finales, incluyendo la petroquímica. Esta característica no es de lo más común entre sus competidores.

La producción de petróleo crudo se ha mantenido estable en los últimos años y en 2013 se ubicó en el orden de los 3 millones de barriles diarios, y la de gas natural en el orden de los 6 mil millones de pies cúbicos diarios.⁷

La empresa opera a través de cuatro unidades de negocio con diferentes funciones:

- Exploración y Producción
- Refinación
- Gas y Petroquímica
- Comercialización

Además, operan compañías subsidiarias, administradas como compañías privadas, y organismos subsidiarios descentralizados y creados por el gobierno nacional.

La unidad Exploración y Producción realiza actividades tales como los procesos de operación marítima y portuaria, en el cual se analizan e identifican áreas para la extracción del crudo en los diferentes campos petroleros del país. Las plataformas más importantes están ubicadas en el Golfo de México.



Figura 1.1 Ejemplo de plataforma ubicada en el Golfo de México.

⁷ Datos internos de la empresa

Luego de que el sector de exploración y producción realiza la extracción de los diferentes pozos, el crudo se traslada a la unidad de refinación, en donde se realizan operaciones de transformación y procesamiento del crudo para obtener productos terminados: gasolinas, aceites, gas natural, y lubricantes principalmente. Existen 6 refinerías distribuidas en todo el territorio nacional:

Refinería	Ciudad	Procesamiento de crudo
Francisco I. Madero	Ciudad Madero, Tamaulipas	190 mil barriles/día
Ing. Antonio M. Amor	Salamanca, Guanajuato	245 mil barriles/día
Miguel Hidalgo	Tula, Hidalgo	315 mil barriles/día
Gral. Lázaro Cárdenas	Minatitlán, Veracruz	185 mil barriles/día
Ing. Antonio Dovalí Jaime	Salina Cruz, Oaxaca	330 mil barriles/día
Ing. Héctor R. Lara Sosa	Cadereyta, Nuevo León	275 mil barriles/día



Figura 1.2 Ejemplo de Refinería ubicada en Tamaulipas, México.

Los diferentes productos de la unidad de refinación se transportan por medio de casi 25,000 km de poliductos a las diferentes Terminales de Almacenamiento y Reparto (TAR).

Las TARs son centros de Trabajo de la unidad de refinación, en donde se reciben y almacenan los productos terminados para su despacho y reparto a los clientes. Dentro de los clientes se encuentran las estaciones de servicio, clientes industriales, el gobierno, y diferentes distribuidores.⁸

La unidad de refinación cuenta con más de 70 Terminales de Almacenamiento y Reparto distribuidas a lo largo del País, con el objetivo de abastecer a todos los clientes optimizando los costos y tiempos de envíos.

Las TARs del país son acreditadas y auditadas por la EMA (Entidad Mexicana de Acreditación), donde además de verificar la adecuada infraestructura de las terminales, verifican la calidad de los productos que comercializa, bajo estándares internacionales

⁸ Información obtenida a través de la página oficial de la empresa

que rigen a los combustibles fósiles de las diferentes empresas del mundo. También, se aplican programas permanentes de simulacros y Planes de Respuesta a Emergencias (PRE) para atender cualquier eventualidad o incidente que se presente, en cumplimiento a lo dispuesto en la política de Seguridad, Salud en el Trabajo y Protección Ambiental.

Mediante estas acciones la empresa además de ser el motor industrial del país, reitera su compromiso al cuidado del medio ambiente y los recursos naturales.

1.5 Terminal de Almacenamiento y Reparto

La Terminal de Almacenamiento y Reparto estudiada se encuentra a una distancia cercana a la ciudad capital y cuenta con una superficie total superior a los 100.000 m². Este centro de trabajo cuenta con la Certificación ISO 9001:2008 de Industria Limpia y ganó el Premio Estatal a la Calidad en el 2007.



Figura 1.3 Ejemplo de vista aérea de una TAR.

Esta Terminal de Almacenamiento y Reparto ha dado servicio a su zona renovándose constantemente con tecnología de punta, mejorando sus instalaciones y adecuándose al ritmo de crecimiento y modernización que la época exige, siendo hoy en día una planta moderna.

La distribución de productos abarca el área de Tuxtla, Tapachula, Salina Cruz y Veracruz. Tiene una capacidad comercial en la ventana de productos de 10,000 barriles diarios, distribuidos en más de 30 estaciones de servicio y 3 estaciones de autoconsumo.

La TAR no cuenta con poliductos para su abastecimiento de productos, debido a la alta actividad sísmica de la región, que aumenta el riesgo de accidentes provocados por ruptura de ductos subterráneos.

Por ello, se realiza su abastecimiento por medio de auto tanques que reciben los siguientes productos: Nafta Magna, Nafta Premium y Diésel, desde de la refinería en Salina Cruz, Oaxaca y la Terminal de Almacenamiento y Reparto ubicada en Pajaritos.

El almacenamiento de los productos en la TAR consiste de 6 Tanques de almacenamiento para una capacidad operativa total de 55,000 barriles.

La infraestructura existente permite realizar el llenado de auto tanques a un flujo promedio de 1,000 lts/min. Las 7 posiciones existentes se distribuyen de la siguiente manera:

4 posiciones de llenado de Nafta Magna

1 posición de llenado de Nafta Premium

2 posiciones de llenado de Diésel



Figura 1.4 Área de Operaciones Carga/Descarga.

Además, la TAR cuenta con 16 bombas de operación para prácticas de llenado y descarga de productos y una estación interna de bomberos, para responder a cualquier emergencia.

Finalmente, la TAR cuenta con los siguientes sistemas que apoyan la operación segura en las instalaciones:

- Sistema de inyección superficial a tanques
- Sistema de cámaras de espuma para aplicación superficial
- Sistema de aspersores en Casa de Bombas
- Paquete de presión balanceada
- Alarma sonora de altos decibles
- Sistema de detectores de mezclas explosivas

- Sistema de alarmas por alto nivel de producto en tanques
- Sistema de encendido y paro remoto de Bombas Contra incendios
- Sistema de circuito cerrado de televisión
- Control de acceso mediante tarjetas electrónicas
- Portones automáticos y barras automáticas vehiculares

A través de estos sistemas, la unidad de Refinación afirma su compromiso de seguridad, salud y protección al medio ambiente. Los principales objetivos⁹ con respecto a la seguridad e higiene son:

- Efectuar análisis y administración de riesgos a todas las instalaciones industriales, al igual que la búsqueda continua de su disminución.
- Alcanzar los indicadores de accidentes comparables a los niveles internacionales actuales para instalaciones similares.
- Llevar la salud ocupacional a niveles de excelencia para los trabajadores y las comunidades relacionadas con la empresa.

Hoy en día, la TAR analizada, con el apoyo de los diferentes sistemas de control que maneja, se encuentra por debajo del índice de frecuencia de accidentes.¹⁰

Sin embargo, estos índices muestran una tendencia positiva de aumento durante los últimos años y creemos necesario realizar un análisis de los accidentes laborales y seguridad para tratar de explicar esta tendencia y buscar soluciones que ayuden a la empresa a disminuir estos índices.

⁹ Objetivos proporcionados por la empresa

¹⁰ Determinado por la International Association of Oil & Gas Producers (OGP) en 2013.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA - ANÁLISIS DE ACCIDENTES

2.1 Accidentes en la TAR

La terminal estudiada se encuentra posicionada dentro de las 30 TARs más seguras del país¹¹, con un índice de frecuencia¹² de 0.35, por debajo del 0.42 que establece el índice internacional como tope máximo permitido.

Durante el año 2013, se registraron diversos accidentes que provocaron lesiones a diferentes operadores de la TAR. La tasa de accidentes registrados viene creciendo año a año, con una marcada tendencia positiva, y acercándose al número máximo permitido por las autoridades.

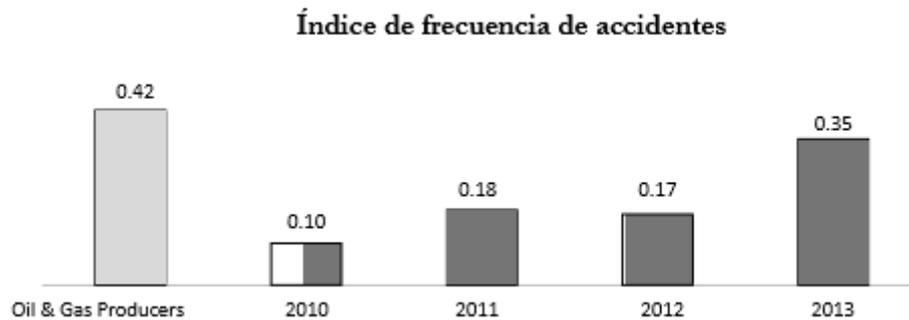


Gráfico 2.1 Índice de frecuencia de accidentes por año 2010-2013 en TAR estudiada.

Este crecimiento puede deberse a causas relacionadas con los espacios de trabajo: su configuración, orden y limpieza, y agentes físicos en el ambiente. También, puede ser causado por una incorrecta organización del trabajo, lo cual involucra el método de trabajo, realización de las tareas, formación, información, instrucciones, señalización sobre la tarea, selección y utilización de equipos y materiales, o manipulación de los mismos. Más adelante analizaremos las posibles causas a través de un diagrama de Ishikawa¹³.

¹¹ Datos internos empresa

¹² Índice de frecuencia= cantidad de accidentes con lesiones X 1 millón / total de HH exposición (tiempo efectivo)

¹³ Diagrama Causa-Efecto utilizado para mejorar la calidad de los procesos.

2.2 Diagrama de flujo de proceso

Para entender mejor en que áreas ocurrieron los accidentes y la cantidad de los mismos, haremos un diagrama de flujo de proceso, en el cual se muestra la cadena operativa en la TAR, según datos del informe 2013 de la Unidad de Refinación proporcionado por la empresa. En el diagrama, se marcan con rectángulos las diferentes áreas operativas de la TAR, con flechas el flujo del proceso y con cuadrados de color rojo la cantidad de accidentes.

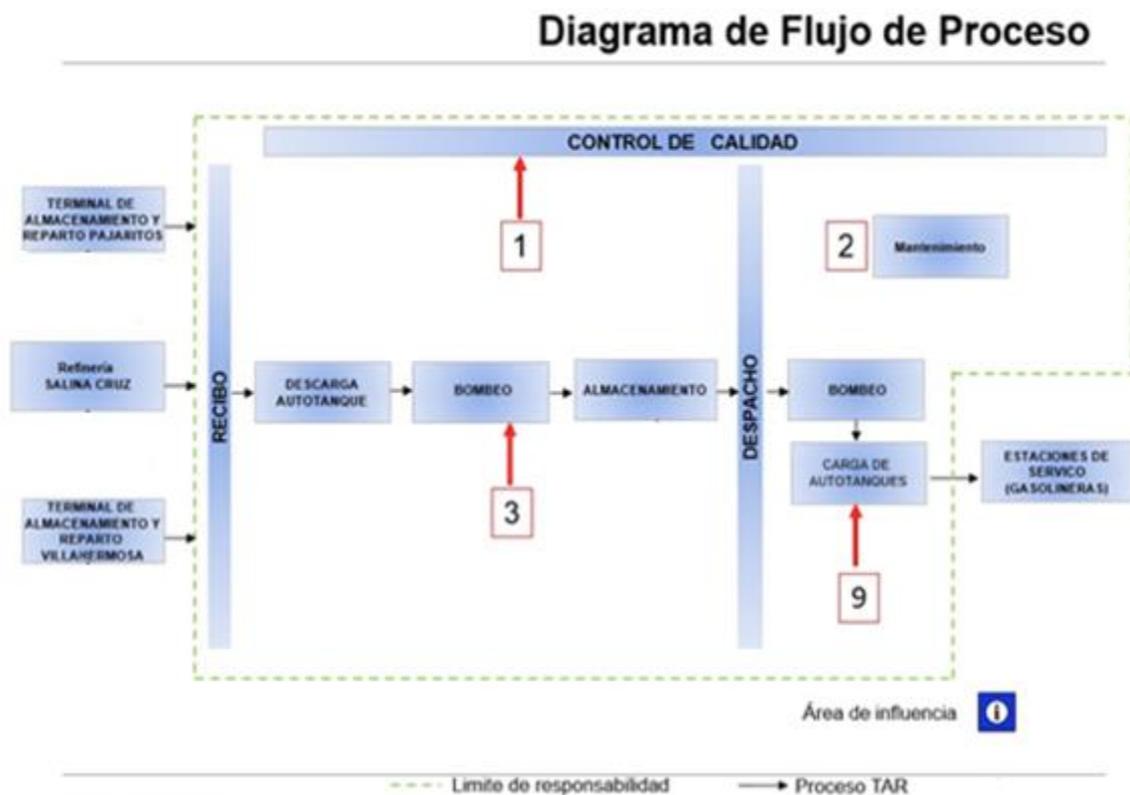


Figura 2.1 Cadena operativa de la TAR con accidentes registrados año 2013 corriente¹⁴

A partir de la figura 2.1, podemos observar que las áreas que más nos interesan son el área de las bombas y el área de las islas de llenado de auto tanques. Ambas áreas son parte de la línea principal del proceso y entre las dos suman 12 accidentes sobre el total de 15. Más adelante analizaremos en detalle los accidentes para medir el riesgo de los mismos.

2.3 Análisis de accidentes por área

¹⁴ Datos internos empresa

Ahora, analizaremos de qué manera se modificó la cantidad de accidentes en la TAR de un año a otro para entender mejor la tendencia y la repetitividad los accidentes. A continuación se presenta un gráfico comparativo 2012/2013, con las zonas donde han ocurrido accidentes y la cantidad de los mismos.

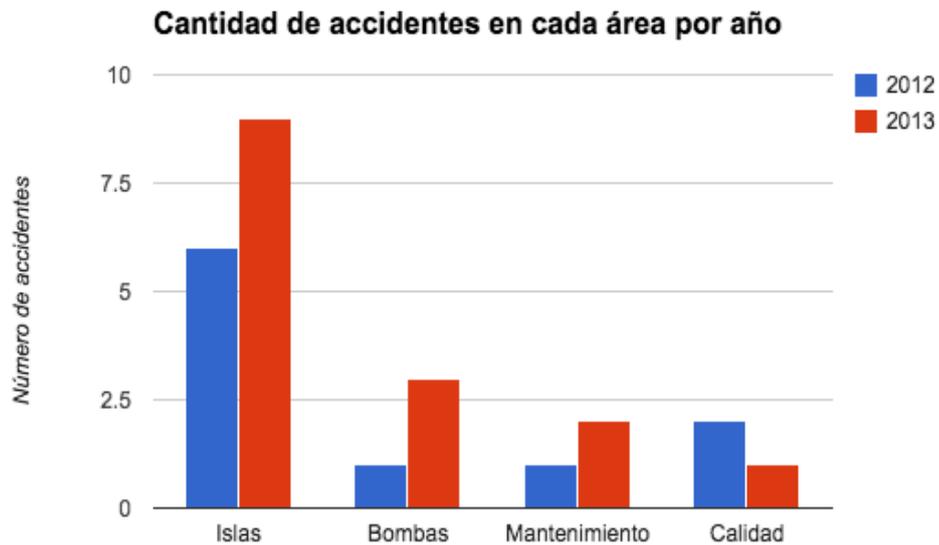


Gráfico 2.2 Accidentes por área comparativos 2012/2013

A partir del gráfico 2.2, podemos observar que los accidentes crecieron en 3 de las 4 áreas analizadas, marcando una tendencia positiva similar a la vista anteriormente con los índices de frecuencia.

Tomando como referencia la cantidad de accidentes y el área de operación en el que se presentaron, podemos observar que el 80% de los accidentes durante el año 2013 se concentran mayoritariamente en dos áreas de la TAR: en el área de llenado (islas) y en el área de las bombas.

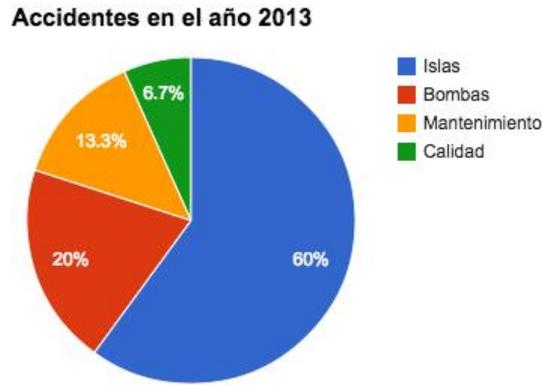


Gráfico 2.3 Cantidad porcentual de accidentes por área en el año 2013

Si bien encontramos que la problemática se encuentra concentrada principalmente en las áreas de las Islas y Bombas, es necesario analizar en detalle cada accidente para asegurarnos de incluir en el estudio a los accidentes de mayor gravedad y no solo los de mayor ocurrencia. De esta manera, buscamos atacar a los accidentes más riesgosos, entendiendo riesgo= gravedad x ocurrencia, para poder hallar posibles soluciones a los problemas.

2.4 Descripciones de los accidentes

El informe anual de accidentes registrados en 2013 proporcionado por la empresa nos arroja 15 accidentes como vimos anteriormente. A continuación se muestra una breve descripción de los accidentes que ocurrieron en la TAR al realizar las prácticas operativas para poder entender mejor de que se trataron los mismos.

N°	Sector	Descripción
1	Islas	Un operador que realizaba maniobras de llenado de auto tanque con el brazo de carga sufrió una lesión en los dedos por el peso del mismo.
2	Islas	Un operador que realizaba el llenado de un auto tanque cayó al suelo golpeándose la cadera a causa de un desequilibrio provocado por el peso del brazo de carga y un escalón.
3	Islas	Cuando se realizaban los trabajos de acoplamiento brazo-auto tanque, al trabajador se le resbaló dicho instrumento y se lesionó la mano izquierda al no poder controlar el pesado brazo de descarga.

4	Islas	Un ayudante de operaciones realizaba maniobras de desmontaje de brazo de descarga y se lesionó el tobillo derecho al ser proyectado por efecto de la presión en el auto tanque.
5	Islas	Un operador, al cargar el brazo de carga, sufrió una contracción muscular por dicho esfuerzo en la espina escapular.
6	Islas	Un operador tropezó con el cable de tierra al momento de realizar maniobras con el brazo de carga al no poder concentrarse completamente en los obstáculos por el peso cargado, y se fracturó la mano derecha.
7	Islas	Un operador, al momento de desmontar el brazo de carga, perdió el equilibrio, cayó al suelo y se lastimó con el brazo de carga la cabeza.
8	Islas	Un operador no colocó el cable a tierra, generando un campo eléctrico en el auto tanque que le provocó una descarga eléctrica menor y le inmovilizó su brazo derecho por algunas horas.
9	Islas	Un operador resbaló con un encharcamiento de aceite de motor bajando el escalón de la isla, lesionando su rodilla izquierda.
10	Bombas	Un ayudante de operaciones se lesionó el pie izquierdo mientras apoyaba un piolín en la parte baja de un tubo.
11	Bombas	Un operador se lesionó la mano izquierda mientras realizaba maniobras de arranque.
12	Bombas	Un obrero que realizaba un recorrido de revisión de las condiciones de operación de los sistemas de la estación 3, perdió el equilibrio y se lesionó el brazo derecho.
13	Mantenimiento	Un trabajador se resbaló durante trabajos de mantenimiento a causa de una distracción y se golpeó en la cadera.
14	Mantenimiento	Un operador se lesionó la mano izquierda cuando realizaba trabajos en el taller mecánico de piso, al intentar quitarle el filo al resorte de la válvula PSV por no seguir las prácticas recomendadas.
15	Calidad	Un analista y un ayudante que realizaban control de calidad sufrieron quemaduras de primer grado en piernas y brazos, cuando un matraz de pruebas explotó proyectando gasolina.

Tabla 2.1 Accidentes registrados en 2013, según datos del informe de accidentes 2013.¹⁵

¹⁵ Datos internos empresa

A partir de la tabla 2.1, podemos sacar conclusiones importantes acerca de las áreas que necesitan ser analizadas en detalle respecto a su ergonomía y proponer una solución que disminuya considerablemente la cantidad de accidentes.

Por un lado, observamos que poco más del 30% de los accidentes sucedieron en las áreas de las bombas y mantenimiento. Sin embargo, al analizar en detalle cada uno de estos accidentes podemos observar que fueron causados por distracciones de los operarios o por no seguir las mejores prácticas recomendadas por la empresa, por lo que no se trata de un problema ergonómico sino falta de atención, lo cual puede ser solucionado mediante capacitaciones. Además, los golpes fueron de gravedad leve, y por ello estas áreas se consideran poco riesgosas.

También, se observa un accidente en el área de calidad de gravedad alta, pero de muy baja ocurrencia al haber sucedido una sola vez en el año. A partir de este accidente, la empresa modificó el equipo obligatorio de seguridad del personal al momento de realizar controles de calidad agregando un traje resistente para las altas temperaturas, por lo que este accidente fue solucionado de cara al futuro para que no vuelva a repetirse.

Finalmente, observamos que el 60% de los accidentes sucedieron en las islas, mostrando alta ocurrencia y alta gravedad, significando un alto riesgo y causando lesiones importantes en los operarios.

Podemos puntualizar de manera acertada las actividades o acciones que albergaron dichos accidentes, además de señalar el instrumento o equipo en uso.

De los 9 accidentes registrados en el área de llenado (islas), 7 de ellos están relacionados principalmente al brazo de carga/descarga. Esto nos indica que el brazo de carga/descarga es el principal causante de los accidentes en las islas, y por lo tanto, en la TAR. Podemos ver el detalle de los accidentes y los equipos utilizados en la imagen a continuación:

Operación o actividad realizada	Instrumento o equipo en uso
Maniobras de llenado (Acoplamiento Brazo de carga auto tanque)	Brazo de carga
Maniobras de llenado (Acoplamiento Brazo de carga auto tanque)	Brazo de carga
Maniobras de llenado (Acoplamiento Brazo de carga auto tanque)	Brazo de carga
Maniobras de llenado (Desmontaje de Brazo de carga auto tanque)	Brazo de carga Válvula API LOCK
Maniobras de llenado (Acoplamiento Brazo de carga auto tanque)	Brazo de carga
Maniobras de llenado (Acoplamiento Brazo de carga auto tanque)	Brazo de carga
Maniobras de llenado (Acoplamiento Brazo de carga auto tanque)	Brazo de carga
Conexiones de operación	Descuido (no conexión permisivo a tierra)
Arribo al área de llenado	Encharcamiento aceite de motor

Tabla 2.2 Instrumentos utilizados en operaciones donde ocurrieron los accidentes

2.5 Islas de llenado de auto tanques

Las islas, en donde se centralizan el 60 % de los accidentes en la TAR, son el área de llenado de auto tanques. Podemos identificar y ubicar las mismas en el siguiente plano de la TAR:

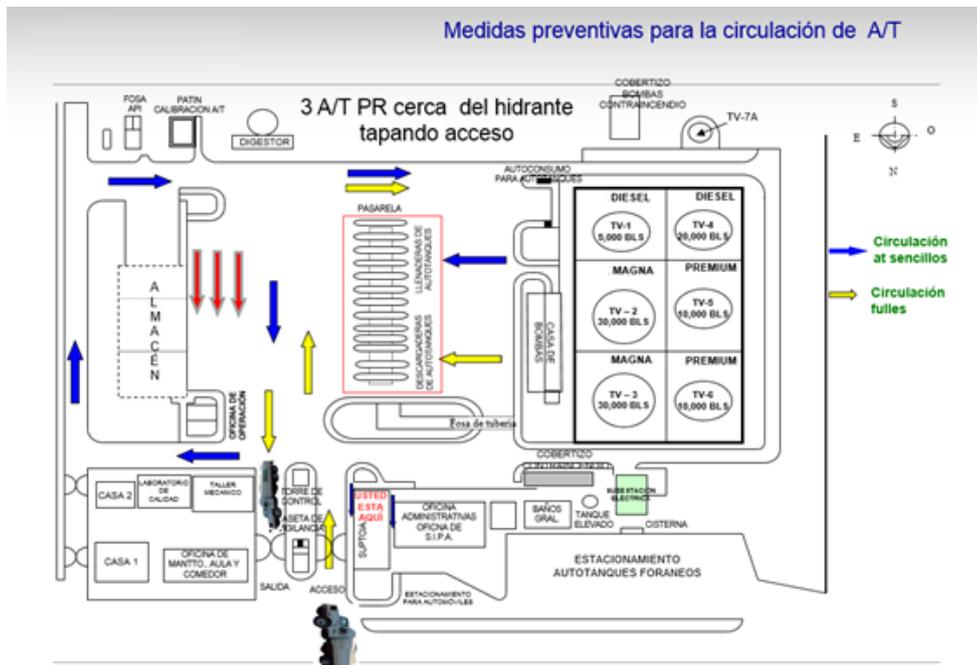


Figura 2.4 Ejemplo de plano general de la TAR, con delimitación del área de las islas



Figura 2.5 Área de llenaderas (islas) en la TAR.

El brazo de carga es una pieza con un peso de 11 kilogramos aproximadamente. Se fabrica en acero al carbón, y es el dispositivo de conexión entre el auto tanque y las islas.

A través de estos, fluyen productos de la petrolera a 1000 lts/min, y cumple con las normas de seguridad de equipos a bajas presiones de la Secretaría de Salud y Protección Ambiental (SSPA). En la figura 2.6 a continuación, podemos observar al operario en posición de acople de brazo de carga al auto tanque, posición riesgosa según demostramos anteriormente.

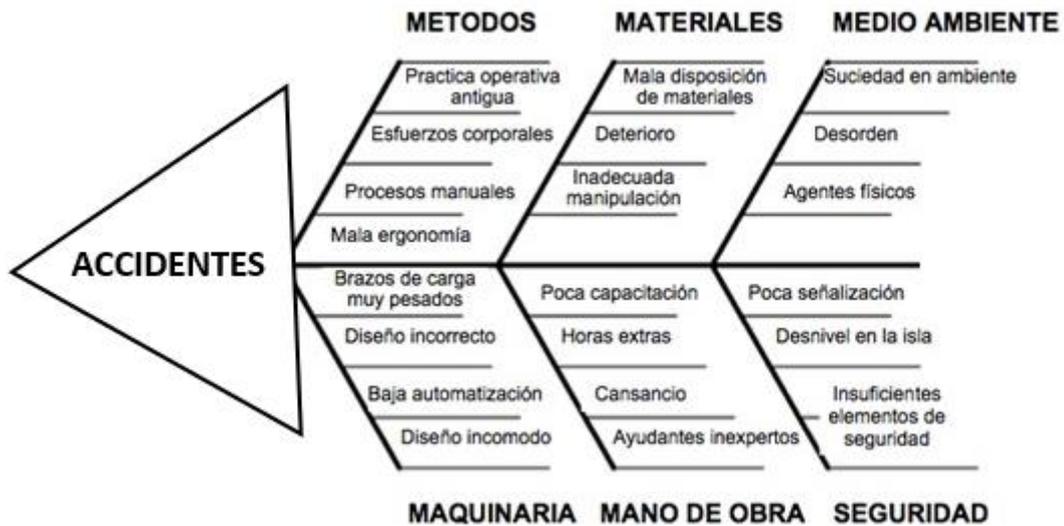


Figura 2.6 Brazo de carga y conexión permisible a tierra en la isla de llenado.

2.6 Posibles causas de los accidentes en las islas

Ahora que ubicamos el área más riesgosa de la TAR, en donde ocurren la mayor cantidad de accidentes y con mayor gravedad, vamos a analizar en detalle las posibles causas de los mismos. Para ir más en profundidad en las posibles causas de los accidentes en el área de las Islas, y que factores colaboran, realizamos un diagrama de Ishikawa o causa-efecto, y de esta manera poder organizar y representar las diferentes teorías propuestas.

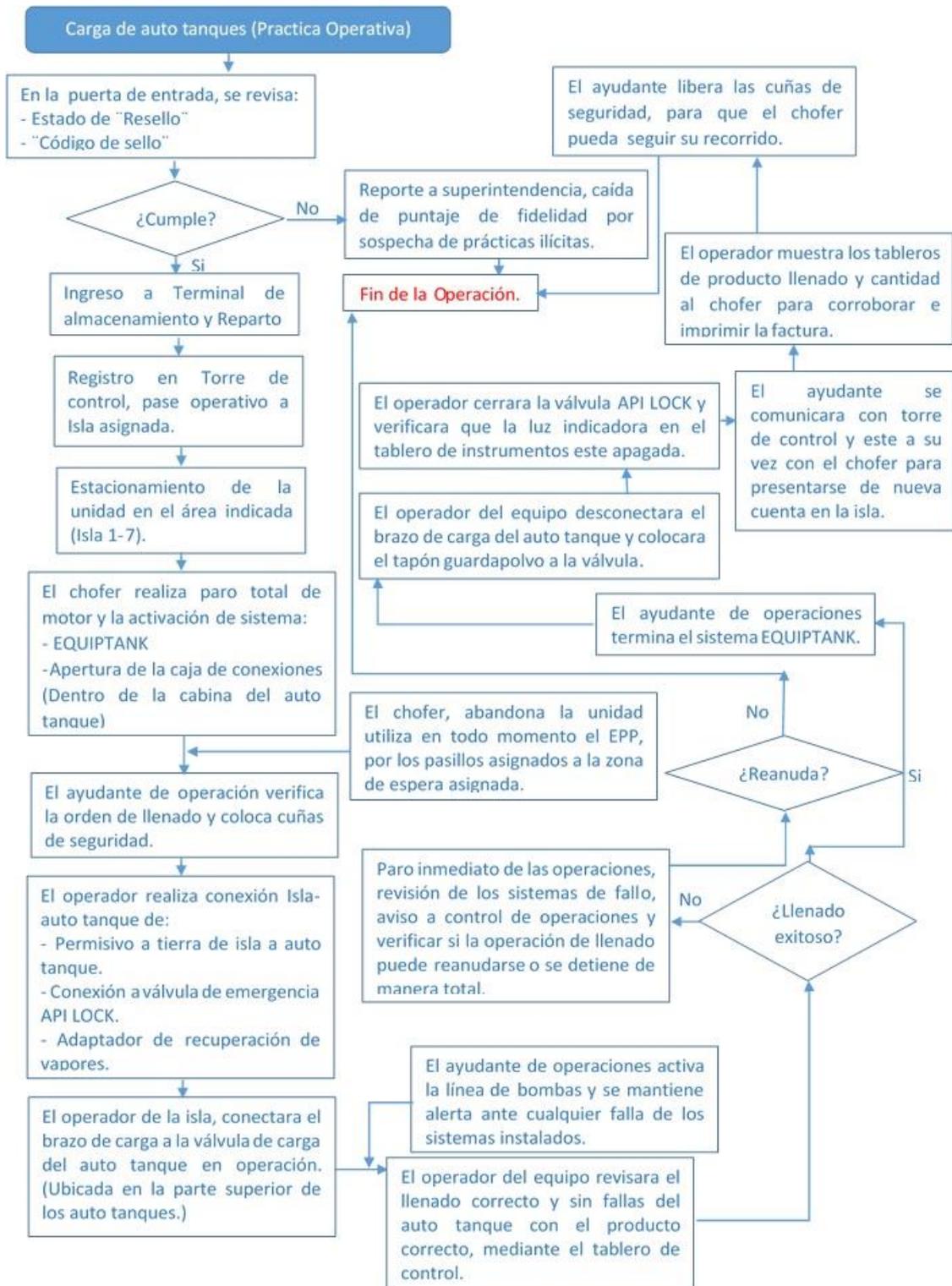
En este diagrama, se muestran las posibles causas del problema desde 6 diferentes aspectos que componen el área. Ellos son: métodos, materiales, medio ambiente, maquinaria, mano de obra, y seguridad.



Son muchas las posibles causas según el diagrama anterior, por lo que estudiaremos las mismas para poder analizar con cual de ellas nos quedamos para mejorar y solucionar el problema.

2.6.1 Análisis detallado de las posibles causas

Comencemos mirando las prácticas operativas realizadas en el área de las islas, con el fin de relacionarlas posteriormente con los accidentes que se presentan y así encontrar las causas reales que provocan un alto índice de accidentes operativos en esta zona.



Observando la práctica operativa, podemos ver que la misma es antigua para la tecnología actual existente. Por un lado, las practicas operativas cuentan con un muy bajo nivel de automatización, siendo que la gran mayoría de las tareas se realizan manualmente, aumentando el riesgo de los operarios a lesionarse. La ergonomía del proceso de carga y descarga de los auto tanques no es la óptima, y dado que el brazo es muy pesado, y las posiciones de trabajo involucran movimientos con el pesado brazo de difícil manipulación haciendo esfuerzos corporales, ocurren accidentes frecuentemente.

Con respecto al diseño, los operadores deben bajar y subir un escalón en la isla, provocando esfuerzos adicionales mientras cargan el pesado brazo e incomodidad. Esto puede solucionarse rediseñando el área de trabajo, y cambiando el sistema de carga y descarga de los auto tanques por uno que no requiera esfuerzos físicos, como se verá más adelante.

Adicionalmente, los volúmenes de producto operados en la TAR crecen año a año, manteniéndose la capacidad de la misma sin modificaciones, significando horas extras para los operarios, quienes las trabajan por la paga adicional pero como consecuencia aumenta el cansancio diario acumulado en los mismos. Podemos observar la correlación positiva entre el aumento de los volúmenes operados y las horas extras de los operarios en el siguiente gráfico:

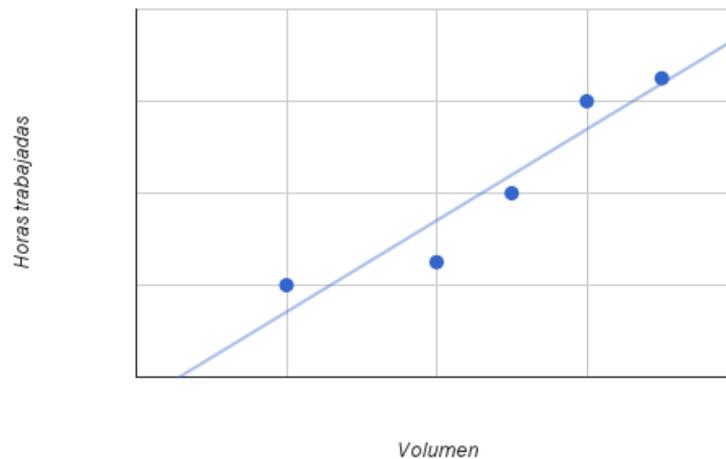


Gráfico 2.4 Relación entre volumen operado y horas trabajada

Si bien los materiales no son los más eficientes para realizar las tareas en las islas como mencionamos anteriormente y propusimos como posible causa, la seguridad y limpieza del área se encuentra parcialmente adecuada. Por un lado, la isla cuenta con dos turnos de limpieza, orden de los materiales, y equipos de protección personal (EPP) suficientes.

El EPP incluye:

- Ropa de algodón (con logotipo original de la empresa).
- Casco de seguridad WW-2004.
- Botas industriales con suela antiderrapante.
- Guantes dieléctricos.
- Lentes protectores tipo 1 clase E.

El equipo de protección utilizado en el área de mayor frecuencia de accidentes cumple al proteger al operador y ayudante en la zona de trabajo por lo que no es factor causante de accidentes.

Sin embargo, hay aspectos de seguridad que necesitan ser mejorados. Estos son la poca señalización y el escalón en medio de la isla mencionado anteriormente. Para la señalización es muy importante contar con carteles que indiquen donde debe dirigirse el chofer del camión y dónde exactamente debe estacionar, cómo también pintar un área por donde esta permitido caminar sin riesgo de sufrir algún accidente causado por un material fuera de lugar o un imprevisto.

Si bien vemos que hay elementos de seguridad a mejorar, encontramos que la problemática radica en los aspectos ergonómicos de las tareas de la práctica operativa, específicamente en las tareas relacionadas al manejo del brazo de carga y descarga. Los problemas del mismo podrían ser solucionados reemplazándolo por brazos mas modernos y livianos, sin embargo, creemos que el problema no radica solamente en el peso del brazo, sino también en las posiciones corporales que el operador muestra al momento de realizar sus tareas en la isla como se ve en la figura 2.6. Por ello, realizaremos un estudio ergonómico completo en la siguiente sección para confirmar ésta hipótesis y poder recomendar la mejor solución al problema, a la cual adicionalmente se le deberá sumar un plan de capacitación ya que en la actualidad la empresa realiza capacitaciones únicamente al momento de entrar a la empresa o cambiar de área, y no regularmente, por lo que los operarios suelen cometer errores básicos por distracciones o falta de conocimiento técnico actualizado a los nuevos procesos y pueden sufrir lesiones cómo observamos en la tabla 2.1.

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN DE CONDICIONES DE TRABAJO

MÉTODO REBA

3.1 Evaluación de condiciones de trabajo

La evaluación de las posturas que se pueden tomar al realizar tareas en el trabajo tiene como fin beneficiar a la empresa de manera que los trabajadores realicen sus tareas con mayor entusiasmo y atención, obteniendo una mejor eficiencia y productividad. Si el empleado se encuentra a gusto en su trabajo, tendrá mejor asistencia y disposición.

Este concepto surgió a partir de un estudio publicado por Manenica y Corlett¹⁶ en el año 1973 en donde se investigó la comodidad dentro de diferentes vehículos. Ellos publicaron en el artículo *Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural* su técnica para evaluar la incomodidad postural, lo que fue muy novedoso para la época dado que no existía una técnica similar para medir cuantitativamente los efectos de las posturas no neutras.¹⁷

Al momento de diseñar un puesto de trabajo, es esencial hacerlo pensando siempre en el factor humano, con diseños enfocados en facilitar las operaciones, y diseñar de acuerdo a la capacidad física e intelectual de la persona que va a realizar las tareas. De esta manera podemos mejorar la productividad y reducir el stress en el trabajo.

3.2 Métodos de evaluación ergonómica

Los métodos de evaluación ergonómica se remontan hacia 1964, año en el cual en Japón se formó la Sociedad de Investigación Ergonómica. Los métodos empezaron a surgir en un intento de mejorar las actividades. Entre los métodos que se desarrollaron podemos destacar los siguientes:

Método OWAS, Sistema Observacional de Análisis de Posturas de Trabajo (1977).

Entre los métodos de evaluación postural, se encuentra el OWAS, (Observation Working Análisis System), Sistema Observacional de Análisis de Posturas de Trabajo, publicado por Karhu, Kansí y Kuorinka.

Se divide en dos partes, la primera es una técnica observacional para evaluar posturas de trabajo y la segunda parte es un conjunto de criterios para rediseñar estaciones y métodos de trabajo. Los resultados obtenidos con el método OWAS son estaciones de trabajo más cómodas y un mejoramiento en el concepto de calidad del producto. Es considerado el método de evaluación postural más completo en su tiempo y el antecedente de los métodos actuales.¹⁸

¹⁶ AGREGAR QUIENES SON

¹⁷ Karhu, O., Kansí, P., y Kuorinka, L., 1977, Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8, pp. 199-201.

¹⁸ HIGNETT, S., 1994. Using computerised OWAS for postural analysis of nursing work. In: Robertson, S. (Ed.), *Contemporary Ergonomics*. Taylor & Francis, London, pp. 253-258.

Método para el Análisis Ergonómico del Trabajo, AET (1983).

Este método se desarrolló en Alemania por Rohmert y Landau, estructurado en tres partes, una dedicada a la clasificación de los requerimientos del trabajo y sus condiciones (A), la segunda con las demandas de trabajo bajo las condiciones documentadas en la parte A (B) y la tercera dedicada a el análisis de dichas demandas analizando percepción, decisión y la respuesta a la actividad (C). Se utilizó la técnica de observación entrevista. Este método sirve principalmente para detectar condiciones generadoras de estrés en el trabajador y permite la búsqueda de una solución mediante observaciones minuciosas y colaboración de equipos de trabajo.¹⁹

Método del Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo, LEST (1986).

Este método es especialmente valioso para medir condiciones y medio ambiente en el trabajo, se realizó en Francia dirigido por Roustang y sus colaboradores Guelaud, Beauchessne y Gautrat. El método utiliza 16 criterios divididos en cinco aspectos, entorno físico, carga física, carga mental, aspectos psicosociales y tiempo de trabajo. El diagnóstico emitido de acuerdo a lo analizado puede ser satisfactorio, molesto o nocivo, con lo cual se toman las acciones correspondientes.²⁰

Método del Instituto JOYCE para eliminar o minimizar los DTA's (1992).

Lo desarrolla el grupo de diseño del instituto JOYCE, como un método de evaluación ergonómica para los puestos de trabajo. Consiste en cinco pasos: recolección de datos, evaluación de los mismos, priorización de los problemas, diseño de soluciones y validación de las propuestas. El método es sistemático y es un método de evaluación y mejoramiento de estaciones de trabajo.²¹

Metodología de campo para el control de lesiones músculo-esqueléticas (1994).

Este método fue publicado por Harris Carter G. y se basa en la medición de la exposición al riesgo de lesiones músculo esqueléticas considerando 10 pasos: revisión de datos de lesiones músculo-esqueléticas, revisión ergonómica de riesgo de lesiones, selección de la tarea y el operador, recolección y análisis de datos, requerimientos de diseño y soluciones alternativas, selección y priorización de alternativas, pruebas de ajuste, reanálisis y evaluación e implantación. El método es sistemático y permite detectar los riesgos de lesiones, diagnosticarlas y controlarlas. Analiza también la incomodidad y riesgos biomecánicos.²²

¹⁹ Waters, T.R., Putz-Anderson, V., Garg, A., Fine, L.J., 1993. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics* 36 (7).

²⁰ Corlett, E. N, BISHOP, R.P., 1976. A technique for assessing postural discomfort. *Ergonomics* 19 (2), pp. 175 -182.

²¹ Evaluación de las posturas de trabajo como riesgo de carga física. Revista del INSHT. Artículo de la Sección Técnica 2 del PTS número 28.

²² BORG, G., 1985. An Introduction to Borg's RPE-Scale. Movement Publications, Ithaca, NY.

3.3 Método REBA: Evaluación Rápida del Cuerpo Entero (2000)

Fue desarrollado por Sue Hignett y Lynn McAtamney, publicado por la revista especializada *Applied Ergonomics* en el año 2000, teniendo como antecedente el método RULA. El REBA es muy similar, ya que evalúa el riesgo de posturas concretas de forma independiente.²³

Para evaluar un puesto se deberán seleccionar sus posturas más representativas y su repetición. La selección correcta de las posturas a evaluar determinará los resultados proporcionados por método y las acciones futuras.

La rapidez y fiabilidad del método REBA, lo catalogan como uno de los métodos más aceptados y desarrollados en el ámbito industrial. La empresa petrolera en estudio acredita como resultados verídicos y aceptables los que el método REBA arroja.

Con el fin de realizar un análisis de la ergonomía que existe en las estaciones de llenado de auto tanques en la empresa petrolera, desarrollaremos el método REBA, inicialmente explicando cada uno de los pasos y particularidades del método, para después implementarlo de manera computarizada en las estaciones de carga.

La información requerida por el método es la siguiente:

- Los ángulos formados por las diferentes partes del cuerpo (tronco, cuello, piernas, brazo, antebrazo, muñeca) con respecto a determinadas posiciones de referencia. Dichas mediciones pueden realizarse directamente sobre el trabajador (transportadores de ángulos u otros dispositivos de medición angular), o bien a partir de fotografías, siempre que estas garanticen mediciones correctas (verdadera magnitud de los ángulos a medir y suficientes puntos de vista).
- La carga o fuerza manejada por el trabajador al adoptar la postura en estudio indicada en kilogramos.
- El tipo de agarre de la carga manejada manualmente o mediante otras partes del cuerpo.
- Las características de la actividad muscular desarrollada por el trabajador (estática, dinámica o sujeta a posibles cambios bruscos).

Al obtener la información requerida, la aplicación del método puede resumirse en los siguientes pasos:²⁴

- I. División del cuerpo en dos grupos, siendo el grupo A el correspondiente al tronco, el cuello y las piernas; y el grupo B el formado por los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca). Puntuación individual de los miembros de cada grupo a partir de sus correspondientes tablas.

²³ HIGNETT, S. y McAtamney, L., 2000, REBA: Rapid Entire Body Assessment. *Applied Ergonomics*, 31, pp.201-205.

²⁴ Figuras y tablas REBA: NTP 601: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método REBA (Rapid Entire Body Assessment). INSHT.

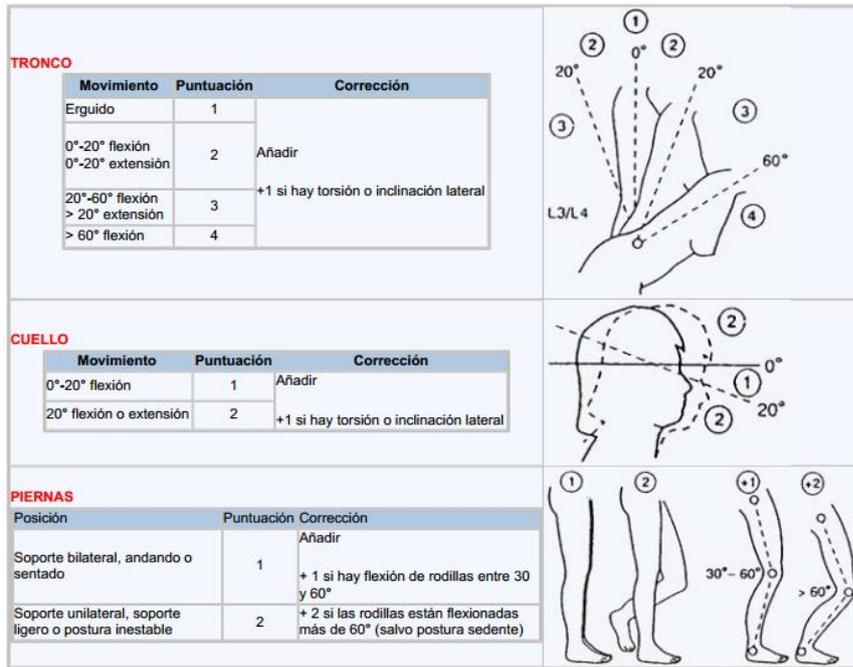


Figura 3.1A Grupo A "Método REBA" (puntuación y posición)

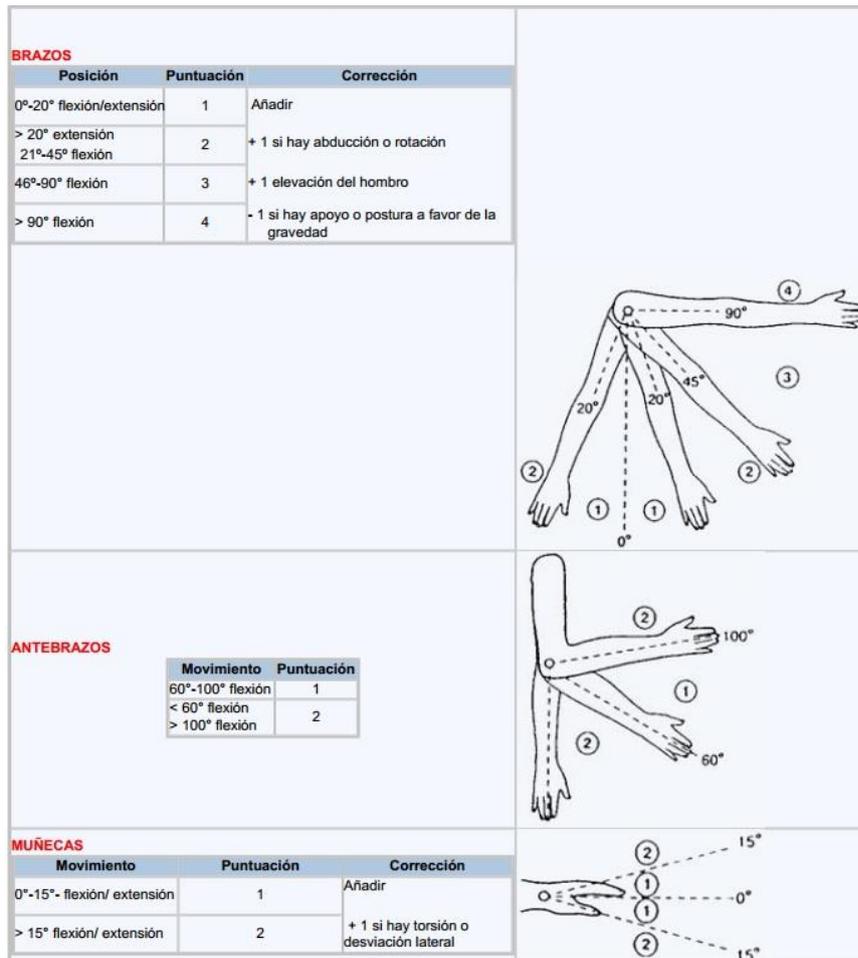


Figura 3.1B Grupo B "Método REBA" (puntuación y posición)

- II. Las puntuaciones individuales obtenidas para el tronco, el cuello y las piernas (grupo A), permitirán obtener una primera puntuación de dicho grupo mediante la consulta de cada una de las tablas correspondientes a la postura y la puntuación que se acredita.

El primer miembro a evaluar del grupo A es el tronco. Se deberá determinar si el trabajador realiza la tarea con el tronco erguido o no, indicando en este último caso el grado de flexión o extensión observado. Se seleccionará la puntuación adecuada de la tabla 1A.

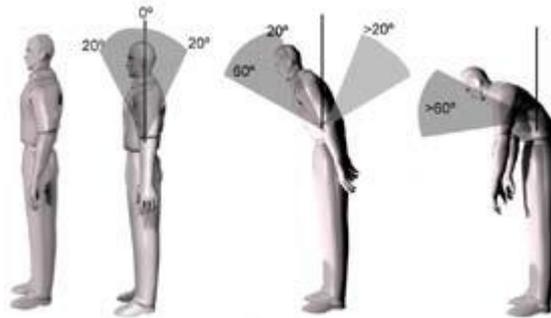


Figura 1A Posiciones del tronco.

Puntos	Posición
1	El tronco está erguido.
2	El tronco está entre 0 y 20 grados de flexión o 0 y 20 grados de extensión.
3	El tronco está entre 20 y 60 grados de flexión o más de 20 grados de extensión.
4	El tronco está flexionado más de 60 grados.

Tabla 1A Puntuación del tronco.

En segundo lugar se evaluará la posición del cuello. El método considera dos posibles posiciones del cuello: en la primera el cuello está flexionado entre 0 y 20 grados, y en la segunda existe flexión o extensión de más de 20 grados.

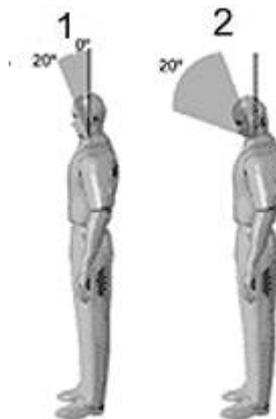


Figura 2A Posiciones del cuello.

Puntos	Posición
1	El cuello está entre 0 y 20 grados de flexión.
2	El cuello está flexionado más de 20 grados o extendido.

Tabla 2A Puntuación del cuello

Para terminar con la asignación de puntuaciones de los miembros del grupo A se evaluará la posición de las piernas. La consulta de la Tabla 3A permitirá obtener la puntuación inicial asignada a las piernas en función de la distribución del peso.

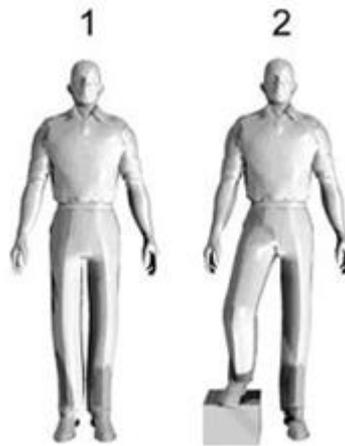


Figura 3A Posiciones de las piernas.

Puntos	Posición
1	Soporte bilateral, andando o sentado.
2	Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable.

Tabla 3A Puntuación de las piernas.

La puntuación de las piernas se verá incrementada si existe flexión de una o ambas rodillas. El incremento podrá ser de hasta 2 unidades si existe flexión de más de 60°. Si el trabajador se encuentra sentado, el método considera que no existe flexión y por lo tanto no incrementa la puntuación de las piernas.

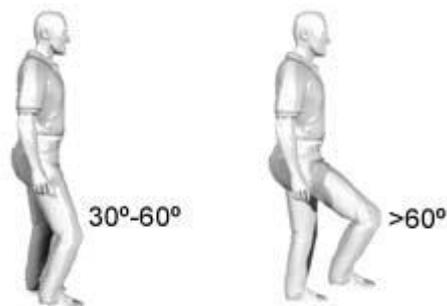


Figura 3A-1 Ángulos de flexión de las piernas.

Puntos	Posición
+1	Existe flexión de una o ambas rodillas entre 30 y 60°.
+2	Existe flexión de una o ambas rodillas de más de 60° (salvo postura sedente).

Tabla 3A-1 Modificación de la puntuación de las piernas.

Finalizada la evaluación de los miembros del grupo A se procederá a la valoración de cada miembro del grupo B, formado por el brazo, antebrazo y la muñeca. Cabe recordar que el método analiza una única parte del cuerpo, lado derecho o izquierdo, por lo tanto se puntuará un único brazo, antebrazo y muñeca, para cada postura.

Para determinar la puntuación a asignar al brazo, se deberá medir su ángulo de flexión. La figura 1B muestra las diferentes posturas consideradas por el método y pretende orientar al evaluador a la hora de realizar las mediciones necesarias. En función del ángulo formado por el brazo se obtendrá su puntuación consultando la tabla que se muestra a continuación (Tabla 1B).

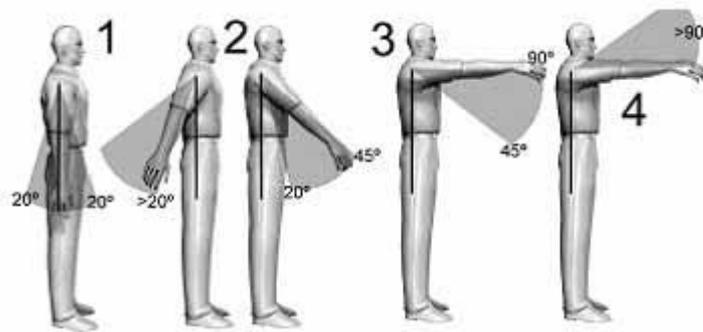


Figura 1B Posiciones del brazo.

Puntos	Posición
1	El brazo está entre 0 y 20 grados de flexión ó 0 y 20 grados de extensión.
2	El brazo está entre 21 y 45 grados de flexión o más de 20 grados de extensión.
3	El brazo está entre 46 y 90 grados de flexión.
4	El brazo está flexionado más de 90 grados.

Tabla 1B Puntuación del brazo.

La puntuación asignada al brazo podrá verse incrementada si el trabajador tiene el brazo separado o rotado o si el hombro está elevado. Sin embargo, el método considera una circunstancia atenuante del riesgo la existencia de apoyo para el brazo o que adopte una posición a favor de la gravedad, disminuyendo en tales casos la puntuación inicial del brazo. Las condiciones valoradas por el método como atenuantes o agravantes de la posición del brazo pueden no darse en ciertas posturas, en tal caso el resultado consultado en la tabla 1B-A permanecería sin alteraciones.

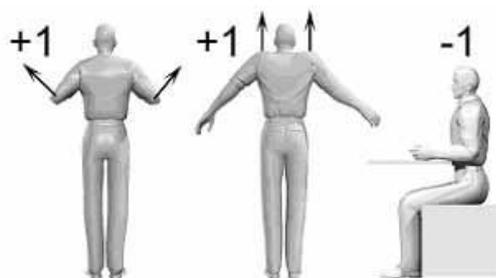


Figura 1B-A Posiciones que modifican la puntuación del brazo.

Puntos	Posición
+1	El brazo está abducido o rotado.
+1	El hombro está elevado.
-1	Existe apoyo o postura a favor de la gravedad.

Tabla 1B-A Modificaciones sobre la puntuación del brazo.

A continuación será analizada la posición del antebrazo. La consulta de la tabla 2B proporcionará la puntuación del antebrazo en función de su ángulo de flexión, la figura 2B muestra los ángulos valorados por el método. En este caso el método no añade condiciones adicionales de modificación de la puntuación asignada.

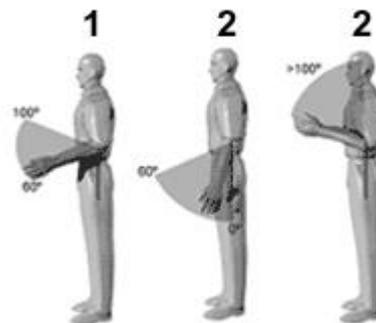


Figura 2B Posiciones del antebrazo.

Puntos	Posición
1	El antebrazo está entre 60 y 100 grados de flexión.
2	El antebrazo está flexionado por debajo de 60 grados o por encima de 100 grados.

Tabla 2B Puntuación del antebrazo.

III. Para finalizar con la puntuación de los miembros superiores se analizará la posición de la muñeca. La figura 3B muestra las dos posiciones consideradas por el método. Tras el estudio del ángulo de flexión de la muñeca se procederá a la selección de la puntuación correspondiente consultando los valores proporcionados por la tabla 3B.

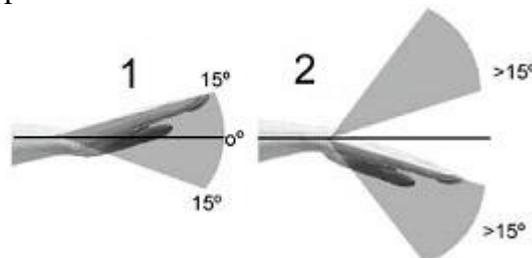


Figura 3B Posiciones de la muñeca.

Puntos	Posición
1	La muñeca está entre 0 y 15 grados de flexión o extensión.
2	La muñeca está flexionada o extendida más de 15 grados.

Tabla 3B Puntuación de la muñeca.

La "Puntuación A" y la "Puntuación B" permitirán obtener una puntuación intermedia denominada "Puntuación C". La siguiente tabla (Tabla C) muestra los valores para la "Puntuación C".

TABLA C												
Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tabla 1C Puntuación C en función de las puntuaciones A y B.

IV. Puntuación Final

La puntuación final del método es el resultado de sumar a la "Puntuación C" el incremento debido al tipo de actividad muscular. Los tres tipos de actividad consideradas por el método no son excluyentes y por lo tanto podrían incrementar el valor de la "Puntuación C" hasta en 3 unidades.

Puntos	Actividad
+1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de 1 minuto.
+1	Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo repetidos más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar).
+1	Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables.

Tabla 2C Puntuación del tipo de actividad muscular.

El método clasifica la puntuación final en 5 rangos de valores. A su vez cada rango se corresponde con un Nivel de Acción. Cada Nivel de Acción determina un nivel de riesgo y recomienda una actuación sobre la postura evaluada, señalando en cada caso la urgencia de la intervención.

El valor del resultado será mayor cuanto mayor sea el riesgo previsto para la postura, el valor 1 indica un riesgo inapreciable mientras que el valor máximo 15, establece que se trata de una postura de riesgo muy alto sobre la que se debería actuar de inmediato.

Puntuación Final	Nivel de acción	Nivel de Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2-3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4-7	2	Medio	Es necesaria la actuación.
8-10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11-15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Tabla 3C Niveles de actuación según la puntuación final obtenida.

Cabe recordar que los pasos del método detallados se corresponden con la evaluación de una única postura. Para el análisis de puestos la aplicación del método deberá realizarse para las posturas más representativas.

El análisis del conjunto de resultados permitirá al evaluador determinar si el puesto resulta aceptable tal y como se encuentra definido, si es necesario un estudio más profundo para mayor concreción de las acciones a realizar, si es posible mejorar el puesto con cambios concretos en determinadas posturas o si, finalmente, es necesario plantear el rediseño del puesto.

El método REBA orientará al evaluador sobre la necesidad o no de plantear acciones correctivas sobre determinadas posturas. Por otra parte, las puntuaciones individuales obtenidas para los segmentos corporales, la carga, el agarre y la actividad, podrán guiar al evaluador sobre los aspectos con mayores problemas ergonómicos y dirigir así sus esfuerzos preventivos convenientemente.

A continuación se proporciona el formato para realizar un análisis REBA en forma manual. Es necesario medir los ángulos de los diferentes segmentos del cuerpo, y para hacerlo de manera efectiva, se recomienda filmar las operaciones y obtener los ángulos requeridos por el método REBA.

GRUPO A			GRUPO B		
Postura/Rango	Calificación	Total	Postura/Rango	Calificación	Total: Izq. Y Der.
Tronco		= 4	Hombro y brazo		I = D = 3
Enderezado	1	Si la espalda esta torcida	Flexión: 0°- 20° Extensión: 0°- 20°	1	Hombro separado 0 rotado + 1
Flexionado: 0°- 20° Extendido: 0°- 20°	2	o ladeada	Flexión: 20°- 45° Extensión: > 20°	2	Hombro elevado + 1
Flexionado: 20°- 60° Extendido: > 20°	3	+ 1	Flexión: 20°- 45°	3	Hombro con Soporte + 1
Flexionado: > 60°	4		Flexión: > 90°	4	(Apliquense las 3 anotaciones anteriores a los 4 casos).
Cuello		= 3	Antebrazo y codo		I = D = 1
Flexión: 20°- 45°	1	Si el cuello esta volteado hacia un lado o inclinado + 1	Flexión: 60°- 100°	1	Sin ajuste
Flexión: > 20° Extensión: > 20°	2		Flexión: < 60° Extensión: > 100°	2	Sin ajuste
Piernas		= 2	Muñeca		I = D = 3
Soporte de carga bilateral; sentado o caminando.	1	Rodillas flexionadas 30°- 60°: + 1	Flexión: 0°- 15° Extensión: 0°- 15°	1	Muñecas desviadas o rotadas + 1
Soporte de carga Unilateral, o inestable (móvil)	2	Rodillas flexionadas > 60°: + 2	Flexión: > 15° Extensión: > 15°	2	Muñecas desviadas o rotadas + 1
Calificación de tabla A		= 9	Calificación de tabla B		I = D = 7
Carga/Fuerza		= 2	Acople		I = D = 2
< 5 Kilogramos < 11 Libras	0	Choque o movimiento Rápido/súbito + 1	Bueno	0	Sin ajuste
5 – 10 Kilogramos 11 – 22 Libras	1	Choque o movimiento Rápido/súbito + 1	Regular	1	Sin ajuste
> 10 Kilogramos > 22 Libras	2	Choque o movimiento Rápido/súbito + 1	Pobre	2	Sin ajuste
			Inaceptable	3	Sin ajuste
Calificación de A (Tabla A + Carga/Fuerza)		= 9	Calificación de B (Tabla B + Acople)		I = D = 7
CALIFICACIÓN C (Intersección de A y B)		IZQUIERDO =	DERECHO = 11		
ACTIVIDAD					
Una o más partes del cuerpo permanecen inmóviles por más de un minuto.			+1		
Repetición de movimientos de rango pequeño, considerar más de 4 por minuto.			+1		
Cambios rápidos, grandes en la postura, o base inestable.			+1		
CALIFICACION REBA (TABLA C + ACTIVIDAD)		IZQUIERDO =	DERECHO = 12		

Tabla 3.1 Método de evaluación REBA grupos A y B

TABLA A													
CUELLO		1				2				3			
TRONCO	PIERNAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1		1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2		2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3		2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4		3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5		4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9
CALIFICACIÓN DE A (TABLA A + CARGA/FUERZA) = 9													

Tabla 3.2 Método REBA, relaciona antebrazo, tronco y piernas.

TABLA B							
ANTEBRAZO		1			2		
BRAZO, HOMBRO	MUÑECA	1	2	3	1	2	3
1		1	2	2	1	2	3
2		1	2	3	2	3	4
3		3	4	5	4	5	5
4		4	5	5	5	6	7
5		6	7	8	7	8	8
6		7	8	8	8	9	9
ACOPLAMIENTO							
0 BUENO	1 JUSTO	2 POBRE	3 INACEPTABLE				
Manejo muy conveniente, un rango promedio, fuertemente acoplado	Manejo usando las manos aceptable pero no ideal, el acoplamiento es aceptable mediante otras partes del cuerpo.	El manejo usando las manos no es aceptable, sin embargo es posible.	Agarre, torpe, Inseguro, no manejable. El acoplamiento es inaceptable usando otras partes del cuerpo.				
CALIFICACIÓN DE B (TABLA B + ACOPLAMIENTO) = 7							

Tabla 3.3 Método REBA, relaciona antebrazo, muñecas, brazos y hombros.

TABLA C												
A \ B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
ACTIVIDAD												
Una o más partes del cuerpo permanecen inmóviles por más de un minuto.									+1			
Repetición de movimientos de rango pequeño, considerar más de 4 por minuto.									+1			
Cambios rápidos, grandes en la postura, o base inestable.									+1			
CALIFICACIÓN REBA (TABLA C + ACTIVIDAD)							IZQUIERDO =			DERECHO =		

Tabla 3.4 Método REBA, relaciona los puntajes de las tablas A y B.

NIVEL DE ACCIÓN	PUNTAJE REBA	NIVEL DE RIESGO	ACCIÓN (MÁS ALLA DE LA EVALUACIÓN)
0	1	Insignificante	No necesaria
1	2-3	Bajo	Puede ser necesaria
2	4-7	Medio	Necesaria
3	8-10	Alto	Necesaria Pronto
4	11-15	Muy alto	Inmediatamente

Tabla 3.5 REBA: Nivel de riesgo y la urgencia de la acción.

3.4 Método REBA a la práctica

Como observamos anteriormente, el equipo que se utiliza en las islas es motivo de continuos accidentes y lesiones que evaluadas desde el punto ergonómico, nos darían argumentos suficientes para mejorar las instalaciones que hoy acaparan el 60% de los accidentes ocurridos en la TAR.

La fotografía que se muestra a continuación en la Figura 3.1 es de una línea de llenado de auto tanques. En ella iremos evaluando los diferentes segmentos considerados en el método, comenzando evaluando el grupo B, con el hombro y brazo, utilizando las imágenes del método computarizado REBA versión de prueba 2013, con el fin de obtener mayor información sobre la ergonomía de dichas estaciones de llenado.



Figura 3.1 Brazo de carga y conexión permisivo a tierra, isla de llenado

A diferencia de lo que se ha explicado, el método que utilizaremos es computarizado, reduciendo el error para tener resultados más acertados en cuanto a la evaluación de las posturas que se toman en las islas de llenado.

Primeramente ingresaremos al programa REBA computarizado versión prueba 2013, en el cual ingresaremos la fotografía del operador realizando maniobras de carga en las islas de llenado.

Iniciaremos evaluando el grupo B, donde el hombro y brazo son las extremidades que se evaluarán de acuerdo a la postura que presenten al momento de realizar la carga de auto tanques.

Al seleccionar el grupo y extremidad a evaluar, el software traza ángulos con respecto a la columna vertical, cuello y tórax, según sea el Grupo y elemento de análisis.



Figura 3.2 Operación de llenado de auto tanques

El software muestra el Angulo que se aprecia para el Grupo B (Brazo), de acuerdo con ese ángulo, seleccionamos la postura más cercana al ángulo mostrado.

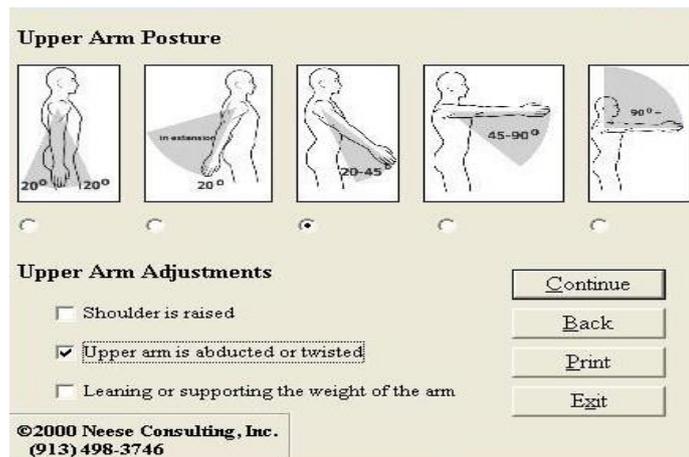


Figura 3.3 Determinación del ángulo de la parte superior del brazo

El análisis prosigue con la evaluación del antebrazo y el codo, como se muestra a continuación.



Figura 3.4 Operación de conectado de brazo de carga, posición del antebrazo

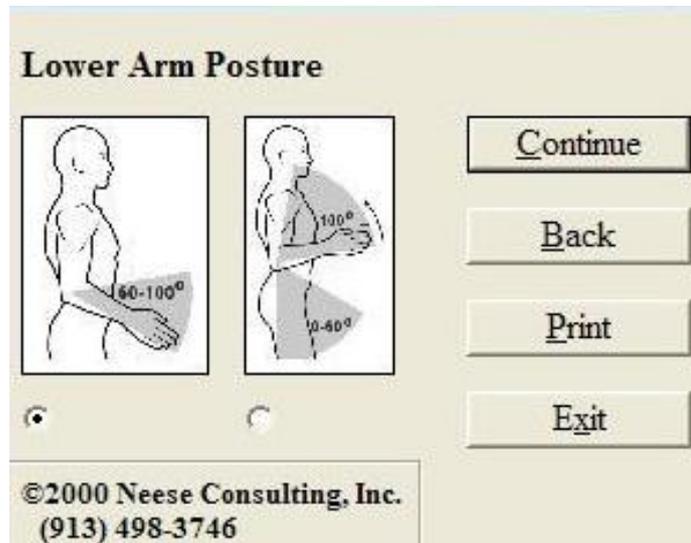


Figura 3.5 Determinación del ángulo del antebrazo

Se puede apreciar que el antebrazo tiene una postura con un ángulo entre 60 y 100 grados.

Para terminar con los elementos del grupo B, se analiza la postura de la muñeca a continuación.

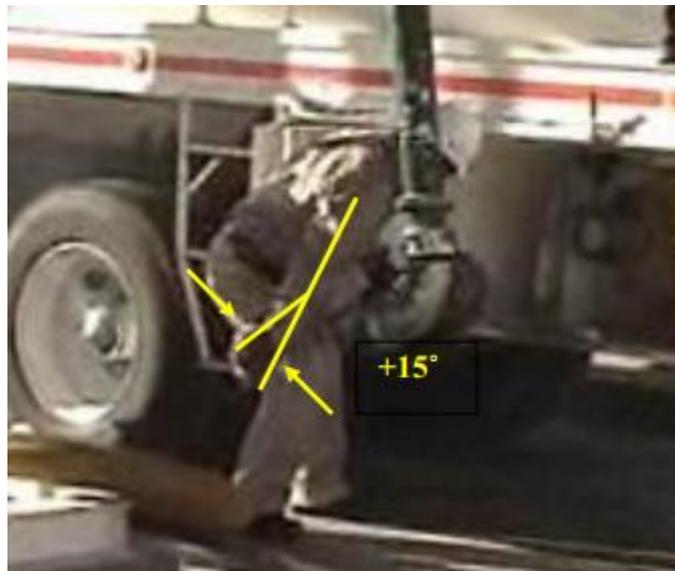


Figura 3.6 Análisis de postura de la muñeca

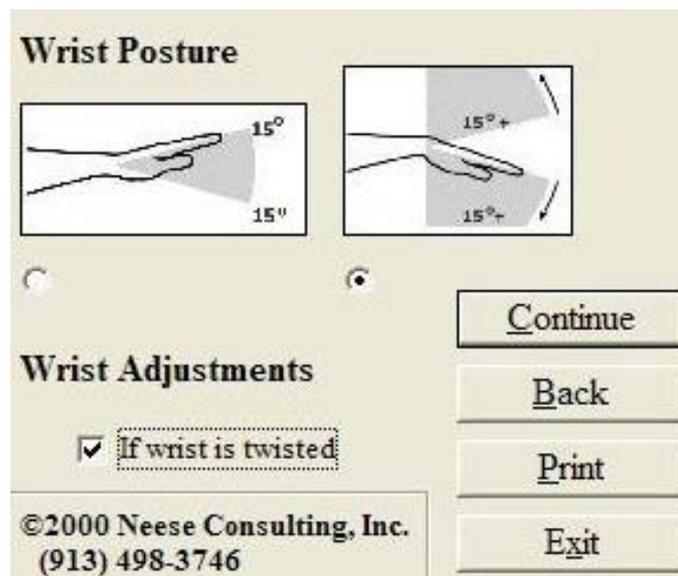


Figura 3.7 Determinación del ángulo de la muñeca

Se puede apreciar que la muñeca tiene una postura flexionada con un ángulo mayor a 15 grados y también tiene giro hacia el centro del cuerpo, lo que hace que la postura tenga un riesgo ergonómico más alto.

Al terminar con los segmentos del grupo B, brazo, antebrazo y muñeca, se prosigue con el primer segmento grupo A, empezando el análisis con el del cuello a continuación.



Figura 3.8 Análisis de la postura del cuello

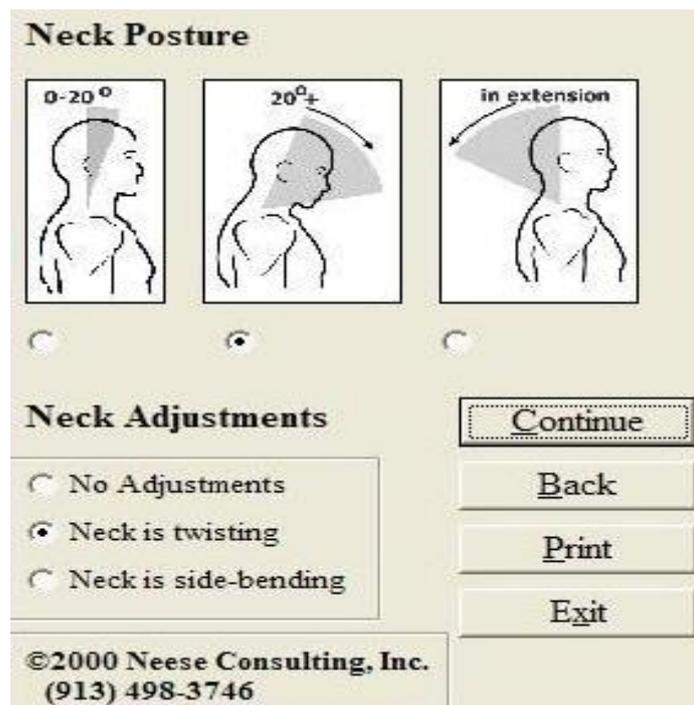


Figura 3.9 Determinación del ángulo del cuello en relación con la vertical

Se observa que esta flexionado, con un ángulo mayor a 20 grados; y se prosigue con el análisis del tronco, segundo segmento del grupo A.



Figura 3.10 Análisis del tronco

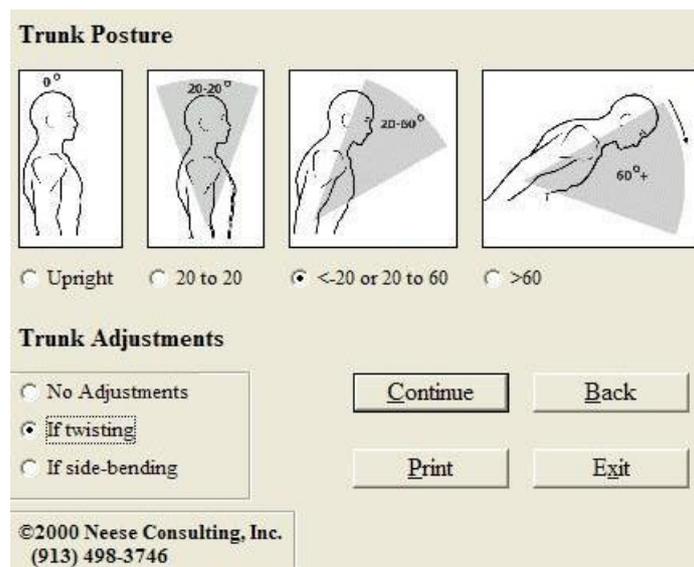


Figura 3.11 Determinación del ángulo formado con el tronco en relación con la vertical

Los resultados nos muestran que existe una flexión en el tronco con un ángulo mayor a 20 grados, debido a que el operador se encuentra girado.

El tercer segmento del grupo A son las piernas. Se verifica donde esta cargado el peso, en una pierna o en las dos, y la calificación del segmento será mayor si existe flexión en el segmento, como se muestra en la figura.



Figura 3.12 Análisis REBA de las piernas

Leg Posture

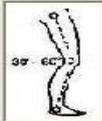


bilateral weight bearing, walking or sitting



unilateral weight bearing, Feather weight bearing or an unstable posture

Leg Adjustments



30 - 60



> 60

No Adjustments

knees between 30-60 flexion

knees >60 flexion

©2000 Neese Consulting, Inc.
(913) 498-3746

Figura 3.13 Evaluación de postura en las piernas

Se observa que todo el peso es soportado por las 2 piernas, ya que los operadores están acostumbrados a utilizar los 2 pies y todo el cuerpo para cargar el brazo de carga. El método REBA permite evaluar la postura de pie o sentado y considera el ángulo de flexión formado por la parte superior de la pierna con la horizontal partiendo de la rodilla.

El método REBA analiza también la frecuencia de la tarea, la repetición, la posición inestable, los cambios rápidos y la carga física, como se puede ver en la figura 3.14 a continuación.

Frequency and Force

Activity Score

1 or more body parts are static, e.g. held for longer than 1 min

Repeated small range actions, e.g. more than 4 times per minute (not including walking)

Action causes rapid large range changes in postures or an unstable base

Load/Force

Load < 5 kg (11 lbs)

Load is 5-10 kg (11-22 lbs)

Load is >10 kg (22 lbs)

Shock or rapid build up of force

Coupling

Good - Well-fitting handle and a mid-range, power grip

Fair - Handle hold acceptable but not ideal or coupling is acceptable via another part of the body

Poor - Hand hold not acceptable although possible

Unacceptable - Awkward, unsafe grip, no handles OR Coupling is unacceptable using other parts of the body

Left or Right

What side of body is being used?

Left

Right

©2000 Neese Consulting, Inc.
(913) 498-3746

Figura 3.14 Evaluación de la frecuencia y la fuerza

En el primer cuadro de la figura anterior se califica la posición estática, se considera así cuando una o más partes del cuerpo permanecen estáticas por más de un minuto.

Para considerar una acción repetitiva debe efectuarse el movimiento más de cuatro veces por minuto. En este caso, al observar el proceso de llenado se comprobó que no existe repetición.

Se califica también si se tienen cambios rápidos, grandes en cuanto a conectado o con base inestable. En este caso existe una base inestable. La carga física es evaluada, y para este caso se indica que es menor a diez kilogramos.

Finalmente se califica la calidad del acoplamiento, si se tiene buen agarre, o agarre de contacto justo, un acoplamiento pobre o totalmente inaceptable. Ver tabla 4.3 para mayor información sobre acoplamiento.

3.5 Diagnóstico REBA

El diagnóstico nos indica el nivel de riesgo ergonómico y la rapidez con que debe ser tomada la acción correctiva.

Group A				Group B	
Trunk	4			Right Upper Arm	3
Neck	3	=		Right Lower Arm	1
Legs	2			Right Wrist	3
		Table A	Table B		
		7	5		
		+	+		
		Load/Force	Coupling		
		2	2		
Score A	9			Score B	7
Score C	11				
Activity Score	1				
REBA Score	12				
Risk Level	Very high				
Action	Necessary NOW				

©2000 Neese Consulting, Inc.
(913) 498-3746

Figura 3.15 Resultados del análisis REBA a la postura del trabajador de llenado de auto tanques.

El resultado indica un puntaje REBA de 12, que corresponde a un riesgo ergonómico muy alto y la acción correctiva se señala como inmediata. El resultado es proporcionado por el sistema computarizado REBA versión de prueba 2013 como mencionamos anteriormente.

3.6 El brazo de carga/descarga y la ergonomía

Los brazos de carga y descarga, evaluando su peso, tamaño y la postura que genera su uso, representan un riesgo ergonómico potencial y además es uno de los principales

causantes de accidentes en el área de trabajo, la repetitividad de las practicas operativas y el desgaste físico del operador son factores que aumentan el riesgo al trabajar con este equipo.

En base a la documentación analizada y los estudios ergonómicos realizados, basando nuestra hipótesis en el cambio del equipo utilizado que se respalda con el resultado del método REBA, proponemos a continuación la solución al problema planteado.

CAPÍTULO IV SOLUCIONES AL PROBLEMA Y CONCLUSIONES

4.1 Propuesta de mejora

La solución propuesta de cara a mejorar el proceso de carga y descarga de auto tanques, área donde ocurren la mayor cantidad de accidentes, es reemplazar los brazos pesados actuales de carga y descarga de manejo manual por dos brazos ubicados en posición fija, que cuentan con mecanismo de aproximación; con un sistema de manejo a distancia desde tablero de control que conecta o desconecta los brazos de carga y descarga al auto tanque, el cual se encuentra estacionado en posición pre-establecida.

De esta manera, el operador evita todo tipo de posturas de trabajo riesgosas y fatigantes. Los brazos fijos a su vez contarán con una correcta disposición dentro de la isla para una mayor optimización de los procesos.

Con esta recomendación de cambiar el proceso, buscamos por un lado facilitar la tarea del operador y por otro lado ahorrarle tiempo al mismo. Además, con este nuevo proceso ya no será necesario utilizar dos operadores en cada isla sino que solamente será necesario un operador para llevar a cabo el proceso. El mismo, se encargará de tareas de supervisión y control, recibiendo al camión, programando la carga o descarga del líquido desde el tablero de control y finalmente supervisando que el proceso se complete correctamente.

Al disminuir un operador por isla, el cuál a la empresa le representa USD 1,800 mensuales entre salario y cargas sociales, se ahorrarían USD 150,000 anuales teniendo en cuenta que la TAR cuenta con 7 islas. En la medida en que esta solución pueda implementarse en mayor cantidad de Terminales, el ahorro proyectado es de un valor realmente importante.

4.2 Modificaciones en la práctica operativa de carga / descarga de auto tanques

Tarea	¿Se realiza	¿Se relizará en
-------	-------------	-----------------

	actualmente?	la propuesta?
Ingreso a la TAR	SI	SI
Registro en torre de control y asignación de Isla a operar	SI	SI
Estacionamiento del auto tanque en la Isla (sin cajon de posición)	SI	NO
Estacionamiento del auto tanque en la Isla (con cajon de posición)	NO	SI
Chofer realiza paro del motor y se activa sistema EQUIPTANK y apertura de caja de conexiones	SI	SI
Ayudante de operación coloca cuñas de seguridad	SI	NO
Operador programa cantidad y producto a cargar al recibir la orden	SI	SI
Operador conecta cable a tierra	SI	SI
Operador conecta brazo de carga/descarga a válvula de carga/descarga del auto tanque manualmente	SI	NO
Operador conecta brazo de carga a válvula de carga del auto tanque mediante tablero de control	NO	SI
Operador acopla brazo de descarga a válvula de descarga del auto tanque manualmente sin esfuerzos	NO	SI
Operador da señal para comenzar el llenado / vaciado desde tablero de control	SI	SI
Operador controla que no ocurran fallas	SI	SI
Operador detiene los sistemas de seguridad una vez terminada la carga	SI	SI
Por el tablero de control, el operador desconecta la conexión brazo – auto tanque. En la descarga desacopla el brazo manualmente.	NO	SI
El operador desconecta manualmente el brazo del auto tanque y coloca tapón a la valvula	SI	NO
Operador desconecta cable a tierra	SI	SI
Tras desconectar todas las conexiones involucradas, el operador realiza una revisión de los sistemas y avisa a torre de control para que el chofer regrese a terminar su labor.	SI	SI

4.3 Auto tanques en la empresa

Los auto tanques en la empresa son estándares, del mismo tamaño y modelo para unificar su tripulación en todo el país, simplificar el proceso de compra y

mantenimiento, y cumplir las normas legales. Los mismos pueden cargar hasta 20,000 litros de combustible cumpliendo con todas las normas.



Figura 4.1 Modelo de auto tanque utilizado por la empresa.

El hecho de que los auto tanques estén estandarizados, con las mismas medidas y capacidades, es de gran beneficio mirando hacia un nuevo sistema de manejo a distancia ya que se pueden diseñar las islas a medida para estos camiones.

Las nuevas conexiones se instalarán de tal manera que un sistema hidráulico las ubique en los compartimientos de carga y descarga del camión, haciendo mas fácil las practicas operativas de los trabajadores, y evitando maniobras que exijan un esfuerzo intenso.

4.4 Brazos de carga y descarga propuestos

4.4.1 Brazo de carga superior

El brazo que se propone cuenta con línea de retorno de vapores, unidad deslizable a control, y es el modelo TLA 343 de la empresa KANON Loading Equipment, que se presenta a continuación:



Figura 4.3 Brazo de carga superior modelo TLA 343 de KANON.

El brazo, gracias al robusto diseño de alta calidad de las juntas giratorias y el equilibrio preciso del brazo de carga, hace que su manejo sea simple y sin ningún esfuerzo desde un tablero control.

De manera generalizada, presentamos algunas de las especificaciones técnicas que presenta este dispositivo, con el fin de argumentar que cuenta con las características necesarias para ser utilizado.

-Materiales de construcción

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| · Tuberías, Codos | - Acero al carbono |
| · Bridas | - Acero al carbono |
| · Juntas giratorias | - Acero al carbono de 42 |
| · Sellos de las Juntas giratorias | - Viton, para gasolina |

El sistema de deslizamiento bajo presión es controlado por un pistón hidráulico instalado en la parte central del brazo, con el cual el brazo puede deslizar el tubo de descarga de producto hasta 0,35 m. Este mecanismo es el que se aprovecha para controlar el movimiento a distancia.

El sistema recuperador de vapores que está montado en el brazo, sirve como auxiliar al sistema recuperador de vapores que se tiene en las islas, haciendo más eficiente la recuperación de gases de combustible fósiles efecto invernadero.

Por lo anterior, el brazo TLA 343 nos brinda una operación sencilla y eficiente, que cumple con las normas nacionales y orgánicas de la empresa

4.4.2 Brazo de descarga inferior

En la operación de descarga de productos de la empresa, se propone utilizar el brazo de descarga inferior modelo E2824 de la empresa EMCO WHEATON, que se presenta a continuación:

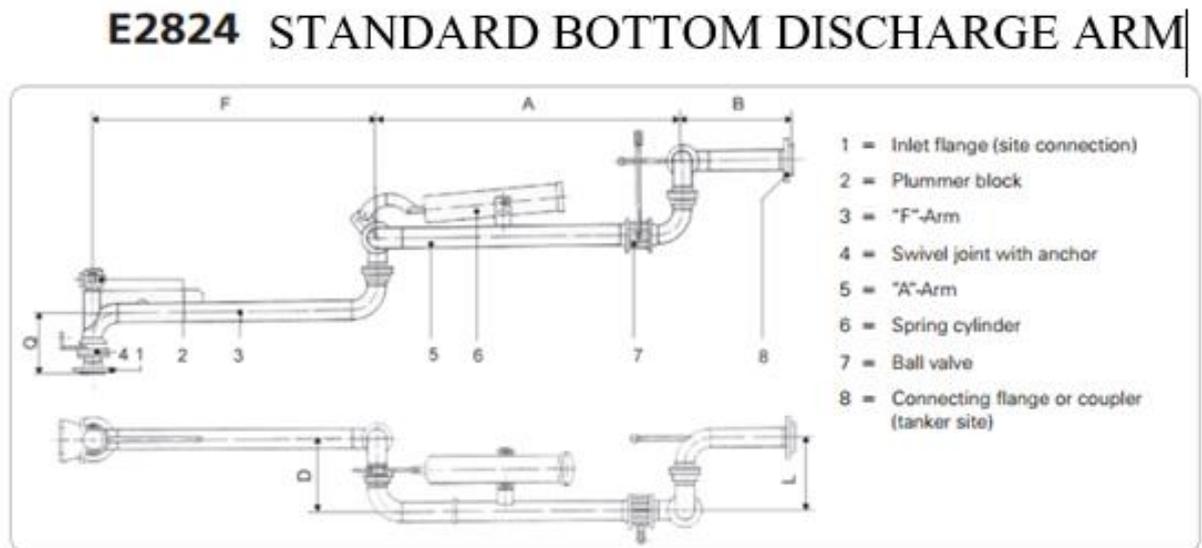


Figura 4.4 Brazo de descarga inferior modelo E2824.

El brazo de descarga de productos que se seleccionó, de igual manera que el brazo anterior, posee un sistema hidráulico de tubo deslizante que proyecta un movimiento horizontal a diferencia del brazo superior (vertical), con el cual el brazo realiza el movimiento con un alcance máximo de 0.25 m. El sistema que presenta en la junta de conexión es compatible con el equipo actual en los auto tanques de la petrolera.

DIMENSIONS

DN mm	A* mm	B* mm	D mm	F* mm	L mm	Q DIN PN 16 mm	Q ANSI 150 lbs mm
50	1400	500	256	1300	256	225	244
80	1400	500	333	1300	333	269	288
100	1400	500	411	1300	411	311	335

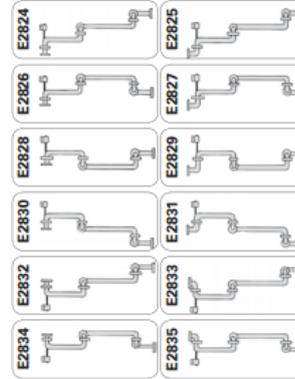
* Standard dimensions – Alternative dimensions available on request.

MATERIALS AND TECHNICAL DATA

Materials of product carrying parts and swivel joints	Carbon steel or stainless steel, internal lining is possible
Materials of seals	Buna, Viton oder PTFE other seals available
Balancing method	Spring cylinder
Sizes	DN 50, 80, 100
Design pressure	max. 40 bar up to shut off valve
Design temperature	-50 °C to max. 300 °C

To be equipped with: Relief line or purge line. Flange connection detection system

ALTERNATIVE CONFIGURATIONS



ACCESSORIES

- * Sixth swivel joints
- * Parallel bar
- * Gas spring balancing for B-length
- * Emergency Release System

Con este brazo, el operador da la orden desde el tablero de control para que se acerque el brazo (macho) a la válvula del auto tanque (hembra), dejándolo en posición para acoplar manualmente el sello exterior, que implica la apertura del sello interior habilitando el paso del flujo de combustible.

4.5 Esquema de las Islas con instalaciones propuestas

Con base a lo señalado anteriormente la propuesta de diseño para el área de llenado y descarga de auto tanques (islas) de la TAR, presentamos a continuación las practicas operativas, además de los gráficos del diseño con las modificaciones y mejoras mencionadas, realizado con el programa sketchUp versión 8 prueba.

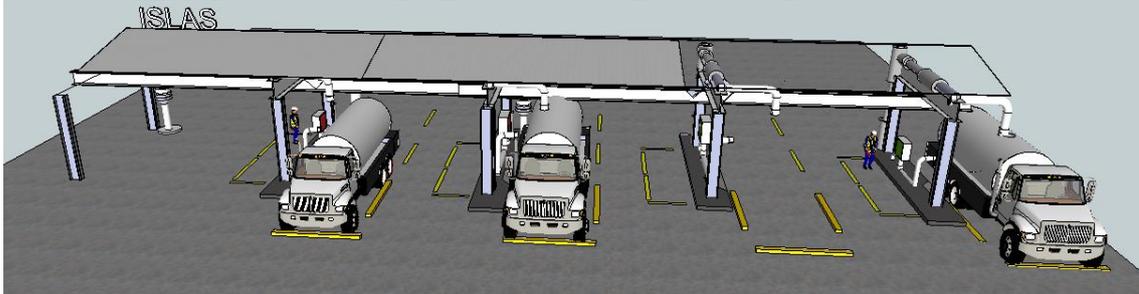


Figura 4.5 Islas vista frontal (instalaciones modificadas)

Para poder realizar un llenado exitoso ante un sistema de ajuste de brazos de carga y descarga manejados a distancia desde el tablero de control, cada una de las islas de la TAR, contarán con un sistema de "cajón", donde se delimitará de manera eficaz el área óptima de estacionamiento del auto tanque en las islas.

Dicha zona se delimita con barras de cemento fijas al suelo con medidas y posición exactas para un acople sin errores de los brazos a operar.

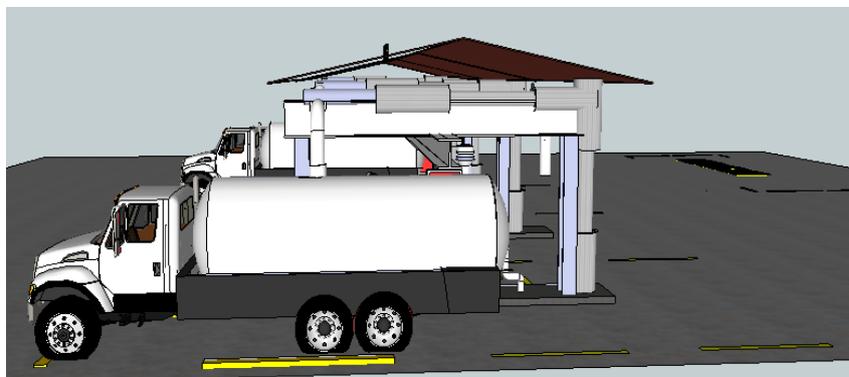


Figura 4.6 Islas vista lateral (instalaciones modificadas)

Cada una de las islas está equipada con un brazo fijo en la parte superior de la estructura anteriormente establecida y un brazo fijo en la parte lateral derecha para realizar la descarga de productos.

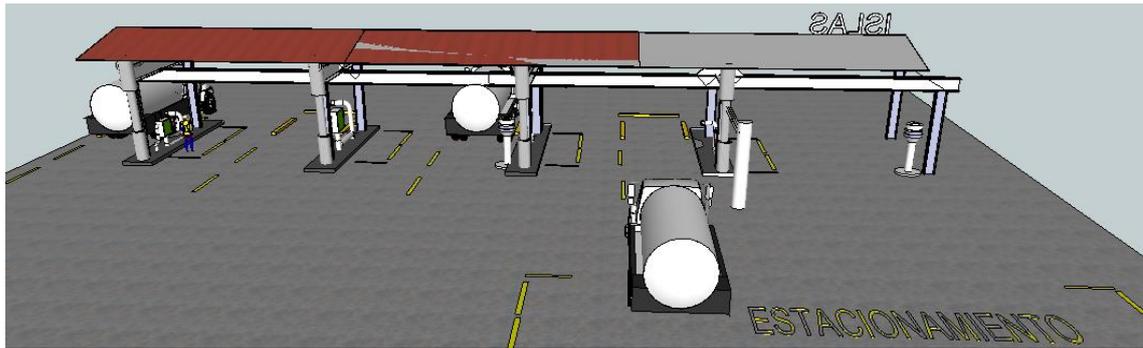


Figura 4.7 Islas vista posterior (instalaciones modificadas)

Además de los cajones preestablecidos, para facilitar el estacionamiento de las unidades, se cuenta con bandas amarillas que dirigen al conductor para realizar un estacionamiento más fácil y sin complicaciones.

4.6 Prácticas operativas propuestas para carga de auto tanques

Al momento de efectuar la aprobación de acceso de los auto tanques al área de llenado de la TAR (Islas), el chofer de la unidad realiza el estacionamiento en el área delimitada por las barras.

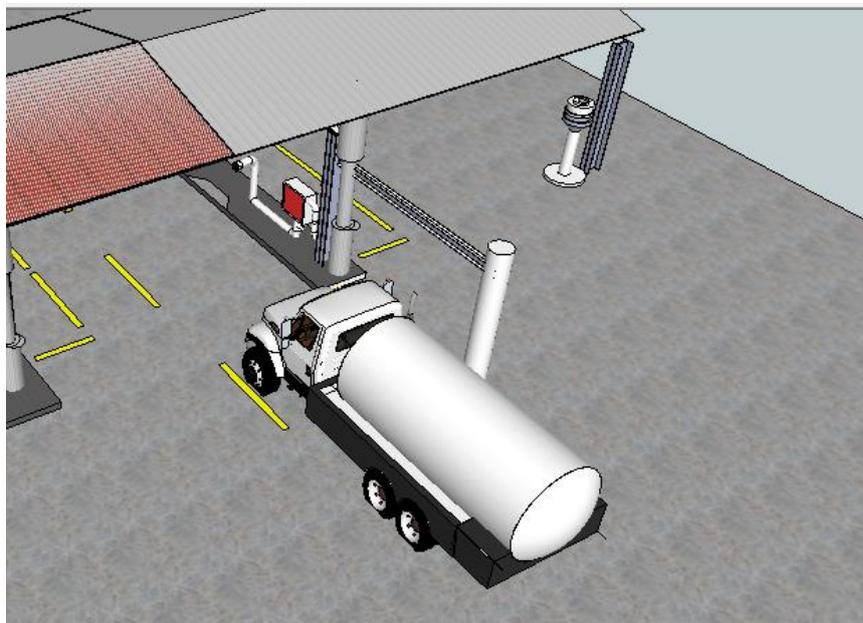


Figura 4.8 Llegada del auto tanque a la isla

Con el apoyo de las líneas amarillas el chofer realiza de manera más fácil la parada del vehículo en el lugar indicado, sin margen de error.



Figura 4.9 Entrada del auto tanque al cajón marcado

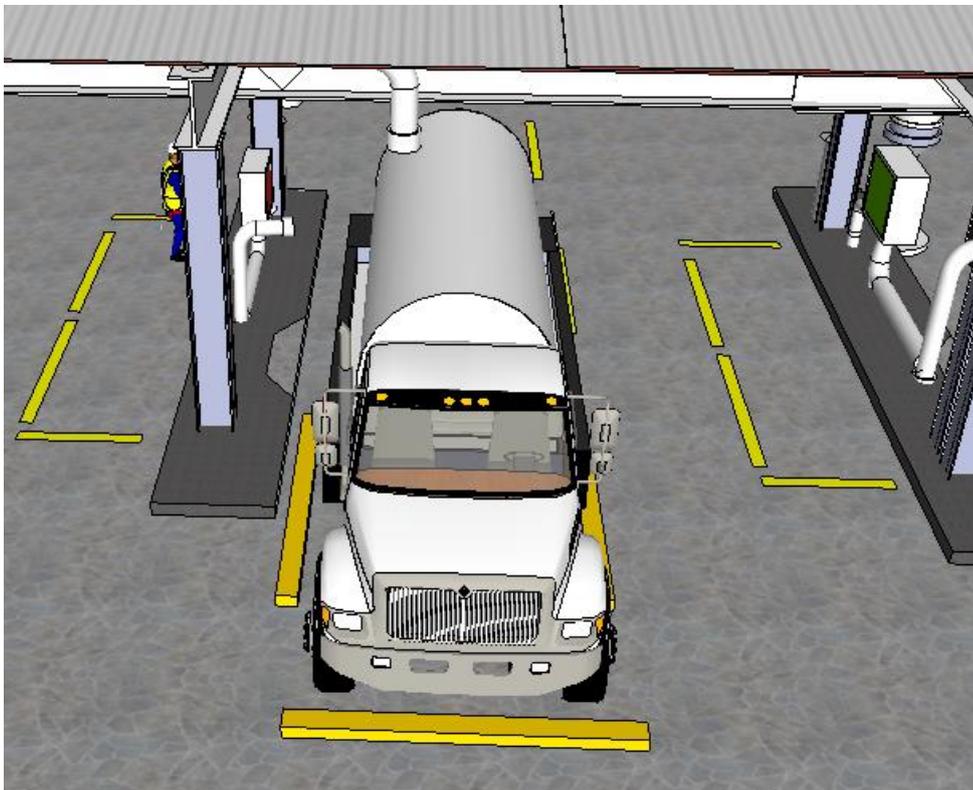


Figura 4.10 Estacionado del auto tanque en la posición de carga

Las barras laterales evitan el desvío del vehículo y la barra frontal detiene el avance del mismo. Una vez realizada la calza satisfactoria del vehículo, el chofer abre las válvulas para la conexión EQUIPTANK desde su cabina, apaga el motor y desciende del vehículo a una zona de espera utilizando en todo momento su EPP.

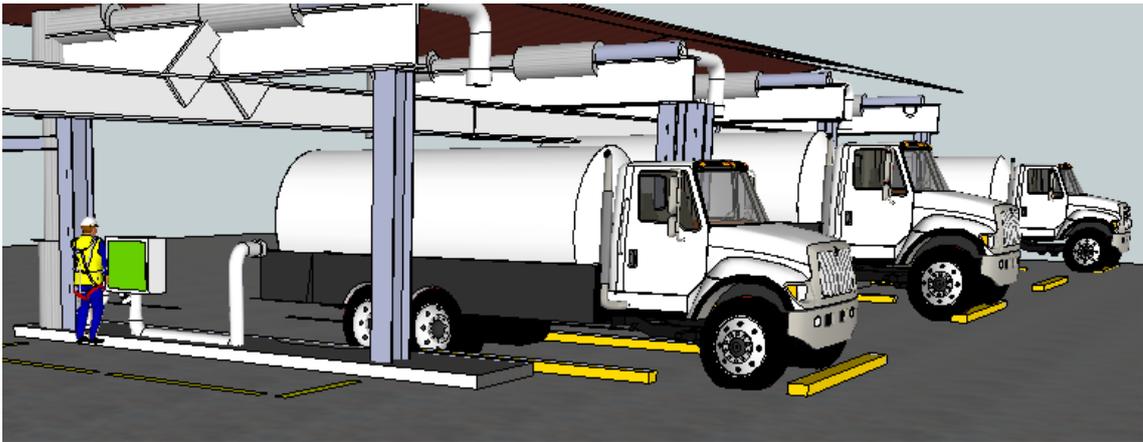


Figura 4.11 Preparación para realizar la carga

El operador (único) comienza recibiendo la orden de llenado, donde se establecen la cantidad y producto a cargar.

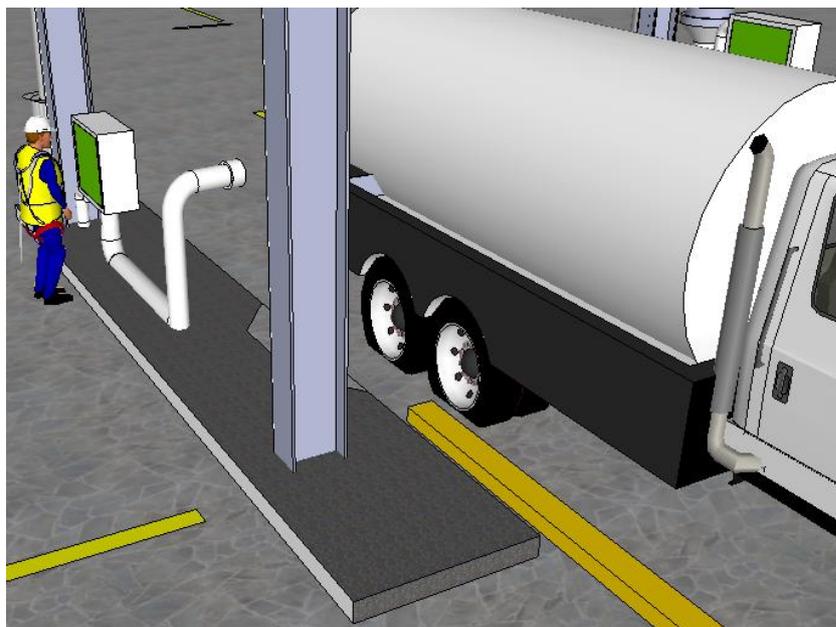


Figura 4.12 Programación de cantidad y producto a cargar

Una vez con la orden de torre de control, realiza manualmente la conexión del permisible a tierra.



Figura 4.13 Conexión de cable a tierra

Posteriormente activa los controles del sistema API LOCK y desde el tablero de control realiza la conexión del brazo de carga – auto tanque.



Figura 4.14 Conexión brazo de carga al auto tanque (automático)

Una vez terminada las conexiones necesarias, desde el tablero de operaciones inicia la bomba de extracción de producto desde el tanque de almacenamiento indicado al auto tanque. El operador se mantiene alerta a cualquier percance que ocurriese durante el llenado.



Figura 4.15 Carga de auto tanque

Una vez realizada la operación, el operador detiene los sistemas de seguridad y de igual manera por el tablero de control, desconecta de manera automática la conexión brazo – auto tanque.



Figura 4.16 Operador desconecta la conexión brazo-auto tanque (automático)

Tras desconectar todas las conexiones involucradas, realiza una revisión de los sistemas y avisa a torre de control para que a su vez avisen al chofer que puede regresar a terminar su labor.

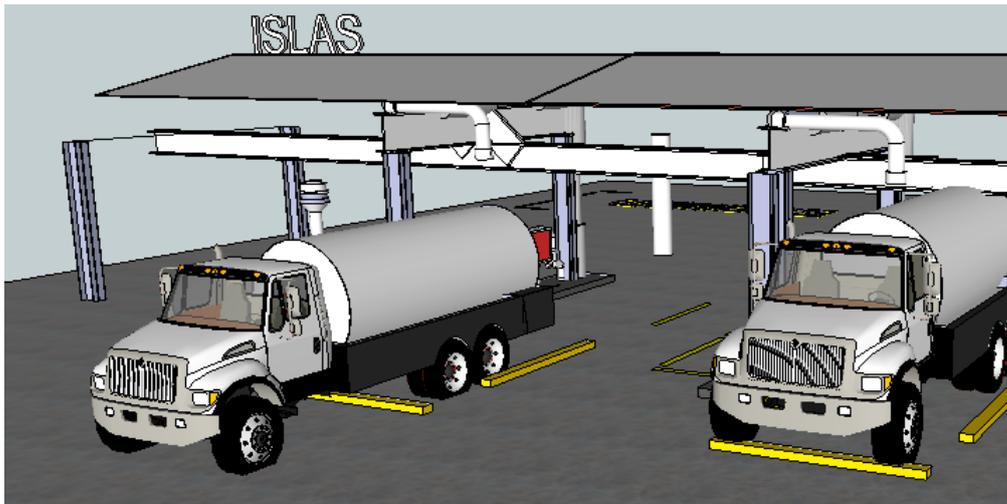


Figura 4.18 Auto tanque se retira de la isla

Después que el chofer verifica la cantidad y el producto cargado sean correctos, aborda el vehículo y con precaución abandona la zona de islas.

La implementación del diseño modifica de igual manera las prácticas operativas de Descarga de productos.

4.7 Prácticas operativas propuestas para descarga de auto tanques

Tras realizar pruebas de calidad al producto de ingreso y la aceptación del mismo, el auto tanque para al área de descarga de la TAR (Islas), el chofer de la unidad realiza el estacionamiento en el área delimitada por las barras.

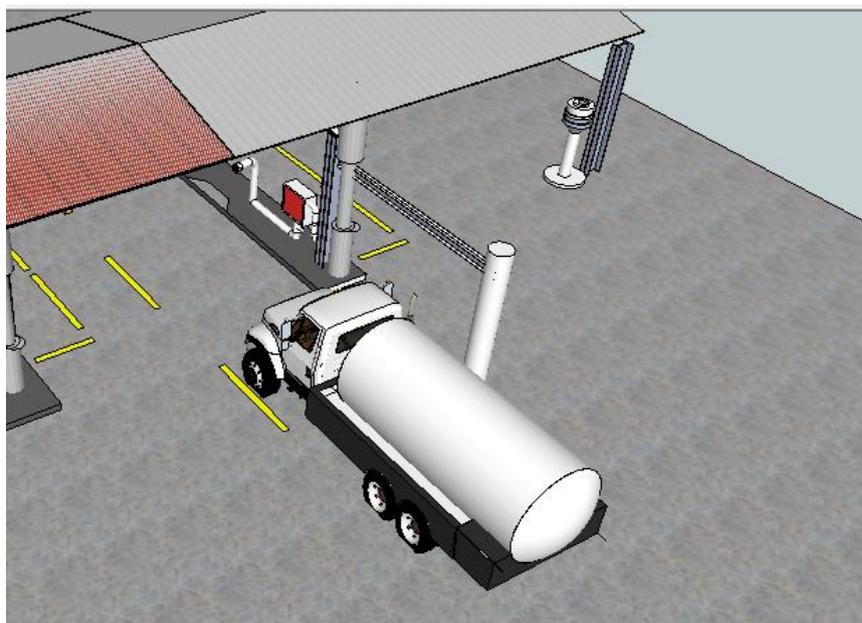


Figura 4.19 Llegada del auto tanque a la isla

Con el apoyo de las líneas amarillas el chofer realiza de manera más fácil la estación del vehículo en el lugar indicado, sin margen de error.



Figura 4.20 Entrada del auto tanque al cajón marcado

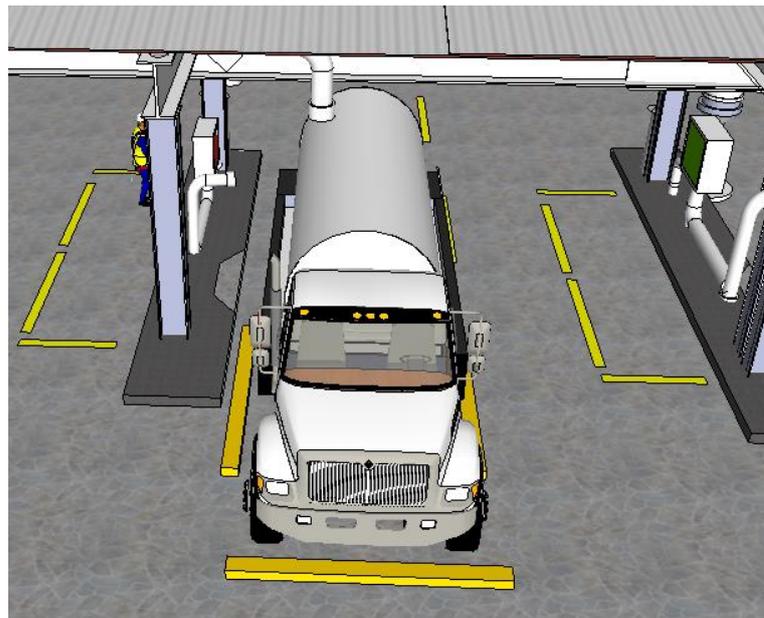


Figura 4.21 Estacionado del auto tanque en la posición de descarga

Las barras laterales evitan el desvío del vehículo y la barra frontal detiene el avance del mismo. Una vez realizada la calza satisfactoria del vehículo. El chofer abre las válvulas para la conexión EQUIPTANK desde su cabina, apaga el motor y desciende del vehículo a una zona de espera utilizando en todo momento su EPP.

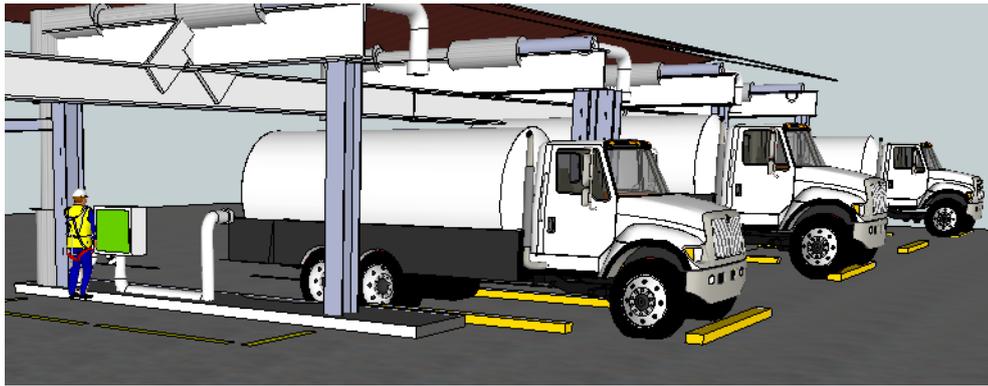


Figura 4.22 Preparación para realizar la descarga

El operador (único) comienza recibiendo la orden de descarga, donde se indica la cantidad y producto que se descarga, además de a que tanque de almacenamiento será enviado.

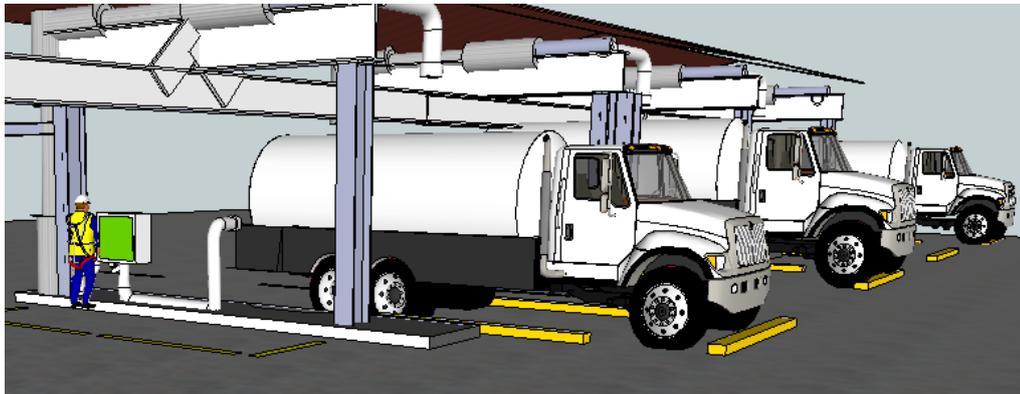


Figura 4.23 Programación de cantidad y producto a descargar

Una vez con la orden de torre de control, realiza manualmente la conexión del permisible a tierra y activa los controles del sistema API LOCK y desde el tablero de control realiza la conexión del brazo de descarga – auto tanque.

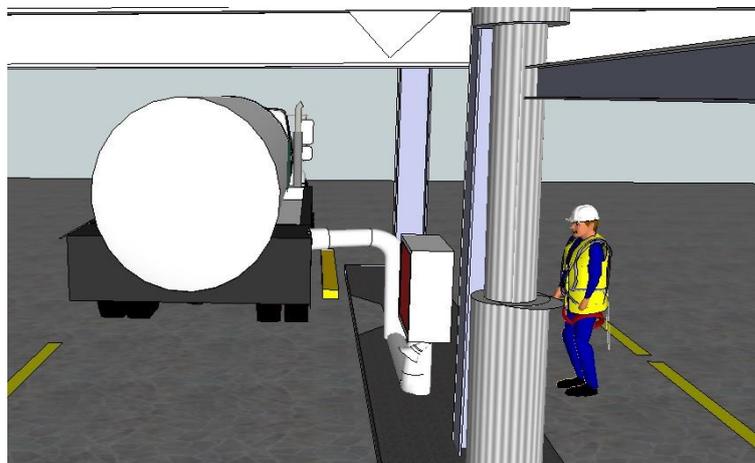


Figura 4.24 Conexión de cable a tierra

Aquí se acerca el brazo (macho) a la válvula del auto tanque (hembra), dejándolo en posición para acoplar manualmente el sello exterior, que implica la apertura del sello interior habilitando el paso del flujo de combustible.

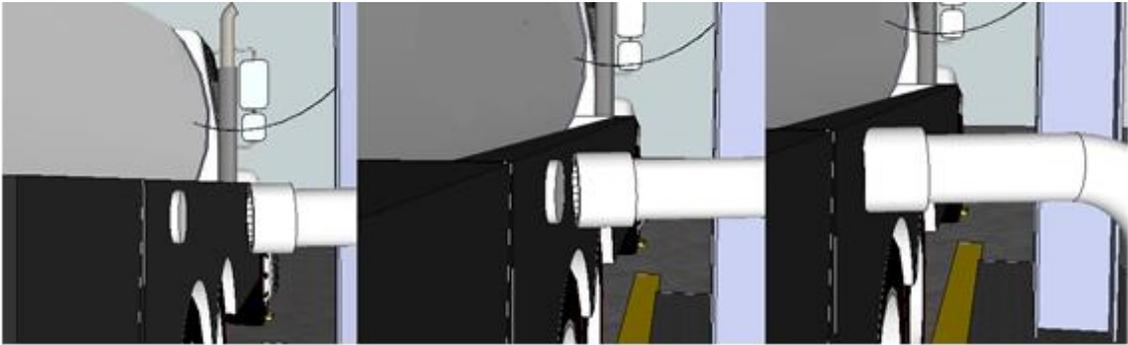


Figura 4.25 Conexión brazo de descarga al auto tanque (automático)

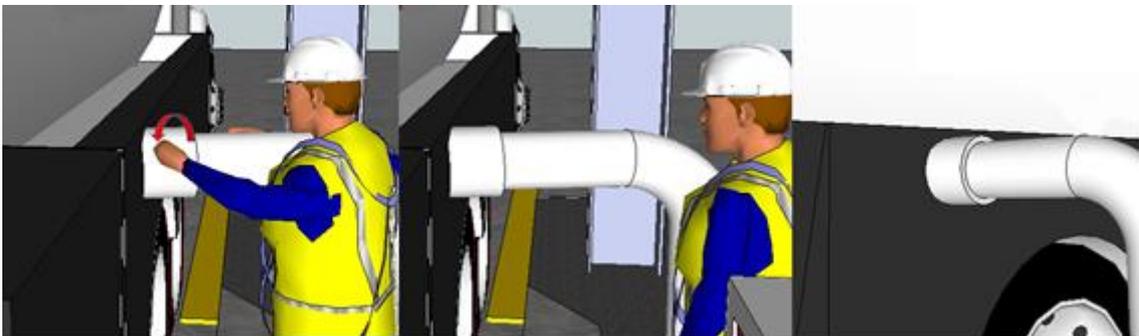


Figura 4.25- A Sellado exterior por giro de la conexión (macho) del brazo de descarga.

Después de realizar la conexión comienza la apertura de válvulas al tanque de descarga correspondiente, activando además el sistema de control de vapores.

Al término de la operación, se detienen todos los sistemas involucrados, el operador desconecta manualmente el cable permisible a tierra y retira el sello giratorio del brazo, para posteriormente de manera automática desconectar de manera total el brazo de descarga.

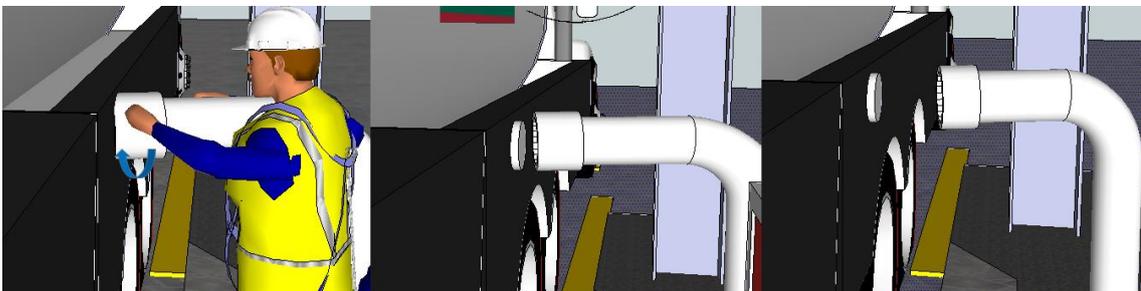


Figura 4.25- B Retiro de sellado exterior por giro de la conexión (macho) del brazo de descarga

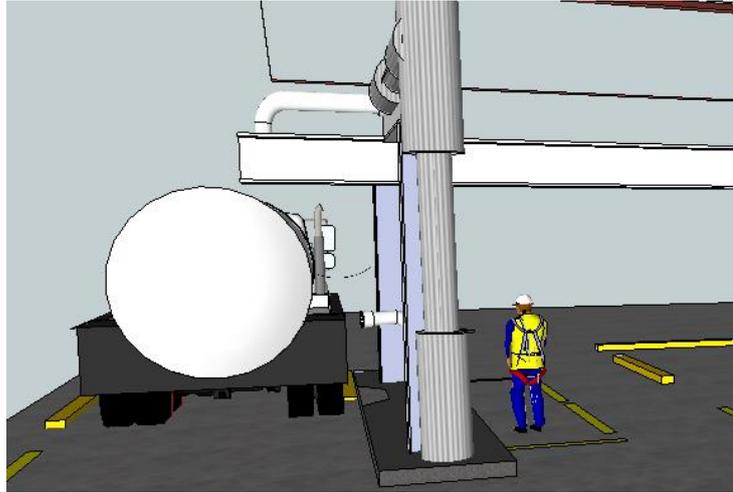


Figura 4.26 Se separa el brazo de descarga (automático)



Figura 4.27 Operador desconecta cable a tierra

Tras desconectar todas las conexiones involucradas, realiza una revisión de los sistemas y avisa a torre de control para que a su vez avisen al chofer que puede regresar a terminar su labor.

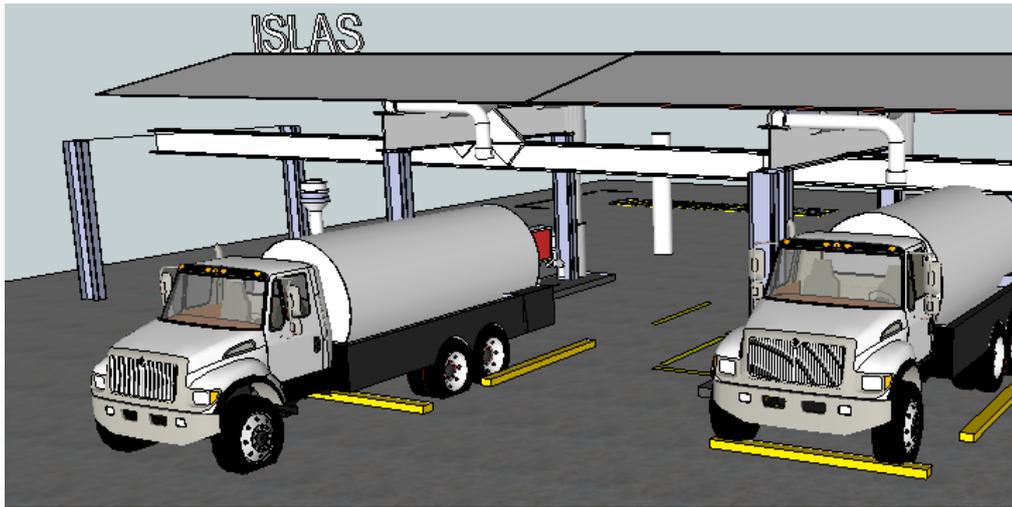


Figura 4.28 Auto tanque se retira de la isla

Después que el chofer verifica el vaciado correcto y total del producto de la empresa transportado, aborda el vehículo y con precaución abandona la zona de islas.

4.8 Plan de implementación

El plan de implementación consiste en 4 fases, el acuerdo sindical con el de operaciones de la planta, la instalación, la capacitación, y operación de las nuevas islas de carga y descarga de auto tanques.

Acuerdos

Esta primera etapa para el plan de implementación es la principal, ya que tanto operadores como dirigentes de la planta deben acordar los términos y condiciones de la movilidad de los operadores a áreas de crecimiento, bajo qué requisitos estos operadores serán reasignados a una nueva área, y los nuevos procedimientos en las islas, siempre buscando un acuerdo en común que beneficie a la empresa y al sindicato.

Instalación

La segunda fase está basada en el cambio de los brazos de llenado y descarga de productos petrolíferos en las primeras 5 islas de carga/descarga, con el fin de mantener en operación ininterrumpida 2 islas con las cuales la planta puede trabajar de manera eficaz durante el mes de instalaciones, recibiendo apoyo de la TAR más cercana y puede colaborar durante este período con el abastecimiento de los productos en caso de ser necesario.

Las instalaciones están valoradas a un plazo no mayor a 5 días hábiles, en los cuales se montaran los sistemas de automatización correspondientes y los brazos de carga y descarga que se requieren.

Bajo este plazo, en un mes la instalación de los primeros 5 brazos de carga/descarga estarán instalados satisfactoriamente.

Capacitación

Tras la instalación correcta y eficaz de los nuevos equipos, se realizará un plan de capacitación a los operadores de dichas áreas, con el fin de mostrarles y ayudarlos a familiarizarse con los nuevos mandos implementados en cada uno de los sistemas de carga y descarga. Además, se les enseñará las nuevas prácticas operativas pertinentes, bajo las cuales los nuevos brazos de operación trabajan.

Recomendamos los siguientes métodos de capacitación para los operadores involucrados en los procesos de llenado y vaciado de auto tanques para reducir los accidentes y asegurar el correcto funcionamiento:

-Capacitación en el puesto (OJT): el operador se instruye sobre las prácticas operativas y aprende a utilizar las máquinas y el tablero de control mediante su desempeño real. Se propone asignar a los operadores, sin conocimiento del sistema nuevo a utilizar, a

trabajadores o supervisores experimentados que actúan como consultores y se encargarán de la capacitación real.

Los operadores comparten lugar y metodología de trabajo con choferes y torre de control en el momento mismo que se realizan las cargas y descargas de auto tanques mientras son supervisados y acompañados por los más experimentados.

-Simulaciones: los operadores se capacitan utilizando el nuevo sistema propuesto incluyendo los nuevos brazos, tablero de control y todo aquello que utilizarían en su puesto pero en realidad son instrumentos fuera del mismo. El objetivo de esta metodología es instruir a los operadores como si estuvieran en situación real de trabajo siendo supervisados y controlados en los pasos a seguir. Además, se busca poner a prueba al operador simulando diferentes situaciones posibles que puedan aparecer en un día normal de trabajo para, por un lado, ver cómo reaccionaría y corregirlo, y por otro lado, darle una mejor preparación ante imprevistos posibles.

Con este tipo de capacitación se pueden prevenir futuros errores, se evita dañar las máquinas ya que el operario no se encuentra en el área real de trabajo y reduce el riesgo real para el momento que el operador comience a trabajar con la nueva maquinaria una vez implementada.

Operación

En este último paso, se realiza la operación de las nuevas islas con el equipo actualizado, para comenzar la operación normal, y posteriormente darle lugar a la instalación de los equipos correspondientes al resto de las islas que trabajaron durante la actualización del resto de los equipos.

4.9 Riesgos del proyecto

Todo proyecto conlleva consigo una serie de riesgos que necesitan ser tenidos en cuenta, entendiendo por riesgo la posibilidad de obtener un resultado diferente al esperado. Dentro de nuestra propuesta, encontramos los siguientes riesgos:

- Sindicatos:

En la actualidad, hay 14 operadores trabajando en las islas y siete de ellos deben ser reubicados ya que en nuestra propuesta ya no serán necesarios dos por isla sino que solamente será necesario uno como marcamos anteriormente. Para ello, se les ofrecerá tomar el puesto de operadores a los ayudantes de operaciones, quienes aumentarán sus sueldos, su jerarquía dentro de la empresa y reducirán los esfuerzos físicos diarios. Por otro lado, se rotará a los operadores actuales al área de control, en la cual cumplirán tareas de control y supervisión, aumentarán su jerarquía interna de la empresa y así su salario, y mejorarán sus condiciones laborales.

Los operadores de la empresa son representados por el Sindicato de Trabajadores Petroleros de la República Mexicana, con quien será necesario revisar las condiciones y lograr un común acuerdo para no sufrir problemas con los operadores y tener una transición que sea beneficiosa para ambas partes.

- Importaciones:

Tal como vimos en la sección anterior, la propuesta de mejora consiste en modificar los actuales brazos pesados por unos nuevos de tecnología superior y manejo a distancia. Estos nuevos brazos son importados de Estados Unidos, y el cumplimiento de la entrega es esencial para el proyecto de mejora. En Argentina este sería un inconveniente grande dada la situación actual en la cual se encuentran trabas a las importaciones con riesgos altos de no obtener los permisos necesarios. Sin embargo, México y Estados Unidos tienen una relación activa en cuanto a lo comercial, con mercado abierto para intercambiar bienes sin grandes trabas, por lo que no sería un problema en nuestro caso.

- Falta de abastecimiento a clientes:

Al detener algunas de las islas para realizar la instalación de la nueva maquinaria y diseños, la capacidad operativa de la TAR se verá afectada. Como vimos anteriormente, en este momento la TAR necesita de horas extras en algunas oportunidades para cubrir con las grandes demandas. Por lo tanto, es necesario realizar las instalaciones paulatinamente como se propone en el plan de implementación para así disminuir este riesgo, y además preparar a la TAR más cercana para que este lista por si es necesario recibir de su ayuda para abastecer a todos los clientes durante este período de instalación.

4.10 Conclusiones

Una terminal de almacenamiento y reparto de la empresa multinacional petrolera estudiada en el estado de Chiapas (MX) se nos presentó con incrementos en el índice de frecuencia de accidentes personales; en donde luego de relevar la información prestada por la empresa encontramos que el 60% recae en la zona de islas, mostrando sistematicidad; provocando incapacidades en los operadores, gastos extras a la empresa por reemplazos y además, siendo los accidentes de mayor riesgo.

Por esta razón, realizamos un diagrama de Ishikawa plasmando todas las posibles causas de los accidentes y luego analizamos cada una de ellas para descartar aquellas que no eran válidas y quedarnos con las más probables y riesgosas. Descubrimos que el causante principal de los accidentes son los brazos de carga y descarga, los cuales son muy pesados y se manejan manualmente, y presentan un diseño inadecuado y una mala ergonomía, junto con un inadecuado diseño de las islas. Además, encontramos una falta de capacitación regular, aumentando la probabilidad de lesiones en los operadores a causa de errores en las prácticas operativas. Finalmente, observamos también que los operadores suelen realizar horas extras a causa del incremento en el volumen trabajado en la TAR, causando cansancio y reduciendo la atención de los mismos luego de varias horas de trabajo, aumentando así la probabilidad de lesionarse.

Para demostrar que los brazos de carga y descarga son los principales causantes de los accidentes en las islas, junto a su actual ergonomía que perjudica a los operadores, realizamos un estudio ergonómico completo de las prácticas operativas en esta terminal, y logramos demostrar la validez de nuestra hipótesis. Esto se realizó por medio del Método REBA, que evalúa el riesgo de posturas concretas de forma independiente, estudiando el cuerpo entero.

La rapidez y fiabilidad del método REBA lo catalogan como uno de los métodos más aceptados y desarrollados en el ámbito industrial. La empresa petrolera en estudio acredita como resultados verídicos y aceptables los que el método REBA arroja. Los resultados de este estudio ergonómico completo muestran un riesgo ergonómico muy alto y la acción correctiva se señala como inmediata.

A partir de estos resultados, nuestra recomendación es reemplazar los pesados brazos actuales de carga y descarga de manejo manual por dos brazos ubicados en posición fija, que cuentan con mecanismo de aproximación; con un sistema de manejo a distancia desde tablero de control que conecta o desconecta los brazos de carga y descarga al auto tanque, el cual se encuentra estacionado en posición pre-establecida. De esta manera, el operador evita todo tipo de esfuerzo físico. Los brazos fijos a su vez contarán con una correcta disposición dentro de la isla para una mayor optimización de los procesos.

El plan de implementación consiste en 4 fases: el acuerdo sindical con el de operaciones de la planta, la instalación, la capacitación, y operación de las nuevas islas de carga y descarga de auto tanques.

Por el ahorro resultante en el esfuerzo y los movimientos, podemos proponer que se reduzca la dotación actual en un operador por isla, que como son 7 islas, implica un ahorro en salarios y CCSS del orden de los USD 150.000 anuales.