

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Riesgos de Altura: Análisis Postural de los Operadores de  
Grúa del Puerto de Guayaquil  
Proyecto de Investigación**

**Carlos Eduardo Barrera Betancourt  
Esteban Javier Saldaña Pazmiño**

**Ingeniería Industrial**

Trabajo de titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Ingeniero Industrial

Quito, 16 de mayo de 2016

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ  
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Riesgos de Altura: Análisis Postural de los Operadores de Grúa del Puerto de  
Guayaquil**

**Carlos Eduardo Barrera Betancourt**

**Esteban Javier Saldaña Pazmiño**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Ximena Córdoba, Ph.D.

Firma del profesor

---

Quito, 16 de mayo de 2016

## Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

---

Nombres y apellidos:

Carlos Eduardo Barrera Betancourt

Código:

00103646

Cédula de Identidad:

1720599057

Firma del estudiante:

---

Nombres y apellidos

Esteban Javier Saldaña Pazmiño

Código:

00107237

Cédula de Identidad:

1714823729

Lugar y fecha:

Quito, mayo de 2016

## RESUMEN

El número de días laborales perdidos a nivel mundial en el año 2015 a causa de problemas lumbares fue de 3 millones (Buckley, 2015). En lo que respecta a investigaciones ergonómicas, la organización "Health and Occupation Network of General Practitioners" realizó encuestas y evaluaciones ese mismo año, en donde se determinó que los trastornos musculoesqueléticos (TME) representan un 44% de todas las enfermedades ocupacionales (Buckley, 2015). Este tipo de lesiones tiene mayor presencia en trabajadores de la industria de transporte y almacenamiento, en donde se encuentra una tasa de 890 casos de lesiones en la zona lumbar por cada 10,000 empleados (Buckley, 2015). Una de las industrias más afectadas es el Sector Portuario ya que aquí se realizan operaciones orientadas al transporte y almacenamiento de cargas, mediante el manejo de maquinaria pesada durante prolongados periodos de tiempo (Bovenzi, 2002).

El propósito del presente estudio es el análisis ergonómico de los operadores de grúas MH, QC y RTG del Puerto de Guayaquil. Al no existir investigaciones previas, la gente desconoce el verdadero daño a la salud que implica realizar este tipo de trabajo. Para identificar los riesgos iniciales se aplicaron varias herramientas de evaluación a los participantes con el fin de reconocer las zonas corporales con mayor afectación (Szklo, 2003). Estas herramientas fueron: Lista de identificación inicial de riesgos, Encuesta de autovaloración de las condiciones de trabajo, Cuestionario de dolor de espalda baja e incapacidad (Oswestry), Cuestionario de dolor de cuello e incapacidad (Vernon-Mior), Checklist OCRA y Evaluación de riesgos por posturas forzadas (INSHT). Estas herramientas evidenciaron que la mayoría de problemas ergonómicos son causados por posturas incorrectas, periodos de recuperación insuficientes y por exceso de actividades repetitivas. De igual manera se determinó que las zonas corporales con mayor afectación en las 3 grúas son el cuello y el tronco. Además la aplicación de los cuestionarios de incapacidad de cuello y espalda estableció que el índice de incapacidad supera el 18% para ambos segmentos corporales en todos los tipos de grúa. Posteriormente se analizaron las cargas posturales de los distintos operadores mediante la aplicación de los métodos RULA y REBA para identificar los niveles de riesgo a los cuales están expuestos los operadores (McAtamney, 1993). Se determinó que el nivel de riesgo es alto para todos los operadores y que se necesita realizar un rediseño de la tarea o solicitar cambios urgentes en el puesto de trabajo (McAtamney, 1993). Finalmente se realizó una comparación entre los puntajes finales de las 3 grúas utilizando el mismo método de evaluación (RULA/REBA) con lo cual se comprobó que cada grúa presenta un nivel de riesgo distinto y que la grúa RTG es la que presenta un nivel de riesgo mayor. De igual manera se compararon los niveles de acción obtenidos por ambos métodos de evaluación y se determinó que no existe diferencia significativa entre estos 2 métodos ya que los resultados obtenidos por la evaluación postural son similares para ambos.

*Palabras Clave:* TMEs, RULA, REBA, Puerto, Guayaquil, Grúa, Posturas forzadas, Movimientos repetitivos, Kinovea.

## ABSTRACT

The number of working days lost worldwide in 2015 due to back problems was 3 million (Buckley, 2015). According to ergonomics research, the organization "Health and Occupation Network of General Practitioners", conducted surveys and assessments that same year where it was determined that musculoskeletal disorders (MSDs) account for 44% of all occupational diseases (Buckley, 2015). This type of injury is more prevalent among workers in the transport and storage industry, where there is a rate of 890 cases of lower back injuries per 10,000 employees (Buckley, 2015). One of the hardest hit industries is the Port Sector due to the fact that in this location, oriented transport and storage of cargo is prevalent and the workers are greatly affected by handling heavy machinery for prolonged periods of time (Bovenzi, 2002).

The purpose of this study is to ergonomically analyze the MH, QC and RTG crane operators in the Port of Guayaquil. Due to the absence of previous research, people are not aware of the serious health damage that is involved in performing this type of work. To identify the initial risks, several assessment tools were applied to the participants in order to recognize the body areas most affected by the cranes (Szklo, 2003). These tools were: lists of initial identification of risks, surveys of self-worth in working conditions, questionnaires on low back-pain and disability (Oswestry), questionnaires with a focus on neck-pain and disability (Vernon-Mior), OCRA checklists and evaluation risks due to forced postures in the workplace (INSHT). These tools showed that most ergonomic problems are caused by bad posture, insufficient recovery periods and excessive repetitive activities. Similarly, it was determined that the body regions most affected by the three cranes are the neck and trunk. The application of the neck and back inability questionnaires established that the rate of disability exceeds 18% for both body segments in all three types of the cranes. Furthermore, the postural loads of the different operators were analyzed by applying the RULA and REBA methods in order to identify risk levels in which the operators of the cranes were being exposed to. (McAtamney,1993). It was determined that the risk level is high for all operators and a redesign is needed for specific tasks in the workplace (McAtamney, 1993). Finally, a comparison between the final scores of the three cranes was performed using the same evaluation method (RULA / REBA). It was found that each crane presented a different risk level and that the RTG crane presented the highest level of risk. Similarly, the action levels obtained by both evaluation methods were compared in an assessment where it was determined that there is no significant difference between these two methods based on the results obtained by the postural evaluation are similar for both.

*Key words:* TMEs, RULA, REBA, Puerto, Guayaquil, Grúa, Posturas forzadas, Movimientos repetitivos, Kinovea.

**Riesgos de Altura: Análisis Postural de los Operadores de Grúa del Puerto de Guayaquil**  
**Carlos Barrera & Esteban Saldaña**  
**Ximena Córdova Ph.D.**

Universidad San Francisco de Quito, Quito, Pichincha, 170157, Ecuador

## **Resumen**

El número de días laborales perdidos a nivel mundial en el año 2015 a causa de problemas lumbares fue de 3 millones (Buckley, 2015). En lo que respecta a investigaciones ergonómicas, la organización “Health and Occupation Network of General Practitioners” realizó encuestas y evaluaciones ese mismo año, en donde se determinó que los trastornos musculoesqueléticos (TME) representan un 44% de todas las enfermedades ocupacionales (Buckley, 2015). Este tipo de lesiones tiene mayor presencia en trabajadores de la industria de transporte y almacenamiento, en donde se encuentra una tasa de 890 casos de lesiones en la zona lumbar por cada 10,000 empleados (Buckley, 2015). Una de las industrias más afectadas es el Sector Portuario ya que aquí se realizan operaciones orientadas al transporte y almacenamiento de cargas, mediante el manejo de maquinaria pesada durante prolongados periodos de tiempo (Bovenzi, 2002).

El propósito del presente estudio es el análisis ergonómico de los operadores de grúas MH, QC y RTG del Puerto de Guayaquil. Al no existir investigaciones previas, la gente desconoce el verdadero daño a la salud que implica realizar este tipo de trabajo. Para identificar los riesgos iniciales se aplicaron varias herramientas de evaluación a los participantes con el fin de reconocer las zonas corporales con mayor afectación (Szklo, 2003). Estas herramientas fueron: Lista de identificación inicial de riesgos, Encuesta de autovaloración de las condiciones de trabajo, Cuestionario de dolor de espalda baja e incapacidad (Oswestry), Cuestionario de dolor de cuello e incapacidad (Vernon-Mior), Checklist OCRA y Evaluación de riesgos por posturas forzadas (INSHT). Estas herramientas evidenciaron que la mayoría de problemas ergonómicos son causados por posturas incorrectas, periodos de recuperación insuficientes y por exceso de actividades repetitivas. De igual manera se determinó que las zonas corporales con mayor afectación en las 3 grúas son el cuello y el tronco. Además la aplicación de los cuestionarios de incapacidad de cuello y espalda estableció que el índice de incapacidad supera el 18% para ambos segmentos corporales en todos los tipos de grúa. Posteriormente se analizaron las cargas posturales de los distintos operadores mediante la aplicación de los métodos RULA y REBA para identificar los niveles de riesgo a los cuales están expuestos los operadores (McAtamney, 1993). Se determinó que el nivel de riesgo es alto para todos los operadores y que se necesita realizar un rediseño de la tarea o solicitar cambios urgentes en el puesto de trabajo (McAtamney, 1993). Finalmente se realizó una comparación entre los puntajes finales de las 3 grúas utilizando el mismo método de evaluación (RULA/REBA) con lo cual se comprobó que cada grúa presenta un nivel de riesgo distinto y que la grúa RTG es la que presenta un nivel de riesgo mayor. De igual manera se compararon los niveles de acción obtenidos por ambos métodos de evaluación y se determinó que no existe diferencia significativa entre estos 2 métodos ya que los resultados obtenidos por la evaluación postural son similares para ambos.

*Palabras Clave: TMEs, RULA, REBA, Puerto, Guayaquil, Grúa, Posturas forzadas, Movimientos repetitivos, Kinovea.*

## 1. Introducción

La evolución de la civilización está profundamente relacionada con el transporte marítimo y el sector portuario (OIT, 2005). Con el desarrollo de las embarcaciones el volumen de productos de intercambio se incrementó significativamente, lo cual permitió el desarrollo del comercio a través de la globalización (OIT, 2005). En 1960 se introducen los contenedores y los sistemas de transbordo rodado, lo cual ocasiona que se adopten nuevos tipos de maquinaria moderna para facilitar el proceso de carga y descarga (OIT, 2005). Si bien se establecen mejoras en los métodos de manipulación, su utilización acarrea nuevos riesgos para el trabajador. Debido a esto los puertos deben ejercer prácticas de trabajo que salvaguarden la integridad de sus trabajadores (OIT, 2005).

Uno de los mayores problemas que afecta esta integridad es la presencia de trastornos musculoesqueléticos (TMEs) ya que representan la mayor cantidad de enfermedades ocupacionales (Buckley, 2015). Llana (2007), indica que los TMEs pueden desarrollarse por la actividad laboral y están asociados con patrones de trabajo como: posiciones estáticas, movimientos repetitivos, fuerzas concentradas en pequeñas partes del cuerpo, cortos periodos de recuperación y factores psicosociales relacionados con la cultura y el clima laboral. Sin embargo, lo más común es que estos factores se presenten en conjunto y no de manera independiente (Llana, 2007).

Para evidenciar la presencia de TMEs la "Labour Force Survey" y "The Health and Occupation Network of General Practitioners" realizaron encuestas en Gran Bretaña en el año 2015, donde se obtuvo que los TMEs representan un 44% de todas las enfermedades ocupacionales. Los resultados también indican que entre los años 2014-2015 se presentaron 169,000 nuevos casos de TME (Buckley, 2015). Adicionalmente, se estima una pérdida de 9.5 millones de días laborales relacionados con TMEs, lo cual representa un promedio de 17 días perdidos por cada caso presentado. (Buckley, 2015).

En referencia a las zonas del cuerpo afectadas se concluyó que el mayor porcentaje de TMEs

se presenta en la zona lumbar, espinal y tronco con un 31% (Buckley, 2015). El segundo mayor porcentaje de TMEs se presenta en las muñecas, brazos y manos con un 21% (Buckley, 2015). Lo que quiere decir que en conjunto ambas zonas corporales representan más de la mitad de todos los TMEs, razón por la cual el presente estudio se enfoca en el tronco, cuello y extremidades superiores (Buckley, 2015).

Según la IMIRP Society (1999), al momento de existir una flexión/extensión en el cuello, espalda, brazos o muñecas se incrementa la carga en el sistema musculoesquelético. Mientras mayor sea la flexión/extensión, mayor será la carga en los músculos/tendones y si se realiza la acción repetidamente o no se tiene un periodo de recuperación adecuado, se puede producir fatiga hasta el punto de lesión (IMIRP, 1999). En el caso del cuello se pueden presentar síntomas como espasmos musculares, dolor de cabeza o sensibilidad (IMIRP, 1999). En el caso de la espalda, espasmos musculares y dolor que se irradia en la zona lumbar y extremidades inferiores (IMIRP, 1999). En el caso de los brazos se debe considerar también la abducción ya que presenta el mismo efecto, lo cual puede producir degeneración de los tejidos, dolor, sensibilidad y fortalecimiento de la articulación del hombro (IMIRP, 1999). Y en el caso de las muñecas irritación, dolor, sensibilidad e inflamación (IMIRP, 1999).

Las mencionadas afecciones se presentan en grúas portuarias debido a las características que presentan sus cabinas (IMIRP, 1999). Dependiendo del tipo de grúas que disponga cada puerto, la flexión o extensión de los distintos segmentos corporales es inevitable al momento de operar la maquinaria. Específicamente en el puerto de Guayaquil se trabaja con 3 tipos de grúa para la manipulación de contenedores (ICTSI, 2016). Con esta maquinaria se realiza en su interior operaciones de almacenaje, carga y descarga de barcos y cabezales de transporte terrestre (Armando, 2013). Debido al diseño de la cabina de las grúas los operadores se ven forzados a adoptar posturas que pueden comprometer su salud, lo cual puede afectar a la productividad del puerto (ICTSI, 2016). Por esta razón es primordial determinar los riesgos presentes en el puesto de trabajo y la

gravedad de los mismos. De esta manera será posible brindar recomendaciones para resguardar la salud de los operadores bajo estudio.

### 1.1 Justificación del Estudio

La ciudad de Guayaquil históricamente ha mantenido una alta actividad portuaria al contar con la entrante más grande de agua del océano Pacífico en Sudamérica (Ycaza, 1990). Este factor tiene como resultado una zona ideal para el transporte marítimo, por tal motivo en esta área se han edificado distintos tipos de terminales portuarios (Ycaza, 1990). Estas instalaciones ofrecen diferentes servicios tomando en consideración la cantidad de muelles con los que cuentan y dependiendo del tipo de carga que manejan. Actualmente se puede apreciar el crecimiento que han tenido los puertos del Ecuador en cuanto a toneladas transportadas y movimientos portuarios (Brito, 2013). En el año 2010 se movilizaron 1,252,577 TEUs (Twenty Foot Equivalent Unit), mientras que en el año 2013 se movilizaron 1,596,314 TEUs (CEPAL, 2012). Por otro lado, la cantidad de toneladas transportadas en el año 2010 fue de 42,131,345 y en el año 2013 de 45,749,732 (CEPAL, 2012).

Dentro los distintos puertos de Guayaquil, CONTECON se destaca del resto al poseer 10 sitios de atraque para buques contenedores, zonas de carga multipropósito y embarcaciones auxiliares (REMAR, 2010). Posee en total 1,133,800 m<sup>2</sup> de patios para contenedores por lo cual posee un mayor número de operaciones logísticas internas. Además este puerto se caracteriza por poseer el único tipo de grúas especializada para el transporte de contenedores dentro del país. Todas estas características han colocado a CONTECON como el puerto marítimo número uno del país al encontrarse inmerso en un proceso constante de modernización para mantener el ritmo operativo (APG, 2014). En la actualidad el Puerto más grande de Guayaquil se encuentra en la tercera posición del ranking portuario regional, solamente superado por los puertos de Balboa y Callao en la costa del Pacífico (Brito, 2013). Dicho puerto en el ranking tiene relación con el volumen de importaciones y exportaciones que

se realizan en el puerto considerando el total de comercio exterior del país (Brito, 2013).

Cabe recalcar que este puerto se encarga del 57% de las importaciones y el 72% de las exportaciones del Ecuador, lo cual ratifica su importancia, en comparación con otros puertos del país (Brito, 2013). De igual manera el incremento en estos dos factores establece la importancia de manejar un puerto en condiciones óptimas, ya que existe una mayor demanda con el paso del tiempo. Al ser el comercio una parte vital para el desarrollo del país, se recalca la importancia de realizar un análisis enfocado a la seguridad y salud ocupacional. Debido al incremento en el número de operaciones se aumenta la cantidad de trabajo, por lo cual los operadores presentan periodos laborales más intensos que demandan esfuerzos extras tanto físicos como mentales, los cuales pueden afectar su salud a largo plazo y generar enfermedades ocupacionales (David, 2005).

Para disminuir dichas afecciones y lograr mantener el ritmo operacional de carga y descarga de contenedores dentro del puerto se debe contar con operadores altamente entrenados, los cuales sean capaces de responder ante las exigencias que implica este puesto (Armando, 2013). Por tal motivo se pretende identificar los riesgos presentes y analizar el impacto a la salud de los operadores de grúa al momento de cumplir con su jornada laboral.

El puesto de trabajo de estos operadores está definido por el área en donde desempeña su función. Para el caso de las grúas portuarias estas se caracterizan al poseer una cabina de control, en la cual el trabajador cumple con su jornada laboral (Edgerton, 2013). Al mantener posiciones estáticas por tiempos prolongados y al realizar gran cantidad de movimientos repetitivos durante la manipulación de los contenedores, los operadores están expuestos a padecer trastornos musculoesqueléticos (Bovenzi, 2002). Si la salud de uno o más operadores se ve afectada por dichos factores, existe la posibilidad de que la operación normal del puerto se vea perjudicada (Armando, 2013). Por tal razón es importante considerar el impacto que puede ocasionar la ausencia de un operador de grúa como consecuencia de problemas ergonómicos en su



actividad laboral y también el tiempo que toma capacitar a un nuevo individuo hasta que esté en condiciones de realizar las actividades de un operador experimentado (David, 2005).

## 1.2 Selección del Puesto de Trabajo

Al ser las grúas ejes esenciales para el funcionamiento de un centro de distribución masivo, es importante contar con la maquinaria adecuada para efectuar las operaciones logísticas del puerto de manera eficiente. Para el sector portuario la utilización de este tipo de máquinas es vital para el manejo de contenedores de carga que se transportan internamente (Logistec, 2014). De igual manera es necesario contar con operadores que dispongan de las destrezas necesarias al momento de realizar la carga, descarga y manipulación de contenedores (Brinkmann, 2005).

Para realizar el transporte de contenedores el operador ejecuta todas sus funciones dentro de la cabina, la cual se encuentra debajo del trolley o carro de maniobrabilidad (MTAS, 2010). Esto permite que la cabina se desplace a lo largo de las rieles, con lo cual el operador puede observar constantemente el desplazamiento de la carga. En el interior de la cabina se encuentran los controles operativos de la grúa en donde se manejan todas las funciones de desplazamiento, enganche y descarga de los contenedores (Brinkmann, 2005). Cabe recalcar que cada grúa portuaria cuenta con distintos diseños para sus cabinas dependiendo de sus funciones (Ycaza, 1990).

Para el caso del Puerto de Guayaquil, se dispone de 5 grúas QC (Quay Crane), 3 grúas MH (Mobile Harbour) y 23 grúas RTG (Rubber Tyred Gantry). Cada una de estas desempeña una función específica dentro del puerto.

La grúa pórtico QC representa un tipo especial de maquinaria que permite transportar la carga de manera rápida y eficiente en comparación con otro tipo de grúa (Brinkmann, B.: Seehäfen – Planung und Entwurf. Springer, Berlín, Nueva York 2005). Este tipo de grúa presenta un diseño en donde tanto las paredes laterales como el suelo están compuestos de

crystal transparente para facilitar la visión total de la carga manipulada.

Por otro lado, las grúas RTG son predominantes dentro del puerto, razón por la cual el 89% de los operadores manejan grúas de este tipo (Armando, 2013). Las paredes y el piso de este tipo de grúa igualmente son de vidrio, lo cual le permite obtener al operador una visión de todo lo que sucede a su alrededor mientras manipula el contenedor (Merford Holdings, 2016).

Finalmente las grúas MH representan un cambio en la manera del manejo de carga, ya que se pueden desplazar libremente dentro de las instalaciones del puerto y son capaces de manejar todo tipo de cargas sin mayor problema (GOTTWALD, 2012). Este tipo de grúas presenta un diseño de cabinas diferente ya que solo posee paredes laterales de vidrio.

Como se mencionó anteriormente la manipulación de este tipo de maquinaria requiere personal especializado y que posea una capacitación mínima de operación (280 horas) (Armando, 2013). Además, el Crane Institute Certification indica que el costo de capacitación para el operador de grúa rodea los \$400, lo cual incluye un examen teórico y una evaluación práctica (CIC, 2015). Debido a esto, el papel de los operadores de grúa es fundamental dentro de las operaciones del puerto tanto por los elevados tiempos de capacitación como por los costos asociados.

La experiencia en el manejo de las grúas permite una mayor productividad, por lo cual cuidar la salud de los operadores es fundamental para mantener el ritmo de trabajo deseado (Spasojevic, 2015). Según Zurich American Insurance Company el número mundial de accidentes que relacionados con grúas bordea los 1,000 por año y el costo promedio anual de los mismos está entre los \$205,000 y los \$490,000 dependiendo del grado de severidad (Murphy, 2009).

Para lograr reducir estos costos y los riesgos a la salud generados por el diseño puesto de trabajo, se decidió enfocar el estudio en los operadores de grúa, ya que realizan procesos críticos dentro del funcionamiento logístico del puerto.

### 1.3 Población Objetivo

La población objetivo está conformada por los operarios de grúas RTG, QC y MH del Puerto de Guayaquil. Se consultó el número total de operadores con el departamento de Seguridad Industrial y se obtuvo la siguiente información (Tabla No.1):

Tabla No.1: Población Operadores de Grúa

Puesto	Operadores
Operador de QC-MH	6
Operador de QC-MH entrenamiento	2
Operador de QC-RTG	19
Operador de QC-RTG entrenamiento	6
Operador de RTG	88
Operador de RTG entrenamiento	9
Operador MH	7
Total	137

En el puerto de Guayaquil existen 137 operadores de grúa divididos según el tipo de maquinaria que manejan (ICTSI, 2016). Se considerará a la totalidad de operadores de grúa para la realización del estudio ya que debido a las condiciones a las que están expuestos a lo largo de su jornada laboral, están obligados a adoptar posturas forzadas y a realizar movimientos repetitivos (ICTSI, 2016). Estas condiciones pueden desencadenar lesiones musculoesqueléticas que ponen en riesgo la integridad del operador y también elevados costos para el Puerto de Guayaquil (Buckley, 2015).

## 2. Métodos

Para iniciar el estudio sobre los riesgos a los que están expuestos los operadores de grúa del Puerto de Guayaquil se observará las condiciones actuales del puesto de trabajo. Durante la observación in situ se utilizarán herramientas de evaluación de condiciones generales del puesto de trabajo y posteriormente herramientas específicas para determinar la presencia de afecciones en las zonas corporales (cuello, tronco, extremidades superiores) determinadas por la literatura en grúas portuarias (Saravia, 2006). Las herramientas que se utilizarán son:

- Lista de identificación inicial de riesgos
- Encuesta de autovaloración de las condiciones de trabajo
- Cuestionario de dolor de espalda baja e incapacidad (Oswestry)
- Cuestionario de dolor de cuello e incapacidad (Vernon-Mior)
- Checklist OCRA
- Evaluación de riesgos por posturas forzadas (INSHT)

Posteriormente se consultará con el departamento médico los antecedentes clínicos relacionados con trastornos musculoesqueléticos para determinar las principales enfermedades presentes en los operadores de grúa del Puerto de Guayaquil (ICTSI, 2016).

### 2.1 Lista de Identificación Inicial de Riesgos

Esta herramienta tiene por objetivo proporcionar métodos sencillos de identificación y evaluación de riesgos ergonómicos y psicosociales que afectan al trabajador (INSHT, 2014). Ha sido diseñada como un instrumento de detección de posibles peligros que podrían repercutir en la salud del operador y para analizar todo tipo de puesto de trabajo (Fernández, 2002).

Se realizará esta identificación ya que permite evaluar el puesto de trabajo y así lograr extraer los factores que influyen en cada tipo de grúa.

### 2.2 Encuesta de Autovaloración de las Condiciones de Trabajo

Tras evaluar los riesgos ergonómicos a través de la lista de identificación se realizará una encuesta para analizar la influencia de los factores dentro de la estación del trabajo por parte del operador (INSHT, 2014). Esta encuesta tiene el objetivo de que el trabajador realice un análisis de los principales problemas presentes en su estación de trabajo (INSHT, 2014). De acuerdo al INSHT, esta encuesta pretende detectar condiciones riesgosas e involucra a los trabajadores en la búsqueda de soluciones ergonómicas, además de facilitarles la autoevaluación de los principales problemas presentes en su trabajo y así señalar los factores que deben ser modificados para mejorar una situación laboral específica (INSHT, 2014). Esta encuesta será aplicada ya

que permite conocer cómo percibe el operador su estación de trabajo e identificar de mejor manera los factores que afectan a su salud además de evidenciar las condiciones a las cuales se rige durante el cumplimiento de su jornada (INSHT, 2014).

### **2.3 Checklist OCRA**

Según Buckley (2015), el segundo mayor porcentaje de TMEs se presenta en extremidades superiores. Por tal motivo se selecciona esta herramienta para evaluar la exposición a esfuerzos posturales y movimientos repetitivos de los miembros superiores. Es uno de los métodos de cuantificación más utilizados debido a la precisión y profundidad que abarca el análisis postural. El nivel de riesgo es evaluado por el índice OCRA y la puntuación final define el nivel de riesgo global a TMEs (Malchaire, 2012).

### **2.4 Evaluación de Riesgos por Posturas Forzadas (INSHT)**

Debido a que la mayoría de TMEs son causados por posturas forzadas (INSHT, 2014), se genera la necesidad de realizar una evaluación ergonómica rápida. Esta herramienta se rige en base a la norma técnica europea EN 1005-4 publicada en 2001, la cual hace referencia a la valoración de posturas y movimientos en relación a la máquina (INSHT, 2014). Las zonas del cuerpo se evalúan de manera independiente ya que el resultado se expresa en función del área del cuerpo analizada (INSHT, 2014).

La aplicación de esta evaluación se realizará debido a que permite ejecutar un diagnóstico rápido y efectivo sobre el riesgo al cual está expuesta cada zona corporal del operador al momento de tomar una postura inadecuada. (INSHT, 2014)

### **2.5 Cuestionario de Dolor de Espalda Baja e Incapacidad (Oswestry)**

Como menciona Buckley (2015), el mayor porcentaje de lesiones musculoesqueléticas se dan en la zona lumbar y cervical. Además Bovenzi (2002), resalta que las causas principales de dolor en espalda baja dentro los operadores de grúa son debido a la adopción de posturas inadecuadas y la ejecución de

movimientos repetitivos durante prolongados periodos de tiempo.

Al existir un índice de afectación en la zona lumbar y cervical, se seleccionaron cuestionarios que permitan obtener una información clara del nivel de dolor que siente el operador y cómo afecta esto tanto en su vida personal como profesional (Alcántara y Bumbiedro, 2006).

Según Alcántara y Bumbiedro (2006), el cuestionario Oswestry provee un valor predictivo de codificación del dolor y duración de la baja laboral. El desarrollo de este cuestionario de incapacidad está incluida en la categoría de mayor calidad metodológica, ya que es la única versión validada en España con un coeficiente de correlación de 0.92, motivo por el cual se ha seleccionado esta herramienta como medio para determinar si los operadores de grúa presentan dolor en la zona lumbar (Alcántara-Bumbiedro, 2006).

Este cuestionario está conformado de 10 ítems con 6 distintas posibilidades de respuestas (0-5) de menor a mayor (Alcántara-Bumbiedro, 2006). La primera pregunta hace referencia a la intensidad del dolor, los restantes ítems incluyen actividades básicas de la vida diaria que pueden verse afectadas por el dolor (cuidados personales, levantar peso, caminar, estar sentado, estar de pie, dormir, actividad sexual, vida social y viajar) (Alcántara-Bumbiedro, 2006).

Otro motivo para la aplicación de este cuestionario de incapacidad por dolor lumbar de Oswestry es que se lo define como una herramienta autoaplicable, específica para dolor lumbar. (Alcántara-Bumbiedro, 2006). Por tal razón será seleccionada esta herramienta de análisis ya que permitirá determinar el nivel de dolor que presenta el operador en su zona lumbar (Alcántara-Bumbiedro, 2006).

### **2.6 Cuestionario de Dolor de Cuello e Incapacidad (Vernon-Mior)**

El Cuestionario de Dolor de Cuello emplea el Índice de Discapacidad Cervical o Neck Disability Index (NDI) (Mior, 1991). Se ha seleccionado este cuestionario ya que aplica la escala más utilizada para evaluar el dolor y la

disfunción cervical existente (Mior, 1991). Además el NDI es considerado como una medida unidimensional que sirve de referencia para el uso de la escala de disfunción cervical que se ha adaptado al mayor número de poblaciones (Mior, 1991). Esta herramienta consta de diez secciones evaluadas sobre las siguientes actividades: intensidad del dolor, cuidado personal, levantamiento de peso, lectura, dolor de cabeza, concentración, trabajo, conducir, dormir y actividades recreativas (Mior, 1991).

El cuestionario solamente hace referencia al dolor y a las actividades que se ven afectadas por el mismo. Se puntúa de 0 a 5, estableciendo 0 cuando no existe dolor y 5 como el dolor máximo (Mior, 1991). La aplicación de ambos cuestionarios permitirá conocer la percepción del dolor que está sintiendo el operador en sus zonas corporales críticas (Alcántara-Bumbiedro, 2006). Al ser el cuello y la espalda las regiones que se ven más afectadas es necesario determinar el índice de riesgo al cual están expuestos, con el fin de tomar acciones correctivas oportunas ya sea en el puesto de trabajo de trabajo o en la tarea, además de resguardar la salud de los trabajadores (McAtamney, 1993).

## 2.7 RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

Mediante la utilización de los cuestionarios y listas de chequeo presentados previamente, se considera necesaria la aplicación de un método de evaluación de riesgos que permita analizar el impacto a la salud que conlleva el cumplimiento de la jornada laboral (Chiasson, 2012). Esta misma debe estar orientada a posturas forzadas, tareas repetitivas, cargas posturales y enfocada en las zonas corporales identificadas anteriormente (Littmann, 2010).

Dentro de los métodos de evaluación ergonómicos más conocidos se encuentra el RULA, ya que permite la categorización de posturas corporales y el análisis de fuerzas ejercidas durante una actividad, además de generar distintos niveles de evaluación y actuación (Massacessi, 2003). Además esta técnica se enfoca en la identificación de riesgos presentes en las extremidades superiores, cuello y espalda (Chiasson, 2012). Por tales motivos se ha seleccionado el método RULA para continuar la investigación.

Según Zegarra (2014), el RULA es un método de encuesta utilizado en investigaciones ergonómicas de puestos de trabajo donde se reportan problemas en las extremidades superiores. También menciona que esta herramienta no necesita ningún tipo de equipo especial para realizar una rápida evaluación postural (Zegarra, 2014).

De acuerdo con McAtamney (1993), el método divide al cuerpo en 2 grupos: Grupo A (brazos, antebrazos y muñecas) y Grupo B (cuello, tronco y piernas). Además se utilizan diagramas de posturas corporales y 3 tablas de puntuaciones para proveer una evaluación de la exposición a factores de riesgo. Los factores de riesgo evaluados se conocen como factores de carga externa e incluyen:

- Número de movimientos
- Trabajo estático muscular
- Fuerza
- Posturas laborales determinadas por los equipos utilizados
- Tiempo de trabajo sin descanso

(McAtamney, 1993)

Al intentar evaluar los primeros 4 factores de carga externa mencionados anteriormente, McAtamney desarrolló el método RULA con el objetivo de:

- Proveer un método para evaluar rápidamente a una población en busca de riesgos relacionados con las extremidades superiores.
- Identificar el esfuerzo muscular relacionado con las posturas de trabajo, fuerza ejercida, posturas estáticas y trabajo repetitivo.
- Brindar resultados que puedan ser incorporados en evaluaciones ergonómicas de mayor tamaño, cubriendo factores epidemiológicos, físicos, mentales, ambientales y organizacionales.

(McAtamney, 1993)

## 2.8 REBA (Rapid Entire Body Assessment)

Con el objetivo de complementar el estudio y corroborar los resultados obtenidos mediante el método RULA, se llevará a cabo la

evaluación de riesgos utilizando también el método REBA. Con esto se busca cubrir las deficiencias de un método mediante la utilización del otro. Por ejemplo, el método RULA no tiene mucha efectividad para evaluar movimientos repetitivos (McAtamney, 1993), por lo cual el método REBA cubrirá esta necesidad (Hignett & McAtamney, 2000). Además mediante la utilización de ambos métodos se conseguirá una buena evaluación enfocada solamente en segmentos corporales (RULA) y también una buena evaluación global de todo el cuerpo (REBA) (Hignett & McAtamney, 2000) (McAtamney, 1993). De igual manera se debe considerar que el método REBA se enfoca en las áreas del cuerpo identificadas previamente y que tiene mayor peso cuando es aplicado en el área de servicios (Hignett & McAtamney, 2000).

El método desarrollado por Sue Hignett y Lynn McAtamney (2000) permite el análisis postural de los miembros superiores (brazo, antebrazo, muñeca), tronco, cuello y piernas. También refleja el grado de fuerza ejercida y la carga muscular por posturas estáticas. Además se complementa al permitir señalar la existencia de cambios repentinos o inestables de postura, tomando en cuenta la inclusión del factor gravedad. Generalmente es utilizado debido al riesgo existente de sufrir enfermedades musculoesqueléticas a corto y largo plazo (Hignett & McAtamney, 2000).

El método REBA examina posturas concretas de forma independiente, por lo cual se debe escoger posiciones específicas, las cuales pueden ser seleccionadas por su nivel de frecuencia o por su inestabilidad (Universidad Politécnica de Valencia, 2015). Además según Hignett & McAtamney (2000) el método REBA se enfoca principalmente en:

- Desarrollar un sistema de análisis postural sensitivo con respecto a los riesgos musculoesqueléticos al realizar una tarea.
- Dividir el cuerpo en segmentos individuales codificados, tomando en referencia el movimiento de los planos corporales.
- Proveer un sistema de calificación para la actividad muscular, especialmente causada por posturas: estáticas, dinámicas y movimiento rápido y repetitivo.
- Determinar el nivel de riesgo de padecer lesiones ocupacionales.

- Brindar un nivel de acción con una indicación de urgencia.

(McAtamney, 1993)

## 2.9 Procedimiento

Para la recopilación de los datos necesarios para el análisis se utilizarán cámaras de video que permitan registrar todos los movimientos que realizan los operadores durante su jornada laboral (McAtamney, 1993). Para complementar el estudio se tomará en consideración la vista frontal, lateral y superior, con el objetivo de apreciar con mayor detalle las posturas adoptadas.

Estos vídeos contarán con una duración de 10 minutos por cada operador, dentro del cual se establecerá que el ciclo de trabajo está definido desde que inicia la actividad de carga de contenedores y culmina con la descarga de los mismos. Cabe recalcar que por motivos de restricción del puerto se procederá a realizar la toma de videos exclusivamente de grúas que laboren en el primer o segundo turno, omitiendo el tercer turno de trabajo.

Como se indicó anteriormente ambos métodos (RULA y REBA) permiten una evaluación de ambos lados del cuerpo (McAtamney, 1993), sin embargo la evaluación se efectuará solamente en el lado izquierdo, ya que se asume que las actividades realizadas en el puesto de trabajo son las mismas para ambos lados del cuerpo.

Una vez realizadas las filmaciones se observará la actividad de los operadores por varios ciclos de trabajo (McAtamney, 1993). De esta manera será posible escoger las tareas y posturas más significativas, tomando en cuenta su duración y considerando la carga postural a la cual está expuesto el trabajador (McAtamney, 1993). Finalmente, mediante la utilización del software “KINOVEA ®” se obtendrán los ángulos de las distintas partes del cuerpo según lo establecido por los métodos RULA y REBA (McAtamney, 1993). Una vez obtenidos los distintos ángulos, será posible continuar los procedimientos establecidos en los métodos y obtener la puntuación respectiva para cada segmento corporal.

Para el método RULA primero se obtendrá la puntuación individual para los integrantes del Grupo A (brazo, antebrazo, muñeca) y el Grupo B (cuello, tronco, piernas) (McAtamney, 1993). Posteriormente se utilizará la Tabla No.2 y Tabla No.3 para determinar la puntuación global para cada uno de los grupos (McAtamney, 1993).

Tabla No.2: Puntuación Grupo A (RULA)

Brazo	Ante brazo	Muñeca							
		1		2		3		4	
		Giro		Giro		Giro		Giro	
		Muñeca		Muñeca		Muñeca		Muñeca	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabla No.3: Puntuación Grupo B (RULA)

Cuello	Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Posteriormente se determinará la actividad muscular y la fuerza ejercida por los operadores durante el ciclo de trabajo. Los puntajes obtenidos se adicionarán a los valores

del Grupo A y Grupo B para obtener el Puntaje C y Puntaje D respectivamente (McAtamney, 1993). Finalmente se utilizará la Tabla No.4 para obtener la puntuación total del método RULA (McAtamney, 1993).

Tabla No.4: Puntuación Total RULA

Puntaje C	Puntaje D						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

Por otro lado, para el método REBA primero se obtendrá la puntuación individual para los integrantes del Grupo A (tronco, cuello, piernas) y del Grupo B (brazo, antebrazo, muñeca) (Hignett & McAtamney, 2000). A continuación se utilizará la Tabla No.5 y la Tabla No.6 para obtener la puntuación global de cada uno de los grupos (Hignett & McAtamney, 2000).

Tabla No.5: Puntuación Grupo A (REBA)

Tronco	Cuello											
	1				2				3			
	Piernas				Piernas				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

Tabla No.6: Puntuación Grupo B (REBA)

Brazo	Antebrazo					
	1			2		
	Muñeca			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

Posteriormente se modificará la puntuación del Grupo A considerando la carga o fuerza aplicada durante el ciclo de trabajo y de igual manera se considerará si la fuerza es aplicada bruscamente para incrementar el puntaje (Hignett & McAtamney, 2000). Por otro lado, se modificará la puntuación del Grupo B considerando el tipo de agarre efectuado durante el ciclo de trabajo (Hignett & McAtamney, 2000).

Una vez obtenidos los puntajes totales del Grupo A y Grupo B, se utilizarán estos valores en conjunto con la Tabla No.7 para obtener la Puntuación Intermedia C (Hignett & McAtamney, 2000).

Tabla No.7: Puntuación Intermedia C (REBA)

Puntaje A	Puntaje 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

Finalmente se obtendrá la puntuación final REBA al modificar la Puntuación Intermedia C considerando posiciones estáticas, movimientos repetitivos y posturas inestables (Hignett & McAtamney, 2000).

## 2.10 Tamaño de la Muestra

Para obtener el tamaño de la muestra se consultó la cantidad de enfermedades relacionadas con TMEs que se presentaron en el año 2014 entre los 137 operadores (Tabla No. 8) (ICTSI, 2016). Esta información fue provista por el médico ocupacional y tiene el objetivo de definir un tamaño de muestra en base a la cantidad de personas de la población que presentan dichos padecimientos. El método de muestreo seleccionado tiene como fin determinar si una enfermedad está presente en una población.

Tabla No. 8: Operadores de Grúa con TME (2014)

Cargo	Diagnóstico	Cantidad
Operador de RTG	Cervicalgia	2
	Dorsalgia	2
	Dorso lumbalgia	3
	Lumbalgia	12
	Lumbociatalgia	3
Operador de MH	Cervicalgia	1
	Lumbalgia	2
Operador de QC	Lumbalgia	1
Total		26

De igual manera se consideró que solamente el 52% de los trastornos musculoesqueléticos son ocasionadas por actividades repetitivas en el sitio de trabajo, el porcentaje restante es ocasionado por sobre esfuerzos en actividades domésticas (NIOSH, 1997). Por esta razón, solamente se considera el 52% de los operadores con TMEs, lo que representa un total de 13.52 operadores.

El cálculo del tamaño de muestra se lo realizará con la fórmula de “muestreo para la detección de enfermedad” provista por Enric Mateu y Jordi Casal de la Universidad Autónoma de Barcelona. Dicha fórmula considera 3 parámetros para obtener un tamaño de muestra: nivel de confianza, número de individuos en la población que padecen una enfermedad y tamaño de la población. La fórmula para el cálculo del tamaño de muestra se presenta a continuación:

$$n = \left[ 1 - (1 - a)^{\frac{1}{D}} \right] x \left[ D - \frac{(D-1)}{2} \right] \quad (1)$$

- a = Nivel de confianza (95%, recomendado por Sir Ronald Fisher)
- D = Número de individuos afectados en la población
- N = Tamaño de la población. (Mateu & Casal, 2003)

Por lo cual el tamaño de muestra es:

$$n = \left[ 1 - (1 - 0.95)^{\frac{1}{13.52}} \right] x \left[ 137 - \frac{(13.52 - 1)}{2} \right]$$

$n = 25.98 \simeq 30$

### 2.11 Establecimiento de criterios para la selección de la muestra

Para seleccionar una muestra representativa de la población es importante considerar todas las variables existentes dentro de la misma. Al considerar todas las variables involucradas se tiene un mejor criterio para realizar la selección y de igual manera se evita que los resultados se vean afectados por el sesgo producido por los experimentadores (Montgomery, 2002). Las variables que se encuentran dentro de la población objetivo son las siguientes:

- Tipo de grúa
- Turno de trabajo (1er y 2do turno)
- Número de grúas por cada tipo de grúa (MH/QC/RTG)
- Número de operadores

La combinación de variables dificulta la selección de individuos para conformar la muestra, por tal razón es importante determinar un método de selección adecuado que permita obtener una muestra representativa. Para reducir el número de variables se realizará lo siguiente:

- Asumir que las grúas del mismo tipo son idénticas
- Seleccionar el mismo número de operadores para el 1er y 2do turno
- Seleccionar el mismo número de operadores por cada tipo de grúa

## 3. Resultados y Discusión

A continuación se presentan los resultados obtenidos por las distintas herramientas de evaluación ergonómica (Lista de Identificación Inicial, Checklist OCRA, Autovaloración de Condiciones, Análisis de Posturas Forzadas). Para la implementación de las herramientas anteriormente mencionadas se solicitó la participación de un representante de cada tipo de grúa (MH/RTG/QC) para que evalúe y analice las condiciones de su puesto de trabajo, que en este caso se aplica al diseño de las cabinas en donde el operador desempeña su jornada laboral. Esto se lo

realizó para analizar los factores de riesgo que afectan a cada tipo de grúa.

Posteriormente se obtuvieron los resultados de los cuestionarios Vernon & Oswestry para evidenciar la existencia de problemas en zona lumbar y cervical. Para la recolección de estos datos participaron los operadores que forman parte de la muestra de los turnos de la mañana y la tarde. Los mismos fueron seleccionados de manera aleatoria del total de operadores de los distintos tipos de grúas. De igual manera se establecieron los niveles de riesgo de acuerdo a los métodos RULA y REBA con los resultados obtenidos de los participantes de la población.

### 3.1 Lista de Identificación Inicial de Riesgos

Para la elaboración de esta lista se realizó la agrupación de puestos que presentan características semejantes (INSHT, 2002). Este estudio define como puesto similar a las cabinas de las grúas del mismo tipo, razón por la cual se aplicó esta lista a un representante de cada tipo de grúa (MH/RTG/QC). Se aplicó esta herramienta de manera aleatoria a cada uno de los operadores de cada tipo de grúa de modo personal en el transcurso de su jornada laboral.

Tras la aplicación de la lista de identificación inicial en cada tipo de grúa, se lograron evidenciar cuales son los factores más riesgosos para la salud del operador que se mencionan dentro de esta herramienta. Cada apartado de la evaluación posee un número distinto de preguntas, las cuales pueden ser respondidas con: (Sí /No /No Aplica), dependiendo el caso (INSHT, 2002).

Para este tipo de evaluación se tomó en cuenta el porcentaje de las repuestas de cada ítem que aumentan el nivel de riesgo ergonómico. Por lo cual un índice elevado en los apartados analizados evidencia la influencia negativa que este tiene sobre el operador (INSHT, 2002). En la Tabla No.9 se presentan los porcentajes obtenidos para cada una de las grúas.

Tabla No.9: Resultados Lista de Identificación Inicial de Riesgos



Apartados	Grúa: MH (%)	Grúa: RTG (%)	Grúa: QC (%)
Condiciones térmicas	0%	0%	0%
Ruido	0%	0%	0%
Iluminación	0%	0%	25%

Apartados	Grúa: MH (%)	Grúa: RTG (%)	Grúa: QC (%)
Calidad del ambiente interior	0%	0%	0%
Diseño del puesto de trabajo	14,28%	57,14%	57,14%
Trabajos con pantallas de visualización	14,28%	71,42%	85,71%
Posturas / Repetitividad	50%	75%	75%
Manipulación manual de cargas	0%	0%	0%
Fuerzas	0%	0%	0%
Carga mental	25%	75%	75%
Factores psicosociales	62,50%	75%	75%

Se puede observar que tanto las condiciones térmicas, ruido, manipulación de cargas, aplicación de fuerzas y calidad del ambiente interior no representan problemas para ninguna de las grúas (0%). Esto se debe a que el trabajo lo realiza el operador dentro de la cabina la cual cuenta con aire acondicionado (isotérmica), iluminación interna y además se encuentra insonorizada para evitar perjudicar el rendimiento del trabajador. Posteriormente se observó que la iluminación externa solo afecta a un 25% de los operadores de grúas QC, ya que a ciertas horas el reflejo del sol sobre el Río Guayas deslumbra a este tipo de operarios.

Debido a que ninguno de los operadores debe aplicar fuerzas excesivas ni manipular cargas cuando están operando las grúas, la manipulación de cargas y la aplicación de fuerzas se encuentran nulas en los 3 tipos de grúas (0%).

En lo que se refiere al diseño del puesto de trabajo los operadores de las grúas RTG y QC presentan un mayor porcentaje (57.14%) de incomodidad dentro del puesto de trabajo en relación al (14.2%) de las MH. Esto se debe por la falta de espacio en el puesto de trabajo (cabina), ya que este diseño no les permite adoptar una postura de trabajo cómoda durante la manipulación de la grúa.

En lo que se respecta a los trabajos con pantallas de visualización, se observa que la grúa QC presenta el índice más elevado (85.7%), ya que poseen un mayor número de paneles laterales de operación en relación con las grúas RTG y MH.

Para el apartado de posturas y repetitividad se observa que la grúa RTG y QC presentan los mismos porcentajes ya que la cantidad de movimientos que realizan durante la operación de carga y descarga de contenedores es similar. Además este tipo de grúas presentan una utilización mayor para la ejecución de distintas actividades portuarias. A diferencia de la grúa MH en la cual el trabajador presenta un diseño de cabina distinto en el cual no se ve forzado a flexionar en exceso las regiones del cuello y tronco.

Dentro del apartado de carga mental se muestra que tanto los operadores RTG y QC vuelven a presentar los porcentajes más elevados, debido a que realizan un mayor número de operaciones diarias. Esto se debe a que las grúas QC y RTG presentan una mayor tasa de utilización para las operaciones de almacenaje de contenedores dentro del puerto, por lo cual la atención requerida es elevada, aumentando la carga mental de este tipo de operadores.

Finalmente en el apartado de factores psicosociales se observó que los porcentajes son elevados para todos los tipos de grúas, difiriendo en menor cantidad en el caso de las grúas MH. Esto se debe a que en ninguno de los 3 tipos de grúas los operadores pueden elegir el ritmo de trabajo ni la cantidad de descansos requeridos (ICTSI, 2016).

### 3.2 Encuesta de Autovaloración de las Condiciones de Trabajo

Debido a que las grúas del mismo tipo tienen características similares y la encuesta está enfocada al puesto de trabajo y no a los operadores, solamente fue necesario realizar 3 encuestas de autovaloración. Se realizó una encuesta por cada tipo de grúa (MH, RTG, QC), las mismas fueron seleccionadas aleatoriamente. Las encuestas fueron respondidas por los operadores de las grúas seleccionadas en conjunto con el apoyo del personal de seguridad industrial.

Se consideraron 13 de las 16 categorías incluidas en la encuesta. Las categorías que no se consideraron fueron: máquinas y equipo, espacio y mapa de riesgos. Esto se debe a que las preguntas incluidas en estos apartados no tienen relación con el objetivo del estudio. Por la misma razón se eliminaron ciertas preguntas incluidas en las 13 categorías consideradas.

De acuerdo al INSHT (2002), cada pregunta tiene 2 opciones de respuesta: Sí y No. Por lo cual, para resumir los resultados se consideró el porcentaje de respuestas negativas en cada una de las categorías. Para una respuesta negativa se asume que existe una condición desfavorable, por lo cual un porcentaje elevado quiere decir que la categoría tiene una influencia negativa para el trabajador. En la Tabla No.10: se presentan los porcentajes obtenidos para cada una de las grúas (INSHT, 2002).

Se puede apreciar que en 8 de las 13 categorías se tiene el mismo porcentaje de respuestas negativas para todas las grúas (manipulación, vibraciones, condiciones termohigrométricas, fatiga física, jornada, ritmo, empresa y EPPs), de las cuales 3 presentan un valor elevado (fatiga física, jornada y ritmo). Esto quiere decir que en las 3 grúas existe un exceso de fatiga, inconformidad con los periodos de descanso y alta carga laboral.

De igual manera se puede apreciar que la grúa RTG tiene mayores porcentajes en 4 categorías (carga mental, puesto de trabajo, daños a la salud y síntomas por trabajo) en comparación con las demás grúas. Lo cual significa que los periodos de recuperación entre jornadas son muy cortos, el puesto de trabajo no es cómodo, no se provee información sobre las posibles enfermedades que se pueden desarrollar en el

puesto de trabajo y la fatiga tiene influencia en la vida personal del trabajador.

Tabla No.10: Resultados Encuesta de Autovaloración de las Condiciones de Trabajo

Categoría	(%) MH	(%) QC	(%) RTG
Manipulación / Transporte	9.09%	9.09%	9.09%
Vibraciones	33.33%	33.33%	33.33%
Iluminación	14.29%	0.00%	0.00%
Condiciones termohigrométricas	0.00%	0.00%	0.00%
Fatiga física	40.00%	40.00%	40.00%
Carga mental	0.00%	0.00%	20.00%
Puesto de trabajo	11.11%	22.22%	44.44%
Jornada	66.67%	66.67%	66.67%
Ritmo	40.00%	40.00%	40.00%
Daños a la salud	25.00%	25.00%	50.00%
Empresa	33.33%	33.33%	33.33%
EPP	0.00%	0.00%	0.00%
Síntomas por trabajo	0.00%	20.00%	40.00%

De igual manera se puede apreciar que la grúa QC tiene 2 categorías (puesto de trabajo, síntomas por trabajo) con porcentaje superior a la MH, lo cual quiere decir que la grúa MH tiene la menor cantidad de respuestas negativas. Sin embargo dicha grúa es la única que presenta problemas en la categoría de iluminación, lo cual se debe a que es una grúa móvil. Por otro lado se obtuvo que las condiciones termohigrométricas y los equipos de protección personal (EPPs) no afectan de forma negativa al trabajador.

### 3.3 Checklist OCRA

Se realizó este Checklist de manera aleatoria a un representante de cada tipo de grúa para determinar el riesgo asociado a los movimientos repetitivos de los miembros superiores (hombro, codo, muñeca, mano, dedos) (Buckley, 2015). La aplicación de esta herramienta se lo realizó de manera personal junto con los operadores durante su jornada laboral.

Este tipo de lista de verificación analiza distintos factores que incrementan el índice de riesgo total OCRA. Dependiendo del tipo de grúa, cada factor cuenta con una valoración distinta dependiendo del nivel de afectación evidenciado sobre cada operador (Malchaire, 2012). Para la realización de este análisis se utilizó la plantilla de Evaluación OCRA provista por el INSHT. En la Tabla No.11: se presentan las valoraciones obtenidas para cada una de las grúas.

Tabla No.11: Resultados Checklist OCRA

Factores de Riesgo	Valoración MH	Valoración RTG	Valoración QC
Periodos de recuperación insuficientes.	6	10	10
Frecuencia de movimientos	4,5	4,5	4,5
Aplicación de Fuerza	4	8	8
Posturas Forzadas	7	11	11
- Hombro	1	1	1
- Codo	4	8	8
- Muñeca	4	8	8
- Mano - Dedos	4	8	8
- Estereotipo	3	3	3
Factores de Riesgo Complementarios	2	2	2
Factor Duración	0,5	0,95	0,95
Índice de Riesgo Total	11,75	33,73	33,73

En primera instancia se analizó si el periodo de recuperación es insuficiente, dentro de este factor se observó que la grúa RTG y QC presentan los niveles máximos de calificación, ya que no existen pausas reales excepto pequeñas interrupciones durante la jornada laboral.

En lo que refiere a la frecuencia de movimientos los 3 tipos de grúas presentan la misma valoración, ya que realizan movimientos dinámicos lentos del brazo y realizan acciones estáticas durante casi todo el ciclo de trabajo al ejecutar las operaciones de carga y descarga de contenedores. En lo que respecta a la aplicación de fuerza, se hace referencia a la acción de tirar o empujar palancas, pulsar botones y manipular

componentes para levantar objetos (Malchaire, 2012).

Las valoraciones de las grúas RTG y QC son el doble de la MH. A pesar de que la fuerza aplicada es la misma en las 3 grúas, la MH solo aplica este nivel de fuerza aproximadamente durante la mitad del tiempo de trabajo, en comparación con las otras 2 grúas en las cuales aplican esta fuerza casi todo el tiempo de operación durante la jornada de 8 horas.

En lo que se refiere a posturas forzadas las grúas RTG y QC igualmente obtuvieron los puntajes más altos evidenciando lo encontrado en la lista de identificación inicial de riesgos, en donde la sección de posturas forzadas es superior debido a la mayor utilización que presentan este tipo de grúas y el diseño distinto de cabinas que poseen. Dentro de este factor se analizan los distintos miembros superiores que se ven afectados, en los cuales se observa que el codo, muñeca, mano y dedos son los que presentan un índice de afectación mayor. Esto también sucede en las grúas MH pero en menor grado de severidad debido a un menor uso de este tipo de maquinaria dentro de las operaciones de carga y descarga del puerto.

Posteriormente se observa que en lo que respecta a los factores de riesgo complementarios, para las 3 grúas se considera como agravante al hecho de la existencia del factor vibración, el cual afecta al índice total. Para el factor de duración del periodo de trabajo se identificó que las grúas RTG y QC presentan la misma valoración, esto se debe a que poseen similar duración de movimiento, igual número pausas no planeadas e igual cantidad de tareas no repetitivas, debido a que su utilización dentro de las actividades del puerto es mayor en comparación a las de las grúas MH.

Finalmente tras identificar las valoraciones de cada factor se puede establecer el índice de riesgo OCRA total sumando todos los factores anteriormente analizados y multiplicándolos por el factor de duración (Malchaire, 2012). Estos puntajes finales tanto en la grúa RTG como en la QC presentan un valor que supera el nivel de riesgo (no aceptable - nivel alto) mientras que la grúa MH presenta un índice

que lo sitúa en la escala (no aceptable/ nivel leve).

### 3.4 Evaluación de Riesgos por Posturas Forzadas (INSHT)

La evaluación se la realizó aleatoriamente en cada tipo de grúa y no en una muestra representativa de la población de operadores ya que posteriormente se utilizarán métodos de evaluación de carga postural más exactos (RULA y REBA). Lo que se busca determinar con esta evaluación es si existen o no posturas forzadas en las grúas MH, QC y RTG de forma general (evaluar el puesto de trabajo). Las evaluaciones fueron realizadas mediante observación por los experimentadores, con la ayuda de los operadores de las grúas y el personal de seguridad industrial.

Los resultados de las evaluaciones se basan en el número de repeticiones por minuto y en el ángulo de los distintos segmentos corporales (tronco, brazos y cuello) al realizar la carga y descarga de contenedores. De igual manera se consideró si se mantienen posiciones estáticas durante el ciclo de trabajo. En la Tabla No.12 se presentan los resultados de la evaluación rápida de posturas forzadas, donde “NA” representa una valoración no aceptable, “AC” una valoración aceptable solamente si se la realiza por un corto tiempo y “A” una valoración aceptable.

Tabla No.12: Resultados Evaluación de Riesgos por Posturas Forzadas

Zona Corporal	Postura	Valoración		
		MH	QC	RTG
Tronco	Flexión / Extensión	A	NA	NA
	Flexión lateral	A	A	A
	Torsión	A	AC	AC
Brazos	Flexión / Extensión	A	A	NA
	Abducción	A	A	NA
Cuello	Línea de visión	NA	NA	NA
	Flexión lateral	AC	AC	AC
	Torsión	A	AC	AC

Se obtuvo que la grúa RTG es la que tiene una mayor cantidad de riesgo debido a posturas forzadas y movimientos repetitivos. Se puede apreciar que la flexión del tronco y brazos, abducción de los brazos y la línea de visión del cuello tienen una valoración no aceptable. De igual manera se obtuvo que la grúa QC presenta valoraciones no aceptables en la flexión del cuello y espalda. Finalmente, se obtuvo que la grúa MH es la que presenta el menor riesgo, donde solamente se tiene una valoración no aceptable en la línea de visión del cuello.

Por otro lado se obtuvo que la flexión lateral del tronco es aceptable para los 3 tipos de grúa y que la flexión/extensión y abducción de los brazos es aceptable para las grúas MH y QC. Además se puede decir que las valoraciones con resultado “Aceptable con Condiciones” en realidad representan una condición no aceptable ya que el tiempo de exposición no es corto. Finalmente, se determinó que es necesaria la aplicación de un método de evaluación más complejo debido a los resultados obtenidos mediante la evaluación rápida de posturas forzadas. Razón por la cual se confirma la necesidad de utilizar los métodos RULA y REBA.

### 3.5 Cuestionarios de dolor Vernon-Mior (cuello) y Oswestry (espalda baja)

Los dos cuestionarios fueron realizados simultáneamente de manera aleatoria a todos los operadores que forman parte de la muestra de 30 participantes. Esto se efectúa de esta manera ya que se busca evidencia estadística que represente las condiciones de la zona lumbar y cervical de toda la población de operadores de los 3 tipos de grúas existentes dentro del puerto.

Una vez aplicados los cuestionarios se procedió a tabular los datos para que puedan ser analizados. Primeramente se obtuvieron los porcentajes de incidencia para cada sección, para finalmente obtener el índice de discapacidad que presentan los operadores de cada tipo de grúa. El objetivo de dicho análisis es determinar si existen problemas de cuello o espalda en los operadores de grúa. Ambos cuestionarios presentan en la primera sección la intensidad del dolor, la cual consta de 6 categorías. Para el análisis se consideró

solamente los operadores que seleccionaron las categorías 3, 4, 5 o 6. Esto se debe a que en las categorías 1 y 2 el dolor de cuello o espalda es leve o inexistente.

Los resultados de la encuesta Vernon-Mior se presentan en la Tabla No.13, donde se puede ver que el (57%) de los operadores encuestados presentan dolor significativo en el área cervical. De igual manera se obtuvo que la vida personal de los operadores se ve afectada por el dolor en el cuello, donde la acción de manejar un vehículo tiene el mayor porcentaje (53%).

Tabla No.13: Resultados encuesta Vernon-Mior

SECCIONES	OPERADORES	PORCENTAJE
Intensidad del Dolor	17	57%
Manejar	16	53%
Levantar Objetos	14	47%
Lectura	12	40%
Dormir	11	37%
Cuidado Personal	10	33%
Dolores de Cabeza	10	33%
Trabajo	7	23%
Recreación	6	20%
Concentración	5	17%

Por otro lado, los resultados de la encuesta Oswestry se presentan en la Tabla No.14, donde se puede ver que el (53%) de los operadores encuestados presentan dolor significativo en el área lumbar. Al igual que en la encuesta Vernon-Mior, el dolor en la espalda afecta la vida personal de los operadores, especialmente al momento de caminar (57%). Además se puede ver que en el (63%) de los casos el dolor de espalda empeora con el tiempo, y si existen mejoras se producen lentamente.

Tabla No.14: Resultados Encuesta Oswestry

SECCIONES	OPERADORES	PORCENTAJE
Cambios en Grado del Dolor	19	63%
Caminar	17	57%
Intensidad del Dolor	16	53%
Sentarse	14	47%
Vida Social	14	47%
Viajar	14	47%
Levantar Objetos	10	33%
Dormir	9	30%
Cuidado Personal	6	20%
Estar de Pie	6	20%

Posteriormente se calculó el índice de discapacidad de cuello y espalda baja utilizando los resultados de las encuestas de Vernon-Mior y Oswestry.

Los resultados de incapacidad para el cuello oscilan entre (10% - 50%) Lo cual quiere decir que los operadores tienen un elevado porcentaje de incapacidad, ya que desde (10%) se considera una discapacidad leve y desde (50%) una discapacidad severa (Mior, 1991).

El mismo caso se presenta para el porcentaje de incapacidad de espalda baja ya que los porcentajes oscilan entre (6%) y (56%), lo cual significa que la mayoría de los operadores presentan cierto nivel de discapacidad.

De los 30 operadores encuestados, solamente 2 se encuentran por debajo del límite de discapacidad leve, lo cual quiere decir que el (93.33%) de los operadores de la muestra presentan un nivel de discapacidad desde leve hasta severo. En la tabla No.15 se presenta un promedio de los resultados de los porcentajes de discapacidad de cuello y espalda baja para las distintas grúas.

Tabla No.15: Promedios de Resultados de % de discapacidad cuello-espalda baja

	Número de Operadores	% Índice Discapacidad Oswestry	% Índice Discapacidad Vernon
MH	5	22.80%	18.40%
QC	13	29.85%	25.85%
RTG	12	29.50%	28.17%

### 3.6 Resultados Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

A continuación se presentan los resultados obtenidos mediante el método RULA para las grúas MH, QC y RTG. Para cada grúa primero se presenta la puntuación total y el nivel de acción. Posteriormente se presentan los resultados de los Grupos A y B, al igual que el uso de la fuerza y el tipo de actividad. Finalmente se entra en detalle al presentar los resultados de los segmentos corporales que conforman el Grupo A (brazo, antebrazo, muñeca) y el Grupo B (cuello, tronco, piernas).

### 3.6.1 Grúa MH (Mobile Harbour)

La evaluación aplicada a los operadores de grúa MH determinó que el (80%) obtuvo un puntaje total de 5-6 y se encuentra dentro del nivel de actuación 3, lo que representa el segundo nivel más alto del método RULA. Esto quiere decir, que es necesaria una investigación de mayor profundidad y que se deben realizar cambios en un futuro próximo (McAtamney, 1993). El otro (20%) de los operadores obtuvo un puntaje total de 3-4 y se encuentra dentro del nivel de actuación 2, lo cual significa que es necesaria una investigación y que podría ser necesario realizar cambios en el puesto de trabajo (McAtamney, 1993). En la Tabla No.16 se presentan los resultados obtenidos mediante el método RULA.

Tabla No.16: Puntaje Total (MH)

Operador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Grupo A	3	2	2	3	3	2	2	3	2	3
Grupo B	5	6	5	2	5	5	5	5	5	3
Puntaje C	4	3	3	4	4	3	3	4	3	4
Puntaje D	6	7	6	3	6	6	6	6	6	4
Total	6	6	5	3	6	5	5	6	5	4

Se observa que las puntuaciones del Grupo A y Grupo B se encuentran en el rango de 2 a 6. Dentro de ambos grupos se determinó que la actividad muscular no influye en los puntajes C y D ya que se obtiene un valor de 0 en actividad muscular al no manejarse cargas mayores a 2kg. Esto quiere decir que las puntuaciones obtenidas se deben netamente a posturas forzadas. Por otro lado se puede ver que ambos grupos se ven afectados por el tipo de actividad realizada en el puesto de trabajo (estática). Esto incrementa el puntaje de ambos

grupos en 1 y se debe a que los operadores permanecen gran mayoría del tiempo en una misma posición, sin existir mucha movilidad.

Dentro del Grupo A se incluyen los siguientes segmentos corporales: brazos, antebrazos y muñecas. En las Tablas No.17 y No.18 se presentan los resultados individuales de cada uno.

En el caso de los operadores de MH se puede ver que el 80% de los operadores presentan una flexión de brazo con puntaje 1, lo cual quiere decir que la flexión/extensión es menor o igual a 20°. Sin embargo los ángulos de flexión/extensión de brazo de los operadores de MH oscilaron entre 16.1°-28° (Ver Figura No.1). Este puntaje puede incrementarse si los hombros del operador están elevados o si los brazos se encuentran abducidos, o puede reducirse si existe un punto de apoyo para los brazos (Ver Figura No.2). Sin embargo el tipo de actividad no causa que los operadores deban adoptar estas posturas, razón por la cual el puntaje no se incrementa. De igual manera se debe mencionar que el puntaje de los brazos no se disminuye debido a que los operadores no utilizan los reposa brazos disponibles en la grúa.

Tabla No.17: Puntuaciones Brazo y Antebrazo (MH)

Operadores	Flexión Mod.		Flexión Mod.	
	Brazo	Brazo	Antebrazo	Antebrazo
1	1	0	1	1
2	1	0	2	1
3	1	0	2	1
4	2	0	2	1
5	2	0	2	1
6	1	0	1	1
7	1	0	2	1
8	1	0	1	1
9	1	0	1	1
10	1	0	1	1

Tabla No.18: Puntuaciones Muñeca (MH)

Operadores	Flexión	Desviación	Giro
	Muñeca	Muñeca	Muñeca
1	3	1	1
2	2	0	1
3	2	0	1
4	2	0	1
5	2	0	1
6	2	0	1
7	2	0	1
8	2	1	1
9	2	0	1
10	2	1	1

En lo que se refiere al antebrazo, se puede ver que el (50%) de los operadores presentan una puntuación de 2 en la flexión de este segmento corporal y el otro (50%) una puntuación de 1. Esto quiere decir que la flexión es mayor a  $100^\circ$  o menor a  $60^\circ$  para el primer caso y que la flexión se encuentra entre  $60^\circ$  y  $100^\circ$  para el segundo caso. Sin embargo para el caso de los operadores de grúa MH los ángulos de flexión oscilaron entre  $50^\circ$ - $76^\circ$  (Ver Figura No.1). Además, se debe apreciar que el puntaje se incrementa en 1 para todos los operadores debido a que el antebrazo está trabajando a los costados del cuerpo, lo cual se debe al uso de palancas para manejar la grúa.

Para la puntuación de las muñecas (Tabla No.18) se debe considerar la flexión/extensión, la desviación radial/cubital y el rango de giro. Para el caso de la flexión/extensión se puede ver que el (90%) de los operadores presenta un puntaje de 2 y el (10%) un puntaje de 3. Esto quiere decir que la flexión de la muñeca se encuentra entre  $0^\circ$ - $15^\circ$  para el primer caso y mayor a  $15^\circ$  para el segundo caso. Sin embargo los operadores de grúa MH presentaron ángulos de flexión de muñeca que oscilan entre  $7^\circ$ - $19^\circ$  (Ver Figura No.3). Para el caso de la desviación radial/cubital de la muñeca, se puede ver que solamente el (30%) de los operadores presentaron un incremento de 1 en el puntaje por este factor. Lo cual quiere decir que estos operadores operan la grúa de manera distinta a los demás. En lo que se refiere al giro de la muñeca, todos los operadores tuvieron un incremento de 1 en la puntuación, ya que debido a la actividad realizada el giro de la muñeca en rango medio es inevitable (Ver Figura No.4).

Por otro lado, dentro del Grupo B se incluyen los siguientes segmentos corporales: piernas, tronco y cuello. En la Tabla No.19 se presentan los resultados individuales de cada uno.

Tabla No.19: Puntuaciones Cuello / Tronco / Piernas (MH)

Operadores	Flexión	Giro	Flexión	Giro	Piernas
	Cuello	Cuello	Tronco	Tronco	
1	3	1	2	0	1
2	3	1	3	0	1
3	3	1	2	0	1
4	1	1	2	0	1
5	3	1	2	0	1
6	3	1	2	0	1
7	3	1	2	0	1
8	3	1	2	0	1
9	3	1	2	0	1
10	2	1	2	0	1

En el caso de los operadores de grúa MH se puede ver que el (80%) presenta un puntaje de 3 en la flexión del cuello, el cual es el puntaje más alto en flexión de cuello ya que el puntaje de 4 se refiere a una extensión de cuello. Esta puntuación representa un ángulo de flexión mayor a  $20^\circ$  con respecto a la vertical. Sin embargo los ángulos de flexión de cuello de los operadores de grúa MH son superiores, oscilan entre  $6^\circ$ - $34^\circ$  (Ver Figura No.5). De igual manera se debe considerar los movimientos laterales que realiza el cuello, ya que la puntuación de todos los operadores incrementa en 1 debido al giro del cuello (Ver Figura No.6). Además se debe mencionar que en esta grúa no se produce torsión del cuello ya que los operadores pueden girar la grúa lo cual evita la necesidad de efectuar una torsión.

Para el caso del tronco, se determinó que el (90%) de los operadores presentan una puntuación de 2 en la flexión de tronco, el cual es el puntaje más alto sin considerar la extensión de tronco. Esta puntuación representa un ángulo de flexión entre  $20^\circ$ - $60^\circ$ . Sin embargo los ángulos de flexión de los operadores de grúa MH oscilaron entre  $11^\circ$ - $32^\circ$  (Ver Figura No.7). Además se debe mencionar que el giro y torsión del tronco no incrementaron el puntaje de los operadores de la grúa MH, ya que como se explicó

anteriormente, este tipo de grúa evita la necesidad de realizar giros con el cuerpo, lo cual representa un beneficio para los operadores.

Por otro lado, se determinó que todos los operadores presentan una puntuación de 1 en la postura de las piernas. Esto quiere decir que la posición en la que se encuentran los operadores permite que tanto las piernas como los pies tengan un soporte adecuado. Esto significa que la mayoría del puntaje del Grupo B se debe al cuello y tronco ya que las extremidades inferiores solamente contribuyen con 1 punto al puntaje total, lo cual genera la necesidad de enfocarse en la zona cervical y lumbar para la disminución de riesgo.

### 3.6.2 Grúa QC (Quay Crane)

La evaluación aplicada a los operadores de grúa QC determinó que el (50%) de los operadores obtuvo un puntaje total de 7, lo que representa el puntaje mayor del método RULA. Este puntaje representa un nivel de actuación de 4, lo cual quiere decir que se requiere inmediatamente una investigación y cambios para disminuir el nivel de riesgo (McAtamney, 1993) (Ver Figura No.8). El otro (50%) de los operadores de grúa QC obtuvo un puntaje total de 6, lo que representa un nivel de actuación de 3. Esto quiere decir que es necesaria una investigación y cambios en el puesto de trabajo en un futuro próximo (McAtamney, 1993). En la Tabla No.20 se presentan los resultados obtenidos mediante el método RULA.

Tabla No.20: Puntaje Total (QC)

Operador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Grupo A	5	2	3	4	5	4	3	4	3	3
Grupo B	6	6	6	7	7	6	7	6	6	6
Puntaje C	6	3	4	5	6	5	4	5	4	4
Puntaje D	7	7	7	8	8	7	8	7	7	7
Total	7	6	6	7	7	6	7	7	6	6

Se puede observar que las puntuaciones del Grupo A y Grupo B se encuentran en el rango de 2 a 7. Se puede ver que los puntajes del Grupo B (cuello, tronco, piernas) únicamente tienen valores de 6 y 7. Dentro de ambos grupos se determinó que la actividad muscular no influye en el puntaje total, ya que se

obtiene un valor de 0 para todos los operadores al no trabajar con cargas mayores a 2kg. Esto quiere decir, que el puntaje total obtenido se debe en su mayoría a posturas forzadas adoptadas al momento de desarrollar la jornada laboral. El factor que si tiene influencia en los puntajes C y D es el tipo de actividad realizada, ya que una actividad estática incrementa las puntuaciones del Grupo A y Grupo B en 1 (McAtamney, 1993). El tipo de actividad incrementa el puntaje de todos los operadores y se debe a los tiempos prolongados que los operadores deben permanecer en una misma posición.

Dentro del Grupo A se incluyen los siguientes segmentos corporales: brazos, antebrazos y muñecas. En las Tablas No.21 y No.22 se presentan los resultados individuales de cada uno.

En el caso de la flexión del brazo se determinó que un (70%) de los operadores presenta un puntaje de 2, lo que representa una flexión entre 20° y 45° o una extensión mayor a 20°. Sin embargo los ángulos de flexión de brazo para los operadores de grúa QC oscilaron entre 16°-42° (Ver Figura No.9). En lo que se refiere a la modificación del puntaje del brazo, se determinó que todos los operadores obtienen un incremento de 1 en la puntuación debido a la abducción del brazo. Sin embargo la puntuación se reduce en 1 debido a que la grúa QC dispone de reposa brazos que son utilizados por todos los operadores (Ver Figura No.10). Esto quiere decir que mantener los hombros elevados es el único factor que incrementa el puntaje de los brazos. Para el caso de la grúa QC solamente el (20%) de los operadores presentan esta postura al momento de trabajar.



Tabla No.21: Puntuaciones Brazo y Antebrazo (QC)

Operadores	Flexión Mod.		Flexión Mod.	
	Brazo	Brazo	Antebrazo	Antebrazo
1	3	0	2	0
2	1	0	1	0
3	2	0	1	0
4	2	0	1	0
5	2	1	2	0
6	2	1	1	0
7	2	0	1	0
8	3	0	2	0
9	2	0	2	0
10	2	0	1	0

Tabla No.22: Puntuaciones Muñeca (QC)

Operadores	Flexión	Desviación	Giro
	Muñeca	Muñeca	Muñeca
1	3	1	1
2	3	0	1
3	3	0	1
4	3	1	1
5	3	1	1
6	2	1	1
7	3	0	1
8	3	0	1
9	2	0	1
10	2	0	1

En lo que se refiere a la flexión del antebrazo, se determinó que un (60%) de los operadores presenta un puntaje de 1, lo que significa una flexión entre 60°-100°. Sin embargo los ángulos de flexión de brazo para los operadores de grúa QC oscilaron entre 78°-98° (Ver Figura No.11). El bajo puntaje en lo que se refiere a la flexión del antebrazo se debe al apoyo que tienen los operadores en el reposabrazos. Esto les permite mantener el ángulo de flexión en una posición fija y a su vez eliminar la necesidad de realizar movimientos laterales con el antebrazo. Por esta razón los puntajes del antebrazo de todos los operadores no se incrementan, pero a su vez incrementa el ángulo de flexión de las muñecas.

En el caso de la muñeca, se determinó que el (70%) de los operadores presentan una flexión de puntaje 3, lo cual representa un ángulo de flexión mayor a 15°. Sin embargo para el caso de los operadores de grúa QC los ángulos oscilaron entre 15°-36° (Ver Figura No.12). Como se mencionó anteriormente estos valores elevados de ángulos de flexión se deben a que al mantener estática la posición de los antebrazos se genera la necesidad de incrementar la flexión de las muñecas. Por otro lado, se determinó que el (40%) de los operadores presentan desviación (radial/cubital) en la muñeca, lo cual incrementa en 1 el puntaje. Sin embargo se puede decir que la mayoría de los operadores no presentan este problema, razón por la cual no obtienen el incremento en el puntaje. Además se debe mencionar que todos los operadores obtienen un incremento de 1 en la puntuación por el giro de la muñeca. Debido a la utilización de los mandos de control de la grúa, es inevitable el giro en rango medio de las muñecas.

Por otro lado, dentro del Grupo B se incluyen los siguientes segmentos corporales: piernas, tronco y cuello. En la Tabla No.23 se presentan los resultados individuales de cada uno.

En el caso del cuello se puede ver que el (100%) de los operadores tienen un puntaje de 3 en la flexión del cuello, lo cual representa el puntaje más alto en lo que se refiere a flexión. Esto significa que el ángulo de flexión del cuello es mayor a 20°. Sin embargo para el caso de los operadores de grúa QC el rango de flexión oscila entre 15°-38° (Ver Figura No.9). De igual manera se determinó que todos los operadores obtienen un incremento en la puntuación debido al giro o torsión del cuello, pero en ningún caso por ambas (Ver Figura No.13). La cabina de las grúas QC solamente se mueve hacia adelante y atrás, por lo cual para visualizar objetos que se encuentran a los costados es necesario girar el cuello o el tronco. Según lo que presentan los resultados, los operadores tienen una preferencia a girar el cuello en lugar del tronco, lo cual se ve reflejado en un incremento de 1 en la puntuación cervical (giro cuello).

Tabla No.23: Puntuaciones Cuello / Tronco / Piernas (QC)

Operadores	Flexión	Giro	Flexión	Giro	Piernas
	Cuello	Cuello	Tronco	Tronco	
1	3	1	3	0	1
2	3	1	3	0	1
3	3	1	3	0	1
4	3	1	4	0	1
5	3	1	3	1	1
6	3	1	3	0	1
7	3	1	4	0	1
8	3	1	3	0	1
9	3	1	3	0	1
10	3	1	3	0	1

En lo que se refiere a la flexión del tronco, se determinó que el (80%) de los operadores presentan una puntuación de 3, lo cual representa un ángulo de flexión entre 20°-60°. El (20%) restante presenta una puntuación de 4, lo cual significa un ángulo superior a 60°. Sin embargo para el caso de los operadores de grúa QC los ángulos de flexión oscilan entre 27°-60° (Ver Figura No.11). Por otro lado, se determinó que el giro y torsión de tronco no incrementan la puntuación total del tronco. Como se mencionó anteriormente los operadores prefieren girar el cuello en lugar del tronco, razón por la cual se disminuye el riesgo en la zona lumbar y se incrementa el riesgo en la zona cervical (Ver Figura No.13).

En lo que se refiere a las piernas, el riesgo no es mayor debido a que los operadores trabajan sentados. El puesto de trabajo permite situar las piernas y pies en posiciones adecuadas que minimizan el riesgo. Por esta razón todos los operadores obtuvieron el puntaje mínimo en las extremidades inferiores. Como se mencionó anteriormente, el no tener un puntaje elevado en las extremidades inferiores significa que el puntaje total se debe en gran parte al riesgo presente en cuello y espalda.

### 3.6.3 Grúa RTG (Rubber Tyred Gantry)

La evaluación aplicada a los operadores de grúa RTG determinó que el (90%) de los operadores presenta un puntaje total de 7, el mayor puntaje del método RULA. De igual manera este puntaje representa un nivel de

actuación de 4, lo cual quiere decir que se requiere inmediatamente una investigación y cambios para disminuir el nivel de riesgo (McAtamney, 1993). Como se puede apreciar la grúa RTG fue la grúa en la cual se obtuvo el máximo número de operadores con nivel de riesgo 4. En la Tabla No.24 se presentan los resultados obtenidos mediante el método RULA.

Tabla No.24: Puntaje Total (RTG)

Operador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Grupo A	5	7	7	7	7	4	7	8	5	4
Grupo B	7	6	8	8	8	8	8	7	6	6
Puntaje C	6	8	8	8	8	5	8	9	6	5
Puntaje D	8	7	9	9	9	9	9	8	7	7
Total	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6

Se puede ver que los puntajes del Grupo A y Grupo B se encuentran entre 5 y 8. Se puede apreciar que existe una gran diferencia en comparación con las demás grúas, en donde el rango comienza en 2 y su valor máximo es 7. Específicamente el Grupo B presenta puntuaciones extremadamente altas, ya que el (50%) de los operadores tiene una puntuación de 8 en el Grupo B (cuello, tronco, piernas). De igual manera se determinó que la actividad muscular no tiene influencia en la puntuación C y D, razón por la cual se puede decir que los puntajes elevados se deben netamente a posturas forzadas. Por otro lado, se determinó que todos los operadores tienen un incremento en la puntuación debido al tipo de actividad realizada en el puesto de trabajo, ya que la actividad estática incrementa en 1 el puntaje del Grupo A y Grupo B.

Dentro del Grupo A se incluyen los siguientes segmentos corporales: brazos, antebrazos y muñecas. En las Tablas No.25 y No.26 se presentan los resultados individuales de cada uno.

Tabla No.25: Puntuaciones Brazo y Antebrazo (RTG)

Operadores	Flexión Mod.		Flexión Mod.	
	Brazo	Brazo	Antebrazo	Antebrazo
1	2	1	1	1
2	3	1	1	1
3	3	1	1	1
4	3	1	1	1
5	3	1	1	1
6	2	1	1	1
7	3	1	1	1
8	2	1	2	1
9	3	1	2	1
10	3	1	1	1

Tabla No.26: Puntuaciones Muñecas (RTG)

Operadores	Extensión	Desviación	Giro
	Muñeca	Muñeca	Muñeca
1	3	1	1
2	3	1	1
3	3	1	1
4	3	1	1
5	3	1	1
6	3	0	1
7	3	1	1
8	3	1	1
9	2	1	1
10	2	1	1

En el caso de la flexión del brazo, se determinó que el (70%) de los operadores presenta un puntaje de 3, lo cual representa un ángulo de flexión entre 45° -90°. Sin embargo el ángulo de flexión de los operadores de grúa RTG osciló entre 41°-85° (Ver Figura No.14). De igual manera se determinó que la puntuación del brazo se incrementa por la abducción, lo cual sucede en el (100%) de los operadores y se debe al uso de las palancas para el manejo de la grúa (Ver Figura No.15). Además se debe considerar que este tipo de grúa no dispone de reposabrazos, razón por la cual el trabajador se ve obligado a mantener una postura estática para operar.

En referencia a la flexión del antebrazo se determinó que el (80%) de los operadores presenta un puntaje de 1, lo cual representa

una flexión entre 60°-100°. Sin embargo el ángulo de flexión de los operadores de grúa RTG osciló entre 61°-93° (Ver Figura No.16). Además se determinó que todos los operadores presentan un incremento en el puntaje debido a los movimientos laterales que debe realizar el antebrazo para operar la grúa. Al tener las palancas de control a los costados, es inevitable realizar movimientos que incrementen el riesgo presente en los antebrazos.

En el caso de la extensión de muñecas se determinó que el (80%) de los operadores presenta un puntaje de 3, lo cual significa un ángulo de extensión mayor a 15°. Sin embargo el ángulo de extensión de los operadores de grúa RTG osciló entre 18°-38° (Ver Figura No.17). De igual manera la desviación (radial/cubital) de la muñeca incrementó el puntaje del (90%) de los operadores. Esto quiere decir que la grúa RTG es la que presenta mayores problemas en lo que se refiere a muñecas, lo cual se complementa con el hecho de que todos los operadores también reciben un incremento en el nivel de riesgo debido al giro de muñeca de rango medio realizado para operar la grúa. Además, al no tener un apoyo de brazos o espalda, se incrementa la posibilidad de adoptar una posición que promueva la mala postura de muñecas.

Por otro lado, dentro del Grupo B se incluyen los siguientes segmentos corporales: piernas, tronco y cuello. En la Tabla No.27 se presentan los resultados individuales de cada uno.

Tabla No.27: Puntuaciones Cuello / Tronco / Piernas (RTG)

Operadores	Flexión	Giro	Flexión	Giro	Piernas
	Cuello	Cuello	Tronco	Tronco	
1	3	2	3	0	1
2	3	1	3	0	1
3	3	2	4	1	1
4	3	2	3	1	1
5	3	2	4	0	1
6	3	2	3	2	1
7	3	2	4	0	1
8	3	1	4	1	1
9	3	1	3	0	1
10	3	1	3	0	1

En el caso de la flexión del cuello se determinó que el 100% de los operadores presenta un puntaje de 3, lo cual representa un ángulo de flexión superior a 20°. Sin embargo para el caso de los operadores de grúa RTG los ángulos de flexión oscilaron entre 22° -37° (Ver Figura No.18). De igual manera se determinó que el 100% de los operadores tiene un incremento en la puntuación del cuello debido al giro y torsión del cuello (Ver Figura No.19). Específicamente el 60% de los operadores presenta tanto giro como torsión de cuello y el 40% de los operadores solo presenta una de las 2. La grúa RTG se puede desplazar lateralmente, a diferencia de la grúa QC que solamente se desplaza hacia adelante o atrás. Debido al desplazamiento lateral los operadores efectúan giros y torsiones de cuello para incrementar la visibilidad (Ver Figura No.20). Esto quiere decir que en ciertos casos el puntaje total del cuello será de 5, razón por la cual se justifican los elevados puntajes totales para la grúa RTG.

En referencia a la flexión del tronco se determinó que el (40%) de los operadores presenta un puntaje de 4, lo cual representa un ángulo de flexión superior a 60°. El (60%) restante presenta un puntaje de 3, lo cual representa un ángulo entre 20°-60°. Sin embargo para el caso de los operadores de grúa RTG los ángulos de flexión oscilaron entre 40°-75° (Ver Figura No.16). Además se puede ver que la cantidad de operadores con puntaje 4 en flexión de tronco se incrementó al doble en comparación con la grúa QC. De igual manera la cantidad de operadores con puntaje por giro/torsión de tronco se incrementó. Para la grúa RTG el 40% de los operadores presentan un incremento en el puntaje total debido a movimientos laterales. Por tales razones se justifica que todos los operadores de grúa RTG hayan alcanzado el puntaje máximo del método RULA.

En el caso de las extremidades inferiores, al igual que en las demás grúas existe un apoyo adecuado para las piernas y pies de los operadores. Además se dispone de espacio suficiente para que los operadores pueden mover las piernas de ser necesario. Debido a esto la puntuación para las extremidades es la mínima, y como se mencionó anteriormente no influye demasiado en el puntaje global.

Debido a esto se acentúa el riesgo presente en los demás segmentos corporales.

### 3.7 Resultados Rapid Upper Body Assessment (REBA)

A continuación se presentan los resultados obtenidos mediante el método REBA para las grúas MH, QC y RTG. Para cada grúa primero se presenta la puntuación total y el nivel de acción. Posteriormente se presentan los resultados del Grupo A considerando el uso de la fuerza y los resultados del Grupo B considerando el tipo de agarre. Finalmente se toma en cuenta el tipo de actividad efectuada y se entra en detalle al presentar los resultados de los segmentos corporales que conforman el Grupo A (tronco, cuello y piernas) y el Grupo B (brazo, antebrazo, muñecas).

#### 3.7.1 Grúa MH (Mobile Harbour)

La evaluación aplicada a los operadores de grúa MH determinó que el (90%) de los participantes se encuentran en el nivel de riesgo medio, esto se debe a que los puntajes totales de los operadores MH están en el rango de 5 a 9 (McAtamney, 1993). Por tal motivo se indica que es necesaria la actuación en el puesto de trabajo de los operadores de grúa MH para reducir el nivel de riesgo (McAtamney, 1993). En la Tabla No.28 se presentan los resultados obtenidos mediante el método REBA.

Tabla No.28: Puntaje Total (MH)

MH		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Operador											
Grupo A		4	5	3	2	4	4	4	5	3	2
Grupo B		2	2	3	5	5	2	3	5	3	2
Puntaje C		4	4	3	4	5	4	4	6	3	2
Puntaje Total		7	7	6	7	8	7	6	9	5	4

Se observa que las puntuaciones en el Grupo A se encuentran en el rango de 2 a 5. Dentro del Grupo A se encontró que la aplicación de la fuerza no influye significativamente, debido a que los operadores no cargan objetos durante su jornada laboral. Se debe recordar que el factor "Fuerza" puede aumentar el puntaje del Grupo A dependiendo del peso y el tipo de esfuerzo que está realizando el trabajador (McAtamney, 1993).

Dentro del Grupo A se incluyen los siguientes segmentos corporales: tronco, cuello y piernas. Para la puntuación del tronco, el (50%) de los operadores MH presentan un puntaje de 3. Esto se debe a que la flexión del tronco generalmente se encuentra entre 11°–32° (Ver Figura No.7). Este puntaje puede modificarse si existe una torsión o inclinación lateral del tronco, lo cual no aplica a los operadores MH durante la manipulación de la grúa (McAtamney, 1993). En la Tabla No.29 se presentan los resultados individuales de cada uno.

Tabla No.29: Puntuaciones Tronco MH

OPERADOR	Puntuacion TRONCO	Modificacion Tronco
1	3	0
2	3	0
3	2	0
4	2	0
5	3	0
6	3	0
7	3	0
8	3	0
9	2	0
10	2	0

Otro segmento dentro del Grupo A es el Cuello, para el caso de los operadores MH se estableció que el (80%) de los participantes poseen una puntuación de 2. Esto se debe a que los operadores flexionan su cuello en ángulos comprendidos entre los 6°-34° (Ver Figura No.5). Además este puntaje puede incrementarse en un 1 punto en caso de que exista una torsión /inclinación lateral del cuello (McAtamney, 1993). En el caso de los operadores de MH esta modificación se hace presente en el (20%) de los participantes (Ver Figura No.6). En la Tabla No.30 se presentan los resultados del cuello.

Tabla No.30: Puntuaciones Cuello (RTG)

OPERADOR	PUNTUACION CUELLO	MODIFICACION CUELLO
1	2	0
2	2	1
3	2	0
4	1	0
5	2	0
6	2	0
7	2	0
8	2	1
9	2	0
10	1	0

Finalmente dentro del Grupo A se analiza la puntuación de las piernas, estas poseen el mismo valor de 1 en todos los operadores MH, debido a que el operador se encuentra sentado durante su jornada laboral. La modificación de la puntuación de las piernas no se aplica debido a que el personal se encuentra en una postura sedente (McAtamney, 1993). En la Tabla No.31 se presentan los resultados

Tabla No.31: Puntuaciones Piernas (MH)

OPERADOR	PUNTUACION PIERNAS	MODIFICACION PIERNAS
1	1	0
2	1	0
3	1	0
4	1	0
5	1	0
6	1	0
7	1	0
8	1	0
9	1	0
10	1	0

Para la Puntuación del Grupo B se evidenció que el factor de Agarre no influye, ya que no aumenta el puntaje al establecer que el agarre que realiza el operador es bueno (McAtamney, 1993). Esto se enfoca al tipo de agarre que el operador realiza sobre las palancas de mando de la grúa. Por ende para el caso de los operadores MH la puntuación del Grupo B está comprendida en el rango de 2 a 5. Dentro del Grupo B se consideran los siguientes segmentos corporales: Brazo, Antebrazo y Muñeca (McAtamney, 1993).

Para la puntuación del brazo se establece que el (70%) de los operadores presentan una puntuación de 2. Este puntaje se puede ver modificado en caso de existir: Brazo Abducido / Hombro Elevado/ Apoyo a Favor de la Gravedad (McAtamney, 1993).

Para el caso de los operadores MH se observa que el (60%) de los participantes mantienen el brazo abducido durante la manipulación de la grúa (Ver Figura No.2). Por otro lado ningún participante de las grúas MH presenta hombros elevados.

Finalmente se observó que el (100%) de los operadores MH no reducen su puntuación a pesar de que el puesto de trabajo si cuenta con reposabrazos, lo cual indica que no hacen uso del mismo para que sirva de apoyo durante los

procesos de carga y descarga de contenedores (McAtamney, 1993). Por ende se define que el ángulo de flexión del brazo para los operadores MH está comprendido entre los 16°- 28° a (Ver Figura No.5). En la Tabla No.32 se presentan los resultados del brazo.

Tabla No.32: Puntuaciones Brazo (MH)

OPERADOR	PUNTUACION BRAZO	MODIF: (BRAZO ABDUCIDO)	MODIF: (HOMBRO ELEVADO)	MODIF: (APOYO A FAVOR DE LA GRAVEDAD)
1	2		0	0
2	2		0	0
3	2		0	0
4	2	1	0	0
5	2	1	0	0
6	2		0	0
7	1	1	0	0
8	2	1	0	0
9	3	1	0	0
10	1	1	0	0

Posteriormente dentro del Grupo B se analizaron las puntuaciones del antebrazo y muñeca (McAtamney, 1993). Para la Puntuación del Antebrazo se analiza el ángulo de flexión, en el caso de los operadores MH se estableció que el (50%) de los participantes presentan una puntuación de 2, lo cual indica que el ángulo de flexión presente en los operadores MH se encuentra entre los 50° - 76° (Ver Figura No.1).

Por otro lado la puntuación de la muñeca dependerá del grado de flexión o extensión adoptado durante la ejecución del movimiento (McAtamney, 1993). Para el caso de los operadores de MH se estableció que el (30%) de los operadores presentan una puntuación de 2. Además este puntaje se ve modificado en todos los operadores MH, ya que la muñeca presenta una torsión o desviación lateral (McAtamney, 1993), lo cual incrementa en 1 punto a la puntuación total de dicho segmento (Ver Figura No.4). Por ende se establece que el ángulo de flexión de la muñeca para los operadores MH está entre los 7°-19° (Ver Figura No.3). En la Tabla No.33 se presentan los resultados de la muñeca

Para el puntaje C se consideraron las puntuaciones finales de los Grupos A y B, sumados los factores anteriormente mencionados (Agarre y Fuerza) (McAtamney, 1993). El puntaje C para el caso de los

operadores MH mostró que el (50%) de los operadores presentan una puntuación de 4.

Tabla No.33: Puntuaciones Antebrazo / Muñeca (MH)

OPERADOR	PUNTUACION ANTEBRAZO	EXTENSION MUÑECA	TORSION / DESVIACION: MUÑECA
1	1	1	1
2	1	2	1
3	2	1	1
4	2	1	1
5	2	2	1
6	1	1	1
7	2	1	1
8	1	2	1
9	2	1	1
10	1	1	1

A partir del puntaje C se incrementa el puntaje total dependiendo de la actividad que realiza el operador. Estas actividades van desde posturas estáticas, movimientos repetitivos y adopción de posturas inestables. Cada una de estas puede aumentar en 1 punto al puntaje C (McAtamney, 1993).

Finalmente en el caso de las grúas MH, la puntuación total se ve afectada por la adopción de posturas estáticas por más de 1 minuto en el (100%) de los operadores. Además se halló que el (90%) de los operadores realizan movimientos repetitivos y finalmente se observó que el (80%) de los operadores de MH adoptan posturas inestables durante la manipulación de la grúa. En la Tabla No.34 se presentan los resultados

Tabla No.34: Puntuaciones Totales – Nivel de Actividad (MH)

OPERADOR	ACTIVIDAD : ESTATICA	ACTIVIDAD MOV. REPET	ACT CAMBIO DE POSTURA
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	1
5	1	1	1
6	1	1	1
7	1	0	1
8	1	1	1
9	1	1	0
10	1	1	0

### 3.7.2 Grúa QC (Quay Crane)

La evaluación aplicada a los operadores de grúa QC determinó que el (50%) de los participantes se encuentran en el nivel de riesgo alto (McAtamney, 1993). Esto se debe a que el puntaje total de los operadores QC está en el rango de 5 a 11. Por tal motivo se indica que es necesaria la actuación cuanto antes en el puesto de trabajo de los operadores de grúa QC para lograr reducir el nivel de riesgo (McAtamney, 1993). En la Tabla No.35 se presentan los resultados obtenidos mediante el método REBA.

Tabla No.35: Puntaje Total (QC)

QC										
Operador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Grupo A	4	2	4	5	5	6	6	6	5	5
Grupo B	4	2	3	3	5	3	3	5	2	5
Puntaje C	4	2	4	4	6	6	6	8	4	6
Puntaje Total	7	5	7	7	9	9	9	11	7	9

Para los operadores de las Grúas QC se observó que las puntuaciones del Grupo A se encuentran en el rango de 4 - 6 en el (90%) de los participantes. Además dentro del Grupo A se encontró que la aplicación de la fuerza no influye significativamente debido a que los operadores no cargan objetos durante su jornada laboral (McAtamney, 1993).

Dentro del Grupo A se incluyen los siguientes segmentos corporales: tronco, cuello y piernas (McAtamney, 1993). Para la puntuación del tronco, el (70%) de los operadores QC presentan un puntaje de 3. Esto indica que la flexión del tronco de los operadores QC generalmente se encuentra entre 27°-60° (Ver Figura No.11). Este puntaje puede verse modificado en caso de existir una torsión o inclinación lateral del tronco (McAtamney, 1993). Esto se aplica al (50%) los participantes ya que deben girar su tronco para poder manipular los paneles laterales que posee la grúa QC (Ver Figura No.8). En la Tabla No.36 se presentan los resultados individuales de cada uno.

Otro segmento dentro del Grupo A es el Cuello, para el caso de los operadores QC se estableció que el (90%) de los participantes poseen una puntuación de 2. Esto se debe a que los operadores flexionan su cuello en

ángulos comprendidos entre los 15°-38° (Ver Figura No.9). Además este puntaje se ve incrementado en un 1 punto debido a que el (30%) de los operadores QC presentan una torsión / inclinación lateral del cuello (McAtamney, 1993) debido a que giran este segmento corporal para observar las pantallas de visualización que se encuentran ubicadas en las zonas laterales de la cabina (Ver Figura No.13). En la Tabla No.37 se presentan los resultados individuales de cada uno.

Tabla No.36: Puntuaciones Tronco QC

OPERADOR	Puntuacion	Modificacion
	TRONCO	Tronco
1	3	0
2	3	0
3	3	0
4	4	0
5	3	1
6	3	1
7	4	1
8	3	1
9	2	1
10	3	0

Tabla No.37: Puntuaciones Cuello (QC)

OPERADOR	PUNTUACION	MODIFICACION
	CUELLO	CUELLO
1	2	0
2	1	0
3	2	0
4	2	0
5	2	0
6	2	1
7	2	0
8	2	0
9	2	1
10	2	1

Finalmente dentro del Grupo A se analiza la puntuación de las piernas, estas poseen el mismo valor de 1 en todos los operadores QC, debido a que el operador encuentra sentado durante su jornada laboral (McAtamney, 1993). La modificación de la puntuación de las piernas no se aplica debido a que el personal se encuentra en una postura sedente. En la Tabla No.38 se presentan los resultados individuales de cada uno.

Para la puntuación del Grupo B se evidenció que el factor de agarre no influye, ya que no aumenta el puntaje al establecer que el agarre que realiza el operador es bueno (McAtamney,

1993). Esto se enfoca al tipo de agarre que el operador realiza sobre las palancas de mando de la grúa. Por ende para el caso de los operadores QC la puntuación del Grupo B se encuentra en el rango de 2 a 5. Dentro del Grupo B se consideran los siguientes segmentos corporales: brazo, antebrazo y muñeca (McAtamney, 1993).

Tabla No.38: Puntuaciones Piernas (QC)

OPERADOR	PUNTUACION PIERNAS	MODIFICACION PIERNAS
1	1	0
2	1	0
3	1	0
4	1	0
5	1	0
6	1	0
7	1	0
8	1	0
9	1	0
10	1	0

Para la puntuación del brazo se establece que en el caso de los operadores QC el (80%) de los participantes presentan una puntuación de 2. Este puntaje se ve modificado ya que se observó que el (20%) de los participantes mantienen el brazo abducido durante la manipulación de la grúa (McAtamney, 1993). Este porcentaje es bajo debido a que las Grúas QC poseen apoyabrazos para facilitar la manipulación de la misma (Ver Figura No.10). De igual manera debido a la existencia de apoyabrazos en el diseño del puesto de trabajo, el (90%) de los operadores QC poseen un apoyo a favor de la gravedad lo cual reduce la puntuación final. Por último se determinó que el (30%) de los participantes presentan una elevación del hombro para poder manipular la grúa QC a su conveniencia, lo cual incrementa el puntaje total del brazo en ciertos casos (McAtamney, 1993). Por ende se define que el ángulo de flexión del brazo para los operadores QC está comprendido entre los 16°-42° (Ver Figura No.9). En la Tabla No.39 se presentan los resultados individuales de cada uno.

Tabla No.39: Puntuaciones Brazo (QC)

OPERADOR	PUNTUACION BRAZO	MODIF: (BRAZO ABDUCIDO)	MODIF: (HOMBRO ELEVADO)	MODIF: (APOYO A FAVOR DE LA GRAVEDAD)
1	2	0	1	-1
2	2	0	0	-1
3	2	0	0	-1
4	3	0	0	-1
5	2	1	1	-1
6	2	0	0	-1
7	2	0	0	-1
8	3	0	0	-1
9	2	0	1	-1
10	2	1	0	0

Posteriormente dentro del Grupo B se analizaron las puntuaciones del antebrazo y muñeca. Para la Puntuación del antebrazo se analizó el ángulo de flexión. En el caso de los operadores QC se estableció que el (60%) de los participantes presentan una puntuación de 2, lo cual indica que el ángulo de flexión presente en los operadores QC se encuentra entre 87°-105° (Ver Figura No.11).

Por otro lado la puntuación de la muñeca dependerá del grado de flexión o extensión adoptado durante la ejecución del movimiento (McAtamney, 1993). Para el caso de los operadores QC se estableció que el (60%) de los operadores presentan una puntuación de 2. Asimismo este puntaje se ve modificado en todos los operadores QC ya que la muñeca presenta una torsión o desviación lateral, lo cual incrementó en 1 punto a la puntuación total de dicho segmento (McAtamney, 1993). Por ende se establece que el ángulo de flexión de la muñeca para los operadores QC está entre los 15°-36° (Ver Figura No.12). En la Tabla No.40 se presentan los resultados individuales de cada uno.

Tabla No.40: Puntuaciones Antebrazo / Muñeca (QC)

OPERADOR	PUNTUACION ANTEBRAZO	EXTENSION MUÑECA	TORSION / DESVIACION: MUÑECA
1	2	2	1
2	1	1	1
3	2	2	1
4	2	1	1
5	2	1	1
6	2	2	1
7	2	2	1
8	1	2	1
9	1	1	1
10	1	2	1



Posteriormente para el puntaje C se consideraron las puntuaciones finales de los Grupos A y B, sumando los factores anteriormente mencionados (agarre y fuerza). Para los operadores QC se evidenció que el (30%) de los participantes presentan un Puntaje C de 6. A partir del Puntaje C se incrementa el Puntaje Total dependiendo de la actividad que realiza el operador (McAtamney, 1993). Por tal razón la puntuación total de los operadores QC evidenció que el (50%) de los participantes presentaron valores superiores a 7.

Finalmente en el caso de las grúas QC, la Puntuación Final se ve afectada por la adopción de posturas estáticas por más de 1 minuto en todos los operadores. Además se halló que el (100%) de los operadores realizan movimientos repetitivos y finalmente se observó que el 100% de los operadores QC adoptan posturas inestables durante la manipulación de la grúa (McAtamney, 1993). En la Tabla No.41 se presentan los resultados individuales de cada uno.

Tabla No.41: Puntuaciones Totales– Nivel de Actividad (QC)

OPERADOR	ACTIVIDAD: ESTÁTICA	ACTIVIDAD MOV. REPET	ACT CAMBIO DE POSTURA
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	1
5	1	1	1
6	1	1	1
7	1	1	1
8	1	1	1
9	1	1	1
10	1	1	1

### 3.7.3 Grúa RTG (Rubber Tyred Gantry)

La evaluación aplicada a los operadores de grúa RTG determinó que el (90%) de los participantes se encuentran en el nivel de riesgo muy alto, debido a que las puntuaciones finales superan el valor de 10 (McAtamney, 1993). Por tal motivo se indica que es necesaria la actuación de inmediato en el puesto de trabajo de los operadores de grúa RTG para lograr reducir el nivel de riesgo (McAtamney, 1993). En la Tabla No.42 se presentan los resultados obtenidos mediante el método REBA.

Tabla No.42: Puntaje Total (RTG)

RTG										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Operador										
Grupo A	6	6	7	6	6	5	7	7	6	6
Grupo B	5	8	8	8	8	5	8	5	7	5
Puntaje C	8	9	10	9	9	6	10	9	9	8
Puntaje Total	11	12	13	12	12	9	13	12	12	11

Para los operadores de las Grúas RTG se observó que las puntuaciones del Grupo A se encuentran en el rango de 6-7 en el (90%) de los participantes. Además dentro del Grupo A se encontró que la aplicación de la fuerza no influye significativamente, debido a que los operadores no cargan objetos durante su jornada laboral (McAtamney, 1993).

Dentro del Grupo A se incluyen los siguientes segmentos corporales: tronco, cuello y piernas. Para la puntuación del tronco, el (40%) de los operadores RTG presentan un puntaje de 4. Esto indica que la flexión del tronco de los operadores RTG generalmente se encuentra entre 40°-75° (Ver Figura No.16). Este puntaje puede ser modificado en caso de existir una torsión o inclinación lateral del tronco (McAtamney, 1993). Esto se aplica al (90%) los participantes ya que deben girar su tronco para poder operar los paneles laterales que se ubican a los lados de la cabina. En la Tabla No.43 se presentan los resultados individuales de cada uno.

Tabla No.43: Puntuaciones Tronco (RTG)

OPERADOR	Puntuacion TRONCO	Modificacion Tronco
1	3	1
2	3	1
3	4	1
4	3	1
5	4	1
6	3	0
7	4	1
8	4	1
9	3	1
10	3	1

Otro segmento dentro del Grupo A es el cuello, para el caso de los operadores RTG se estableció que el (100%) de los participantes poseen una puntuación de 2. Esto se debe a que los operadores flexionan su cuello en ángulos comprendidos entre los 22°-37° (Ver Figura No.20). Esto lo realizan para lograr observar las operaciones de carga y descarga

de contenedores. Además este puntaje se ve incrementado ya que el (90%) de los participantes RTG presentan una torsión y/o inclinación lateral del cuello (McAtamney, 1993). Esto se debe a que giran su cuello para manipular los monitores y revisar las órdenes de planeación respectivas (Ver Figura No.19). En la Tabla No.44 se presentan los resultados individuales de cada uno.

Finalmente dentro del Grupo A se analiza la puntuación de las piernas, estas poseen el mismo valor de 1 en todos los operadores RTG debido a que el empleado se encuentra sentado durante su jornada laboral. La modificación de la puntuación de las piernas no se aplica debido a que el personal se encuentra en una postura sedente todo el tiempo (McAtamney, 1993). En la Tabla No.45 se presentan los resultados individuales de cada uno.

Tabla No.44: Puntuaciones Cuello (RTG)

OPERADOR	PUNTUACION CUELLO	MODIFICACION CUELLO
1	2	1
2	2	1
3	2	1
4	2	1
5	2	0
6	2	1
7	2	1
8	2	1
9	2	1
10	2	1

Tabla No.45: Puntuaciones Piernas (RTG)

OPERADOR	PUNTUACION PIERNAS	MODIFICACION PIERNAS
1	1	0
2	1	0
3	1	0
4	1	0
5	1	0
6	1	0
7	1	0
8	1	0
9	1	0
10	1	0

Para la Puntuación del Grupo B se evidenció que el factor de agarre tampoco influye, esto se debe a que el puntaje no aumenta al establecer que el agarre que realiza el operador es bueno (McAtamney, 1993). Por ende para el caso de los operadores RTG la puntuación del Grupo B se encuentra en el rango de 5 a 8.

Dentro del Grupo B se consideran los siguientes segmentos corporales: brazo, antebrazo y muñeca (McAtamney, 1993).

Para la puntuación del brazo se establece que en el caso de los operadores RTG se halló que el (50%) de los participantes presentan una puntuación de 3. Este puntaje se ve modificado ya que se observó que el (80%) de los participantes mantienen el brazo abducido durante la manipulación de la grúa. Este porcentaje es alto debido a que las Grúas RTG no poseen apoyabrazos (Ver Figura No.20). De igual manera se determinó que el (90%) de los participantes presentan una elevación del hombro para poder manipular la grúa debido a la falta de reposa brazos, lo cual incrementa el puntaje total del brazo en la mayoría de casos (McAtamney, 1993). Finalmente se observa que (0%) de los participantes de las grúas RTG poseen un apoyo a favor de la gravedad debido a la inexistencia de los reposa brazos en el diseño de la cabina. Por ende se define que el ángulo de flexión del brazo para los operadores RTG está comprendido entre los 41°-85° (Ver Figura No.14). En la Tabla No.46 se presentan los resultados individuales de cada uno.

Tabla No.46: Puntuaciones Brazo (RTG)

OPERADOR	PUNTUACION BRAZO	MODIF: (BRAZO ABDUCIDO)	MODIF: (HOMBRO ELEVADO)	MODIF: (APOYO A FAVOR DE LA GRAVEDAD)
	2	1		0
	3	1	1	0
	3	1	1	0
	3	1	1	0
	3	1	1	0
	2		1	0
	3	1	1	0
	2		1	0
	2	1	1	0
	2	1	1	0

Posteriormente dentro del Grupo B se analizaron las puntuaciones del antebrazo y muñeca. Para la puntuación del antebrazo se analizó el ángulo de flexión (McAtamney, 1993). Para el caso de los operadores RTG se estableció que el (70%) de los participantes presentan una puntuación de 2, lo cual indica que el ángulo de flexión presente en los operadores RTG esta entre 61°-93° (Ver Figura No.16).

Por otro lado la puntuación de la muñeca dependerá del grado de extensión adoptado durante la ejecución del movimiento. Para el caso de los operadores RTG se estableció que el (80%) de los operadores presentan una puntuación de 2, lo cual quiere decir que el ángulo de extensión de la muñeca para los operadores RTG está comprendido entre 18°-38° (Ver Figura No.17). Igualmente este puntaje se ve modificado en todos los operadores RTG, ya que la muñeca presenta una torsión o desviación lateral, lo cual incrementa en 1 la puntuación total de dicho segmento (McAtamney, 1993). En la Tabla No.47 se presentan los resultados individuales de cada uno de los operadores de grúa RTG.

Tabla No.47: Puntuaciones Antebrazo / Muñeca (RTG)

OPERADOR	PUNTUACION ANTEBRAZO	EXTENSIÓN MUÑECA	TORSION/ DESVIACION: MUÑECA
1	2	2	1
2	2	2	1
3	2	1	1
4	2	2	1
5	1	2	1
6	1	2	1
7	1	2	1
8	2	2	1
9	2	2	1
10	2	1	1

Posteriormente para el puntaje C se consideraron las puntuaciones finales de los Grupos A y B, sumando los factores anteriormente mencionados (agarre y fuerza) (McAtamney, 1993). Para los operadores RTG se evidencio que el (50%) de los participantes presentan un Puntaje C de 9. A partir del Puntaje C se incrementa el Puntaje Total dependiendo de la actividad que realiza el operador (McAtamney, 1993). Por tal razón la puntuación total de los operadores RTG evidencio que el (90%) de los participantes presentaron valores superiores a 10.

Finalmente en el caso de las grúas RTG, la Puntuación Final se ve afectada por la adopción de posturas estáticas por más de 1 minuto en el (100%) de los operadores (McAtamney, 1993). Además se halló que el (100%) de los operadores realizan movimientos repetitivos y por último se observó que el (100%) de los operadores RTG adoptan posturas inestables durante la

manipulación de la grúa. En la Tabla No.48 se presentan los resultados individuales de cada uno.

Tabla No.48: Puntuaciones Totales – Nivel de Actividad (RTG)

OPERADOR	ACTIVIDAD : ESTATICA	ACTIVIDAD MOV. REPET	ACT CAMBIO DE POSTURA
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	1
5	1	1	1
6	1	1	1
7	1	1	1
8	1	1	1
9	1	1	1
10	1	1	1

### 3.8 Comparación MH/QC/RTG

Con los resultados obtenidos se realizaron comparaciones entre grúas y entre métodos de evaluación para determinar si existe diferencia estadística entre los puntajes finales presentes en cada grúa. Primero se realizó la comparación entre grúas (MH, QC, RTG) solamente considerando los resultados obtenidos por el método RULA, con el objetivo de determinar si existe diferencia entre los puntajes finales utilizando dicho método de evaluación. Posteriormente se realizó la misma comparación utilizando los resultados obtenidos mediante el método REBA. Finalmente se compararon los resultados de los métodos RULA y REBA considerando los niveles de acción obtenidos para grúas del mismo tipo (MH-MH, QC-QC, RTG-RTG). De esta manera se pretende determinar si la evaluación de riesgos tiene el mismo resultado aplicando el método RULA o REBA, o caso contrario, identificar qué método es mejor para evaluar el riesgo del puesto de trabajo de los operadores de grúa MH, QC y RTG.

Para la comparación de datos generalmente se suele recomendar la utilización de un Análisis de Varianza (ANOVA) (Montgomery, 2013). Esta técnica permite determinar si distintos factores presentan diferencias significativas entre sus medias, tomando como referencia a la varianza (Montgomery, 2013). Para la aplicación de este análisis es necesario cumplir con los supuestos de: normalidad, igualdad de varianzas e independencia de los residuos

(Montgomery, 2013). Para comprobar dichos supuestos se realizó una prueba de normalidad con los datos del método RULA (Figura No.21) y REBA (Figura No.22) y se obtuvieron los gráficos de los residuales del ANOVA, los cuales se presentan en las Figura No.23 y No.24.

Debido a que los datos de las puntuaciones finales de cada tipo de grúa (MH/QC/RTG) no cumplen con el supuesto de normalidad e igualdad de varianzas, se decide no optar por un ANOVA para analizar los puntajes obtenidos de los métodos RULA y REBA. Además se debe considerar que los resultados obtenidos no son números continuos, sino ordinales. Motivo por el cual la aplicación de un análisis de varianza queda completamente descartado para realizar el análisis puesto que al tratarse de números ordinales no fue posible realizar una transformación de datos que satisfaga el supuesto de normalidad del ANOVA.

Por esta razón se decidió realizar la comparación utilizando métodos no paramétricos, también conocidos como métodos de distribución libre (Montgomery, 2002). De esta manera se elimina la necesidad de que los datos sean normales y además se permite la utilización de datos categóricos u ordinales (Montgomery, 2002). De acuerdo a Montgomery (2002), generalmente la eficiencia de los métodos paramétricos es superior a la de los métodos no paramétricos cuando se trata de una población con distribución normal. Sin embargo para poblaciones con otras distribuciones de probabilidad como en el presente caso, los métodos no paramétricos presentan superioridad.

Debido a esto se optó por utilizar la prueba de Mann-Whitney, la cual se considera como la alternativa a la prueba t para 2 muestras (Schlick, 2009). La prueba de Mann-Whitney es utilizada para comparar 2 muestras independientes, utilizando como parámetro la mediana de cada una (Schlick, 2009). Generalmente se utiliza dicha prueba cuando se tiene datos ordinales y se cumplen los siguientes supuestos: muestras aleatorias, independencia dentro de la muestra y entre muestras y escala de medición al menos ordinal (Schlick, 2009). Las hipótesis

utilizadas para la prueba de Mann-Whitney son las siguientes:

Hipótesis Nula (las medianas de las muestras son iguales)

$$H_0: n_1 = n_2$$

Hipótesis Alternativa (las medianas de las muestras no son iguales)

$$H_0: n_1 \neq n_2$$

Se utilizó el mismo nivel de significancia (0.05) que se aplicó para el cálculo del tamaño de muestra, con el objetivo de determinar si la hipótesis nula se rechaza o se acepta.

Cabe recalcar que las puntuaciones finales utilizadas para realizar la comparación entre grúas son independientes ya que tanto las grúas, como operadores y métodos de evaluación son distintos. Por otro lado, al realizar la segunda comparación existe la duda de la independencia de los datos debido a que se utilizan los mismos operadores tanto para el método RULA como para el método REBA. Debido a esto se realizaron 3 pruebas de asociación Chi-Cuadrado para determinar si existe relación entre las muestras. Se empleó dicha prueba debido a que los datos son ordinales y no tienen una relación monótona (Montgomery, 2002). Los resultados de las pruebas Chi-Cuadrado se encuentran en las Figuras No.25, No.26 y No.27 donde se observa un valor p igual a 1 para las tres comparaciones. Al utilizar el mismo nivel de significancia (0.05) no se rechaza la hipótesis nula (no existe asociación entre las variables). Razón por la cual se establece que las muestras son independientes y que se puede utilizar la prueba de Mann-Whitney para comparar los niveles de actuación entre los métodos RULA y REBA.

La primera comparación realizada para el método RULA fue entre las grúas MH y QC. Como se puede ver en la Figura No.28, se obtuvo un valor P de 0.0022 el cual es menor al nivel de significancia seleccionado. Debido a esto se rechaza la hipótesis nula y se establece que existe diferencia estadística entre las puntuaciones finales de las grúas MH y las grúas QC. De igual manera se puede ver en la

Figura No.29 la segunda comparación (MH-RTG) donde se observa que el valor P de 0.0001 es menor al nivel de significancia seleccionado. Por tal razón se rechaza la hipótesis nula y se establece que las puntuaciones finales de la grúa MH son estadísticamente diferentes a las de la grúa RTG. Finalmente, se puede ver la tercera comparación (QC-RTG) en la Figura No.30, donde se tiene un valor p de 0.0252 el cual es menor al nivel de significancia seleccionado. Por tal razón, se rechaza la hipótesis nula y se establece que las puntuaciones finales de la grúa QC son estadísticamente diferentes a las de la grúa RTG.

Para el método REBA, la primera comparación realizada fue entre la grúas MH y QC. Como se puede ver en la Figura No.31, en donde el valor P fue de 0.0279, el cual es menor al nivel de significancia establecido anteriormente. Por tal razón se rechaza la hipótesis nula y se establece que existe diferencia estadística entre las puntuaciones finales de estas 2 grúas. La segunda comparación realizada fue entre la grúas MH y RTG. Esto se puede ver en la Figura No.32, en donde el valor P fue de 0.0002, el cual es menor al nivel de significancia establecido anteriormente. Por tal razón se rechaza la hipótesis nula y se establece que existe diferencia estadística entre las puntuaciones finales de las grúas MH -RTG. La Tercera comparación realizada fue entre la grúas QC y RTG. Esto se puede ver en la Figura No.33, en donde el valor P fue de 0.0004, el cual es menor al nivel de significancia establecido anteriormente. Por tal razón se rechaza la hipótesis nula y se establece que existe diferencia estadística entre las puntuaciones finales de estas 2 grúas.

Posteriormente se compararon los resultados de los métodos RULA y REBA, considerando los niveles de acción obtenidos para grúas del mismo tipo (MH-MH, QC-QC, RTG-RTG). Esto permitió determinar si la evaluación de riesgos tiene el mismo resultado aplicando el método RULA o REBA. De igual manera las hipótesis utilizadas para esta comparación son:

Hipótesis Nula (las medianas de las muestras son iguales)

$$H_0: n_1 = n_2$$

Hipótesis Alternativa (las medianas de las muestras no son iguales)

$$H_0: n_1 \neq n_2$$

Para realizar dicha comparación se debe comprender que la categorización de los niveles de acción en el RULA es de 4, mientras que en el REBA es de 5. Sin embargo es posible observar ciertas similitudes entre los resultados obtenidos, por tal razón para facilitar estas comparaciones se optó por realizar una estandarización (ICPR, 2006). Esta estandarización permitirá comparar el nivel de actuación que presentan ambos métodos y así determinar si existen diferencias entre estas técnicas de evaluación. La estandarización de los niveles de acción se puede observar a continuación en la Tabla No.49

Tabla No.49: Estandarización Niveles de Acción REBA

Rango (puntaje)	Categoría	Nivel Actuación
1	A	1
2-5	B	2
6-10	C	3
11-15	D	4

Finalmente se puede observar en la Figura No.34 la primera comparación (MH-MH) entre los métodos de evaluación RULA y REBA utilizando los niveles de acción, donde se determina un valor P de 1. Debido a que el nivel de significancia es menor al valor P, se establece que no existe diferencia estadística entre los niveles de acción de los métodos utilizados para la grúa MH (Schlick, 2009). De igual manera, se puede observar la segunda comparación (QC-QC) en la Figura No.35, donde se determina un valor P de 0.1444. Puesto que el nivel de significancia es menor al valor P, se establece que no existe diferencia estadística entre los niveles de acción de los métodos utilizados para la grúa QC. Así mismo, se puede observar la tercera comparación (RTG-RTG) en la Figura No.36, donde se determina un valor P de 1. Debido a que el nivel de significancia es menor al valor

P, se establece que no existe diferencia estadística entre los niveles de acción de los métodos utilizados para la grúa RTG.

#### 4. Conclusiones y Recomendaciones

Mediante la utilización de herramientas para la identificación inicial de riesgos fue posible determinar los principales problemas presentes en los operadores de grúa MH, QC y RTG. Esto permitió que el presente estudio tenga el enfoque adecuado y que considere específicamente los factores que incrementan de mayor manera el riesgo al cual están expuestos los operadores de grúa del Puerto de Guayaquil.

Con los resultados obtenidos mediante la lista inicial de identificación de riesgos se pudo identificar que las condiciones térmicas y el ruido no afectan a los operadores de grúa debido a las características de aislamiento que presentan las cabinas. Así mismo se concluye que el factor de posturas y repetitividad afecta en mayor cantidad a los operadores de grúas RTG y QC debido al diseño del puesto de trabajo.

Por otro lado la encuesta de autovaloración de las condiciones de trabajo determinó que las categorías que presentan una mayor cantidad de riesgo son: fatiga física, jornada y ritmo laboral. Dichas categorías presentan un elevado porcentaje de no conformidad. Se debe mencionar que los resultados en estas categorías fueron los mismos para los 3 tipos de grúas. Por lo cual se puede concluir que en todas las grúas existe un exceso de fatiga, inconformidad con los periodos de descanso y una elevada carga laboral. De igual manera se determinó que la grúa RTG tienen una mayor cantidad de riesgo en 4 categorías: carga mental, puesto de trabajo, daños a la salud y síntomas por el trabajo.

Por otro parte, el cuestionario de Oswestry determinó que los operadores encuestados presentan dolor significativo en el área lumbar. Además se evidenció que el dolor en la espalda afecta la vida personal de los operadores, especialmente al momento de caminar. De igual manera, el cuestionario de dolor de cuello de Vernon-Mior determinó que la mayoría de los operadores encuestados presentan dolor significativo en el área

cervical. Por lo cual se concluye que la vida personal de los operadores se ve afectada por el dolor en el cuello, donde la acción de manejar un vehículo es la actividad extra laboral que se ve afectada de mayor manera.

En referencia al Checklist OCRA se concluye que los periodos de recuperación son insuficientes para los 3 tipos de grúas. Esto se debe a que no existen pausas reales, solamente interrupciones cortas. Además los 3 tipos de grúas presentan valores similares en lo que respecta a frecuencias de movimientos, ya que en todas se deben realizar actividades repetitivas constantes durante el cumplimiento de la jornada laboral. Por otro lado las grúas RTG y QC presentan niveles más elevados en lo que se refiere a posturas forzadas debido a las distintas posiciones que adoptan los operadores para manipular las grúas. Por tal razón se concluye que el índice de riesgo total OCRA es inaceptable para todos los operadores.

Por otro lado, los resultados obtenidos por la evaluación de riesgos por posturas forzadas indican que la grúa RTG es la grúa que presenta una mayor cantidad de riesgo debido a posturas forzadas y movimientos repetitivos. Además se concluye que la flexión de tronco tiene una valoración no aceptable para las grúas RTG y QC. De igual manera se concluye que la línea de visión tiene una valoración no aceptable para las tres grúas y que la única grúa con valoración no aceptable para la flexión y abducción de brazos es la grúa RTG.

En lo que se refiere al método RULA, se concluye que la mayoría de los operadores de grúa MH de la muestra tiene una puntuación total de 5-6, lo cual representa un nivel de actuación de 3. Por lo cual se establece que es necesaria una investigación de mayor profundidad y que se deben realizar cambios en un futuro próximo. Por otro lado, se concluye que la mitad de los operadores de grúa QC de la muestra tiene una puntuación total de 7, lo que representa el puntaje mayor del método RULA. Este puntaje representa un nivel de actuación de 4, lo cual quiere decir que se requiere inmediatamente una investigación y cambios para disminuir el nivel de riesgo. Además, se concluye que casi todos de los operadores de grúa RTG tienen un puntaje total de 7, lo cual representa un

nivel de actuación de 4. Esto quiere decir que se requiere inmediatamente una investigación y cambios para disminuir el nivel de riesgo. Finalmente se concluye que la grúa RTG es la que presenta mayores puntajes en el método RULA.

Por otra parte con los resultados obtenidos por el método REBA se concluye que casi todos los operadores MH se encuentran en el nivel de riesgo medio. Esto establece que es necesaria la actuación para poder corregir las condiciones laborales actuales. Por otro lado la evaluación aplicada a los operadores de grúa QC determinó que la mitad de los participantes se encuentra en el nivel de riesgo alto, por tal motivo se indica que es necesaria la actuación cuanto antes en el puesto de trabajo de los operadores de grúa QC para lograr reducir el nivel de riesgo. Finalmente la evaluación aplicada a los operadores de grúa RTG determinó que la gran mayoría de los participantes se encuentran en el nivel de riesgo muy alto. Por lo que se concluye que es necesaria la actuación de inmediato en el puesto de trabajo de los operadores de grúa RTG para lograr reducir el nivel de riesgo debido a que presentan los puntajes más elevados del método REBA.

Una vez obtenidos los resultados de ambos métodos de evaluación se realizaron comparaciones, utilizando la prueba de Mann-Whitney entre los resultados obtenidos en las distintas grúas para determinar si existe diferencia estadística entre los puntajes finales de cada una. Se determinó que las puntuaciones finales de las grúas son distintas, tanto para el método RULA como para el REBA, lo cual quiere decir que cada tipo de grúa presenta un nivel de riesgo diferente.

De igual manera se realizó una comparación entre los métodos RULA y REBA utilizando la prueba de Mann-Whitney, con lo cual se concluyó que no existe diferencia estadística entre los niveles de actuación obtenidos por ambos métodos. Esto quiere decir que cualquiera de los 2 métodos de evaluación (RULA y REBA) puede ser utilizado para identificar el nivel de riesgo en las grúas MH, QC y RTG, ya que los resultados obtenidos se consideran estadísticamente iguales.

Por otro lado, se recomienda que el departamento de seguridad industrial notifique tanto a los operadores de grúa actuales como a los potenciales operadores los riesgos a los cuales están expuestos durante la jornada laboral. De igual manera se recomienda que se realicen capacitaciones acerca de las posturas adecuadas que se deben adoptar en cada tipo de grúa para minimizar el riesgo al que están expuestos los trabajadores.

Además sería conveniente que el departamento de seguridad realice capacitaciones relacionadas con pausas activas y que se establezcan horarios definidos para que los operadores puedan efectuar dichas pausas. De esta manera se puede reducir el riesgo que se presenta debido a la actividad estática que se realiza en las grúas MH, QC y RTG. De igual manera se recomienda realizar capacitaciones acerca de la manera en la cual se puede modificar las características del asiento de cada grúa, ya que una correcta altura del asiento o reposa brazos puede reducir el riesgo al cual están expuestos los operadores debido a posturas forzadas.

Finalmente, es importante que el departamento médico realice exámenes ocupacionales específicos para los operadores de grúas MH, QC y RTG ya que los riesgos a los que están expuestos son distintos a los riesgos presentes en los demás puestos de trabajo del Puerto de Guayaquil. Además, se establece la necesidad de realizar investigaciones similares en otros puertos del Ecuador con el objetivo de corroborar los resultados obtenidos en el presente estudio y evidenciar el riesgo al cual están expuestos los operadores de grúas portuarias.

## 5. Referencias:

- Alcántara-Bumbiedro, 2006. Escala de incapacidad por dolor lumbar de Oswestry. *Rehabilitación*, pp. 2-45.
- APG. (2014). Autoridad Portuaria de Guayaquil. Guayaquil: <http://www.apg.gob.ec/institucional/>
- Armada de Chile. (2012). Análisis estadísticos de accidentes laborales. *DIRECTEMAR*, 2-45.
- Barrera, A. (2013). Análisis, diseño, implementación de un sistema que permita optimizar el consumo de energía en grúas del puerto de Guayaquil. *UPS*.
- Brinkmann, B. (2005). *Planung und Entwurf*. Nueva York: Springer.
- Brito, E. (2013). Puerto de Guayaquil, su mayor fortaleza es su hinterland. *Informativo Portuario Marítimo*, 4-7.
- Buckley, P. (2015). Work-related Musculoskeletal Disorders Statistics. *Health and Safety Executive*, 1-20.
- CEPAL. (2012, January 3). Ranking Portuario. Retrieved from *Perfil Marítimo y logístico de América Latina y Caribe*: <http://www.cepal.org/cgi-bin/getprod.asp?xml=/perfil/noticias/noticias/7/29917/P29917.xml&xsl=/perfil/tpl/p1f.xsl&base=/perfil/tpl/top-bottom.xsl>
- CIC, 2015. A Higher Level of Certification. s.l.:Crane Institute Certification.
- Chiasson, M. (2012). Comparing the results of eight methods used to evaluate risk factors associated with musculoskeletal disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 478-488.
- Crane Operator. Iowa Mold Tooling. (2011). *Operator's Crane Safety Manual*. Iowa: IMT.
- David, G. (2005). Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occupational Medicine*, 190-199.
- Economía, A., 2014. *Ranking de Puertos*. amereco ed. Panamá: s.n.
- Edgerton, M. (2013). *A Practitioner's Guide to Effective Maritime and Port Security*. New Jersey: Wiley.
- GOTTWALD, 2012. *Mobile Harbour Cranes*. 2nd ed. s.l.:TEREX.
- ICTSI. (2016). CONTECON Guayaquil S.A.
- IMIRP. (1999). *Crane Operator Toll Kit*. Advanced Ergonomics Inc, 1-590.
- INSHT, 2003. "Movimientos Repetitivos: Método OCRA". Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- INSHT, 2014. "Evaluación del riesgo por posturas forzadas". Madrid: Instituto Nacional De Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Kushwaha, D. K. (2016). Ergonomic assessment and workstation design of shipping crane cabin in steel industry. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 29-39
- Littmann, A. (2010). *Prevención de Trastornos Musculoesqueléticos en el lugar de trabajo*. Hamburg: Federal Institute for Occupational Safety and Health.
- Llaneza, F., 2007. *La ergonomía forense. Pruebas periciales en prevención de riesgos laborales*. Valladolid: Lex Nova.
- Logistec, 2014. *LAS GRÚAS Y SU IMPORTANCIA EN LA OPERACIÓN LOGÍSTICA*. s.l.:Realidad Aumentada.
- M, B. (2002). Low back pain in port machinery operators. *Journal of sound and vibration*, 3-20.
- Massaccesi. (2003). Investigation of work-related disorders in truck drivers using RULA method. *Applied Ergonomics*, 303-307.
- Mateu, E. (2003). Tamaño de la Muestra. *Rev.Epidem.Med.Prev*, 8-14.
- McAtamney, L. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, Pages 91-99.
- Merford Holding. (2016). RTG Cabin. Retrieved from Merford: <http://www.merford.com/en-gb/products/cabins/rtg-cabin/>
- Michael Kort, J. B. (2010). The association between musculoskeletal disorders and obesity. Australia: Department of Health and Ageing.
- Mior, V., 1991. "The Neck Disability Index". *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, pp. 1-33.
- MTAS. (2010). *Programa de Curso de Formación Profesional Ocupacional*. Madrid: Instituto Nacional de Empleo.
- Murphy, D. (2009). *Understanding the risks associated with cranes*. Zurich: Zurich American Insurance Company.
- OIT, 2005. "Seguridad y Salud en los Puertos". Ginebra: Organización Internacional del Trabajo.
- Park, B. (2010). Risk factors of work-related upper extremity musculoskeletal disorders in male shipyard workers. *Safety and Helath at Work*, 124-133.
- REMAR. (2010). *Representaciones Maritimas del Ecuador S.A.* Ecuador:



<http://www.remar.com.ec/remar/es/puertoguayaquil>.

Recognition, I. C. (2006). Comparison of methods RULA and REBA. Washington: ICPR.

Saravia, M. (2006). Ergonomía de Concepción. Bogotá: Javeriana.

Spasojevic, V. (2015). Ergonomic design of crane cabin interior: the path to improve safety. Safet Science, 43-51.

Ycaza, J. E. (1990). El Puerto de Guayaquil. Banco Central del Ecuador.

Szklo, M. (2003). Epidemiología Intermedia. Diaz de Santos.

Zegarra, R., 2014. "Análisis de Riesgos Ergonómicos, a través de los métodos REBA y RULA". Caracas: Universidad Nacional Experimental Politécnica.

## ANEXOS

Figura No.1: Grúa MH Flexión Brazo / Flexión Antebrazo



Figura No.2: Grúa MH Abducción Brazo



Figura No.3: Grúa MH Flexión Muñeca



Figura No.4: Grúa MH Giro Muñeca



Figura No.5: Grúa MH Flexión Cuello



Figura No.6: Grúa MH Torsión Cuello

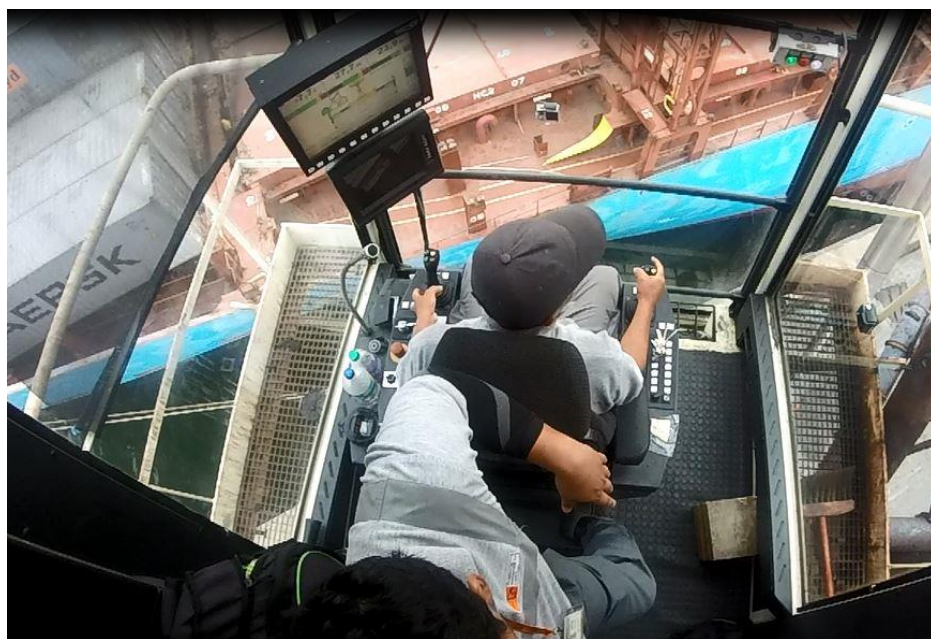


Figura No.7: Grúa MH Flexión Tronco



Figura No.8: Grúa QC Inclinação Tronco



Figura No.9: Grúa QC Flexión Brazo / Flexión Cuello



Figura No.10: Grúa QC Abducción Brazo



Figura No.11: Grúa QC Flexión Antebrazo / Flexión Tronco



Figura No.12: Grúa QC Flexión Muñeca



Figura No.13: Grúa QC Torsión Cuello / Torsión Tronco



Figura No.14: Grúa RTG Flexión Brazo

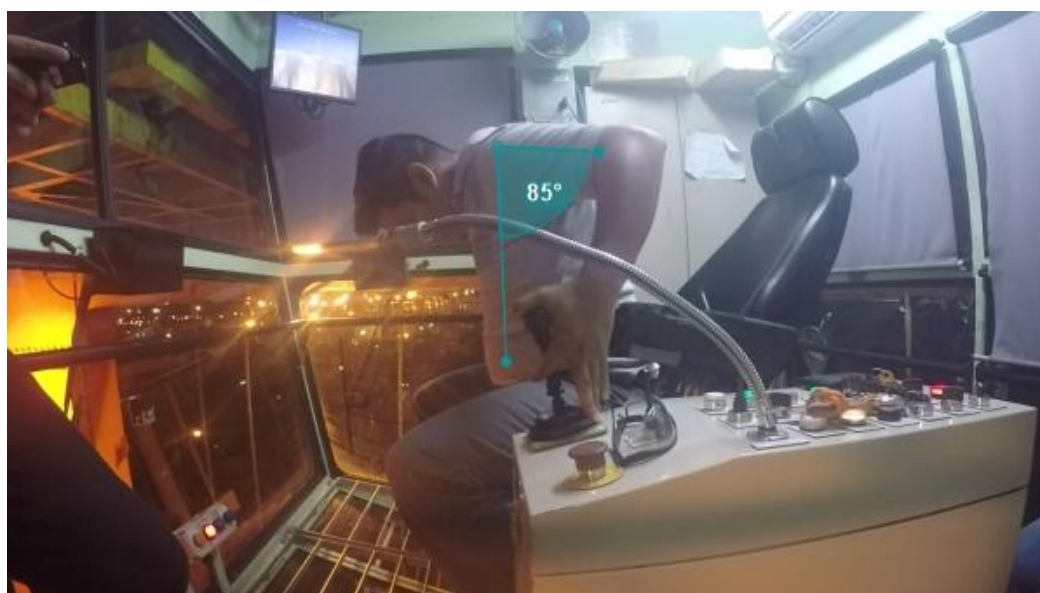




Figura No.15: Grúa RTG Abducción Brazo



Figura No.16: Grúa RTG Flexión Antebrazo / Flexión Tronco

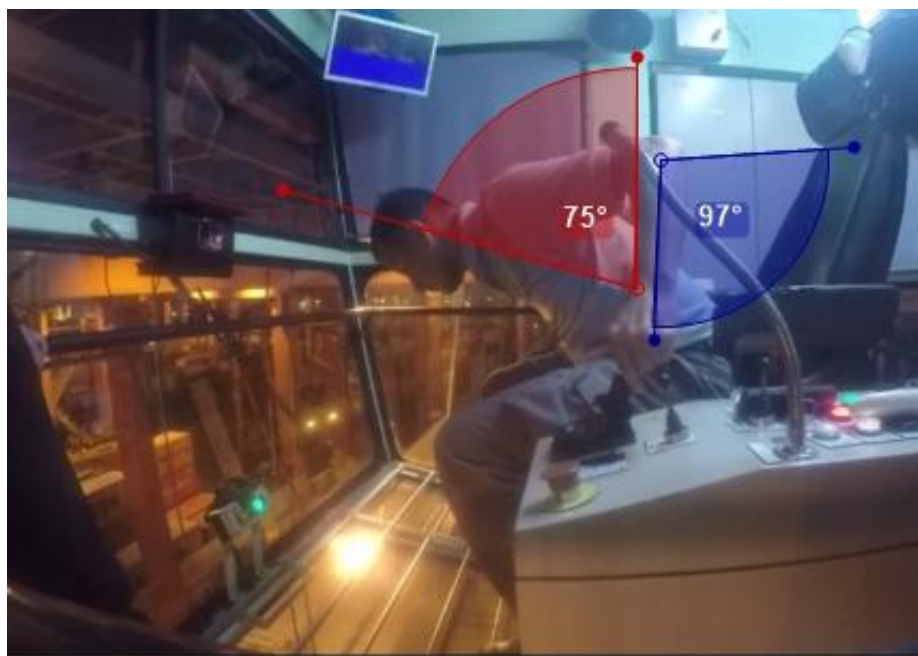


Figura No.17: Grúa RTG Extensión Muñecas



Figura No.18: Grúa RTG Flexión Cuello



Figura No.19: Grúa RTG Torsión Cuello



Figura No.20: Grúa RTG Desplazamiento Lateral Cuello



Figura No.21: Gráfica de Residuales Datos RULA

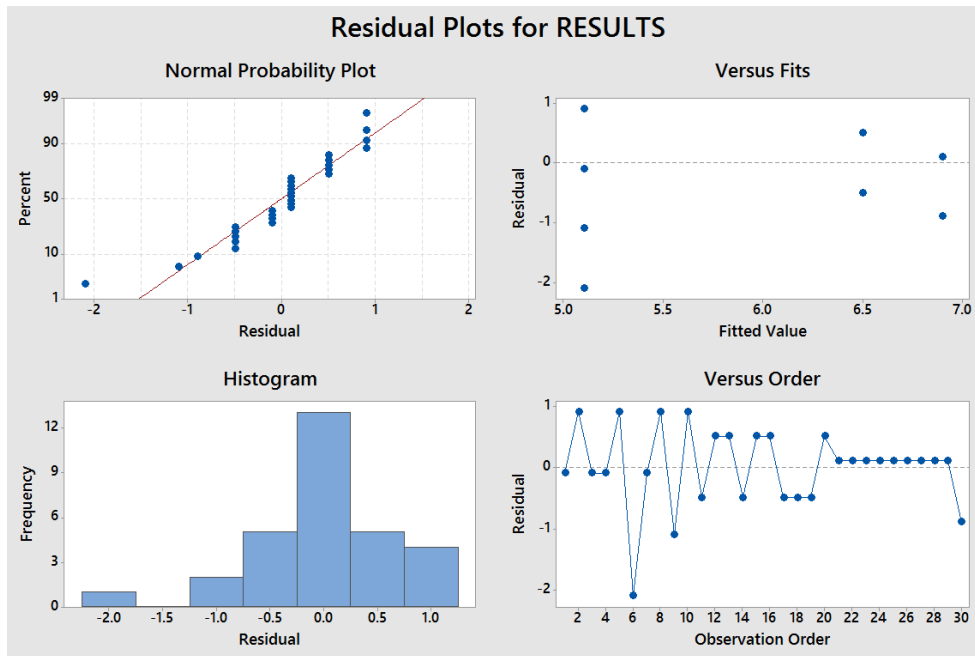


Figura No.22: Prueba de Normalidad Datos RULA

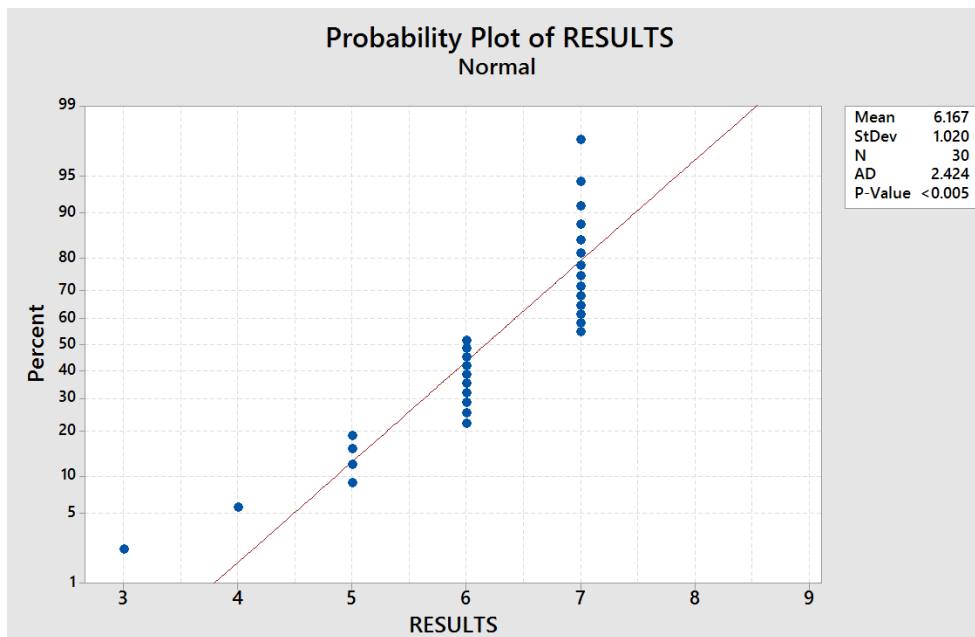


Figura No.23: Gráfica de Residuales Datos REBA

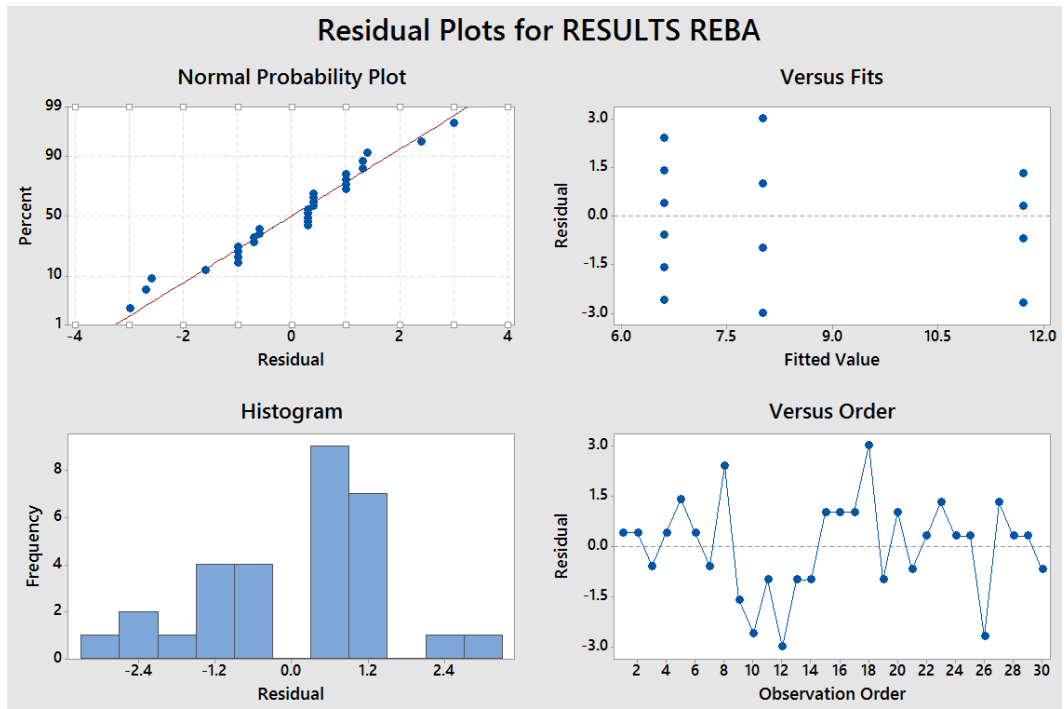


Figura No.24: Prueba de Normalidad Datos REBA

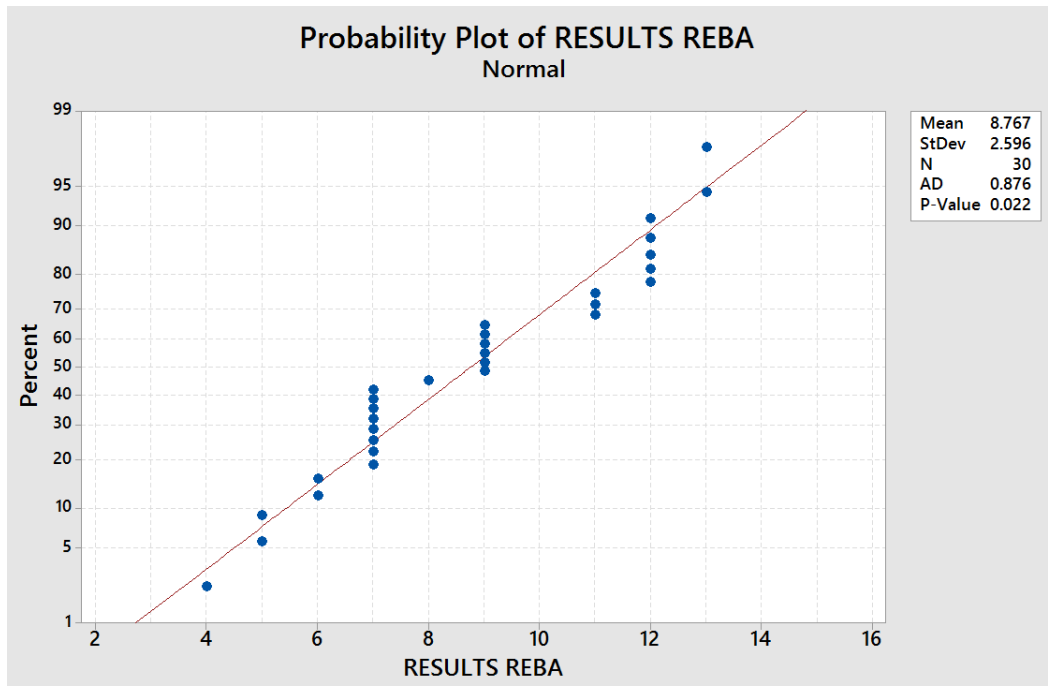


Figura No.25: Prueba de Asociación Chi-Cuadrado RULA MH – REBA MH

**Chi-Square Test for Association: Worksheet rows, Worksheet columns**

Rows: Worksheet rows Columns: Worksheet columns

	NIV RULA MH	NIV REBA MH	All
1	3 3.000	3 3.000	6
2	3 3.000	3 3.000	6
3	3 3.000	3 3.000	6
4	2 2.500	3 2.500	5
5	3 3.000	3 3.000	6
6	3 3.000	3 3.000	6
7	3 3.000	3 3.000	6
8	3 3.000	3 3.000	6
9	3 2.500	2 2.500	5
10	2 2.000	2 2.000	4
All	28	28	56

Pearson Chi-Square = 0.400, DF = 9, P-Value = 1.000

Likelihood Ratio Chi-Square = 0.403, DF = 9, P-Value = 1.000

Figura No.26: Prueba de Asociación Chi-Cuadrado RULA QC – REBA QC

**Chi-Square Test for Association: Worksheet rows, Worksheet columns**

Rows: Worksheet rows Columns: Worksheet columns

	NIV RULA QC	NIV REBA QC	All
1	4 3.662	3 3.338	7
2	3 3.138	3 2.862	6
3	3 3.138	3 2.862	6
4	4 3.662	3 3.338	7
5	4 3.662	3 3.338	7
6	3 3.138	3 2.862	6
7	3 3.138	3 2.862	6
8	4 4.185	4 3.815	8
9	3 3.138	3 2.862	6
10	3 3.138	3 2.862	6
All	34	31	65

Pearson Chi-Square = 0.291, DF = 9, P-Value = 1.000

Likelihood Ratio Chi-Square = 0.292, DF = 9, P-Value = 1.000

Figura No.27: Prueba de Asociación Chi-Cuadrado RULA RTG – REBA RTG

**Chi-Square Test for Association: Worksheet rows, Worksheet columns**

Rows: Worksheet rows Columns: Worksheet columns

	NIV RULA RTG	NIV REBA RTG	All
1	4 4.000	4 4.000	8
2	4 4.000	4 4.000	8
3	4 4.000	4 4.000	8
4	4 4.000	4 4.000	8
5	4 4.000	4 4.000	8
6	4 3.500	3 3.500	7
7	4 4.000	4 4.000	8
8	4 4.000	4 4.000	8
9	4 4.000	4 4.000	8
10	3 3.500	4 3.500	7
All	39	39	78

Pearson Chi-Square = 0.286, DF = 9, P-Value = 1.000

Likelihood Ratio Chi-Square = 0.287, DF = 9, P-Value = 1.000



Figura No.28: Prueba Mann-Whitney RULA MH-QC

**Mann-Whitney Test and CI: RULA MH, RULA QC**

	N	Median
RULA MH	10	5.000
RULA QC	10	6.000

Point estimate for  $\eta_1 - \eta_2$  is -1.000  
 95.5 Percent CI for  $\eta_1 - \eta_2$  is (-2.000,-0.000)  
 W = 67.0  
 Test of  $\eta_1 = \eta_2$  vs  $\eta_1 \neq \eta_2$  is significant at 0.0046  
 The test is significant at 0.0022 (adjusted for ties)

Figura No.29: Prueba Mann-Whitney RULA MH-RTG

**Mann-Whitney Test and CI: RULA MH, RULA RTG**

	N	Median
RULA MH	10	5.000
RULA RTG	10	7.000

Point estimate for  $\eta_1 - \eta_2$  is -2.000  
 95.5 Percent CI for  $\eta_1 - \eta_2$  is (-2.000,-1.000)  
 W = 57.0  
 Test of  $\eta_1 = \eta_2$  vs  $\eta_1 \neq \eta_2$  is significant at 0.0003  
 The test is significant at 0.0001 (adjusted for ties)

Figura No.30: Prueba Mann-Whitney RULA QC-RTG

**Mann-Whitney Test and CI: RULA QC, RULA RTG**

	N	Median
RULA QC	10	6.0000
RULA RTG	10	7.0000

Point estimate for  $\eta_1 - \eta_2$  is -1.0000  
 95.5 Percent CI for  $\eta_1 - \eta_2$  is (-1.0001,0.0001)  
 W = 80.0  
 Test of  $\eta_1 = \eta_2$  vs  $\eta_1 \neq \eta_2$  is significant at 0.0640  
 The test is significant at 0.0252 (adjusted for ties)

Figura No.31: Prueba Mann-Whitney REBA MH-QC

**Mann-Whitney Test and CI: REBA MH, REBA QC**

	N	Median
REBA MH	10	7.000
REBA QC	10	8.000

Point estimate for  $\eta_1 - \eta_2$  is -1.500  
 95.5 Percent CI for  $\eta_1 - \eta_2$  is (-3.000,0.001)  
 W = 81.5  
 Test of  $\eta_1 = \eta_2$  vs  $\eta_1 \neq \eta_2$  is significant at 0.0821  
 The test is significant at 0.0699 (adjusted for ties)

Figura No.32: Prueba Mann-Whitney REBA MH-RTG

**Mann-Whitney Test and CI: REBA MH, REBA RTG**

	N	Median
REBA MH	10	7.000
REBA RTG	10	12.000

Point estimate for  $\eta_1 - \eta_2$  is -5.000  
 95.5 Percent CI for  $\eta_1 - \eta_2$  is (-6.000,-4.000)  
 W = 55.5  
 Test of  $\eta_1 = \eta_2$  vs  $\eta_1 \neq \eta_2$  is significant at 0.0002  
 The test is significant at 0.0002 (adjusted for ties)

Figura No.33: Prueba Mann-Whitney REBA QC-RTG

**Mann-Whitney Test and CI: REBA QC, REBA RTG**

	N	Median
REBA QC	10	8.000
REBA RTG	10	12.000

Point estimate for  $\eta_1 - \eta_2$  is -4.000  
 95.5 Percent CI for  $\eta_1 - \eta_2$  is (-4.999,-2.000)  
 W = 59.0  
 Test of  $\eta_1 = \eta_2$  vs  $\eta_1 \neq \eta_2$  is significant at 0.0006  
 The test is significant at 0.0004 (adjusted for ties)

Figura No.34: Prueba Mann-Whitney Nivel de Acción RULA MH-REBA MH

**Mann-Whitney Test and CI: NIV RULA MH, NIV REBA MH**

	N	Median
NIV RULA MH	10	3.0000
NIV REBA MH	10	3.0000

Point estimate for  $\eta_1 - \eta_2$  is -0.0000  
 95.5 Percent CI for  $\eta_1 - \eta_2$  is (-0.0003,0.0003)  
 W = 105.0  
 Test of  $\eta_1 = \eta_2$  vs  $\eta_1 \neq \eta_2$  is significant at 1.0000  
 The test is significant at 1.0000 (adjusted for ties)

Figura No.35: Prueba Mann-Whitney Nivel de Acción RULA QC-REBA QC

**Mann-Whitney Test and CI: NIV RULA QC, NIV REBA QC**

	N	Median
NIV RULA QC	10	3.0000
NIV REBA QC	10	3.0000

Point estimate for  $\eta_1 - \eta_2$  is -0.0000  
 95.5 Percent CI for  $\eta_1 - \eta_2$  is (-0.0002,1.0002)  
 W = 120.0  
 Test of  $\eta_1 = \eta_2$  vs  $\eta_1 \neq \eta_2$  is significant at 0.2730  
 The test is significant at 0.1444 (adjusted for ties)

Figura No.36: Prueba Mann-Whitney Nivel de Acción RULA RTG-REBA RTG

**Mann-Whitney Test and CI: NIV RULA RTG, NIV REBA RTG**

	N	Median
NIV RULA RTG	10	4.0000
NIV REBA RTG	10	4.0000

Point estimate for  $\eta_1 - \eta_2$  is -0.0000  
 95.5 Percent CI for  $\eta_1 - \eta_2$  is (0.0001,-0.0001)  
 W = 105.0  
 Test of  $\eta_1 = \eta_2$  vs  $\eta_1 \neq \eta_2$  is significant at 1.0000  
 The test is significant at 1.0000 (adjusted for ties)