

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**(Universidad del Perú, Decana de América)**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**MODELO BIOMECÁNICO-ERGONÓMICO DEL MOVIMIENTO DE  
TRONCO Y BRAZOS DE OPERARIOS ZURDOS EN EL USO DEL TALADRO  
DE PEDESTAL COMO MEDIO DE PREVENCIÓN DE LESIONES**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE DOCTOR EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Presentado por:**

**Fabio Eduardo Obando Herrera**

**Lima – Perú**

**2019**

**Índice General**

CAPÍTULO I.....	10
INTRODUCCION.....	10
Situación Problemática.....	10
Formulación del problema:.....	10
Problema General:.....	10
Problemas específicos:.....	10
Justificación de la investigación.....	11
Objetivos de la investigación.....	12
Objetivo General:.....	12
Objetivos específicos:.....	12
CAPITULO II.....	13
MARCO TEÓRICO.....	13
Marco filosófico y epistemológico de la investigación.....	13
Antecedentes de estudio:.....	15
Bases teóricas.....	15
Ergonomía.....	17
Definición:.....	17
Clasificación de la ergonomía:.....	18
Objetivo de la ergonomía:.....	19
Ergonomía biométrica o geométrica.....	20
Antropometría:.....	20
Dimensiones antropométricas.....	21
Variables antropométricas.....	22
Precisión y errores.....	23
Métodos para la obtención de dimensiones antropométricas.....	23
Medición mediante medios manuales.....	24
Medición mediante fotografía.....	25
Tratamiento estadístico.....	26
Carga de trabajo.....	26
Carga física del trabajo:.....	26
Carga de trabajo aceptable en el trabajo repetitivo.....	27
Trabajo muscular en las actividades laborales.....	27
Trabajo muscular dinámico.....	27
Trabajo muscular estático:.....	27
Esfuerzo muscular:.....	28

Sobrecarga muscular .....	28
Efectos para la salud.....	29
Posturas.....	29
Biomecánica: .....	30
Variables biomecánicas: .....	31
Los métodos de evaluación ergonómica.....	31
El Método RULA. ....	33
Procedimiento de aplicación.....	34
Puntuación del brazo .....	34
Puntuación del antebrazo.....	36
Puntuación de la muñeca .....	37
Grupo B: Puntuaciones para las piernas, el tronco y el cuello .....	38
Puntuación del tronco .....	40
Puntuación global para los miembros del grupo A .....	41
Puntuación global para los miembros del grupo B.....	42
Influencia del tipo de actividad muscular desarrollada y la fuerza aplicada.....	42
Puntuación final.....	43
Recomendaciones .....	43
Método REBA:.....	44
Procedimiento y pasos previos: .....	44
Puntuación del tronco .....	46
Puntuación del cuello .....	47
Grupo B: puntuaciones de los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca)	
.....	49
Puntuación del brazo .....	49
Puntuación del antebrazo.....	50
Puntuación de la muñeca .....	51
Puntuaciones de los grupos A y B:.....	52
Puntuación de la carga o fuerza:.....	53
Puntuación del tipo de agarre .....	53
Puntuación C .....	54
Puntuación final.....	54
Conclusiones.....	55
El método check list OCRA .....	55

Evaluación de la repetitividad .....	55
Características del método check list OCRA .....	56
Evaluación del riesgo intrínseco de un único puesto.....	56
Evaluación de la duración neta del movimiento repetitive y de la duración neta del ciclo .....	57
Factor de Recuperación .....	58
Factor de Frecuencia.....	59
Factor de Fuerza .....	60
Factor de Postura .....	62
Factores Adicionales.....	65
Multiplicador correspondiente a la Duración neta del movimiento repetitivo...	66
Obtención de la Puntuación Final.....	66
<b>LATERALIDAD .....</b>	<b>67</b>
Cuestionarios de lateralidad: .....	69
Influencia de la lateralidad en las maquinas.....	69
Dirección anatómica, planos y movimientos:.....	70
Planos y secciones del cuerpo .....	71
Articulaciones vistas como elementos mecánicos:.....	72
Estructuración y análisis del movimiento.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Movimientos de miembro superior .....</b>	<b>73</b>
El Hombro: .....	73
Movimientos del hombro .....	74
Abducción.....	75
Aducción.....	75
La rotación del brazo sobre su eje longitudinal.....	76
Circunducción.....	77
<b>Marco Conceptual.....</b>	<b>77</b>
<b>HIPOTESIS Y VARIABLES .....</b>	<b>79</b>
Hipótesis General .....	79
Hipótesis específicas .....	79
Identificación de las variables .....	80
Variable Dependiente: .....	80
Variables Independientes: .....	80
Matriz de consistencia .....	81

Operacionalización de Variables .....	82
Definición Conceptual de Variables.....	82
Variable Dependiente: .....	82
Variable Independiente:.....	82
Matriz de operacionalización de variables .....	82
CAPITULO III .....	83
METODOLOGÍA.....	83
Tipo y diseño de la Investigación .....	83
Tipo de investigación: .....	83
Estudios exploratorios o formulativos .....	84
Estudios descriptivos .....	84
Los estudios explicativos.....	84
Diseño de la investigación.....	84
Determinación del método de Investigación Cualitativa.....	85
Identificación de los Instrumentos a emplear .....	85
Observación. ....	86
Metodología de la Investigación Cuantitativa .....	86
Fiabilidad y validez de la recolección de datos .....	87
CAPITULO IV. ....	88
RESULTADOS Y VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	88
Análisis Biomecánico – Postural:.....	88
Medición del grado de lateralidad .....	88
Matriz de correlación.....	89
Análisis Postural.....	89
Caracterización de Posturas usadas en el taladro de pedestal – postura más adecuada .....	90
Verificación de ángulos – posición óptima .....	91
Resultados y Mediciones .....	91
Ángulos medidos por operario: .....	93
Resumen ángulos .....	103
Acero SAE 1055:.....	103
Acero ASTM A36: .....	103
Aplicación en hojas de cálculo RULA, REBA y OCRA .....	104
Hoja RULA: .....	104

Hoja REBA:.....	108
Hoja OCRA Check List:.....	111
Aplicación de métodos de análisis ergonómico .....	118
Método OCRA.....	118
Método RULA.....	119
Método REBA .....	119
Conclusión:.....	120
Análisis de correlación entre variables .....	120
Estudio de tiempos y calidad de perforación utilizando MSA y SPC: .....	121
Estudio basado en MSA .....	124
Promedio de piezas .....	124
Gráfica de promedios de medición de diámetros .....	125
Control de calidad promedios y rangos .....	125
Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4 y peso de 2kgf .....	126
Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4 y peso de 4kgf .....	127
Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4 y peso de 5kgf .....	127
Control de promedios y rangos con una broca de 18mm y peso de 2kgf .....	127
Verificación de las hipótesis:.....	128
Hipótesis General .....	128
Hipótesis específicas .....	132
Acero SAE 1055:.....	133
Acero ASTM A36: .....	133
Análisis de correlación .....	134
CAPÍTULO V: IMPACTOS .....	151
Conclusiones.....	151
Bibliografía.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## Índice de Cuadros

Cuadro 1: Clasificación de la Ergonomía.....	19
Cuadro 2: Tipos de cargas .....	26
Cuadro 3: Factores que influyen en la postura .....	29
Cuadro 4: Variables biomecánicas .....	31
Cuadro 5: Puntaje de referencia para el brazo .....	35
Cuadro 6: Puntaje de modificación sobre la puntuación del brazo .....	36
Cuadro 7: Puntuación del antebrazo .....	36
Cuadro 8: Modificación de la puntuación del antebrazo .....	37
Cuadro 9: Puntuación de la muñeca .....	37
Cuadro 10: Puntuación de la desviación de la muñeca .....	38
Cuadro 11: Puntuación por giro de la muñeca .....	38
Cuadro 12: Puntuación del cuello.....	39
Cuadro 13: Modificación de la puntuación del cuello.....	40
Cuadro 14: Puntuación del tronco .....	40
Cuadro 15: Modificación de la puntuación del tronco .....	41
Cuadro 16: Puntuación global para el grupo A .....	41
Cuadro 17: Puntuación global para el grupo B.....	42
Cuadro 18: Puntuación para la actividad muscular .....	42
Cuadro 19: Puntuación para las fuerzas ejercidas o las cargas manejadas.....	43
Cuadro 20: Puntuación final .....	43
Cuadro 21: Niveles de actuación según la puntuación obtenida .....	44
Cuadro 22: Puntuación del tronco .....	46
Cuadro 23: Modificación de la puntuación del tronco .....	47
Cuadro 24: Puntuación del cuello.....	48
Cuadro 25: Modificación de la puntuación del cuello.....	49
Cuadro 26: Puntuación del brazo.....	49
Cuadro 27: Modificaciones sobre la puntuación del brazo .....	50
Cuadro 28: Puntuación del antebrazo .....	51
Cuadro 29: Puntuación de la muñeca .....	51
Cuadro 30: Modificación de la puntuación de la muñeca .....	52
Cuadro 31: Puntuación inicial para el Grupo A .....	52
Cuadro 32: Puntuación inicial para el Grupo B.....	52
Cuadro 33: Puntuación para la carga o fuerzas .....	53
Cuadro 34: Modificación de la puntuación para la carga o fuerzas .....	53
Cuadro 35: Puntuación del tipo de agarre .....	53
Cuadro 36: Puntuación C en función de las puntuaciones A y B.....	54
Cuadro 37: Puntuación del tipo de la actividad muscular .....	55
Cuadro 38: Niveles de actuación según la Puntuación Final obtenida.....	55
Cuadro 39: Para la evaluación de la duración neta de la tarea repetitiva y del ciclo .....	57
Cuadro 40: puntuación del Factor de Recuperación.....	59
Cuadro 41: Tabla de puntuación del Factor de Frecuencia para acciones técnicas dinámicas .....	60

Cuadro 42: Puntuación del Factor de Frecuencia para acciones técnicas estáticas.....	60
Cuadro 43: Ejemplos de acciones técnicas.....	61
Cuadro 44: Escala CR-10 de Borg .....	61
Cuadro 45: Puntuación del Factor de Fuerza con fuerza moderada.....	61
Cuadro 46: Puntuación del Factor de Fuerza con fuerza intensa .....	62
Cuadro 47: Puntuación del Factor de Fuerza con fuerza máxima.....	62
Cuadro 48: Puntuación del Factor de Postura para el hombro .....	63
Cuadro 49: Puntuación del Factor de Postura para codo.....	63
Cuadro 50: Puntuación del Factor de Postura para la muñeca .....	64
Cuadro 51: Tipos de agarre .....	64
Cuadro 52: Puntuación del Factor de Postura para el agarre.....	64
Cuadro 53: Puntuación de los movimientos estereotipados .....	65
Cuadro 54: Puntuación de los Factores Adicionales .....	65
Cuadro 55: Puntuación del ritmo de trabajo.....	66
Cuadro 56: Puntuación para el Multiplicador de Duración neta del movimiento repetitivo.....	66
Cuadro 57: Clasificación del índice Check List OCRA .....	67
Cuadro 58: Tipos de lateralidad.....	68
Cuadro 59: términos para describir la dirección de los miembros del cuerpo .....	70
Cuadro 60: Resultados Test Edimburgo.....	88
Cuadro 61: Matriz de correlación Pearson ojo - pierna preferente.....	89
Cuadro 62: Matriz de correlación Pearson ojo - pierna preferente. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Cuadro 63: Resumen ángulos - SAE 1055 .....	103
Cuadro 64: Resumen ángulos - ASTM A36.....	103
Cuadro 65: Resultados OCRA.....	118
Cuadro 66: Resultados RULA.....	119
Cuadro 67: Resultados REBA .....	119
Cuadro 68: Resumen ángulos - SAE 1055 .....	133
Cuadro 69: Resumen ángulos - ASTM A36.....	133
Cuadro 70: Resumen análisis ergonómico .....	134
Cuadro 71: Correlación Lateralidad - OCRA.....	134
Cuadro 72: Correlación Lateralidad - RULA .....	135
Cuadro 73: Correlación Lateralidad - REBA .....	135
Cuadro 74: Lateralidad vs Cambio de postura .....	135
Cuadro 75: Lateralidad - Riesgo - Cambio de postura .....	136
Cuadro 76: Correlación Lateralidad - Riesgo - Cambio de postura .....	136
Cuadro 77: Posición angular de miembros superiores según la lateralidad de operario .....	128
Cuadro 78: Resultados pruebas de normalidad .....	130
Cuadro 79: Rangos de Mann Whitney .....	131
Cuadro 80: Estadísticos de prueba Mann - Whitney .....	131

## Índice de figuras

Figura 1: Principales medidas antropométricas .....	21
Figura 2: Estadiómetro .....	24
Figura 3: Antropómetro .....	25
Figura 4: Compás antropométrico .....	25
Figura 5: Trabajo estático frente a trabajo dinámico .....	28
Figura 6: Medición de ángulo incorrecta frente a una medición correcta .....	34
Figura 7: Grupos de medición RULA .....	34
Figura 8: Posturas referenciales del brazo .....	35
Figura 9: Modificaciones sobre la puntuación del antebrazo .....	36
Figura 10: Posición del antebrazo .....	36
Figura 11: Posiciones que modifican la puntuación del antebrazo .....	37
Figura 12: Modificación de la puntuación de la muñeca, en función de la desviación..	38
Figura 13: Giro de la muñeca .....	38
Figura 14: Posiciones del cuello .....	39
Figura 15: Posiciones que modifican la puntuación del cuello .....	39
Figura 16: Posiciones del tronco .....	40
Figura 17: Posiciones que modifican la puntuación del tronco.....	41
Figura 18: Posiciones del tronco .....	46
Figura 19: Posiciones que modifican la puntuación del tronco.....	47
Figura 20: Posiciones del cuello.....	48
Figura 21: Posiciones que modifican la puntuación del cuello .....	48
Figura 22: Posiciones del brazo.....	49
Figura 23: Posiciones que modifican la puntuación del brazo .....	50
Figura 24: Posiciones del antebrazo .....	51
Figura 25: Torsión o desviación de la muñeca .....	52
Figura 26: Posiciones y planos anatómicos del cuerpo .....	72
Figura 27: Tipos de articulaciones sinoviales .....	72
Figura 28: Articulación del hombro .....	73
Figura 29: Grados de libertad del hombro.....	74
Figura 30: Movimientos de Flexión y Extensión .....	75
Figura 31: Movimiento de Abducción .....	75
Figura 32: Movimientos de Aducción .....	76
Figura 33: Rotación del brazo sobre su eje longitudinal .....	76
Figura 34: Movimiento de Circunducción.....	77
Figura 35: Ejemplo 1 de uso de RULER .....	92
Figura 36: Ejemplo 2 de uso de RULER.....	92

# CAPÍTULO I.

## *INTRODUCCION*

### **Situación Problemática.**

En la industria metalmecánica es común que existan lesiones y accidentes de trabajo provocado por la desconcentración del personal, muchas de estas desconcentraciones son causadas por el estrés laboral causado por el cansancio muscular, provocado por los RSIs (lesiones provocadas por esfuerzos repetitivos), para disminuir el riesgo de lesiones y accidentes es recomendable, cada cierto periodo de tiempo, realizar las denominadas “pausas activas” que no son más que un conjunto de ejercicios que ayudan a la relajación muscular.

Como manifiestan (Luttman., Jâger., & Griefahn., 2004) cuando el trabajador presenta perturbaciones en su cuerpo puede ser causa de no presentarse al trabajo, causando perdida en la economía de la empresa.

En brazos y hombros las lesiones pueden aparecer por una carga relativamente alta, y la otra característica de esta carga es que es repetida y continuada.

### ***Formulación del problema:***

#### **Problema General:**

¿Es factible desarrollar un modelo biomecánico-ergonómico del movimiento de tronco y brazos de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones?

#### **Problemas específicos:**

- a) ¿Cómo se categoriza la lateralidad de los operarios zurdos, en el uso del taladro de pedestal?

- b) ¿Se podrá caracterizar los movimientos no programados y repetitivos de tronco y brazos en un operador de lateralidad izquierda operando un taladro y determinar los parámetros para una análisis ergonómico - postural?
- c) ¿Cómo se construye un modelo basado en un análisis ergonómico postural de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones, tomando en cuenta el grado de lateralidad del operario?

### ***Justificación de la investigación***

Actualmente en el Ecuador se está fomentando la cultura de prevención de riesgos laborales dentro de las empresas, para esto el gobierno nacional ha creado el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores, el cual en su artículo 2, ítem 2c menciona: “Programar y evaluar la ejecución de las normas vigentes en materia de prevención de riesgos del trabajo y expedir las regulaciones especiales en la materia, para determinadas actividades cuya peligrosidad lo exija”. (Valdivieso, 2014)

La concientización en la importancia de mejorar las condiciones de trabajo, con nuevas visiones y conceptos, desde puntos de vista que superan exclusivamente las condiciones físicas, de seguridad e higiénicas de los puestos de trabajo, es un objetivo primordial que debemos cumplir para mejorar la capacidad productiva de la industria.

Mediante un estudio biomecánico - ergonómico del cuerpo humano, en este caso el operario de un taladro de pedestal, cuya lateralidad es izquierda, el mismo que será considerado como un sistema en el cual, las leyes de la cinética y la cinemática del solido rígido se cumplen a cabalidad.

El cuerpo del operario puede ser simulado y modelado ergonómicamente, analizando desplazamientos angulares, tiempos de operación, cargas de trabajo, este análisis será complementado con hojas de cálculo (RULA, REBA; OCRA Check List), y su estudio será más completo y factible de validar.

Al tener al alcance todos los medios necesarios (laboratorios, talleres, salas de computo, bibliografía, recursos humanos y económicos), la viabilidad del proyecto es óptima y es posible cumplir con los objetivos planteados.

### ***Objetivos de la investigación***

#### **Objetivo General:**

Diseñar un modelo biomecánico ergonómico de miembros superiores, tomando en cuenta los efectos de la lateralidad en el uso del taladro de pedestal en los talleres de la U.P.S, campus sur, utilizando los métodos de análisis postural RULA, REBA y OCRA Check List.

#### **Objetivos específicos:**

- a) Categorizar a los usuarios del taladro de pedestal, mediante un análisis de lateralidad utilizando las herramientas, Test de Harris y protocolo de Edimburgo.
  
- b) Identificar en un operador zurdo las posturas ergonómicamente inadecuadas causadas por movimientos no programados y repetitivos de tronco y brazos, operando TP.
  
- c) Diseñar un modelo basado en un análisis ergonómico postural de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones, tomando en cuenta el grado de lateralidad del operario.

## CAPITULO II

### **MARCO TEÓRICO**

#### **Marco filosófico y epistemológico de la investigación**

Las bases filosóficas en la que se sustenta el trabajo de investigación tienen como referencia al hombre (cuerpo), a sus conocimientos, a entender por qué el cuerpo es considerado un sistema biomecánico

El hombre existe como un ente físico que se manifiesta como componente visible y palpable, habita en una zona del universo, existiendo en este mundo al que transforma y es transformado por el mismo.

El hombre está formado por órganos, los mismos que son compuestos por infinidad de células y tejidos, que bien integrados y organizados cumplen funciones específicas y en algunos casos muy complejas. Estas redes anatómicas no actúan de forma independiente, sino que, forman complejos sistemas controlados y regulados por el cerebro.

El cuerpo humano no es un mecanismo cuasi exacto ya que también influye la parte espiritual ya que también desempeña numerosas labores científicas, volitivas y sensitivas. La característica principal del hombre es que tiene alma y semejanza con Dios, lo que le hace superior a los otros seres como animales y plantas.

El hombre no es un ente solo moviéndose al azar, sino que es un complejo mecanismo dinámico, pensativo, material, inseparable y por tanto trascendente.

“La posición del cuerpo como trascendente, del cuerpo no como objeto, trasciende la condición meramente orgánica; que el cuerpo es más que organismo, se pone de manifiesto con la noción de encarnación, que el ser es más que organismo –ser sujeto– porque se trata de la encarnación”. (Gallo, 2006).

El cuerpo es visto como sujeto de capacidades, la capacidad del yo motivada en su vida de conciencia y se manifiesta así en el cuerpo como aquello que condiciona su sensibilidad con sus impulsos y en la manera como es motivado a comportarse (Rodríguez, 2003).

Protágoras (siglo V a.c.), fue uno de los primeros pensadores en postular al hombre como el centro de todo: "El hombre es la medida de todas las cosas, de las que son en cuanto que son, y de las que no son, en cuanto que no son". Interpretaciones de grandes filósofos también postularon al hombre como medida, como criterio de las cosas, como ser social, que permite analizar y reconocer la realidad a partir de la propia existencia; según Platón, Protágoras fue el primer pensador en poner al hombre en el centro de todo tipo de especulación intelectual y toda reflexión filosófica, teniendo como referencia ya no a la naturaleza sino al ser humano. (Pastrana, 2015).

Para Aristóteles la veracidad o falsedad que puede tener un enunciado facultan a exponer contextos complicados de modo simple y lógico, por lo que se asume esta fundamentación filosófica.

Galileo sentó las bases de la Ciencia moderna, porque propuso un método sistemático basado en la verificación experimental de las hipótesis o explicaciones sobre los fenómenos naturales. El objetivo principal de Galileo fue el de describir detalladamente el movimiento de los cuerpos, incluido el cuerpo humano. (Loredo, 2012).

Comúnmente se llaman verdaderos a las proposiciones o juicios que dicen ser aquello que es, y no ser aquello que no es. Podemos hablar dos tipos de verdades: la verdad lógica o conformidad de nuestro conocimiento con el estado de las cosas conocidas; y la verdad ontológica o conformidad de la cosa consigo misma. Lo verdadero debe manifestarse al conocimiento y ser conforme con su ser profundo. (Morales, 2002)

El movimiento, es medida de la presencia del hombre que posibilita la expresión, la disponibilidad corporal (se mueve), relaciona al individuo con su organismo, controlado con experiencia brindando el discernimiento de lo que es conciencia. (Prieto & Naranjo, 2005).

El estudio fenomenológico, reflexiona en la cimentación de espacios en varias disciplinas, logrando adaptarlo a la naturaleza mismo, motivando la pregunta de conocimiento (Vargas, 2001).

“Desde un punto de vista más biológico, el sistema cuerpo-mundo que llega a conocer el hombre, va a tener uno de sus condicionamientos, en las gamas de estímulos que son adecuadas para excitar el equipo de órganos sensoriales y construir la relación corporal con el mundo” (Prieto & Naranjo, 2005).

### ***Antecedentes de estudio:***

En pequeñas y medianas industrias el uso de máquinas herramientas es muy común, aunque en la actualidad se ha introducido las máquinas de control numérico CNC. Actualmente en la industria ecuatoriana los procesos CNC, han empezado a ser utilizados, sin embargo, no se ha incrementado su uso (Recalde, 2016), debido a sus costos la mayoría de estas máquinas las encontramos en grandes industrias. (Suasti, 2006)

Una de las máquinas herramientas existentes en toda pequeña y mediana empresa es el taladro de pedestal, es una máquina relativamente fácil de operar, pero su característica principal es que tiene sus mandos de fuerza al lado derecho. (Ginjaume & Torre, 2005) (González, Nápoles, & Sánchez, 2018).

De esta particularidad de que el taladro de columna presenta sus mandos de fuerza al lado derecho nace la inquietud ¿Qué pasa cuando un zurdo opera la máquina?

La lateralidad izquierda o derecha es una categoría natural. La mayor tendencia de lateralidad en la humanidad es ser diestro, pero siempre existirá, aunque en un menor porcentaje las personas zurdas. Muchos estudios de tipo histórico - antropológico han confirmado que, en las civilizaciones remotas, incluso las ya extintas, eran en su mayoría habitadas por individuos con lateralidad derecha. (Castilla, 1999).

Rostros con su mirada hacia el lado izquierdo, encontrados en pinturas rupestres muestra una tendencia de dibujantes con lateralidad derecha, dibujando caras viendo a la izquierda, también se han encontrado dibujos de individuos manipulado herramientas con sus manos derechas. (Castilla, 1999).

El ser humano en sus primeros años (3 o 4 años) comienza a manifestar una tendencia marcada de su lateralidad, la misma que se define totalmente aproximadamente a los 0 años de vida. (Marcelly, 1993).

El individuo con lateralidad izquierda, pertenece a una minoría muy marcada, la misma que presenta la única pero grande desventaja de vivir en un mundo diseñado para diestros. (Castilla, 1999).

En cuanto a la relación diestro - zurdo, en general los diestros obtienen mejor rendimiento con su brazo dominante que los zurdos. Sin embargo, con el brazo no dominante los zurdos difieren menos. Como vivimos en un mundo diestro, los zurdos se ven obligados a utilizar mucho su lado no dominante, con el fin de adaptarse (Journet, 1984).

Un individuo con lateralidad izquierda, debe ajustar su forma de vida realizando un esfuerzo muy grande para entrar en un mundo diseñado por y para los diestros, como consecuencia de este esfuerzo se generan, en algunas ocasiones quebrantos en incluso psicológicos. (Wright, Hardie, & Wilson, 2009).

También (Ojanguren, 2004) menciona que “Es como vivir en el mundo del revés y cada día deben enfrentar una cadena de complicaciones para realizar sus actividades cotidianas”.

En la operación o manejo del taladro de pedestal una persona zurda busca siempre optar por una posición más confortable, esto implica, en muchos de los casos adoptar posiciones que según la ergonomía conllevan a riesgos de lesiones musculo esqueléticas. (Martínez, Martel, Hernández, & Balderrama, 2013)

Para (Álvarez & Astasio, 2011) La postura se define desde una condición estructural, estática y rígida, pero también puede ser definida desde un punto de vista más funcional, más dinámico, como aquella capaz de optimizar la relación entre el individuo y su entorno”.

Se define como la correcta adaptación entre la persona y los aparatos, máquinas y objetos que utiliza (Castiblanco, Silva, Acosta, & Campos, 2013) . La higiene postural y la ergonomía facilitan realizar todo tipo de actividades del modo más seguro y efectivo posible (Cunha, 2001).

En el proceso de diseño mecánico de una máquina, como lo manifiesta (Torres & Rodríguez, 2007), uno de los aspectos no considerados es si el operador es zurdo o derecho, al no considerar esta tipología acarrea implicaciones como errores de operación, retrasos en la ejecución, baja calidad y productividad.

Con relación a riesgos laborales en las fuentes consultadas se halló que una gran cantidad de investigaciones apuntan al tratamiento de medidas de control, ya que los trabajadores estén sometidos a múltiples riesgos de diversa índole.

Las investigaciones consultadas proponen diversos análisis dependiendo cada uno de un estudio in situ, ya sea en el área industrial, deportiva, de oficina entre otras.

Los métodos de análisis ergonómico más destacados en las investigaciones son:

OCRA (*Occupational Repetitive Action*) considera en la valoración los factores de riesgo recomendados por la IEA (International Ergonomics Association): repetitividad, posturas inadecuadas o estáticas, fuerzas, movimientos forzados y la falta de descansos o periodos de recuperación, valorándolos a lo largo del tiempo de actividad del trabajador (Diego-Mas, 2015)

RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) evalúa la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que originan una elevada carga postural y que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo. (Diego-Mas, 2015)

REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) es un método asentado en el anterior, con la diferencia que en este se incluyen los miembros inferiores. (Diego-Mas, 2015)

### ***Bases teóricas***

#### **Ergonomía**

##### ***Definición:***

La palabra ergonomía procede de los vocablos *ergon* (labor) y *nomos* (ordenanza) (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013). Se viene manejando muchos conceptos de ergonomía uno de los primeros fue presentado por Wojciech (1857) en su libro titulado “Compendio de Ergonomía o de la ciencia del trabajo en verdades tomadas de la naturaleza”

Registros históricos que datan de la II Guerra Mundial indican que la tecnología progreso de tal modo que permitió componer máquinas bélicas cada vez más y más complejas tanto en manipulación como en poder, que se adaptaban a distintas circunstancias. Pero a pesar de optimizar los procesos de: elección de la clase obrera, adiestramiento y de su elevada motivación de ejercer trabajos planteados, los inconvenientes encontrados al generalizar su trabajo incitaban a pérdidas materiales. Estos parámetros no eran suficientes y necesarios, para aseverar el buen trabajo de estas. (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013)

Una definición que se acopla a esta investigación es la presentada por (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013), que manifiesta: “La ergonomía es una fusión de tareas concebidas y preparadas para la planificación y el diseño de los nuevos puestos de trabajo, y para el rediseño de los presentes”

Según la **Asociación Española de Ergonomía**, la ergonomía es la colección de instrucciones de carácter multidisciplinar aplicados para el ajuste de productos, sistemas y entornos simulados a las necesidades, limitaciones y características de sus interesados, mejorando la eficacia, seguridad y bienestar. (AEE, 2016).

### **Clasificación de la ergonomía:**

Una de las instituciones más prestigiosa en esta rama como lo es la Asociación Española de Ergonomía clasifica a la ergonomía (González-Maestre, 2008), como lo expresa el cuadro 1:

**Cuadro 1: Clasificación de la Ergonomía**

Ergonomía biométrica o geométrica	Antropometría y dimensionado
	Carga física y confort postural
	Biomecánica y operatividad
Ergonomía ambiental	Condiciones ambientales
	Carga visual y alumbrado
	Ambiente sónico y vibraciones
Ergonomía cognitiva	Psicopercepción y carga mental
	Interfaces de comunicación
	Biorritmos y cronoergonomía
Ergonomía preventiva	Seguridad en el trabajo
	Salud y confort laboral
	Esfuerzo y fatiga muscular
Ergonomía de concepción	Diseño ergonómico de productos
	Diseño ergonómico de sistemas
	Diseño ergonómico de entornos
Ergonomía específica	Minusvalías y discapacitación
	Infantil y escolar
	Micro entornos autónomos
Ergonomía correctiva	Evaluación y consultoría ergonómica
	Análisis e investigación ergonómica
	Enseñanza y formación ergonómica

Fuente: (González-Maestre, 2008)

### **Objetivo de la ergonomía:**

Según la OMS, el propósito de la ergonomía es la precaución que debe existir para evitar daños en la salud suponiendo estos tres espacios: físico, mental y social.

“La aplicación de los principios ergonómicos trata de adecuar y adaptar los sistemas de trabajo a las capacidades de las personas que los usan evitando la aparición de las alteraciones en la salud que pueden producirse como consecuencia de una carga de trabajo excesivamente alta o baja” (González-Maestre, 2008).

“El rol de la ergonomía resulta vital para el incremento de los niveles de salud en la población trabajadora y la efectividad laboral, va convirtiéndose en una necesidad tanto en países desarrollados como en los en vías de desarrollo”. (Almirall & Alvarado, 2004)

Como lo manifiesta (Gómez-Conesa & Martínez-González, 2002), “el objetivo de la ergonomía lo constituye el diseño de los productos y los trabajos para que sean éstos los que se adapten a las personas y no al revés.”

### **Ergonomía biométrica o geométrica**

“La ergonomía geométrica, biométrica o espacial asegura un espacio de trabajo adecuado y una disposición correcta de los elementos que utiliza el trabajador para evitar movimientos y posturas perjudiciales para su salud” (Gómez-Conesa & Martínez-González, 2002).

### ***Antropometría:***

Es el estudio de las dimensiones del cuerpo humano, análisis de su forma, composición. La antropometría evalúa las características principales del cuerpo humano (crecimiento, nutrición) y la influencia de estos en las distintas actividades del individuo. (Carmenate, Moncada, & Borjas, 2014).

Otra definición planteada por (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013) nos expresa “La antropometría es la disciplina que describe las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano, estudia las dimensiones tomando como referencia distintas estructuras anatómicas, y sirve de herramienta a la ergonomía con objeto de adaptar el entorno a las personas”

Para la medición y/o estimación de la composición corporal (medidas del cuerpo humano) el método de mayor uso es “la antropometría”, las ventajas que presenta este método son: ser rápido, seguro y de bajo costo. Estas mediciones antropométricas tienen limitantes comprometidas con la incertidumbre que se puede presentar en un evaluador o entre evaluadores, pero si las mediciones son realizadas por personal bien entrenado, estas

limitaciones se reducen de forma considerable. (Urreola, Hodgson, & Icaza, 2001)  
(Roche, 2006)

### Dimensiones antropométricas

“Las dimensiones del cuerpo humano son numerosas, pero para diseñar un puesto de trabajo específico sólo se deben tener en cuenta las necesarias para el mismo. Es por ello que antes de comenzar a efectuar las mediciones se deben analizar con rigor las medidas antropométricas que se quieran tomar, pues su cantidad guarda relación con la viabilidad económica del estudio, mientras que, si se obvia una medida relevante para un diseño, su carencia hará imposible una solución satisfactoria.” (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013)

Para las tomas de perfil se recomienda tomar el lado derecho del sujeto. Una relación de medidas antropométricas más completa, y de gran ayuda en el diseño del puesto de trabajo, es la que se presentan en la figura 1:

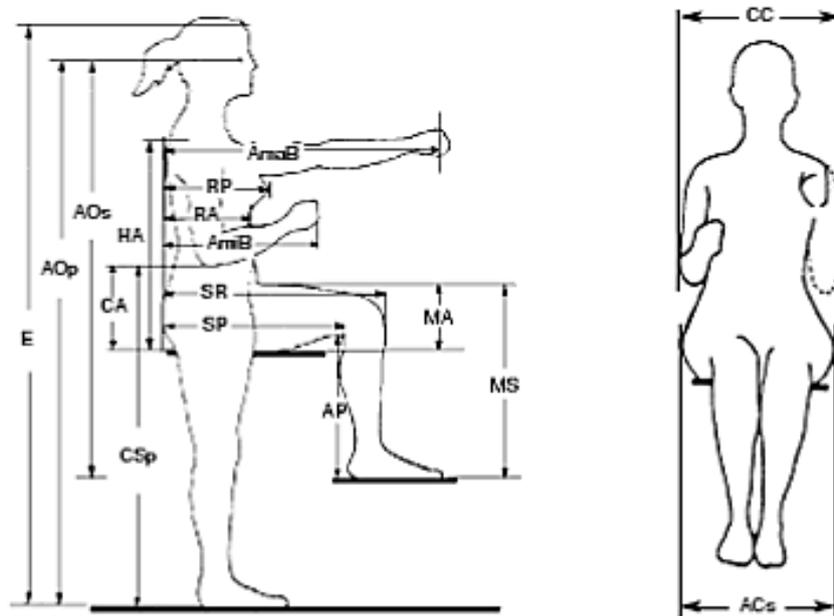


Figura 1: Principales medidas antropométricas  
Fuente: (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013)

Dónde:

1. Altura poplíteo (AP)
2. Distancia sacro-poplíteo (SP)
3. Distancia sacro-rótula (SR)

4. Altura muslo-asiento (MA)
5. Altura muslo-suelo (MS)
6. Altura rodillas-suelo (RS)
7. Altura codo-asiento (CA)
8. Alcance mínimo del brazo hacia delante con agarre (AmínBa)
9. Alcance mínimo del brazo hacia delante sin agarre (AmínB)
10. Distancia codo-mano (CM)
11. Alcance máximo del brazo hacia delante con agarre (AmáxBa)
12. Alcance máximo del brazo hacia delante sin agarre (AmáxB)
13. Altura ojos-suelo, sentado (OSs)
14. Elevación hombros - asiento (HA)
15. Elevación muslos (sentado) (CdCd)
16. Ancho rodillas (sentado) (RRs)
17. Elevación subescapular (AS)
18. Elevación iliocrestal (AI)
19. Ancho entre codos (CC)
20. Depresión del pecho (PP)
21. Depresión del abdomen (PA)
22. Ancho de hombros (HH)
23. Elevación hombros-suelo (parado) (HSp)
24. Elevación codo-suelo (parado) (CSp)
25. Elevación ojos-suelo (parado) (OSp)
26. Anchura tórax (AT)
27. Estatura (E)

### **Variables antropométricas**

Según (Masali, 1998) “variable antropométrica es una característica del organismo que puede cuantificarse, definirse, tipificarse y expresarse en una unidad de medida. Las

variables lineales se definen generalmente como puntos de referencia que pueden situarse de manera precisa sobre el cuerpo. Los puntos de referencia suelen ser de dos tipos: esquelético-anatómicos, que pueden localizarse y seguirse palpando las prominencias óseas a través de la piel, y las referencias virtuales, que se definen como distancias máximas o mínimas utilizando las ramas de un pie de rey.”

La elección de las variables debe estar relacionada con el objetivo específico de la investigación y tipificarse con otro tipo de investigaciones en el mismo campo. Con el individuo ya sea es posición bípeda o sentado, las medidas antropométricas son generalmente de una dimensión, tomando en cuenta puntos de referencia específicos. (Masali, 1998)

### **Precisión y errores**

“La precisión en las dimensiones de los organismos vivos debe considerarse de forma estocástica, ya que el cuerpo humano es sumamente impredecible, tanto como estructura estática como dinámica. Un solo individuo puede crecer o cambiar su masa muscular o la cantidad de grasa, sufrir cambios a nivel esquelético como consecuencia del envejecimiento, la enfermedad o un accidente o modificar su comportamiento o su postura.” (Masali, 1998)

### **Métodos para la obtención de dimensiones antropométricas**

Existen varias formas de obtener datos antropométricos, así lo expresa (Nariño-Lescay, Alonso-Becerra, & Hernández-González, 2016) “Son diversas las tecnologías existentes para la captación de las dimensiones antropométricas y la forma en que se pueden obtener los datos antropométricos. Estos últimos se pueden adquirir en diversos formatos: unidimensionales (1D), bidimensionales (2D) y tridimensionales (3D). Los datos 1D consisten en estaturas, longitudes y perímetros de segmentos corporales. Permiten establecer el tamaño del cuerpo humano, pero no la forma. Los datos 2D consisten en siluetas o secciones corporales; son contornos formados por curvas o puntos (x, y). La antropometría 3D está formada por nubes de puntos con coordenadas (x, y, z) que representan la superficie del cuerpo.”

### ***Medición mediante medios manuales***

En la actualidad se tiene varios equipos de uso manual para medir al cuerpo humano, entre los que podemos mencionar: estadiómetro fig. 2, antropómetro fig. 3, compás antropométrico fig. 4, silla antropométrica, los mismo que tienen las siguientes ventajas: lectura directa de las mediciones, permiten medir todas las dimensiones antropométricas, pero también presentan desventajas: se requiere personal entrenado para realizar las mediciones, el tiempo de medición y registro es extenso. (Nariño-Lescay, Alonso-Becerra, & Hernández-González, 2014).



Figura 2: Estadiómetro

Fuente:<http://www.microcaya.com/productos/equipamiento-de-farmacia/tallímetros/277-bsm170>



Figura 3: Antropómetro

Fuente: [http://www.realmetbcn.com/index.php?id\\_product=12&controller=product&id\\_lang=1](http://www.realmetbcn.com/index.php?id_product=12&controller=product&id_lang=1)



Figura 4: Compás antropométrico

Fuente: <https://mundoentrenamiento.com/cineantropometria/>

### ***Medición mediante fotografía***

Con el apoyo de una cámara fotográfica proyectamos la figura del individuo, y en esta geometría proyectada se realizan las mediciones necesarias, tomando en cuenta la escala apropiada del enfoque de la cámara. (Yañez-Mendiola, 2009).

## Tratamiento estadístico

Para el procesamiento de mediciones antropométricas se recomienda hacerlo mediante análisis estadístico inferencial como son métodos de una, dos variables o múltiples variables (Betancourt-León, Aréchiga-Viramontes, & Ramírez-García, 2011) (ISO-7250-1, 2010) (ISO-11226, 2000) (Masali, 1998).

## *Carga de trabajo*

Respecto a la carga de trabajo (González-Maestre, 2008) manifiesta que es una variable que se presenta como condición del trabajo mismo y de esta misma se analiza posibles daños a la salud, ya sea por carencia de adecuación o adaptación al puesto de trabajo, en el cuadro 2 se resumen los tipos de cargas.

Cuadro 2: Tipos de cargas

<b>Tipos de cargas</b>	
Carga externa presión de trabajo (work stress)	Suma de todas las condiciones y demandas externas, presentes en el sistema de trabajo, que actúan perturbando el estado fisiológico o psicológico de una persona
Carga interna tensión de trabajo (work strain)	Respuesta interna del trabajador, al ser expuesto a la presión del trabajo, dependiendo de sus características individuales.

Fuente: (González-Maestre, 2008)

## **Carga física del trabajo:**

La definición de carga física propuesta por (Pérez-Aguilera, 2011) es la fusión de exigencias de carácter físico que el individuo realiza en una jornada laboral completa. Todo trabajo provoca un gasto energético del trabajador y este se relaciona íntimamente con el esfuerzo solicitado.

Un esfuerzo prolongado puede dar lugar a fatiga física: "Disminución de la capacidad física de un trabajador tras realizar un trabajo en un tiempo determinado"

Cuando se realiza un trabajo muscular, se pone en acción un conjunto de músculos, los que aportan la fuerza necesaria; según como los músculos trabajen se puede considerar el trabajo como estático o dinámico.

### **Carga de trabajo aceptable en el trabajo repetitivo**

“El trabajo repetitivo realizado con grupos musculares pequeños es similar al trabajo muscular estático, desde el punto de vista de las respuestas circulatorias y metabólicas. Normalmente, en el trabajo repetitivo, los músculos se contraen más de 30 veces por minuto. Cuando la fuerza relativa de la contracción supera el 10 % de la fuerza máxima, la duración de la contracción y la fuerza muscular empiezan a disminuir.” (Smolander & Louhevaara, 1998)

Por cada individuo existe variación respecto al tiempo de contracción, el tiempo varía entre [2 – 50] minutos para contracciones musculares de 90 a 110 contracciones por cada minuto. (Laurig, 1989)

### **Trabajo muscular en las actividades laborales**

Según (Smolander & Louhevaara, 1998) “El trabajo muscular en las actividades laborales puede dividirse, en general, en cuatro grupos: el trabajo muscular dinámico pesado, la manipulación manual de materiales, el trabajo estático y el trabajo repetitivo.”

**Trabajo muscular dinámico:** En el trabajo dinámico, los músculos esqueléticos implicados se contraen y relajan rítmicamente.

**Trabajo muscular estático:** Aquí cuando se contrae el musculo no se visualizan mociones perceptibles.

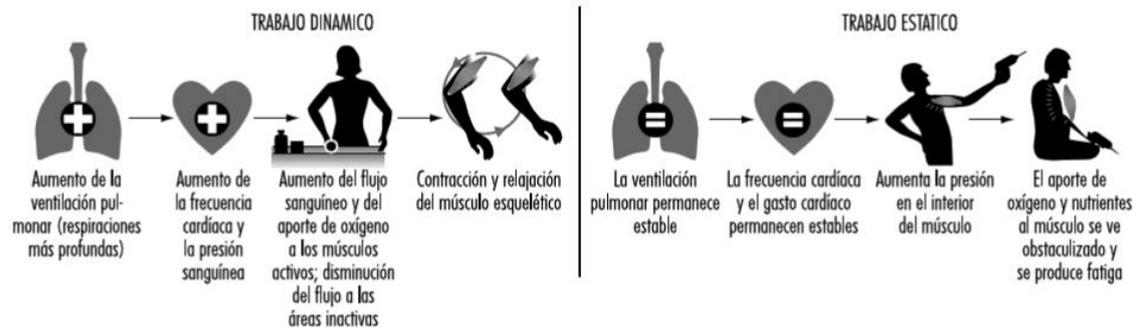


Figura 5: Comparación entre trabajo estático frente a trabajo dinámico  
Fuente: (Smolander & Louhevaara, 1998)

### **Esfuerzo muscular:**

Según (Rivas, Ergonomía en el diseño y la producción industrial, 2009) esfuerzo son “las distintas reacciones orgánicas del hombre ante la presencia de cargas”. Cada tipo de tarea tiene una dificultad y por lo tanto requiere por parte del hombre un determinado esfuerzo para su ejecución, el cual difiere en cierta medida de la persona que se trate.

Los esfuerzos requeridos deberán adaptarse a las capacidades físicas de trabajador, los mismos deben ejecutarse mediante grupos musculares apropiados y se debe evitar una contracción estática prolongada de un mismo grupo muscular.

El trabajo muscular estático la contracción muscular se produce de manera continua y mantenida en el tiempo, no variando la longitud del músculo, en cambio el trabajo.

### **Sobrecarga muscular**

“Existen relativamente pocas evidencias epidemiológicas que demuestren que la carga muscular es nociva para la salud. Sin embargo, los estudios fisiológicos y ergonómicos sobre el trabajo indican que la sobrecarga muscular se traduce en fatiga (es decir, en una reducción de la capacidad de trabajo) y puede reducir también la productividad y la calidad del trabajo.” (Smolander & Louhevaara, 1998).

## **Efectos para la salud**

Respecto a los efectos que provocan las cargas principalmente la internas sobre la salud del trabajador (González-Maestre, 2008) expresa que. “En general los resultados que la fuerza tiene en el operador del sistema se manifiestan especialmente en efectos no patológicos, locales o generales, reversibles completamente mediante el descanso adecuado, es el denominado estado de fatiga física mental o psicológico. Una vez traspasado el umbral de recuperación comienzan a aparecer efectos patológicos que provocan pérdidas de salud.

## ***Posturas***

Como lo manifiesta (DePedro & Castro, 2017), “CAP - AACO define a la postura estándar como “la posición relativa que adoptan las distintas partes del cuerpo.

La postura correcta es aquella que permite un estado de equilibrio esquelético y muscular, que protege a las estructuras corporales de sostén frente a lesiones o deformaciones progresivas, independientemente de la posición en la que estas estructuras se encuentran en reposo o en movimiento”. (DePedro & Castro, 2017)

Según (Chaitow & Delany, 2007) “La postura se puede considerar de dos formas, estática o dinámica”. Referente a la postura estática (Pinto & López, 2001) manifiesta es donde el cuerpo o las partes del cuerpo se encuentran y la dinámica se dan cuando existe actividad muscular para mantener el centro de gravedad del cuerpo.

## **Factores que influyen en la postura**

Para (Pérez & Delgado, 2009), los factores que influyen en la postura, cuadro 3, los podemos clasificar en:

Cuadro 3: Factores que influyen en la postura

Externos	Intrínsecos	Son los que provienen desde el exterior y los ajustamos y modificamos a nuestra realidad para contribuir positivamente a nuestra vida. (Ej. sentarse correctamente)
----------	-------------	---

	Extrínsecos	Son los que provienen del exterior y se refieren a los cuerpos con los que el cuerpo interactúa
Internos	Fisiológicos o hereditarios	Son los factores más influyentes en la postura: tono muscular, columna vertebral, flexibilidad, lateralidad músculos posturales.
	Psicológicos o emocionales	En resumen, es el estado de ánimo que influye en la postura. Ej. Si estamos alegres la postura es más erguida y segura.

Fuente: (Pérez & Delgado, 2009)

### ***Biomecánica:***

Existen varias definiciones de lo que es biomecánica, algunos autores proponen una definición amplia mientras que otros lo hacen de una forma más restringida, se cita a varios autores para aclarar esta definición.

Una definición propuesta por (UNESCO, 1971), “Es la mecánica de los sistemas vivos. Comprende el conocimiento del papel que desempeñan las fuerzas mecánicas que producen los movimientos, su soporte anatómico, iniciación neuronal, control integrado, percepción, así como su diseño central.”

Otra definición plantea (IBV, 1998), “Conjunto de conocimientos interdisciplinarios generados a partir de utilizar, con el apoyo de otras ciencias biomédicas, los conocimientos de la mecánica distintas tecnologías en: primero, el estudio del comportamiento de los sistemas biológicos y, particular del cuerpo humano; segundo en resolver los problemas que provocan las distintas condiciones a las que puede estar sometido.”

Para (Darby, 1998), “La biomecánica es una disciplina que se encarga del estudio del cuerpo, como si éste se tratara simplemente de un sistema mecánico: Todas las partes del cuerpo se comparan con estructuras mecánicas y se estudian como tales.”

Como objetivo principal de la biomecánica (Darby, 1998) expone que “es la forma en que el organismo ejerce fuerza y genera movimiento. Esta disciplina se basa en la anatomía, las matemáticas y en la física”.

Según (Yeadon & Challis, 1994) se pueden realizar tres tipos de estudio en biomecánica. Estudios descriptivos, son lo que se realizan primero cuando no se conoce la estructura y el movimiento es nuevo, las experiencias empíricas se dan para encontrar analogías entre parámetros del movimiento y por último estudios teóricos o de modelización, en estos la

información obtenida se la aplica en modelos matemáticos o conjunto de ecuaciones con los que se obtendrán modelos predictivos.

### **Variables biomecánicas:**

“Las variables son rangos, cualidades o características de los elementos que constituyen una población. El objetivo final de un estudio es conocer a la población a partir de los datos que conforman las variables obtenidas de la muestra” (Izquierdo, 2008).

Para (Izquierdo, 2008), a las variables biomecánicas, cuadro 4, se las clasifica:

Cuadro 4: Variables biomecánicas

Según el papel que desempeñan	Independientes
	Dependientes
	Extrañas
	Control
Según la naturaleza de la medición	Cualitativas
	Cuantitativas
Según la escala de medición	Nominal
	Ordinal
	Intervalos

Fuente: (Izquierdo, 2008)

### ***Los métodos de evaluación ergonómica***

Una clasificación de los métodos de evaluación ergonómica, nos detalla (Asencio, Basante, & Diego, 2012) tomando en cuenta: postura, manipulación manual de cargas, repetitividad.

La exposición al riesgo de un trabajador en un puesto de trabajo depende de la amplitud del riesgo al que se expone, de la frecuencia y de su duración (Winkel & Westgaard, 1992), con dicha información es posible obtenerla mediante métodos de evaluación ergonómica, cuya aplicación resulta sencilla.

Según (Asencio, Basante, & Diego, 2012), “Una dificultad importante a la hora de realizar la evaluación ergonómica de un puesto para prevenir los trastornos músculo – esqueléticos (TME) es la gran cantidad de factores de riesgo que deben ser considerados

(movimientos repetitivos, levantamientos de carga, mantenimiento de posturas forzadas, posturas estáticas, exigencia mental, monotonía, vibraciones, condiciones ambientales, etc.).”

Idealmente, en la evaluación de los riesgos asociados con los TME, todos los posibles factores de riesgo deberían ser medidos (Li & Buckle, 1999); sin embargo, resulta problemático considerar todos los riesgos simultáneamente puesto que se conoce poco sobre la importancia relativa de cada factor y de sus interacciones (Winkel & Westgaard, 1992). Por tanto, es complejo determinar el peso o importancia de los diferentes factores de riesgo para establecer un nivel global del mismo.

Además, los métodos de evaluación ergonómica generalmente se centran en el análisis de elementos explícitos, los mismos que son: las posturas forzadas (McAtamney & Corlett, 1993), los levantamientos de cargas (Snook & Ciriello, 1991) (Waters, Putz-Anderson, Grag, & Fine, 1993) o la repetitividad de los movimientos (Moore & Grag, 1995), y no parece hasta el momento que exista consenso sobre la utilización de escalas homogéneas para la clasificación del riesgo que permitieran obtener un resultado global que considerase todos estos factores.

El Departamento de Trabajo de la Generalitat de Catalunya (G.D.C, 2006) ha publicado un manual para la prevención de riesgos laborales que incluye una metodología que permite evaluar diferentes factores de riesgo tales como: el desplazamiento vertical de cargas, el transporte de cargas, el empuje de cargas las posturas forzadas, los movimientos repetitivos, el esfuerzo muscular localizado mantenido, el esfuerzo físico general, las vibraciones en todo el cuerpo y las vibraciones en el conjunto mano – brazo.

La principal aportación de dicha metodología es la utilización de la misma clasificación o escala de niveles de riesgo para todos los factores anteriormente citados ("riesgo muy leve", "riesgo leve", "riesgo moderado", "riesgo grave" y "riesgo ergonómicamente no tolerable").

Los métodos que se especifican permiten evaluar el riesgo asociado a la adopción de posturas forzadas RULA (McAtamney & Corlett, 1993), a la realización de movimientos repetitivos OCRA y JSI (Colombini, Occchipinti, & Grieco, Risk assessment and management of repetitive movements and exertions of upper limbs, 2002)

La selección de métodos que se presenta obedece a criterios de sencillez de aplicación y consolidación entre los ergonomos (Asencio, Diego, & Alcaide, Estudio de la aplicabilidad práctica de los métodos de evaluación de puestos de trabajo, 2008).

A continuación, se describen brevemente los métodos para el análisis ergonómico:

Cuando el cuerpo adopta en forma repetitiva posturas no adaptables a su cuerpo se produce cansancio y a mediano plazo lesiones en el TME. (Bernard, 1997).

El método OWAS, que analiza las posturas de todo el cuerpo, el método RULA, que permite evaluar la postura de los miembros superiores; el método REBA (Hignet & McAtamney, 2000), basado en el método RULA, que amplía la evaluación a los miembros inferiores;

La repetitividad de movimientos es un factor de riesgo importante que puede derivar en lesiones músculo-esqueléticas en el cuello, en los hombros (Ohlsson, y otros, 1994).

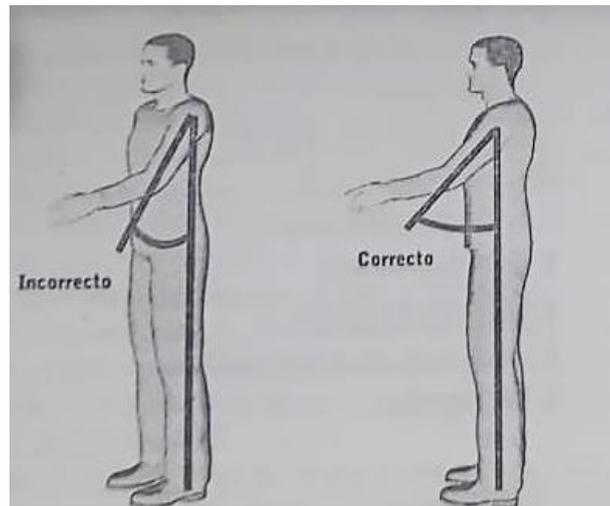
### **El Método RULA.**

El método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) (McAtamney & Corlett, 1993) evalúa el riesgo que presentan los individuos los mismos que pueden causar trastornos músculo – esqueléticos (TME) en brazos y hombros, dichos factores pueden ser posturas adoptadas, la repetitividad en los movimientos, la fuerza aplicada.

Como lo manifiesta (Asencio, Basante, & Diego, 2012) “El método RULA evalúa posturas concretas; por lo que es importante examinar las posturas que supongan una carga más elevada. La aplicación del método comienza con la observación de la actividad del trabajador durante varios ciclos de trabajo. A partir de esta observación se deben seleccionar las tareas y posturas más significativas, bien por su duración, bien por presentar, a priori, una mayor carga postural. Estas serán las posturas que se evaluarán.”

Las mediciones a realizar sobre las posturas adoptadas son fundamentalmente angulares. Estas mediciones pueden realizarse directamente sobre el trabajador o con ayuda de medidores angulares, es factible también el uso de fotometría. (Asencio, Basante, &

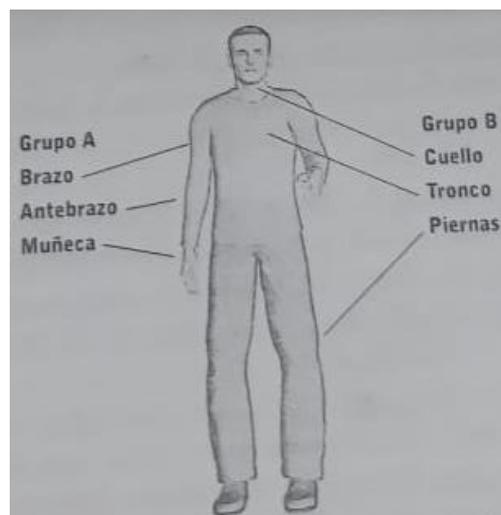
Diego, 2012) (Asencio, Diego, & Alcaide, Estudio de la aplicabilidad práctica de los métodos de evaluación de puestos de trabajo, 2008)



**Figura 6: Medición de ángulo incorrecta frente a una medición correcta**  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### ***Procedimiento de aplicación***

El cuerpo del individuo de prueba es separado en dos grupos fig. 7, grupo A los miembros superiores y grupo B piernas, el tronco y el cuello. (Asencio, Basante, & Diego, 2012)



**Figura 7: Grupos de medición RULA**  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### ***Puntuación del brazo***

El primer miembro a evaluar será el brazo. Para determinar la puntuación a asignar a dicho miembro, se deberá medir el ángulo que forma con respecto al eje del tronco, la figura 8 muestra las diferentes posturas consideradas por el método.

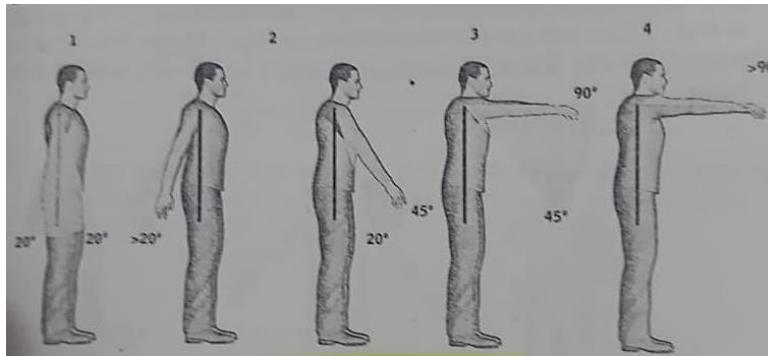


Figura 8: Posturas referenciales del brazo  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

El puntaje de referencia se expone en el cuadro 5:

Cuadro 5: Puntaje de referencia para el brazo

Puntos	Posición
1	Desde 20° de extensión a 20° de flexión
2	Extensión > 20° o flexión entre 20° y 45°
3	Flexión entre 45° y 90°
4	Flexión > 90°

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Es importante recordar que si el tronco está flexionado (extendido) los ángulos deben medirse desde el eje del tronco, como se lo ve en la figura 9. La puntuación asignada al brazo podrá verse modificada, aumentando o disminuyendo su valor, si el trabajador posee los hombros levantados

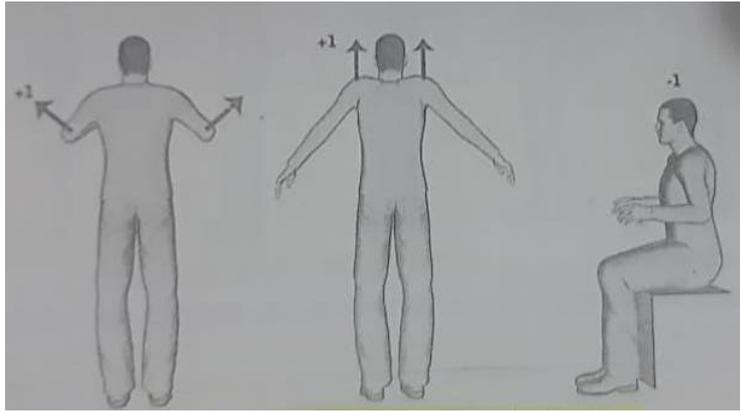


Figura 9: Modificaciones sobre la puntuación del antebrazo  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 6: Puntaje de modificación sobre la puntuación del brazo

Puntos	Posición
1	Si los brazos están abducidos
2	Si el hombro está elevado
3	Brazo con apoyo en un punto

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### *Puntuación del antebrazo*

La puntuación asignada al ante- brazo, fig. 10 depende también de la posición.

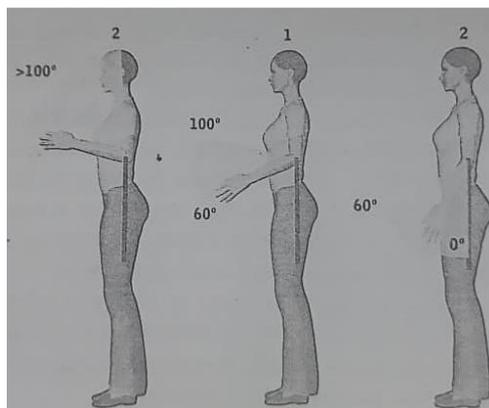


Figura 10: Posición antebrazo  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 7: Puntuación del antebrazo

Puntos	Posición - Flexión
1	60° - 110°
2	0° - 60° ò 110° - 150°

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

La puntuación asignada al antebrazo podrá verse aumentada en dos casos: si el antebrazo cruzara la línea media del cuerpo.

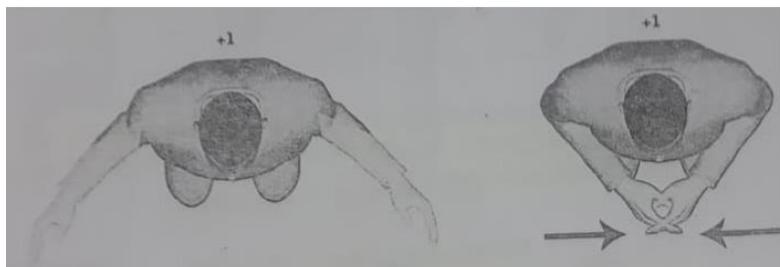


Figura 11: Posiciones que modifican la puntuación del antebrazo  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 8: Modificación aplicadas al antebrazo

Puntos	Posición
+1	Si la proyección vertical del antebrazo se encuentra más allá de la proyección vertical del codo
+1	Si el antebrazo cruza la línea central del cuerpo

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### *Puntuación de la muñeca*

En primer lugar, se determinará el grado de flexión de la misma.

Cuadro 9: Puntuación de la muñeca

Puntos	Posición
1	Si está en posición neutra respecto a la flexión
2	Si el hombro está elevado
3	Si el brazo tiene un punto de apoyo

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

El total obtenido en muñeca es modificado si existe desviación radial o cubital figura 12.

En ese caso se incrementa en una unidad dicha puntuación

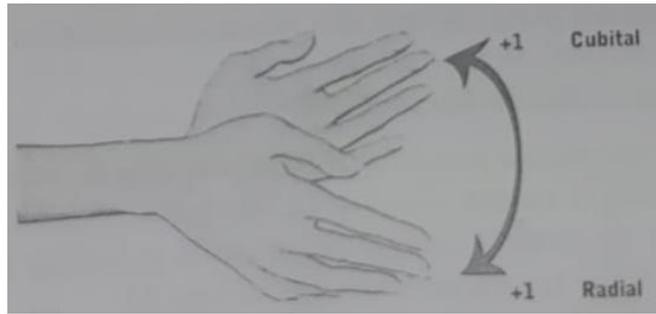


Figura 12: Modificación de la puntuación de la muñeca, en función de la desviación  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 10: Puntuación de la desviación de la muñeca

Puntos	Posición
+1	Si está desviada radial o cubitalmente

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Una vez obtenida la puntuación de la muñeca se valorará el giro de la misma.

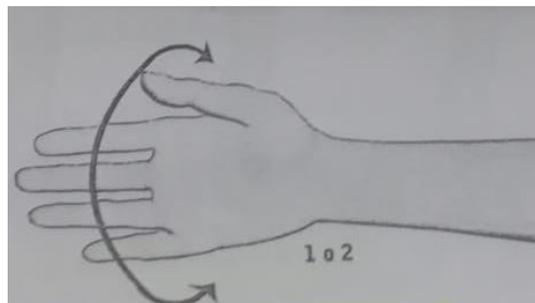


Figura 13: Giro de la muñeca  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 11: Puntuación por giro de la muñeca

Puntos	Posición
+1	Si la proyección vertical del antebrazo se encuentra más allá de la proyección vertical del codo
+1	Si el antebrazo cruza la línea central del cuerpo

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### ***Grupo B: Puntuaciones para las piernas, el tronco y el cuello***

## Cuello

Siguiendo un orden natural primero evaluamos el cuello y su movimiento de flexión.

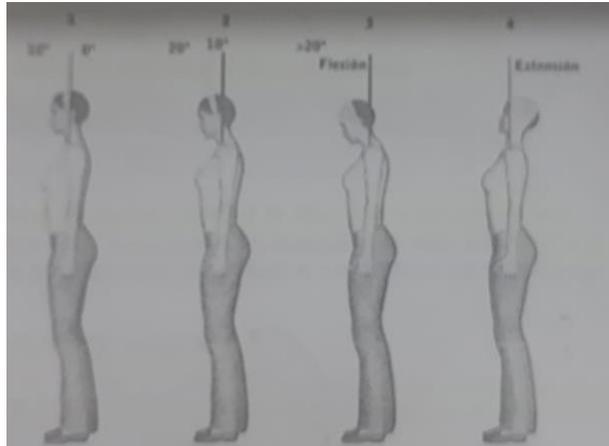


Figura 14: Posiciones del cuello  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### Cuadro 12: Puntuación del cuello

Puntos	Posición
1	Si existe flexión entre 0° y 10°
2	Si está flexionado entre 10° y 20°
3	Para flexión mayor de 20°
4	Si está extendido

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

La puntuación obtenida para el cuello varía si el individuo inclina o rota su cabeza, tal y como se muestra en la Figura 15, con la puntuación indicada en el cuadro 13.

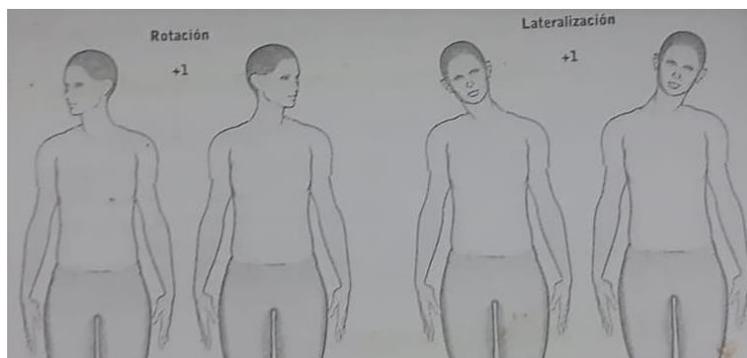


Figura 15: Posiciones que modifican la puntuación del cuello  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 13: Modificación de la puntuación del cuello

Puntos	Posición
+1	Si el cuello está rotado
+1	Si hay inclinación lateral

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### ***Puntuación del tronco***

Para ello deberá determinarse si el trabajador realiza la tarea sentada, o la realiza de pie, indicando en este último caso el grado de flexión del tronco, tal como se muestra en la Figura. La puntuación correspondiente se seleccionará de la Tabla

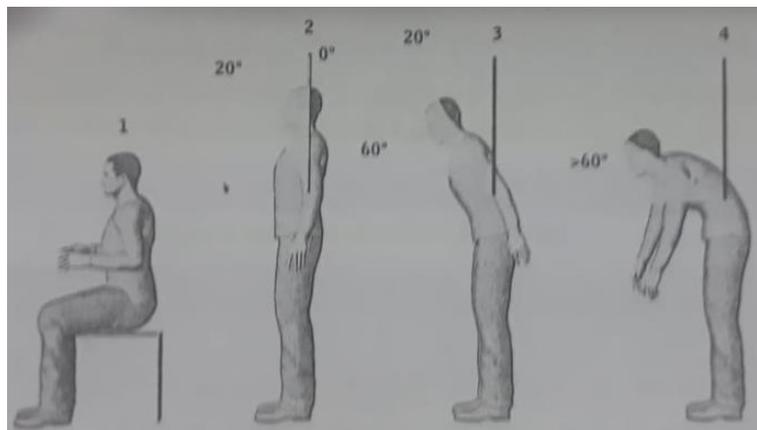


Figura 16: Posiciones del tronco  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 14: Puntuación del tronco

Puntos	Posición
1	Sentado, bien apoyado y con un ángulo Tronco – caderas $> 90^\circ$
2	Si está flexionado entre $0^\circ$ y $20^\circ$
3	Si está flexionado entre $20^\circ$ y $60^\circ$
4	Si está flexionado más de $60^\circ$

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

La puntuación del tronco incrementará su valor si existe torsión o lateralización del mismo. Ambas circunstancias no son excluyentes por lo que la puntuación inicial podrá aumentar hasta 2 unidades si ambas circunstancias se dan simultáneamente.

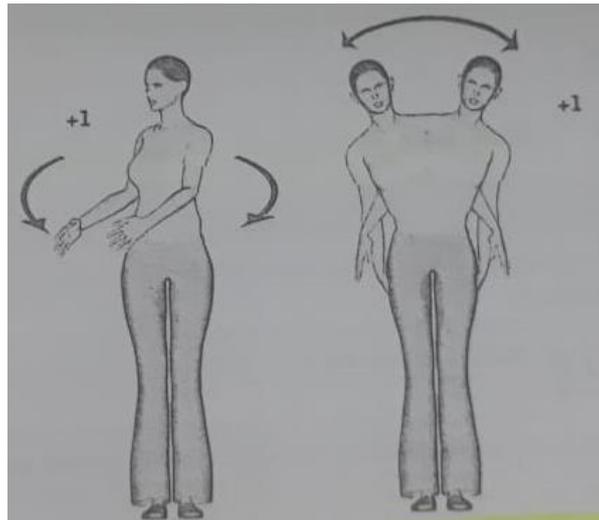


Figura 17: Posiciones que modifican la puntuación del tronco  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 15: Modificación de la puntuación del tronco

Puntos	Posición
+1	Si hay torsión en el tronco
+1	Si hay inclinación lateral en el tronco

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### ***Puntuación global para los miembros del grupo A***

Con las puntuaciones de brazo, antebrazo, muñeca y giro de muñeca, se asignará mediante la Tabla una puntuación global para el grupo A.

Cuadro 16: Puntuación global para el grupo A

Brazo	Ante brazo	Muñeca							
		1		2		3		4	
		Giro Muñeca							
		1	2	1	2	1	2	1	2
<b>1</b>	<b>1</b>	1	2	2	2	2	3	3	3
	<b>2</b>	2	2	2	2	3	3	3	3
	<b>3</b>	2	3	3	3	3	3	4	4
<b>2</b>	<b>1</b>	2	3	3	3	3	4	4	4
	<b>2</b>	3	3	3	3	3	4	4	4
	<b>3</b>	3	4	4	4	4	4	5	5
<b>3</b>	<b>1</b>	3	3	4	4	4	4	5	5
	<b>2</b>	3	4	4	4	4	4	5	5
	<b>3</b>	4	4	4	4	4	5	5	5
<b>4</b>	<b>1</b>	4	4	4	4	4	5	5	5
	<b>2</b>	4	4	4	4	4	5	5	5
	<b>3</b>	4	4	4	5	5	5	6	6

<b>5</b>	<b>1</b>	5	5	5	5	5	6	6	7
	<b>2</b>	5	6	6	6	6	7	7	7
	<b>3</b>	6	6	6	7	7	7	7	8
<b>6</b>	<b>1</b>	7	7	7	7	7	8	8	8
	<b>2</b>	8	8	8	8	8	9	9	9
	<b>3</b>	9	9	9	9	9	9	9	9

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### ***Puntuación global para los miembros del grupo B***

De la misma manera, se obtendrá una puntuación global para los miembros del grupo B, a partir de la puntuación obtenida para el cuello, el tronco y las piernas.

Cuadro 17: Puntuación global para el grupo B

<b>Cuello</b>	<b>Tronco</b>											
	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>		<b>6</b>	
	<b>Piernas</b>		<b>Piernas</b>		<b>Piernas</b>		<b>Piernas</b>		<b>Piernas</b>		<b>Piernas</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>										
<b>1</b>	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
<b>2</b>	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
<b>3</b>	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
<b>4</b>	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
<b>5</b>	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
<b>6</b>	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### ***Influencia del tipo de actividad muscular desarrollada y la fuerza aplicada***

Las puntuaciones globales obtenidas se verán modificadas en función del tipo de actividad muscular desarrollada y de la fuerza aplicada durante la tarea.

Cuadro 18: Puntuación para la actividad muscular

<b>Puntos</b>	<b>Posición</b>
0	Si la actividad se considera dinámica (es ocasional, poco frecuente y de corta duración)
1	Si la actividad es principalmente estática (se mantiene la postura más de un minuto seguido)
1	Si la actividad es repetitiva (se repite más de 4 veces por minuto)

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Además, para considerar las fuerzas ejercidas o la carga manejada, se añadirá a los valores anteriores la puntuación conveniente, según la siguiente tabla:

Cuadro 19: Puntuación para las fuerzas ejercidas o las cargas manejadas

Puntos	Posición
0	Si la carga o fuerza es menor de 2 kg y se realiza intermitentemente
1	Si la carga o fuerza está entre 2 y 10 kg y se levanta intermitentemente
2	Si la carga o fuerza está entre 2 y 10 kg y es estática o repetitiva
3	Si la carga o fuerza es intermitente y superior a 10 kg y es estática o repetitiva
4	Si se producen golpes o fuerzas bruscas o repentinas

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### ***Puntuación final***

La puntuación obtenida de sumar a la del grupo A la correspondiente a la actividad muscular y la debida a las fuerzas aplicadas pasará a denominarse puntuación C. De la misma manera, la puntuación obtenida de sumar a la del grupo B la debida a la actividad muscular y las fuerzas aplicadas se denominará puntuación D. A partir de las puntuaciones C y D se obtendrá una puntuación final global para la tarea que oscilará entre 1 y 7, siendo mayor cuanto más elevado sea el riesgo de lesión. La puntuación final se extraerá de la Tabla 3.17.

Cuadro 20: Puntuación final

Puntuación C	Puntuación 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	5
4	3	3	3	4	4	5	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

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### ***Recomendaciones***

Una vez conocida la puntuación final, se determinará el nivel de actuación propuesto por el método RULA. Para ello se empleará la Tabla 3.18. Así, el evaluador habrá determinado si la tarea resulta aceptable tal y como se encuentra definida, si es necesario un estudio en profundidad del puesto para determinar con mayor concreción las acciones a realizar; si se debe plantear el rediseño del puesto o si, finalmente, existe la necesidad apremiante de introducir cambios en la realización de la tarea.

En definitiva, el uso del método RULA permite priorizar los trabajos que deberían ser investigados.

Cuadro 21: Niveles de actuación según la puntuación obtenida

Puntos	Posición
1	Cuando la puntuación final es 1 o 2 la postura es aceptable
2	Cuando la puntuación final es 3 o 4 puede requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar el estudio
3	La puntuación final es 5 o 6. Se requiere el rediseño de la tarea; es necesario Realizar actividades de investigación
4	La puntuación final es 7. Se requieren cambios urgentes en el puesto o tarea

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### **Método REBA:**

Evaluación rápida del cuerpo entero, propuesto por (Hignet & McAtemmey, 2000). El método permite el análisis conjunto de las posiciones adoptadas por los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñeca), del tronco, del cuello y de las piernas. Además, define otros factores que considera determinantes para la valoración final.

Como lo manifiesta (Asencio, Basante, & Diego, 2012), “El método REBA es una herramienta de análisis postura! especialmente sensible con las tareas que conllevan cambios inesperados de postura como consecuencia, normalmente, de la manipulación de cargas inestables o impredecibles. Su aplicación previene al evaluador sobre el riesgo de lesiones asociadas a una postura, principalmente de tipo músculo-esquelético, indicando en cada caso la urgencia con que se deberían aplicar acciones correctivas. Se trata, por tanto, de una herramienta útil para la prevención de riesgos capaz de alertar sobre condiciones de trabajo inadecuadas.”

(Asencio, Basante, & Diego, 2012) sugiere las siguientes sugerencias y pasos previos:

- Procedimiento perceptible de riesgos TME.
- Divide el cuerpo en segmentos para ser codificados individualmente.

- Estudia la consecuencia de cargas sobre la carga postural.
- Valora la labor muscular en posturas estáticas, dinámicas.
- El resultado evalúa el riesgo de sufrir LME, sugiriendo el nivel de gestión requerido y la premura para la interposición.

Pasos previos:

- Establecer un intervalo de inspección del individuo considerando el periodo de trabajo.
- Elaboración de una base de datos posturales al realizar su trabajo.
- Identificar, la postura crítica (peligrosa).
- Separar lado derecho e izquierdo del cuerpo.

La Información requerida por el método es:

- Posición angular de las diferentes partes del cuerpo respecto a la posición estándar.
- Estimación de la fuerza ejercida por el trabajador (postura de estudio).
- Caracterizar la actividad muscular desplegada por él trabajador.

La aplicación del método puede resumirse en los siguientes pasos:

- División del cuerpo en dos grupos, siendo el Grupo A el correspondiente al tronco, el cuello y las piernas y el Grupo B el formado por los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca). Obtención de la puntuación individual de los miembros de cada grupo a partir de sus correspondientes tablas.
- Modificación de la puntuación asignada al Grupo A en función de la carga o fuerzas aplicadas, en adelante "Puntuación A".

- Corrección de la puntuación asignada al Grupo B (agarre), en lo sucesivo "Puntuación B".
- A partir de la "Puntuación A" y la "Puntuación B", y mediante la consulta de la Tabla C, se obtiene una nueva puntuación denominada "Puntuación C".
- Modificación de la "Puntuación C", según el tipo de actividad muscular desarrollada, para la obtención de la puntuación final del método.
- Consulta del nivel de acción, riesgo y urgencia de la actuación correspondientes al valor final calculado.

### *Puntuación del tronco*

El primer miembro a evaluar del Grupo A es el tronco. Se deberá determinar si la tarea es realizada con espalda erguida, indicando en este último caso el grado de flexión o extensión observado. Se seleccionará la puntuación adecuada del cuadro 22.

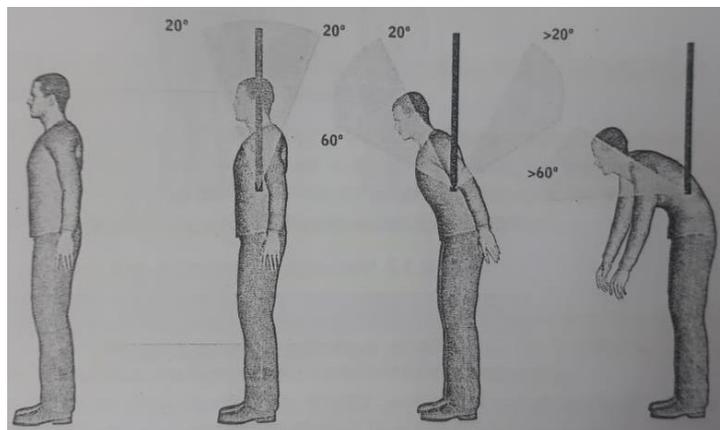


Figura 18: Posturas Tronco  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 22: Puntuación del tronco

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

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

La puntuación del tronco incrementará su valor si existe torsión o inclinación lateral del tronco.

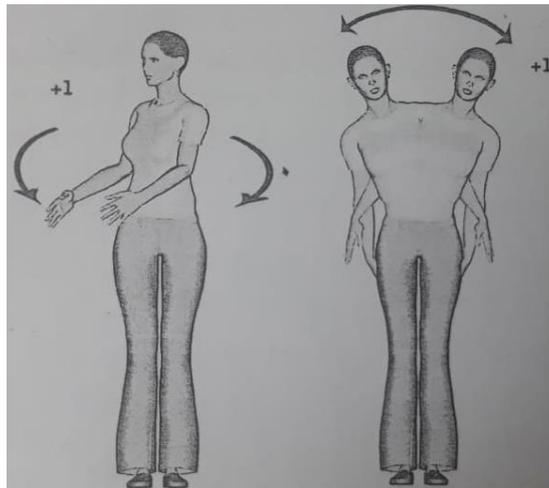


Figura 19: Posiciones que modifican la puntuación del tronco  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 23: Modificación de la puntuación del tronco

Puntos	Posición
+1	Si hay torsión o movimiento lateral espalda

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### ***Puntuación del cuello***

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

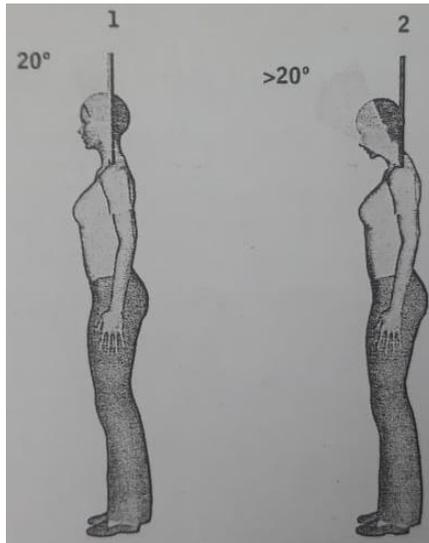


Figura 20: Posiciones del cuello  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 24: Puntuación del cuello

Puntos	Posición - flexión
1	0° - 20°
2	más de 20°

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

La puntuación calculada para el cuello varía si hay movimiento de la cabeza, tal y como muestra la figura 21, con la puntuación indicada en cuadro 25.

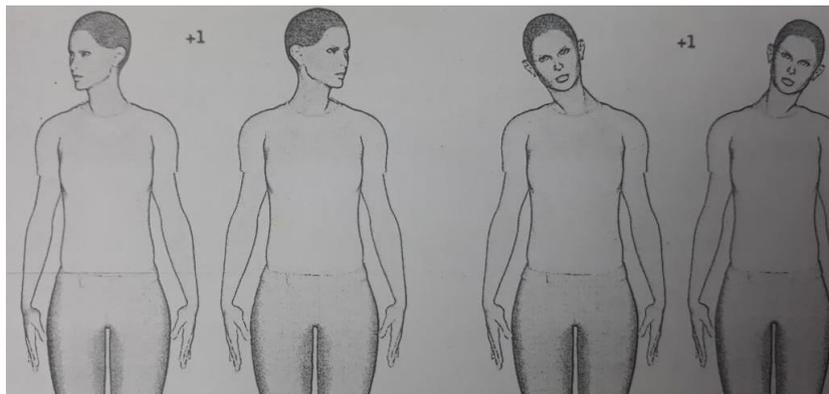


Figura 21: Posiciones que modifican la puntuación del cuello  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 25: Modificación de la puntuación del cuello

Puntos	Posición
+1	Movimiento de la cabeza

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

**Grupo B: puntuaciones de los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca)**

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

**Puntuación del brazo**

Para determinar la puntuación a asignar al brazo, se deberá medir su ángulo de flexión, la figura muestra las diferentes posturas consideradas por el método.

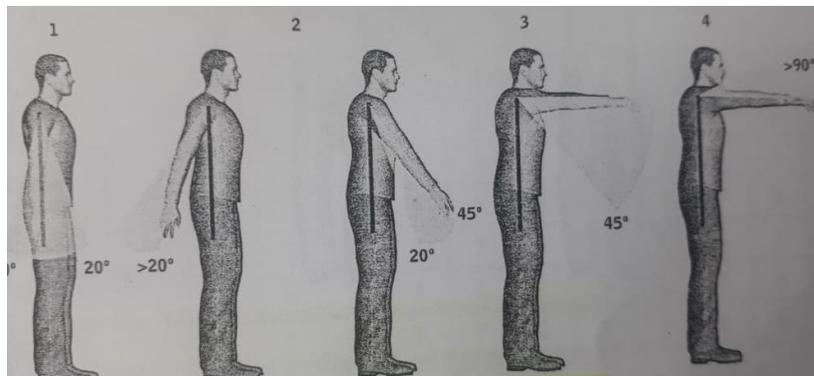


Figura 22: Posiciones del brazo  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 26: Puntuación del brazo

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

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

La puntuación asignada al brazo podrá verse incrementada si el trabajador tiene el brazo abducido o rotado o si el hombro está elevado.

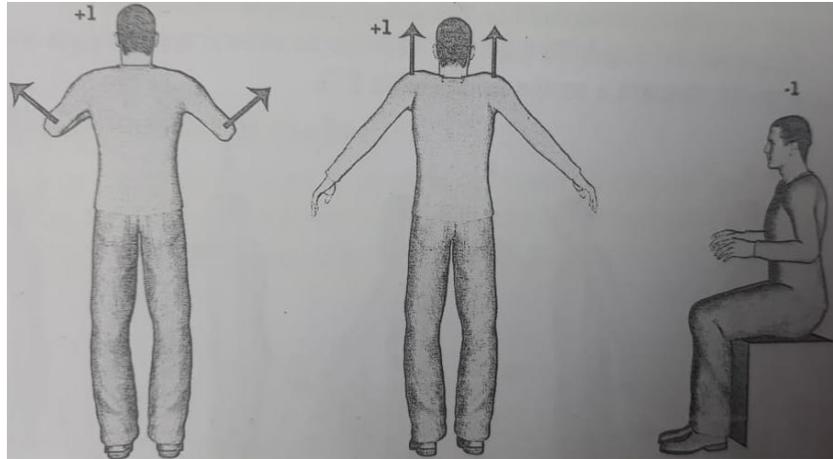


Figura 23: Posiciones que modifican la puntuación del brazo  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 27: Modificaciones sobre la puntuación del brazo

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

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### ***Puntuación del antebrazo***

La consulta del cuadro 28 proporcionará la puntuación del antebrazo en función de su ángulo de flexión. En este caso el método no añade condiciones adicionales de modificación de la puntuación asignada.

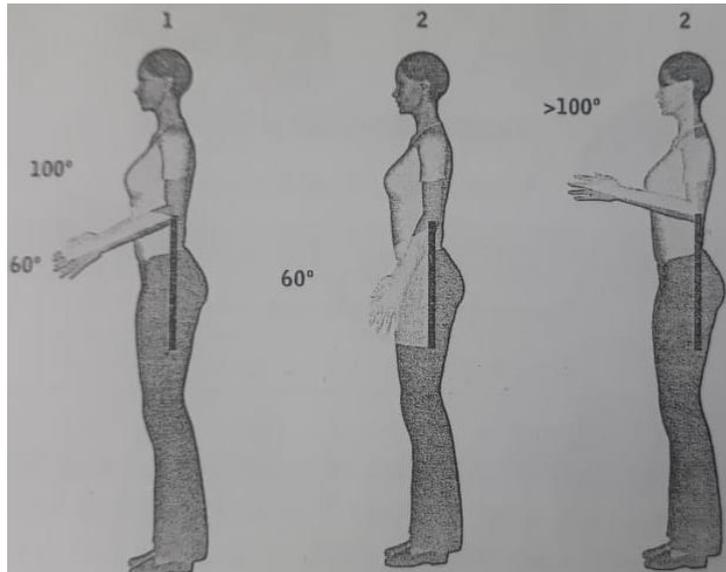


Figura 24: Posiciones del antebrazo  
 Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 28: Puntuación del antebrazo

Puntos	Posición - flexión
1	60° - 100°
2	< 60° o > 100°

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

En caso de que el tronco se encuentre flexionado, los ángulos deben medirse desde el eje del tronco.

### *Puntuación de la muñeca*

Se estudia la flexión de la muñeca y se usa los valores ponderados en el cuadro 29:

Cuadro 29: Puntuación de la muñeca

Puntos	Posición - flexión
1	0° - 15°
2	> 15°

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

El valor cambiará en uno si en la muñeca presenta hay torsión o desviación lateral

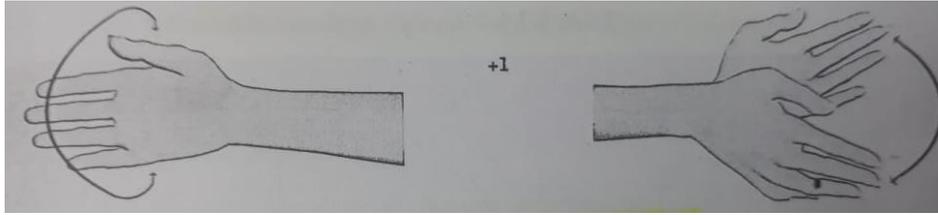


Figura 25: Torsión o desviación de la muñeca  
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 30: Modificación de la puntuación de la muñeca

Puntos	Posición
+1	Existe torsión o movimiento lateral

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### ***Puntuaciones de los grupos A y B:***

Para el Grupo A las puntuaciones calculadas permitirán obtener una primera puntuación de dicho grupo mediante la consulta del cuadro 31 mostrada a continuación,:

Cuadro 31: Puntuación inicial para el Grupo A

Tabla A													
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	

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

La puntuación inicial para el Grupo B se obtendrá a partir de la puntuación del brazo, el antebrazo y la muñeca, consultando la siguiente tabla (Tabla B):

Cuadro 32: Puntuación inicial para el Grupo B

Tabla B		
Brazo	Antebrazo	
	1	2

	Muñeca			Muñeca		
	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	4
2	1	2	4	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

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### ***Puntuación de la carga o fuerza:***

Para el Grupo A habrá modificación dependiendo la fuerza manejada excepto si la carga no supera los 5 kg de peso; en tal caso no se incrementará la puntuación. La siguiente tabla muestra el incremento que se debe asignar en función del peso de la carga. Además, si la fuerza se aplica bruscamente se deberá añadir una unidad más.

En adelante, la puntuación del Grupo A debidamente incrementada por la carga o fuerza se denominará "Puntuación A".

Cuadro 33: Puntuación para la carga o fuerzas

<b>Puntos</b>	<b>Posición</b>
0	La carga o fuerza es menor a 5 kg
+1	La carga o fuerza está entre 5 y 10 kg
+2	La carga o fuerza es mayor a 10 kg

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 34: Modificación de la puntuación para la carga o fuerzas

<b>Puntos</b>	<b>Posición</b>
+1	La fuerza se aplica bruscamente

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### ***Puntuación del tipo de agarre***

Para el Grupo B hay variación en la calificación debido al efecto del agarre, excepto en el caso de considerarse que el tipo de agarre es bueno. La Tabla muestra los incrementos a aplicar según el tipo de agarre.

Cuadro 35: Puntuación del tipo de agarre

<b>Puntos</b>	<b>Posición</b>
---------------	-----------------

0	Agarre bueno. El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio
+1	Agarre regular. El agarre con la mano es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo
+2	Agarre malo. El agarre es posible pero no aceptable
+3	Agarre inaceptable. El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o El agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### ***Puntuación C***

Con Puntuación A y Puntuación B obtenemos "Puntuación C" (puntuación media). El siguiente cuadro, muestra los valores para la "Puntuación C".

Cuadro 36: Puntuación C en función de las puntuaciones A y B.

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

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

### ***Puntuación final***

Para obtener la Puntuación Final se sumará a la "Puntuación C" el aumento por la actividad muscular. Los tres tipos de actividad considerados por el método no son excluyentes y por tanto podrían incrementar el valor de la "Puntuación C" (3 unidades).

Cuadro 37: Puntuación del tipo de la actividad muscular

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

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

En el cuadro 38 se especifica los rangos de riesgo, valores máximos y acciones a tomar.

Cuadro 38: Niveles de actuación según la Puntuación Final obtenida

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

Fuente: (EPM, 2008)

## El método OCRA

### *Evaluación de la repetitividad*

El método OCRA (Colombini, Occhipinti, & Grieco, 2002) (Colombini, 1998), permite, valorar el riesgo causado por movimientos repetitivos de brazos y hombros. Este método nos alerta de posibles TME, que son los principales causantes de enfermedades profesionales, como la tendinitis en hombro, muñeca (síndrome del túnel carpiano), considerados como TME muy frecuentes producidos por movimientos repetitivos (Bernard, 1997).

Sujetándose a la calificación conseguida se clasifica el riesgo en: "Óptimo", "Aceptable", "Muy Ligero", "Ligero", "Medio" o "Alto". En ejercicio del grado de riesgo, OCRA

propone gestiones menores en el puesto de trabajo, salvo en caso de riesgo "Óptimo" o "Aceptable" en los que se considera que no son necesarias actuaciones sobre el puesto.

### ***Características del método check list OCRA***

OCRA valora el riesgo tomando en cuenta:

- Duración del movimiento repetitivo.
- Descanso.
- Fuerza aplicada.
- La postura tronco y brazos.
- El método evalúa el puesto de trabajo en un máximo de máximo de 8 horas

El INSHT de España apunta además las siguientes limitaciones (Rojas & Ledesma de Miguel, 2008):

- No considera pausas en el trabajo.
- El método no evalúa cargas ligeras.
- Valora todos los agarres con el mismo riesgo.

### ***Evaluación del riesgo intrínseco de un único puesto***

La fórmula presentada por (Asencio, Basante, & Diego, 2012) muestra como calcular el índice OCRA de un puesto:

$$ICKL_{ocra} = (FR + FFr + FF + FP + FA).MD$$

Dónde:

**ICKL<sub>ocra</sub>** es el índice Check List OCRA.

**FR** es el Factor de Recuperación.

**FFr** es el Factor de Frecuencia.

**FF** es el Factor de Fuerza.

**FP** es el Factor de Postura.

**FA** son los Factores Adicionales.

**MD** es el Multiplicador de Duración.

### *Evaluación de la duración neta del movimiento repetitivo y de la duración neta del ciclo*

Para evaluar la permanencia real del movimiento repetitivo y cuánto dura el ciclo de trabajo, se plantea un estudio previo. Si es necesario se corrige el periodo de movimiento tomando en cuenta: fuerza, postura, recuperación y frecuencia.

Cuadro 39: Para la evaluación de la duración neta de la tarea repetitiva y del ciclo

<b>Descripción</b>	<b>Minutos</b>
Duración total del movimiento	oficial real
Pausas oficiales	Contractual
Otras pausas	
Almuerzo	oficial real
Tareas no repetitivas	oficial real
Duración neta de la/s tarea/s repetitivas	
Nº de unidades (o ciclos)	Previstos Reales
Duración neta del ciclo (seg.)	
Duración del ciclo observado	

Fuente: (EPM, 2008)

Con la referencia proporcionada en el cuadro 39 se establece la duración neta del movimiento, con la fórmula:

A partir de la información recopilada en la Tabla es posible determinar la Duración Neta del movimiento repetitivo, como:

$$DNTR = DTM - (PAO - OPA - PAL - TNR)$$

Dónde:

DNTR es la duración de la/s tarea/s repetitivas, en minutos.

DTM es la duración total del movimiento, en minutos.

PAO son las pausas oficiales, en minutos.

OPA son otras pausas, en minutos.

PAL es la pausa para el almuerzo, en minutos.

TNR es la duración, en minutos, de las tareas no repetitivas.

La duración neta la calculamos:

$$DNTC = \frac{DNTR \times 60}{NC}$$

Dónde:

DNTC es la duración neta del ciclo, en segundos.

NC es el número de unidades o ciclos.

DNTR es la duración neta de las tareas repetitivas, en segundos.

### ***Factor de Recuperación***

Este factor incorpora el riesgo incorporado en la repartición inapropiada de las fases de recuperación.

La frecuencia de los periodos de recuperación, su duración y distribución en la tarea repetitiva, determinarán el riesgo debido a la falta de reposo y por consecuencia al aumento de la fatiga. Se supone como entorno recomendable en el que tiene una para entre 8 a 10 minutos/hora

El cuadro 40 muestra las puntuaciones para el Factor de Recuperación según las pausas y/o descansos existentes durante la duración total del movimiento, pudiéndose seleccionar una única de las opciones propuestas.

Cuadro 40: puntuación del Factor de Recuperación

Factor de recuperación	Puntos
Existe una interrupción de al menos 8 – 10 minutos cada hora (contando el descanso del almuerzo o del periodo de recuperación está incluido en el ciclo).	0
Existen dos interrupciones por la mañana y dos por la tarde (además del descanso del almuerzo) de al menos 7 – 10 minutos para un movimiento de 7 – 8 horas; o bien existen cuatro interrupciones del movimiento (además del descanso del almuerzo); o cuatro interrupciones de 8 – 10 minutos en un movimiento de 7 – 8 horas; o bien cuatro interrupciones por movimiento (además del descanso del almuerzo); o bien cuatro interrupciones de 8 – 10 minutos en un movimiento de 6 horas	2
Existen dos pausas, de al menos 8 – 10 minutos cada una para un movimiento de 6 horas (sin descanso para el almuerzo); o bien existen 3 pausas, además del descanso para el almuerzo, en un movimiento de 7 – 8 horas	3
Existen dos pausas, además del descanso para el almuerzo, de entre 8 – 10 minutos cada una en un movimiento de 7 – 8 horas (o 3 pausas sin descanso para el almuerzo); o 1 pausa de al menos 8 – 10 minutos en un movimiento de 6 horas.	4
Existe una única pausa, de al menos 10 minutos, en un movimiento de 7 horas sin descanso para el almuerzo; o en 8 horas solo existe el descanso para el almuerzo (el descanso para el almuerzo se incluye en las horas de trabajo)	6
No existen pausas reales, excepto de unos pocos minutos (menos de 5) en 7 – 8 horas de movimiento	10

Fuente: (EPM. 2008)

### ***Factor de Frecuencia***

El método describe la frecuencia de trabajo en términos de acciones técnicas realizadas por minuto:

Movimientos precisos para cumplir un ejercicio implicando una o varias articulaciones de brazos.

Para la obtención de la puntuación del Factor de Frecuencia se procederá de la siguiente forma:

- Si solo son significativas las acciones dinámicas, la puntuación del Factor de Frecuencia será igual a la puntuación de la opción seleccionada en la tabla de acciones técnicas dinámicas (cuadro 41).

- Si es posible seleccionar una opción de la tabla de acciones técnicas dinámicas y de la tabla de acciones estáticas, la puntuación final del Factor.

Cuadro 41: Tabla de puntuación del Factor de Frecuencia para acciones técnicas dinámicas

<b>Acciones técnicas dinámicas</b>	<b>Puntos</b>
Los movimientos del brazo son lentos (20 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas frecuentes	0
Los movimientos del brazo no son demasiado rápidos (30 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas frecuentes	1
Los movimientos del brazo son bastante rápidos (más de 40 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas frecuentes	3
Los movimientos del brazo son bastante rápidos (más de 40 acciones/minuto). Solo se permiten pequeñas pausas ocasionales e irregulares	4
Los movimientos del brazo son rápidos (más de 50 acciones/minuto). Solo se permiten pequeñas pausas ocasionales e irregulares	6
Los movimientos del brazo son rápidos (más de 60 acciones/minuto). La carencia de pausas dificulta el mantenimiento del ritmo	8
Los movimientos del brazo se realizan con una frecuencia muy alta (70 acciones/minuto o más). No se permiten bajo ningún concepto pausas.	10

Fuente: (EPM, 2008)

Cuadro 42: Puntuación del Factor de Frecuencia para acciones técnicas estáticas

<b>Acciones técnicas estáticas</b>	<b>Puntos</b>
Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos, realizándose una o más acciones estáticas durante 2/3 del tiempo de ciclo (o de observación)	2,5
Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos realizándose una o más acciones estáticas durante 3/3 del tiempo de ciclo (o de observación)	4,5

Fuente: (EPM, 2008)

### ***Factor de Fuerza***

La fuerza como variable solo se considera si esta es ejercida por miembros superiores, por lo menos en una ocasión por ciclo y debe hallarse vigente en todo el movimiento.

Cuadro 43: Ejemplos de acciones técnicas

<b>Acciones</b>
Es necesario empujar o tirar de palancas
Es necesario pulsar botones
Es necesario cerrar o abrir
Es necesario manejar o apretar componentes
Es necesario utilizar herramientas
Es necesario elevar o sujetar objetos

Fuente: (EPM, 2008)

El método clasifica la fuerza en tres niveles según la intensidad del esfuerzo requerido. Para obtener la puntuación del Factor de Fuerza se deberán seguir los siguientes pasos:

1° Selección de una o varias acciones de entre las descritas en el cuadro 42.

2° Determinación de la intensidad del esfuerzo según el cuadro 43.

3° En función de la intensidad del esfuerzo, obtener la puntuación de las siguientes tablas: para fuerza moderada (3-4 puntos en la escala CR-10 de Borg), para fuerza intensa (5 a 7 puntos en la escala CR-10 de Borg); y para fuerza máxima (8 o más puntos en la escala CR-10 de Borg).

4° Suma de las puntuaciones obtenidas para las acciones y duraciones seleccionadas.

Cuadro 44: Escala CR-10 de Borg

<b>Intensidad del esfuerzo</b>	<b>Escala de Borg CR-10</b>
Ligero	$\leq 2$
Un poco duro	3
Duro	4 – 5
Muy duro	6 – 7
Cercano al máximo	$> 7$

Fuente: (Borg, 1998)

A continuación, se muestran las tablas de puntuación del Factor de Fuerza según la intensidad del esfuerzo:

Cuadro 45: Puntuación del Factor de Fuerza con fuerza moderada

<b>Fuerza moderada (3 – 4 puntos en la escala de Borg CR-10)</b>	
Duración	Puntos
1/3 del tiempo	2
Más o menos la mitad del tiempo	4
Más de la mitad del tiempo	6

Casi todo el tiempo	8
---------------------	---

Fuente: (EPM, 2008)

Cuadro 46: Puntuación del Factor de Fuerza con fuerza intensa

<b>Fuerza intensa (5 – 6 – 7 puntos en la escala de Borg CR-10)</b>	
Duración	Puntos
2 segundos cada 10 minutos	4
1% del tiempo	8
5% del tiempo	16
Más del 10% del tiempo	24

Fuente: (EPM, 2008)

Cuadro 47: Puntuación del Factor de Fuerza con fuerza máxima

<b>Fuerza casi máxima (8 o más puntos en la escala de Borg CR-10)</b>	
Duración	Puntos
2 segundos cada 10 minutos	6
1% del tiempo	12
5% del tiempo	24
Más del 10% del tiempo	32

Fuente: (EPM, 2008)

### ***Factor de Postura***

La valoración del riesgo asociado a la adopción de posturas forzadas se ejecuta valorando la colocación de miembros superiores.

El método incrementa el riesgo debido a la postura si existen movimientos estereotipados o bien todas las acciones implican a los miembros superiores y la duración del ciclo es corta.

Para la obtención del Factor de Postura se deberán seguir los siguientes pasos:

1° Selección de una única opción para cada grupo corporal: hombro, codo, muñeca y manos.

2° Puntuación de la opción seleccionada para cada grupo: puntuación del hombro, codo, muñeca y manos.

3° Obtención del valor máximo de las puntuaciones del hombro, codo, muñeca y manos.

4° Si existen movimientos estereotipados: selección de la opción correspondiente y suma de su puntuación al valor máximo de las puntuaciones del hombro, codo, muñeca y manos.

La siguiente expresión resume el cálculo del Factor de Postura:

$$FP = \max(ph, pc, pñ, pm) + pmv$$

Donde:

ph es la puntuación del hombro

pc es la puntuación del codo

pñ es la puntuación de la muñeca

pm es la puntuación de las manos

pmve es la puntuación por movimientos estereotipados

Cuadro 48: Puntuación del Factor de Postura para el hombro

Hombro	Puntos
<b>Si las manos permanecen por encima de la altura de la cabeza se duplicaran las puntuaciones</b>	
El/los brazo/s no posee/n apoyo y permanece/n ligeramente elevados algo más de la mitad del tiempo	1
Los brazos se mantienen a la altura de los hombros y sin soporte (o en otra postura forzada) más o menos el 10% del tiempo	2
Los brazos se mantienen a la altura de los hombros y sin soporte (o en otra postura forzada) más o menos 1/3 del tiempo	6
Los brazos se mantienen a la altura de los hombros y sin soporte más de la mitad del tiempo	12
Los brazos se mantienen a la altura de los hombros y sin soporte todo el tiempo	24

Fuente: (Colombini, Occchipinti, & Grieco, 2002)

Para interpretar la existencia de postura forzada en el cuadro 49 pueden considerarse los siguientes rangos: posición del brazo con más de 80° de flexión o más de 20° de extensión, o elevación lateral abducción/aducción superior a 45°

Cuadro 49: Puntuación del Factor de Postura para codo

<b>Codo</b>	<b>Puntos</b>
El codo realiza movimientos repentinos (flexión – extensión o prono – supinación extrema, tirones, golpes, al menos un tercio del tiempo)	2
El codo realiza movimientos repentinos (flexión – extensión o prono – supinación extrema, tirones, golpes, al menos la mitad del tiempo)	4
El codo realiza movimientos repentinos (flexión – extensión o prono – supinación extrema, tirones, golpes, casi todo el tiempo)	8

Fuente: (Colombini, Occhipinti, & Grieco, 2002)

Cuadro 50: Puntuación del Factor de Postura para la muñeca

<b>Muñeca</b>	<b>Puntos</b>
La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión – extensión o desviación lateral), al menos 1/3 del tiempo	2
La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión – extensión o desviación lateral), más de la mitad del tiempo	4
La muñeca permanece doblada en una posición extrema todo el tiempo	8

Fuente: (Colombini, Occhipinti, & Grieco, 2002)

Si se realizan agarres de objetos de cualquiera de los tipos indicados en la Tabla 10.13 se asignará la puntuación en función de la duración del agarre. La puntuación a asignar se indica en el cuadro 51.

Cuadro 51: Tipos de agarre

<b>Agarre</b>
Los dedos están apretados (agarre en pinza o pellizco)
La mano está caso abierta ( agarre con la palma de la mano)
Los dedos están en forma de gancho (agarre en gancho)

Fuente: (Colombini, Occhipinti, & Grieco, 2002)

Cuadro 52: Puntuación del Factor de Postura para el agarre

<b>Duración</b>	<b>Puntos</b>
Alrededor de 1/3 del tiempo	2
Más de la mitad del tiempo	4
Casi todo el tiempo	8

Fuente: (Colombini, Occhipinti, & Grieco, 2002)

El cuadro 53 muestra la puntuación a sumar si existen movimientos estereotipados: (Colombini, Occhipinti, & Grieco, 2002)

Cuadro 53: Puntuación de los movimientos estereotipados

<b>Movimientos estereotipados</b>	<b>Puntos</b>
Repetición de los movimientos idénticos al hombro y/o codo, y/o muñeca, y/o dedos al menos 2/3 del tiempo (o si el tiempo del ciclo está entre 8 y 15 segundos y todas las acciones técnicas se realizan con los miembros superiores. Las acciones pueden ser diferentes entre sí).	1,5
Repetición de los movimientos idénticos al hombro y/o codo, y/o muñeca, y/o dedos casi todo el tiempo (o si el tiempo del ciclo es inferior a 8 segundos y todas las acciones técnicas se realizan con los miembros superiores. Las acciones pueden ser diferentes entre sí).	3

Fuente: (Colombini, Occhipinti, & Grieco, 2002)

### ***Factores Adicionales***

Se toma en cuenta también Factores Adicionales que son los debidos a varias circunstancias aumentan el riesgo. Estos son: uso de protección en manos, uso de dispositivos vibrantes, ritmo de trabajo impuesto por la máquina, etc.

Para obtener la puntuación debida a los Factores Adicionales se deberá:

1° Seleccionar una única opción de las descritas para Factores Adicionales y consultar su puntuación.

2° Sumar a la puntuación de la opción seleccionada 1 punto si el ritmo está parcialmente impuesto por la máquina y hasta 2 puntos si este está totalmente determinado por la máquina.

Cuadro 54: Puntuación de los Factores Adicionales

<b>Factores adicionales</b>	<b>Puntos</b>
Se utilizan guantes inadecuados (que interfieren con la destreza de sujeción requerida por la tarea, más de la mitad del tiempo)	2
La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etc.) con una frecuencia de 2 veces por minuto o más	2
La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etc.) con una frecuencia de 10 veces por hora o más	2
Existe exposición al frío ( a menos de 0 grados centígrados), más de la mitad del tiempo	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel bajo/medio 1/3 del tiempo o más	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel alto 1/3 del tiempo o más	2
Las herramientas utilizadas causan compresiones en la piel (enrojecimiento, callosidades, ampollas, etc.)	2
Se realizan tareas de precisión más de la mitad del tiempo (tareas sobre áreas de menos de 2 o 3 mm)	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan más de la mitad del tiempo	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan todo el tiempo	3

Fuente: (EPM, 2008)

Cuadro 55: Puntuación del ritmo de trabajo

<b>Ritmo de trabajo</b>	<b>Puntos</b>
El ritmo de trabajo está parcialmente determinado por la máquina, con pequeños lapsos de tiempo en los que el ritmo de trabajo pueden disminuirse o acelerarse	1
El ritmo de trabajo está totalmente determinado por la máquina	2

Fuente: (EPM, 2008)

### ***Multiplicador correspondiente a la Duración neta del movimiento repetitivo***

Es un importe que transpone el dominio de la permanencia del movimiento repetitivo a la evaluación del riesgo. El método plantea la corrección de la puntuación obtenida por la suma de los factores de riesgo evaluados, en función de la permanencia neta del movimiento repetitivo.

Cuadro 56: Puntuación para el Multiplicador de Duración neta del movimiento repetitivo

<b>Duración del movimiento</b>	<b>Multiplicador de duración</b>
60 – 120 minutos	0,5
121 – 180 minutos	0,65
181 – 240 minutos	0,75
241 – 300 minutos	0,85
301 – 360 minutos	0,925
361 – 420 minutos	0,95
421 – 480 minutos	1
>480 minutos	1,5

Fuente: (EPM, 2008)

### ***Obtención de la Puntuación Final***

En este punto será posible la consecución final de la clasificación OCRA mediante la suma de las puntuaciones de los diferentes factores rectificadas por el multiplicador de duración.

Finalmente, la consulta de la tabla de clasificación de resultados (cuadro 57) permitirá describir el peligro incorporado al valor del índice OCRA obtenido y las acciones correctivas sugeridas por el método.

El método propone un código de colores para identificar visualmente los diferentes niveles de riesgo. La escala de colores va desde el verde para el riesgo Óptimo o Aceptable, pasando por el amarillo para indicar el riesgo Muy ligero y finalmente el rojo para identificar el riesgo Ligero, Medio y Alto

Cuadro 57: Clasificación del índice OCRA

<b>Índice OCRA</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Acción sugerida</b>
Menor o igual a 5	Óptimo	No se requiere
Entre 5,1 y 7,5	Aceptable	No se requiere
Entre 7,6 y 11	Muy ligero	Se recomienda un nuevo análisis o mejora del puesto
Entre 11,1 y 14	Ligero	Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento
Entre 14,1 y 22,5	Medio	Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento
Más de 22,5	Alto	Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento

Fuente: (EPM, 2008)

### ***LATERALIDAD***

Es esencial hacer un análisis de lateralidad antes de asignar un puesto de trabajo o la operación de una máquina herramienta.

En sí, el término lateralidad deriva del latín y quiere decir “lado”. Por lateralidad se entiende, en general, la preferencia que el hombre manifiesta por el uso del lado derecho o izquierdo de su cuerpo. (Sassano, 2015)

Como lo manifiesta (Fernandez de Juan, 2001) “Si presenta usted la mano izquierda dominante, automáticamente será conocido/a como un/a zurdo/a. Se calcula que algo menos del 10% de la población está comprendida en este grupo, aunque con el de cursar de los años la cifra suele ir decreciendo, pues por la presión social aún existente aprenden a usar la otra mano, pasándose al mundo de los diestros.”

Por otra parte (Pellicer C. , 2000) “Poseemos un cerebro dividido en dos mitades relacionadas íntimamente por el cuerpo calloso. Éste es un hecho por lo que se han realizado numerosas investigaciones orientadas a conocer la organización cerebral y su funcionamiento. Ante la división en dos partes que presenta el cerebro y con un reparto de funciones diferente para ambos lados, las probabilidades de distintos tipos de organización son extremadamente altas.

Está probada la localización de funciones en ciertas áreas y comprobado que siempre hay un hemisferio que toma la iniciativa ante la detección de un estímulo. La toma de iniciativa depende de la función que se realice, por lo que no necesariamente es siempre el mismo lado quien ostenta la primacía.”

La lateralidad es una compleja función derivada de la distribución de dos elementos de nuestro sistema nervioso (Tipan & Zhingri, 2010). Pero para llegar a determinar la lateralidad de una persona se requiere un test de evaluación y este se lo hace en los primeros años de vida.

Históricamente se han desarrollado diversas teorías para explicar la preferencia por usar una mano o la otra, y algunas se han denominado de acuerdo con las razones que el sujeto tenga para hacerlo. (Cuencas, Von Seggern, Toledo, & Harrel, 1990)

El uso de la mano está controlado por el hemisferio colateral del cerebro, pero ambas manos no son capaces de hacer tareas iguales con la misma eficiencia, por lo que es cierto un alto porcentaje de la población son de lateralidad derecha. (Brusasca, Mabel, & Portellano, 2007).

Como lo expresa (Amunts, Jancke, Muhlberg, Steinmetz, & Zilles, 2000) “de manera general podemos asegurar que aproximadamente un 10% de la población mundial utiliza la mano izquierda como miembro preferente, teniendo variaciones dependiendo del método de análisis que se utilice.

(Rigal, 1992) postula que la lateralidad no tiene una relación estrecha con las habilidades laborales, pero si con las que solicitan alto control motor. Existen varios tipos de lateralidad, así como lo menciona (Cañizares & Carbonero, 2016) y la resume en el cuadro 58:

Cuadro 58: Tipos de lateralidad

Tipos de lateralidad			
Según el predominio oído – mano – pie – ojo	Según los gestos que utiliza en los aprendizajes instrumentales	Según su intensidad	Según su naturaleza
Homogéneo			
Ambidiestro	Utilización	Zurdo	Normal
Invertido	Inclinación	Diestro	Patológica
Cruzado		Ambidiestro	(lesión)

Fuente: (Cañizares & Carbonero, 2016)

## **Cuestionarios de lateralidad:**

Como lo manifiesta (Sassano, 2015) “Los cuestionarios son muy variados tanto por el número de preguntas como por las características de las mismas. Abarcan un gran número de actividades y las respuestas pueden ser orales o escritas, y el sujeto debe señalar con qué mano ejecuta habitualmente cada una de las actividades enumeradas. La cuantificación consiste en contar el número de respuestas que se refieren a la mano derecha (D) y a la izquierda (I), con el fin de establecer con base en estos datos un cociente de lateralidad (CL).”

Un test sencillo y fácil de administrar fue desarrollado por (Oldfield, 1971) denominado el Inventario de Edimburgo (IE) (Anexo1), es un cuestionario, y sirve para evaluar la preferencia manual como cocientes de lateralidad (CL) los mismos que pueden transformarse en deciles, dándole un valor numérico a la lateralidad cerebral periférica.

Otro test fácil de aplicar y que nos brinda excelentes resultados es el denominado test de Harris. Para esta investigación utilizaremos, la definición cuantitativa y cualitativa de Harris: la lateralidad es la preferente utilización y la superior aptitud de un lado del cuerpo frente al otro (Harris, 1961).

Se evalúa con el test de Harris puesto que es un test de dominancia lateral (Anexo 2)

## **Influencia de la lateralidad en las máquinas**

Su influencia es demasiado importante pues determina si una persona es apta para maniobrar una máquina que no esté diseñada para su dominio

Se evidencia que en investigaciones anteriores, el efecto de la mano preferente en el uso de máquinas no ha tomado importancia, pero si, efectos en miembros superiores, tronco y cuello a nivel postural. (Martínez-Acosta, Martel-Estrada, Hernandez-Arellano, & Balderrama-Armendariz, 2013)

Como lo manifiestan (Pernía, Orille, Martínez, Martín, & Canal, 2006), los zurdos presentan dificultades al operar máquinas con controles para diestros, tratando de adaptarse posturalmente, ocasionando en el individuo dolores en tronco y cuello. Aproximadamente el 53% de zurdos que usan una máquina tienen un grado medio de dificultad.

las personas zurdas tienen problemas para adecuarse a una máquina para diestros, reportan dolores físicos como dolor de espalda y cuello. Algunos incluso reportaron represión social por su forma de utilizarlas. Los resultados mostraron que el 13% de las personas encuestadas son zurdas y que el 53% al utilizar una máquina para diestros tienen un grado medio de dificultad

### **Dirección anatómica, planos y movimientos:**

Para (García & Hurlé, 2013) “el estudio adecuado del cuerpo humano es imprescindible establecer unas normas básicas de descripción de las formas y estructuras que lo componen. Estas normas constituyen un lenguaje común, una terminología anatómica, aceptado por todos los anatomistas. La terminología anatómica considera cuatro aspectos fundamentales: posición anatómica, planos anatómicos, direcciones que permiten establecer la relación entre estructuras y nomenclatura.”

Como lo manifiesta (Staugaard-Jones, 2014) “La posición anatómica ofrece un punto de referencia estándar del ser humano, donde el cuerpo aparece erguido, con la cabeza, ojos y dedos de los pies mirando hacia adelante, y con los brazos y manos junto a los costados, con las palmas abiertas y mirando hacia adelante”

También (Staugaard-Jones, 2014) describe los términos para describir la dirección:

Cuadro 59: términos para describir la dirección de los miembros del cuerpo

<b>Anterior:</b>	<b>Situado o que se dirige hacia el frente del cuerpo (ventral), cualquier término prefijado con antero significa ‘anterior’.</b>
Posterior:	Situado o que se dirige hacia el dorso del cuerpo (dorsal), postero es un prefijo que denota relación con la porción posterior.
Inferior:	Situado debajo, o que se dirige hacia abajo, que se aleja de la cabeza.

Superior:	Situado arriba, próximo a la cabeza.
Lateral:	Hacia el costado del cuerpo, o lejos de la línea media del cuerpo o de un órgano.
Medial:	Hacia la línea media del cuerpo o de un órgano.
Periférico:	Hacia la superficie externa del cuerpo u órgano.
Proximal:	Cercano a cualquier punto de origen de una estructura
Distal:	Distante, remoto; lejos del punto de origen de una estructura.
Decúbito prono:	Posición del cuerpo en la que la superficie anterior mira hacia abajo
Decúbito supino	Posición del cuerpo en la que la superficie anterior mira hacia arriba

Fuente: (Staugaard-Jones, 2014)

Para (Marieb, 2008) describir con exactitud las partes del cuerpo su posición debemos disponer de un punto de referencia y utilizar términos de dirección. Para evitar la confusión, se tendrá en cuenta que el cuerpo siempre está en su posición anatómica (postura normal).

### **Planos y secciones del cuerpo**

Según (Marieb, 2008), cualquier línea imaginaria que atraviesa uno o varios órganos, se la conoce como plano. Ya que el cuerpo humano se encuentra en el espacio podemos referenciarlo a los 3 ejes coordenados.

El plano que corta al cuerpo a lo largo del eje longitudinal y corta en dos secciones izquierda y derecha se llama Plano Sagital, un plano horizontal que corta al cuerpo por la cintura se llama Plano transversal y un plano que corta al cuerpo o un órgano en dos secciones anterior y posterior, se llama Plano Frontal (coronal).

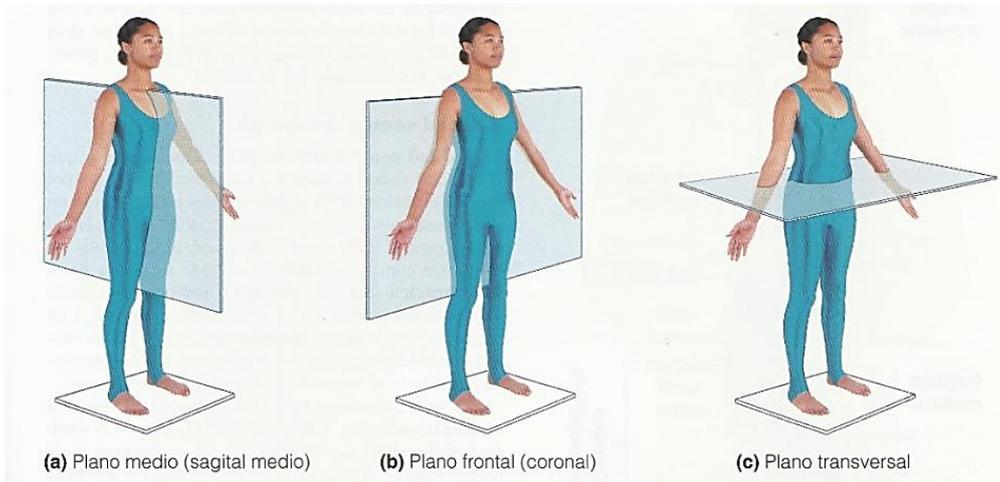


Figura 26: Posiciones y planos anatómicos del cuerpo  
Fuente: (Marieb, 2008)

**Articulaciones vistas como elementos mecánicos:**

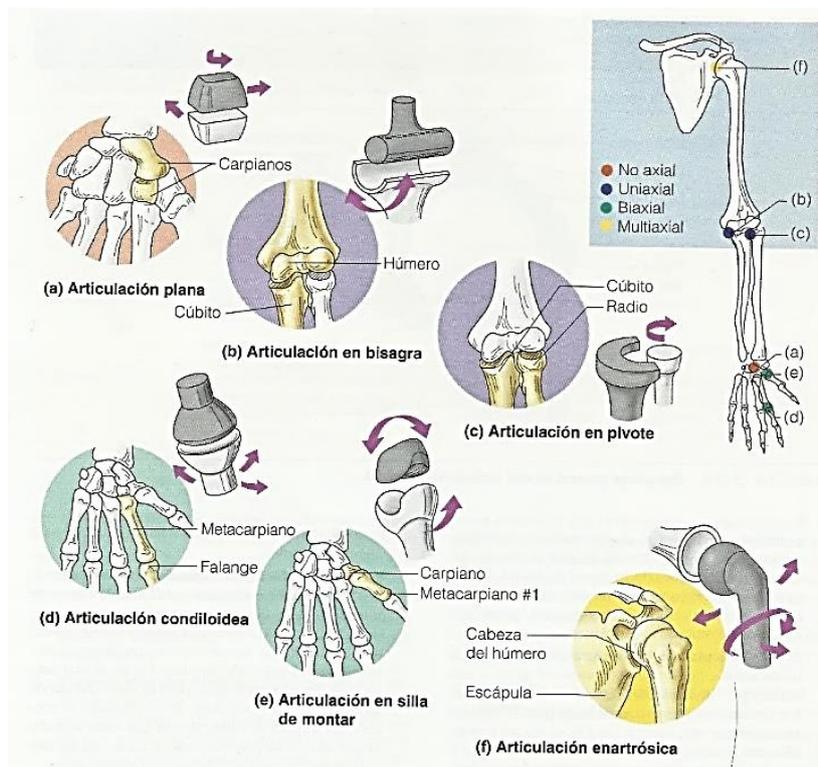


Figura 27: Tipos de articulaciones sinoviales  
Fuente: (Marieb, 2008)

## *Movimientos de miembro superior*

### **El Hombro:**

Es la articulación dotada de mayor movimiento del cuerpo humano, los movimientos de esta articulación se realizan en 3 sentidos, es decir posee tres grados de libertad, lo que permite orientar al brazo (miembro superior) en relación con los tres planos en el espacio. (González-Maestre, 2008), (Suárez-Sanabria & Osorio-Patiño, 2013).

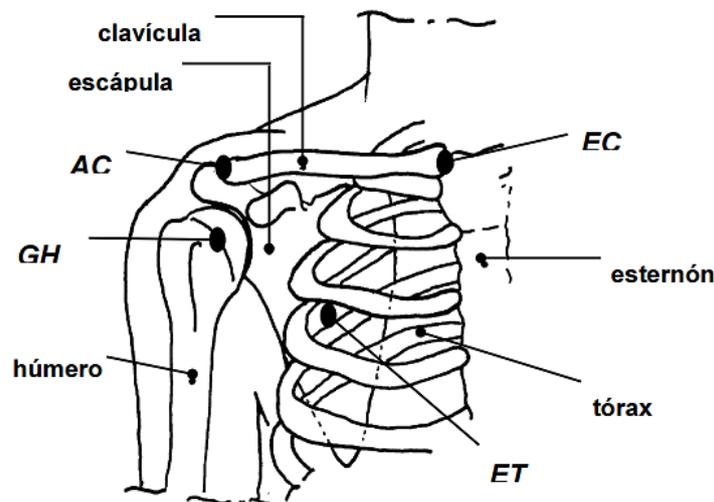


Figura 28: Articulación del hombro  
Fuente: (González-Maestre, 2008)

Como lo manifiesta (Barrientos, Quiroz, & Saenz, 2002) “En los sistemas músculo – esqueléticos que conforman el cuerpo humano, el mecanismo del hombro es el más complejo. El hombro humano está compuesto por tres huesos: la escápula, la clavícula y el húmero relacionados entre sí con el esternón y el tórax mediante cuatro articulaciones: la articulación estrno – clavicular (EC), que conecta el extremo de la clavícula con el esternón; la articulación acromio – clavicular (AC), que conecta la escápula por medio del acromio con la clavícula; la articulación escapulo – torácica (ET), que permite el deslizamiento de la escápula sobre el tórax y la articulación gleno – humeral (GH), la cual conecta la cabeza del húmero con la fosa glenoidea de la escápula (Figura 28 ).

El hombro, fisiológicamente se lo llama articulación proximal del brazo (miembro superior), por sus tres grados de libertad (Fig. 29.) es la más móvil de todas las

articulaciones del cuerpo. Los tres grados de libertad permiten orientar el miembro superior respecto a los tres planos principales: frontal, sagital y horizontal:

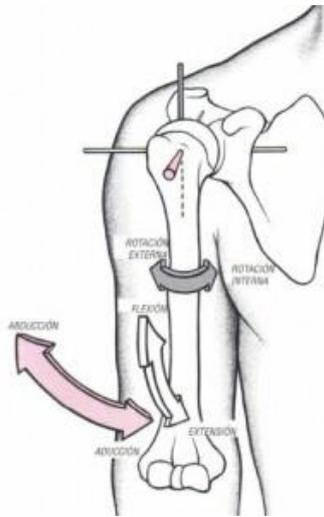


Figura 29: Grados de libertad del hombro

Fuente: <https://mundoentrenamiento.com/complejo-articular-del-hombro/>

### **Movimientos del hombro**

Los movimientos del miembro superior respecto basados en el hombro, es un resumen de lo expuesto por (Gowitzke & Milner, 2014) (Clarkson, 2003) (Navarro & Alegre de Miguel, 2001) (Pérez, Sainz de Murieta, & Varas, 2004):

*Flexo – extensión:* son movimientos tanto de flexión como de extensión que se efectúan en el plano sagital.

*Flexión:* considerando como posición de partida, posición anatómica (brazo paralelo al cuerpo), la flexión consiste en levantar el brazo hacia adelante, es un movimiento de gran amplitud, con un rango  $[0^\circ - 180^\circ]$ , como se ve en la fig. 3.

*Extensión:* partiendo de la posición anatómica, movemos el brazo hacia atrás, es un movimiento de poca amplitud  $[45^\circ - 50^\circ]$ , como se muestra en la fig. 4

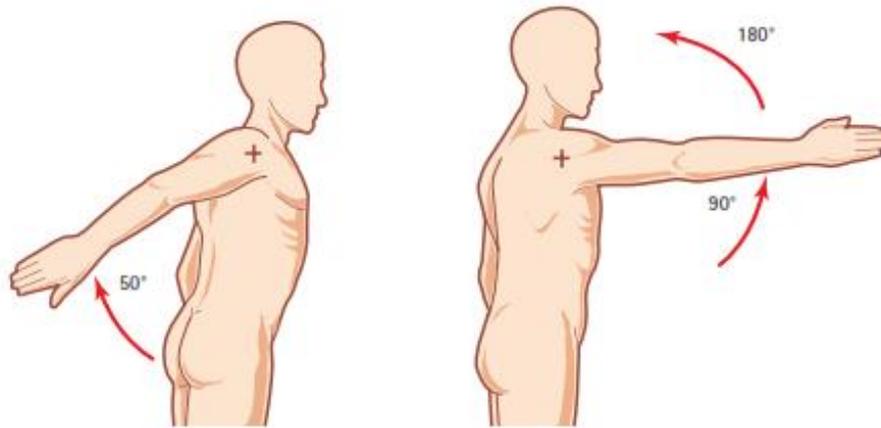


Figura 30: Movimientos de Flexión y Extensión

**Abducción:** partiendo de la posición anatómica, el movimiento consiste en separar el brazo elevándolo en el plano frontal, su amplitud está en  $[0^\circ - 180^\circ]$

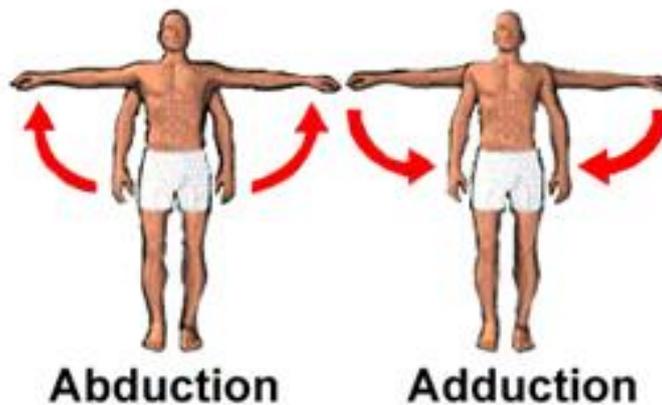


Figura 31: Movimiento de Abducción

**Aducción:** movimiento contrario al anterior, siempre que partamos de una posición de abducción.

Los movimientos de aducción (figura 31 ) se llevan a cabo desde la posición anatómica (máxima aducción) en el plano frontal, pero son mecánicamente imposibles debido a la presencia del tronco.

Desde la posición anatómica, la aducción no es factible si no se asocia con:

- ⇒ Una extensión (Fig. 32 a) : aducción muy leve ;
- ⇒ Una flexión (Fig. 32 b): la aducción alcanza entre 30 y 45°.

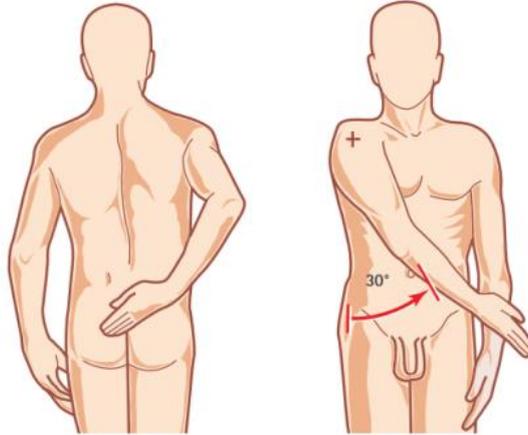


Figura 32: Movimientos de Aducción

### ***La rotación del brazo sobre su eje longitudinal:***

La rotación del brazo sobre su eje longitudinal puede realizarse en cualquier posición del hombro. Se trata de la rotación voluntaria o adjunta de las articulaciones con tres ejes y tres grados de libertad. Generalmente, esta rotación se mide en la posición anatómica del brazo que pende verticalmente a lo largo del cuerpo (Figs. 33-11, 33-12 y 33-13: visión superior).

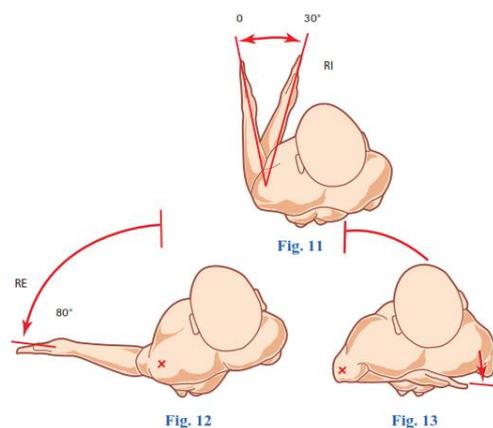


Figura 33: Rotación del brazo sobre su eje longitudinal

Rotación externa (Fig. 12): su amplitud es de  $80^\circ$ , jamás alcanza los  $90^\circ$ . Ésta amplitud total de  $80^\circ$  no se utiliza habitualmente en esta posición, con el brazo vertical a lo largo del cuerpo. Por el contrario, la rotación externa más empleada y por lo tanto la más importante desde el punto de vista funcional, es el sector comprendido entre la posición anatómica fisiológica (rotación interna  $30^\circ$ ) y la posición anatómica clásica (rotación  $0^\circ$ ).

Rotación interna (Fig. 13): su amplitud es de  $100$  a  $110^\circ$ . Para alcanzarla, se requiere necesariamente que el antebrazo pase por detrás del tronco, lo que asocia cierto grado de extensión al hombro. La libertad de este movimiento es indispensable para que la mano pueda alcanzar la espalda.

**Circunducción:** es el resultado de los movimientos anteriores, obteniendo un movimiento circular de la porción distal del brazo.

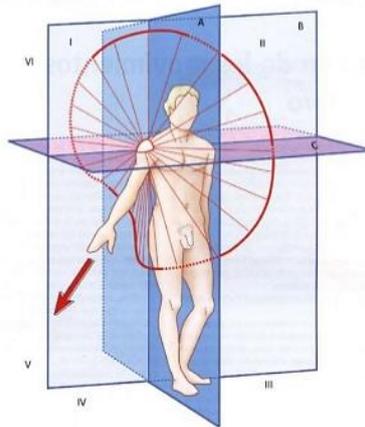
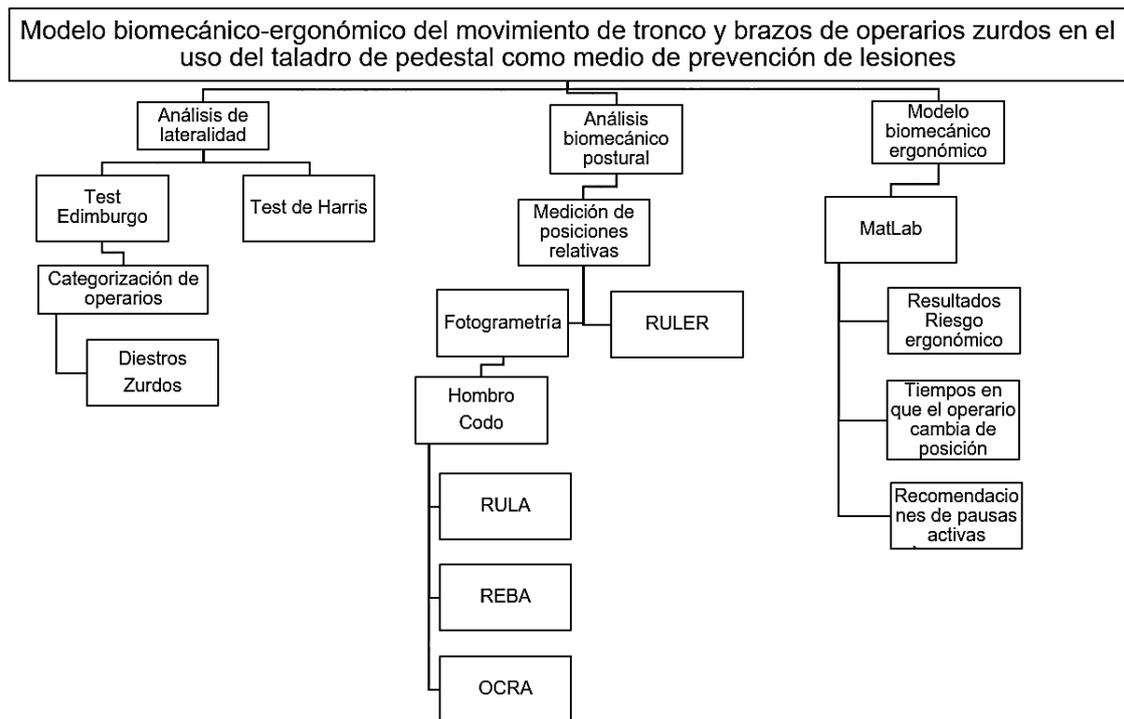


Figura 34: Movimiento de Circunducción

### ***Marco Conceptual***

A continuación, se caracterizan y explica definiciones empleados en la presente investigación, con la intención de homogeneizar la terminología indicada en el estudio.

En la presente figura se resume los conceptos más relevantes usados en la investigación:



### Glosario de términos:

**Lateralidad:** Es la preferencia que el hombre manifiesta por el uso del lado derecho o izquierdo de su cuerpo

**Test Edimburgo:** El Inventario de Lateralidad Manual de Edimburgo es un test de lateralidad que evalúa la dominancia manual, tomando en cuenta ciertas actividades tales como escribir, dibujar, lanzar un objeto, usar la tijera, cepillarse los dientes, utilizar el cuchillo, utilizar la cuchara, escobar, encender una cerilla, abrir una caja.

**Test Harris:** o test de dominancia lateral de Harris evalúa el favoritismo de usar con más frecuencia el lado derecho o izquierdo de su cuerpo.

**Diestro:** persona que utiliza con preferencia la mano, pie y ojo derechos para hacer sus actividades cotidianas

**Zurdo:** persona que utiliza con preferencia la mano, pie y ojo derechos para hacer sus actividades cotidianas

**Fotogrametría:** es la técnica cuyo objeto es estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías de ese objeto.

**RULER:** Herramienta on line que sirve para medir ángulos en fotografías e imágenes.

**Posturas:** posición relativa que adoptan las distintas partes del cuerpo

**RULA:** Método de análisis ergonómico que evalúa la exposición de los trabajadores a factores de riesgo los que pueden causar trastornos músculo – esqueléticos (TME) en los miembros superiores del cuerpo.

**REBA:** El método de análisis ergonómico que permite examinar en conjunto las posiciones adoptadas por los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñeca), del tronco, del cuello y de las piernas.

**OCRA:** El método abreviado Check List OCRA permite, obtener un resultado básico de valoración del riesgo por movimientos repetitivos de los miembros superiores.

**Pausas activas:** son períodos de descanso en los cuales las personas realizan una serie de actividades y acciones que les permiten a diferentes partes del cuerpo un cambio en su rutina habitual, con el fin de prevenir la aparición de problemas o desórdenes en diferentes grupos musculares y articulares, además de reactivar o mejorar la atención y la producción en las diferentes tareas

**Ergonomía:** Al hablar de ergonomía primeramente nos referimos a sus raíces griegas que indican que ergonomía = norma de trabajo, varios autores, como (Jouvencel, 1994); (Obregón, 2016) (González, 2006) (Rivas, Ergonomía en el diseño y producción industrial, 2007) (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013) han definido a la ergonomía, como:

## ***HIPOTESIS Y VARIABLES***

### **Hipótesis General**

Es posible diseñar un modelo biomecánico-ergonómico del movimiento de tronco y brazos de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones

### **Hipótesis específicas**

1. Mediante el uso de las herramientas de análisis de lateralidad test de Harris y test de Edimburgo se categorizará a los usuarios del taladro de pedestal.
2. Identificando las posturas ergonómicamente inadecuadas causadas por movimientos no programados y repetitivos de tronco y brazos, se podrá establecer una base de datos para un análisis de riesgo ergonómico.
3. Mediante la aplicación de los modelos de análisis ergonómico RULA, REBA y OCRA, tomando en cuenta el grado de lateralidad del operador del taladro de pedestal se diseña un modelo de prevención de lesiones.

### **Identificación de las variables**

A continuación, se presentan los tipos de variables que intervienen en las Hipótesis General y Específicas:

#### ***Variable Dependiente:***

VD-1: Posturas ergonómicas al operar el taladro de pedestal

VD-2: Riesgo de lesión musculo esquelético

#### ***Variables Independientes:***

VI-1: Lateralidad izquierda del operario

## Matriz de consistencia

TÍTULO DE LA TESIS: MODELO BIOMECÁNICO-ERGONÓMICO DEL MOVIMIENTO DE TRONCO Y BRAZOS DE OPERARIOS ZURDOS EN EL USO DEL TALADRO DE PEDESTAL COMO MEDIO DE PREVENCIÓN DE LESIONES						
OBJETO DE CONOCIMIENTO	OBJETIVO	MARCO TEÓRICO	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TECNICAS E INSTRUMENTOS
<b>PROBLEMA:</b> ¿Es factible desarrollar un modelo biomecánico-ergonómico del movimiento de tronco y brazos de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones?	<b>GENERAL:</b> Diseñar un modelo biomecánico ergonómico de miembros superiores, tomando en cuenta los efectos de la lateralidad en el uso del taladro de pedestal en los talleres de la U.P.S, campus sur, utilizando los métodos de análisis postural RULA, REBA y OCRA.	Lateralidad  Métodos de medición de la lateralidad	<b>GENERAL:</b> Es posible diseñar un modelo biomecánico-ergonómico del movimiento de tronco y brazos de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones	<b>VI:</b> lateralidad izquierda del operario <b>VD:</b> VD-1: Posturas ergonómicas al operar el taladro de pedestal VD-2: Riesgo de lesión musculoesquelético	Grado de lateralidad izquierda del operador  Posturas ergonómicamente inadecuadas  Riesgo de LME	Fotometría  Test de lateralidad  Modelos de análisis ergonómico RULA, REBA, OCRA
<b>ESPECIFICOS:</b> ¿Cómo se categoriza la lateralidad de los operarios zurdos, en el uso del taladro de pedestal?	<b>ESPECIFICOS:</b> Categorizar a los usuarios del taladro de pedestal, mediante un análisis de lateralidad utilizando las herramientas, Test de Harris y protocolo de Edimburgo.	Grado de lateralidad	<b>ESPECIFICAS:</b> Mediante el uso de las herramientas de análisis de lateralidad test de Harris y test de Edimburgo se categorizará a los usuarios del taladro de pedestal	Lateralidad izquierda del operario	Grado de lateralidad izquierda del operador	Test de lateralidad
¿Se podrá caracterizar los movimientos no programados y repetitivos de tronco y brazos en un operador zurdo en el manejo de un taladro de pedestal y determinar los parámetros para una análisis ergonómico - postural?	Identificar en un operador zurdo las posturas ergonómicamente inadecuadas causadas por movimientos no programados y repetitivos de tronco y brazos, en el manejo de un taladro de pedestal.	Ergonomía	Identificando las posturas ergonómicamente inadecuadas causadas por movimientos no programados y repetitivos de tronco y brazos, se podrá establecer una base de datos para un análisis de riesgo ergonómico.	Parámetros de análisis para modelar el movimiento, validada por expertos traumatólogos y fisioterapeutas.	Posturas ergonómicamente inadecuadas	Fotometría
¿Cómo se construye un modelo basado en un análisis ergonómico postural de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones, tomando en cuenta el grado de lateralidad del operario?	Diseñar un modelo basado en un análisis ergonómico postural de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones, tomando en cuenta el grado de lateralidad del operario	Modelos RULA, REBA y OCRA,	Mediante la aplicación de los modelos de análisis ergonómico RULA, REBA y OCRA, tomando en cuenta el grado de lateralidad del operador del taladro de pedestal se diseña un modelo de prevención de lesiones	Modelo biomecánico del movimiento de tronco y brazos, comprobado mediante software.	Riesgo de LME	Modelos de análisis ergonómico RULA, REBA, OCRA

## ***Operacionalización de Variables***

### **Definición Conceptual de Variables**

#### ***Variable Dependiente:***

VD-1: Posturas ergonómicas al operar el taladro de pedestal

La postura (Manera de tener dispuesto el cuerpo o las partes del cuerpo una persona) correcta es aquella que permite un estado de equilibrio esquelético y muscular, que protege a las estructuras corporales de sostén frente a lesiones o deformaciones progresivas, independientemente de la posición en la que estas estructuras se encuentran en reposo o en movimiento”. (DePedro & Castro, 2017).

VD-2: Riesgo de lesión musculo esquelético

Riesgo de lesión se conoce como la consecuencia de la interacción de condiciones de adaptación al realizar alguna acción con su cuerpo.

#### ***Variable Independiente:***

VI-1: Lateralidad izquierda del operario

Por lateralidad es la preferencia que el hombre manifiesta por el uso del lado derecho o izquierdo de su cuerpo. (Sassano, 2015)

### **Matriz de operacionalización de variables**

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Naturaleza</b>
VI-1: Lateralidad izquierda del operario	Por lateralidad es la preferencia que el hombre manifiesta por el uso del lado derecho o izquierdo de su cuerpo. (Sassano, 2015)	Se refiere a que con brazo el operario realiza una labor en el taladro de pedestal.	Cuantitativa
VD-1: Posturas ergonómicas al operar el taladro de pedestal	La posición correcta del cuerpo es la que admite permanecer en equilibrio y evita lesiones o deformaciones progresivas. (DePedro & Castro, 2017)	Se refiere a como el operador se estaciona frente al taladro de pedestal para una operación optima sin que, al transcurrir el tiempo, no llegue a un estado de fatiga o dolor en tronco y/o miembros superiores	Cuantitativa
VD-2: Riesgo de lesión musculo esquelético	Riesgo de lesión se conoce como la consecuencia de la interacción de condiciones de adaptación al realizar alguna acción con su cuerpo	Se refiere a las consecuencias que puede tener un desorden en la postura.	Cuantitativa

## CAPITULO III.

### ***METODOLOGÍA***

La presente investigación se ha realizado en dos partes: la primera concierne a una investigación cualitativa, la misma que, comenzando con un estudio de caso en los talleres de metalmecánica de la U. P. S Quito - Ecuador, dicho estudio ha permitido identificar los factores que generan malestar en los estudiantes con lateralidad izquierda, al momento de operar un taladro de pedestal; la segunda corresponde a un estudio cuantitativo, en el que se valida el Modelo Biomecánico – Ergonómico, se prueba la hipótesis y se hace un análisis de influencias de las variables

### ***Tipo y diseño de la Investigación***

#### **Tipo de investigación:**

Para establecer el estándar de exploración se toma como referencia a varios autores quienes mencionan:

Spector (1993) describe como *diseño experimental* como una composición de ideas “constancia”, “comparación”, “aleatorización” y “control”. Aquí varias variables se cotejan unas con otras, permaneciendo sin variación algunas, es decir son controladas, pero también otras están expuestas al azar. El diseño experimental típico se aplica en el laboratorio hay dos particularidades básicas: (1) control de variables independientes y (2) asignación de situaciones diferentes. (Lasa & Vergara, 2002).

Mediante un análisis biomecánico – ergonómico de las posturas de un operador zurdo, en el uso del taladro de pedestal, se podrá prevenir lesiones musculo – esqueléticos.

Unos estudios de las mediciones antropométricas proporcionarán los datos que van a dar las características distintivas de cada persona con el que se podrá elaborar el mapeo necesario manipulando la información obteniendo.

*Estudios exploratorios o formulativos* se destacan por ser los primeros estudios en una investigación mediante exploración, su razón principal es enunciar un problema y en consecuencia obtener hipótesis. (Vasquez, 2015)

*Estudios descriptivos* explican cómo se está desarrollando el fenómeno. Tiene significativa cuantía que el exploratorio y delimita los sucesos del problema de investigación. (Vasquez, 2015)

*Los estudios explicativos* el objetivo de este tipo de estudio es buscar y encontrar argumentos que ocasionan los fenómenos en estudio y explicar el porqué del fenómeno, es decir tratan de explicar la hipótesis. (Vasquez, 2015)

### **Diseño de la investigación**

Con estos antecedentes la investigación será experimental, explicativa, descriptiva y se la describe a continuación:

Fase 1:

En la primera fase se categorizará a un operador por su grado de lateralidad, usando los test de Edimburgo y test de Harris, como base para esta identificación se realizará la selección de los individuos de prueba estudiantes zurdos U.P.S - Quito, a los cuales se realizará un estudio antropométrico previo, destacando miembros superiores.

Fase 2:

En esta fase ya categorizados los operarios, por su grado de lateralidad, se realiza un estudio biomecánico del movimiento de miembros superiores en una jornada de taladrado, mediante fotogrametría y apoyados del software RULER se miden los principales ángulos del movimiento de miembros superiores (abducción, aducción, flexión, extensión, rotación plano horizontal), estableciendo posturas reales del operario, con lo que se obtendrá una base de datos para aplicar los modelos de evaluación de riesgo ergonómico (RULA, REBA y OCRA).

Fase 3:

Se diseñará el modelo biomecánico ergonómico, usando los resultados obtenidos en las fases anteriores y planteando un método de pausas activas como medio de prevención de lesiones.

### **Determinación del método de Investigación Cualitativa**

La investigación de tipo cualitativo en su enfoque rechaza la pretensión racional de solo cuantificar la realidad humana, en cambio da importancia al contexto, a la función y al significado de los actos humanos, valora la realidad como es vivida y percibida, con las ideas, sentimientos y motivaciones de sus actores. “La cuantificación y medición de procesos tales como opiniones, creencias, actitudes, valores, hábitos, comportamientos y otros se ha presentado como uno de los avances más importantes, y se ha convertido en el principal indicador y criterio de desarrollo científico” (Iñiguez Rueda, 1999, 108).

La investigación cualitativa posee un conjunto de particularidades que la identifica como tal, pero actualmente se representa fragmentada (Hammersley, 2004) (Atkinson, 2005), mostrando diferencias tanto entre las diversas tradiciones que abarca como en el interior de estas.

Hernández y Mendoza (2008), definen a los estudios de casos como “estudios que al utilizar los procesos de investigación, cuantitativa, cualitativa o mixta, utilizan profundamente una unidad para responder al planteamiento del problema, probar hipótesis y desarrollar alguna teoría”

### **Identificación de los Instrumentos a emplear**

Según criterios de selección de instrumentos de Hernández et al (2010), la recopilación de información es preferible obtenerla en un contexto habitual y usual de los individuos de prueba o variable que se está analizando.

En la investigación cualitativa existen una gran variedad de fuentes para recopilar datos entre las más comunes podemos mencionar: entrevistas, registros, documentos, etc.

Con el propósito de verificar y comparar la información obtenida en diferentes momentos, para conferir al estudio rigor, se han triangulado los datos a partir del estudio de caso como metodología de investigación cualitativa y diferentes técnicas e instrumentos de recolección de datos, tales como documentación, entrevistas y observación, las mismas que se muestran en el Cuadro 3.2, (Hernández et al. 2010).

Dichos instrumentos se han utilizado en base a los siguientes criterios:

### ***Observación.***

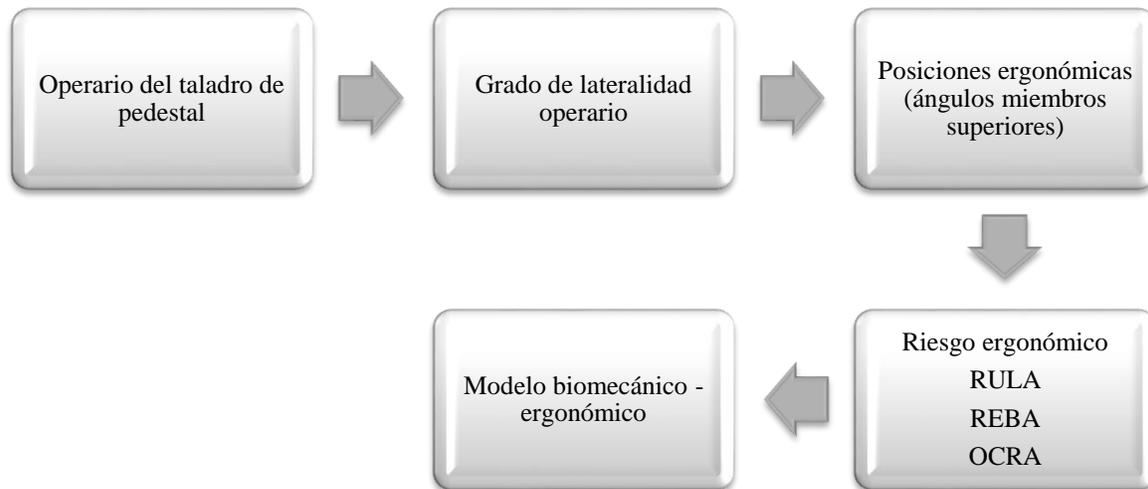
La observación investigativa implica no solo el uso de la vista, sino todos los sentidos; el objetivo es explorar ambientes, actividades que se desarrollan, las personas que participan, comprender procesos, eventos que suceden, patrones que se forman, identificar problemas, hipótesis, los contextos de trabajo, sociales y culturales (Hernández et al., 2010).

La metodología aplicada en esta primera fase es la siguiente: a) determinación del modelo de investigación cualitativa, b) selección de casos, c) identificación de instrumentos a emplear, d) análisis de casos, e) modelo.

### ***Metodología de la Investigación Cuantitativa***

La metodología aplicada en esta investigación cuantitativa es un estudio descriptivo que buscan detallar las características de un grupo de personas con lateralidad izquierda (zurdos), los mismos que operan una máquina herramienta (taladro de pedestal), cuyos mandos principales se encuentran en el lado derecho de la máquina, lo que provoca inconvenientes en la operación y por lo tanto en la calidad del trabajo.

Este estudio descriptivo busca explicar la relación existente entre el grado de lateralidad y el riesgo ergonómico de sufrir una lesión musculoesquelética en miembros superiores. Es decir, se evalúa la mala posición que adopta el operario zurdo, la que genera una posible LME.



### ***Fiabilidad y validez de la recolección de datos***

Para analizar la fiabilidad de las escalas de medida, es decir el grado en que el instrumento de medición produce resultados coherentes y consistentes, se utiliza el estadístico correlación de Pearson que un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas.

## CAPITULO IV.

### **RESULTADOS Y VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

#### **Análisis Biomecánico – Postural:**

Un paso previo al análisis postural, se realizó un estudio de la lateralidad de los 10 operarios

#### **Medición del grado de lateralidad**

Se aplicó a diez personas, mayores de edad, que manifestaron por su propia voluntad tener lateralidad izquierda definida y que sabían operar el taladro, los test de medición de lateralidad: el test de Edimburgo (cuantitativo) y el test de Harris (cualitativo).

El producto de la aplicación de los test se muestra en el cuadro 60:

Cuadro 60: Resultados Test Edimburgo

Operario	Test Edimburgo		Test Harris	
	Puntaje	Lateralidad	Puntaje	Lateralidad
1	44	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
2	46	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
3	42	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
4	46	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
5	46	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
6	48	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
7	43	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
8	48	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
9	45	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
10	49	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo

Fuente: Autor

Para test de Edimburgo el valor más alto es 50 puntos y se categoriza a la persona como “Consistentemente zurdo” el valor más bajo que se puede obtener es de 10 puntos y la persona se categoriza como “Consistentemente diestro”.

El test de Harris nos indica que para un puntaje I.I.I.I, el individuo se categoriza como “zurdo completo” y obteniendo D.D.D.D, el individuo se categoriza como “diestro completo”.

Con datos obtenidos del test de Harris que valora también la influencia del ojo y pie dominante, se planteó una matriz de correlación, cuyo resultado se expone en el cuadro 61:

### ***Matriz de correlación***

Cuadro 61: Matriz de correlación Pearson ojo - pierna preferente

<b>Correlación de Pearson</b>			
	Edimburgo	pierna_pref	ojo_pref
Edimburgo	1	0,75	0,73
pierna_pref		1	0,94
ojo_pref			1

Fuente: Autor

Como se puede observar los resultados de la correlación de Pearson hay una relación entre la lateralidad (preferencia de mano) con el uso de la pierna preferente y el ojo preferente.

### ***Análisis Postural***

La aplicación de muchos métodos de evaluación ergonómica requiere la medición sobre el trabajador de determinadas dimensiones. El estudio biomecánico postural, con referencia a las posiciones angulares relativas de miembros superiores se las puede realizar directamente en el individuo o con el apoyo de dispositivos como goniómetros electrónicos, transportadores angulares y un método no muy costoso y fácil de usar es la fotografía del operario acogiendo la postura a estudiar y medir los ángulos en las fotos. (Ergonautas, 2018).

Mediante el software libre RULER (Medición de ángulos en fotografías), se procedió a medir posición angular de tronco y brazos de diez operarios zurdos con diferentes grados de lateralidad.

## ***Caracterización de Posturas usadas en el taladro de pedestal – postura más adecuada***

Una posición adecuada es el primer paso para operar un taladro de pedestal, es decir que no causen molestias (Roh, 2003), se pueda realizar un trabajo eficiente y con el tiempo no causen lesiones.

Para realizar un análisis ergonómico postural se debe considerar los diferentes segmentos corporales y sus ángulos de giro: tronco (inclinación y torsión), brazo, cabeza, cuello (ángulo de visión), antebrazo, mano, muñeca, como los propone (Estrada-Muñoz, 2015) y se resumen en el cuadro los ángulos de confort para un operador zurdo:

Cuadro 62: Ángulos de confort - operario diestro

<b>Tronco: flexión y extensión</b>			
<b>Rango</b>	<b>Postura estática</b>	<b>Movimiento</b>	
		<b>Baja frecuencia (<math>\leq 2</math> mov/min)</b>	<b>Alta frecuencia (<math>&gt; 2</math> mov/min)</b>
Flexión 0° a 20°	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Flexión de 20° a 60°	Condicionamente aceptable (A)	Aceptable	Aceptable con condición (C)
Flexión >de 60°	No aceptable	Condicionamente aceptable (B)	No aceptable
Extensión	No aceptable	Condicionamente aceptable (B)	No aceptable
<b>Inclinación lateral y torsión de tronco</b>			
$\leq 10^\circ$	Aceptable	Aceptable	Aceptable
$> 10^\circ$	No aceptable	Condicionamente aceptable (A)	No aceptable
<b>Brazo y hombro: flexión o abducción</b>			
0° a 20°	Aceptable	Aceptable	Aceptable
20° a 60°	Aceptable con condición (A)	Aceptable	Aceptable con condición (C)
$> 60^\circ$	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable
$< 0^\circ$	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable
<b>Cuello – cabeza: flexión, extensión</b>			
0° a 10°	Aceptable	Aceptable	Aceptable
10° a 20°	Aceptable con condición (A)	Aceptable	Aceptable con condición (C)
$> 20^\circ$	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable
$< 0^\circ$	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable
<b>Cabeza y cuello teniendo en cuenta la visión</b>			
-40° a 0° (B)	Aceptable	Aceptable	Aceptable
$> 0^\circ$ y $< -40^\circ$	No aceptable	Condicionamente aceptable (A)	No aceptable

Antebrazo – muñeca			
Postura neutra 0°; postura de antebrazo entre 60° y 100°	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Flexión o extensión de muñeca hasta 15°; flexión de brazo >100° o menor de 60°	Aceptable con condición (A)	Aceptable	Aceptable con condición (C)
Flexión o extensión de muñeca > 15°	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable
Flexión o extensión con desviación radial o cubital o con pronación o supinación	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable

Fuente: (Estrada-Muñoz, 2015)

### *Verificación de ángulos – posición óptima*



### *Resultados y Mediciones*

Para la parte experimental se trabajó con placas de acero ASTM A36 con un espesor de 12 milímetros y acero SAE 1055 de 22 milímetros de espesor.

La evaluación de la posición angular de miembros superiores se la hizo por intervalos de tiempo, fotografiando al individuo cuando se producía un cambio de posición (fotografías 1 y 2), para ASTM A36 [180 – 185] segundos y para SAE 1055 [120 – 130] segundos.

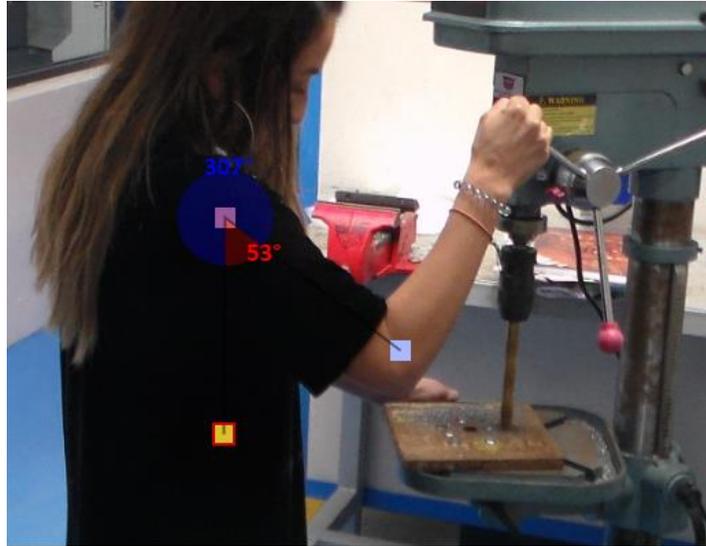


Figura 35: Ejemplo 1 de uso de RULER  
Fuente: Autor

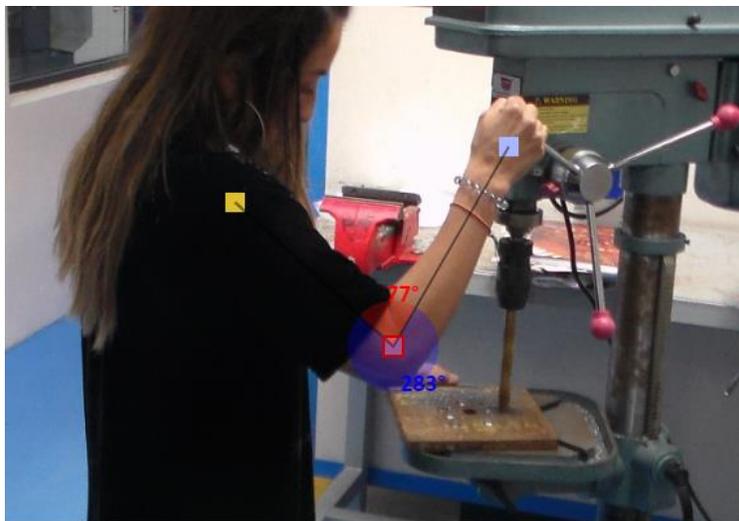


Figura 36: Ejemplo 2 de uso de RULER  
Fuente: Autor

A continuación, se resumen las mediciones en las tablas:

**Ángulos medidos por operario:**

**Operario 1:**

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	37	35	35	22	29	27	40	22	37
Aducción	8	9	7	6	8	10	10	5	5
Abducción	26	22	26	30	20	28	22	22	22
Rotación - articulación glenohumeral:	12	11	9	7	12	11	10	11	7
Rotación - plano horizontal:	8	13	13	7	15	9	12	15	5
codo - extensión	97	90	94	94	103	105	96	92	101
codo - flexión	110	92	120	108	110	90	103	91	97

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	40	38	26	38	22	38	22	37	20
Aducción	10	8	7	5	9	7	7	9	6
Abducción	22	25	25	28	27	25	23	29	21
Rotación - articulación glenohumeral:	11	12	8	11	7	6	11	7	8
Rotación - plano horizontal:	9	7	11	7	10	10	12	8	6
codo - extensión	105	91	102	97	94	99	105	94	99
codo - flexión	104	91	115	116	112	114	120	96	91

## Operario 2:

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	57	47	44	44	47	58	40	47	41
Aducción	9	10	13	9	11	12	12	10	13
Abducción	43	43	36	26	38	40	41	34	26
Rotación - articulación glenohumera:	7	8	12	5	13	9	13	7	11
Rotación - plano horizontal:	18	10	16	15	16	24	19	12	23
codo - extensión	109	92	110	98	97	100	105	107	95
codo - flexión	89	91	88	99	99	89	95	88	101

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	49	20	56	66	72	26	59	80	64
Aducción	9	10	12	9	9	10	12	11	12
Abducción	44	30	45	26	39	37	34	32	39
Rotación - articulación glenohumeral:	8	11	11	8	11	15	15	12	13
Rotación - plano horizontal:	11	11	10	21	10	15	15	24	18
codo - extensión	91	95	98	102	95	94	96	105	109
codo - flexión	90	103	89	105	99	102	87	92	98

### Operario 3:

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	30	32	31	24	27	27	23	30	23
Aducción	5	10	9	5	6	8	10	9	7
Abducción	29	24	21	21	22	23	22	20	24
Rotación - articulación glenohumeral:	12	6	11	6	5	9	5	9	6
Rotación - plano horizontal:	12	8	12	12	11	10	10	14	13
codo - extensión	92	98	100	92	95	101	100	100	95
codo - flexión	97	117	118	106	117	102	97	104	115

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	22	28	36	40	34	26	23	35	38
Aducción	5	10	5	5	5	5	8	7	9
Abducción	23	22	25	29	21	25	30	27	30
Rotación - articulación glenohumeral:	12	5	11	8	7	10	9	9	7
Rotación - plano horizontal:	14	11	14	8	14	13	9	15	14
codo - extensión	95	102	104	92	94	104	97	103	103
codo - flexión	105	105	103	112	93	115	98	109	108

#### Operario 4:

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	57	47	44	44	47	58	40	47	41
Aducción	8	13	9	12	13	9	9	8	12
Abducción	27	32	34	38	34	28	29	35	27
Rotación - articulación glenohumeral:	13	11	15	8	10	11	15	11	7
Rotación - plano horizontal:	20	13	21	19	16	20	16	16	18
codo - extensión	90	105	106	96	110	102	110	94	109
codo - flexión	98	106	104	94	94	102	88	92	91

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	49	20	56	66	72	26	59	80	64
Aducción	9	12	9	9	8	9	8	10	13
Abducción	31	27	25	28	30	41	43	42	45
Rotación - articulación glenohumeral:	13	5	6	13	10	12	9	7	9
Rotación - plano horizontal:	13	15	18	16	13	21	18	24	13
codo - extensión	99	109	107	104	97	107	100	100	91
codo - flexión	101	110	101	104	100	95	100	100	92

**Operario 5:**

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	44	40	44	40	40	40	41	48	45
Aducción	10	11	12	10	10	12	8	11	13
Abducción	32	42	32	44	26	44	27	39	38
Rotación - articulación glenohumeral:	10	9	7	10	5	7	15	11	14
Rotación - plano horizontal:	17	17	21	19	11	20	18	18	22
codo - extensión	95	107	102	95	92	96	96	93	94
codo - flexión	107	90	99	93	89	95	90	99	91

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	46	45	48	44	42	41	40	38	38
Aducción	11	8	12	11	9	8	9	12	10
Abducción	28	37	37	30	32	38	39	32	43
Rotación - articulación glenohumeral:	9	5	12	5	6	7	9	15	10
Rotación - plano horizontal:	19	11	24	15	23	11	12	25	12
codo - extensión	102	108	92	97	102	95	99	106	105
codo - flexión	90	88	96	110	96	100	96	101	99

## Operario 6:

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	59	51	57	30	46	47	42	62	37
Aducción	13	6	8	19	16	19	10	13	19
Abducción	38	33	73	41	78	32	29	83	72
Rotación - articulación glenohumeral:	12	13	6	18	10	19	17	5	24
Rotación - plano horizontal:	71	13	27	68	70	70	63	21	44
codo - extensión	84	62	106	62	82	72	116	103	114
codo - flexión	88	88	93	73	101	106	85	107	91

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	41	37	40	31	50	48	49	30	47
Aducción	19	17	12	17	5	21	8	10	13
Abducción	24	85	34	75	30	65	36	35	39
Rotación - articulación glenohumeral:	14	15	12	25	11	12	11	8	28
Rotación - plano horizontal:	28	20	56	51	48	65	49	55	25
codo - extensión	82	108	85	108	53	59	87	89	53
codo - flexión	66	128	129	72	118	101	96	64	76

## Operario 7:

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	33	25	32	21	21	30	39	36	34
Aducción	7	5	7	8	5	7	10	10	6
Abducción	24	23	23	29	28	20	22	20	29
Rotación - articulación glenohumeral:	5	11	11	11	9	5	10	7	8
Rotación - plano horizontal:	14	9	10	7	7	14	12	11	15
codo - extensión	97	97	101	100	94	91	95	90	93
codo - flexión	108	98	100	102	105	113	90	99	115

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	32	27	33	23	37	30	23	33	25
Aducción	8	9	7	8	10	6	6	10	10
Abducción	29	30	28	28	25	23	25	29	25
Rotación - articulación glenohumeral:	7	6	9	8	12	9	5	9	9
Rotación - plano horizontal:	9	13	5	9	14	10	7	11	10
codo - extensión	103	100	91	102	95	91	91	100	105
codo - flexión	120	116	100	110	109	105	112	98	113

## Operario 8:

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	43	42	41	44	44	39	45	41	46
Aducción	14	10	15	7	9	11	10	13	12
Abducción	59	70	84	38	28	33	76	27	63
Rotación - articulación glenohumeral:	23	17	14	16	22	18	16	20	19
Rotación - plano horizontal:	54	48	17	53	28	45	55	16	46
codo - extensión	82	87	102	113	101	109	92	99	114
codo - flexión	116	95	110	98	98	92	123	122	123

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	40	46	44	45	50	44	48	51	51
Aducción	16	18	19	16	16	10	18	15	19
Abducción	36	30	39	76	70	54	66	48	77
Rotación - articulación glenohumeral:	16	22	9	18	13	15	24	9	16
Rotación - plano horizontal:	15	55	24	36	23	50	18	30	35
codo - extensión	90	91	95	100	85	86	105	103	105
codo - flexión	92	121	108	92	120	106	120	90	115

## Operario 9:

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	48	38	43	39	39	41	48	47	48
Aducción	11	8	9	10	10	11	9	11	12
Abducción	44	27	41	34	33	36	25	34	39
Rotación - articulación glenohumeral:	12	5	14	7	12	14	8	15	11
Rotación - plano horizontal:	25	12	14	21	14	11	19	19	12
codo - extensión	105	93	99	90	92	102	99	102	108
codo - flexión	102	90	107	95	107	102	105	103	109

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	45	48	45	45	39	38	39	45	42
Aducción	9	12	9	10	9	8	13	9	9
Abducción	36	45	28	41	39	30	40	45	25
Rotación - articulación glenohumeral:	7	14	6	15	14	6	6	13	12
Rotación - plano horizontal:	11	22	18	10	10	24	24	18	12
codo - extensión	104	104	99	105	106	104	95	90	94
codo - flexión	89	110	91	90	104	96	106	91	107

**Operario 10:**

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	57	47	44	44	47	58	45	47	41
Aducción	8	15	18	13	8	13	20	8	17
Abducción	124	48	57	27	53	70	26	53	38
Rotación - articulación glenohumeral:	5	13	17	27	26	10	11	26	28
Rotación - plano horizontal:	56	41	58	12	16	55	77	16	31
codo - extensión	82	128	51	106	54	66	109	54	112
codo - flexión	98	52	129	74	126	109	69	126	68

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	49	20	56	66	72	26	59	80	64
Aducción	29	14	27	21	23	15	20	16	11
Abducción	72	32	39	39	52	54	45	51	42
Rotación - articulación glenohumeral:	18	34	18	12	16	19	18	11	16
Rotación - plano horizontal:	25	57	19	40	18	43	31	26	16
codo - extensión	107	52	134	97	132	104	129	108	99
codo - flexión	73	124	50	81	48	76	51	72	81

En los cuadros 63 y 64 se resume, para cada operador la media y la desviación estándar de las mediciones de los ángulos:

## Resumen ángulos

### Acero SAE 1055:

Cuadro 63: Resumen ángulos - SAE 1055

	Operario 1		Operario 2		Operario 3		Operario 4		Operario 5		Operario 6		Operario 7		Operario 8		Operario 9		Operario 10	
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$																
<b>Flex</b>	31,56	6,75	47,22	6,36	27,44	3,50	47,22	6,36	42,44	2,92	47,89	10,56	30,11	6,45	42,78	2,22	43,44	4,33	47,78	5,85
<b>Ad</b>	7,56	1,94	11,00	1,58	7,67	2,00	10,33	2,12	10,78	1,48	13,67	4,95	7,22	1,86	11,22	2,54	10,11	1,27	13,33	4,58
<b>Abd</b>	24,22	3,38	36,33	6,58	22,89	2,67	31,56	3,97	36,00	6,98	53,22	22,56	24,22	3,60	53,11	21,91	34,78	6,16	55,11	29,50
<b>R - AG</b>	10,00	1,94	9,44	2,92	7,67	2,65	11,22	2,77	9,78	3,27	13,78	6,28	8,56	2,46	18,33	2,96	10,89	3,48	18,11	8,78
<b>R - PH</b>	10,78	3,63	17,00	4,61	11,33	1,80	17,67	2,60	18,11	3,18	49,67	23,74	11,00	3,00	40,22	15,67	16,33	4,85	40,22	22,89
<b>C-E</b>	96,89	5,11	101,44	6,50	97,00	3,57	102,44	7,45	96,67	4,80	89,00	21,39	95,33	3,77	99,89	11,23	98,89	6,13	84,67	29,67
<b>C-F</b>	102,33	10,48	93,22	5,31	108,11	8,72	96,56	6,27	94,78	5,93	92,44	10,86	103,33	7,84	108,56	12,92	102,22	6,14	94,56	29,53

### Acero ASTM A36:

Cuadro 64: Resumen ángulos - ASTM A36

	Operario 1		Operario 2		Operario 3		Operario 4		Operario 5		Operario 6		Operario 7		Operario 8		Operario 9		Operario 10	
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$																
<b>Flex</b>	31,22	8,45	54,67	20,11	31,33	6,69	54,67	20,11	42,44	3,54	41,44	7,63	29,22	4,97	46,56	3,75	42,89	3,52	54,67	20,11
<b>Ad</b>	7,56	1,59	10,44	1,33	6,56	2,01	9,67	1,73	10,00	1,58	13,56	5,34	8,22	1,64	16,33	2,78	9,78	1,64	19,56	6,09
<b>Abd</b>	25,00	2,69	36,22	6,32	25,78	3,42	34,67	7,92	35,11	4,86	47,00	21,99	26,89	2,42	55,11	17,90	36,56	7,33	47,33	11,70
<b>R - AG</b>	9,00	2,24	11,56	2,55	8,67	2,18	9,33	2,96	8,67	3,35	15,11	6,79	8,22	2,05	15,78	5,14	10,33	3,97	18,00	6,61
<b>R - PH</b>	8,89	2,03	15,00	5,10	12,44	2,51	16,78	3,87	16,89	5,90	44,11	15,77	9,78	2,77	31,78	13,75	16,56	5,94	30,56	13,68
<b>C-E</b>	98,44	4,95	98,33	5,83	99,33	4,80	101,56	5,75	100,67	5,34	80,44	21,28	97,56	5,61	95,56	7,97	100,11	5,82	106,89	25,09
<b>C-F</b>	106,56	11,34	96,11	6,72	105,33	6,80	100,33	5,07	97,33	6,42	94,44	26,22	109,22	7,19	107,11	12,94	98,22	8,45	72,89	23,39

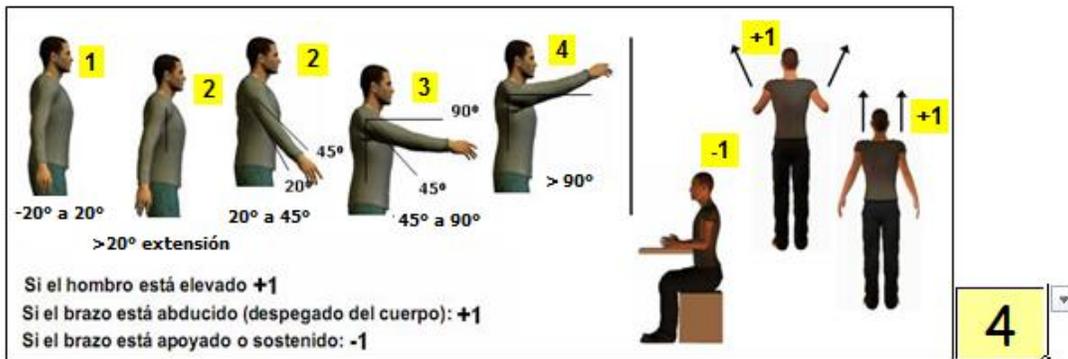
## Aplicación en hojas de cálculo RULA, REBA y OCRA

La medición de los ángulos nos sirve para ingresar los datos en las hojas de cálculo: RULA, REBA y OCRA Check List:

### Hoja RULA:

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

##### Puntuación del brazo:



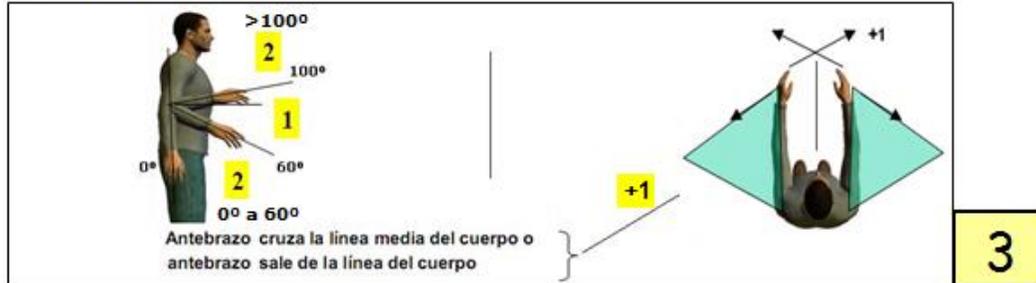
-20° a 20°      20° a 45°      45° a 90°      > 90°

>20° extensión

Si el hombro está elevado +1  
Si el brazo está abducido (despegado del cuerpo): +1  
Si el brazo está apoyado o sostenido: -1

4

##### Puntuación del antebrazo:



> 100°      100°      60°      0° a 60°

Antebrazo cruza la línea media del cuerpo o antebrazo sale de la línea del cuerpo

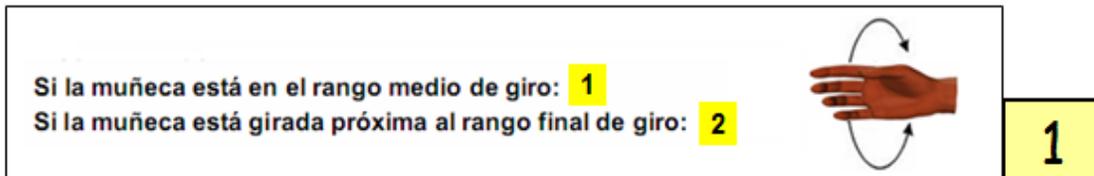
+1

3

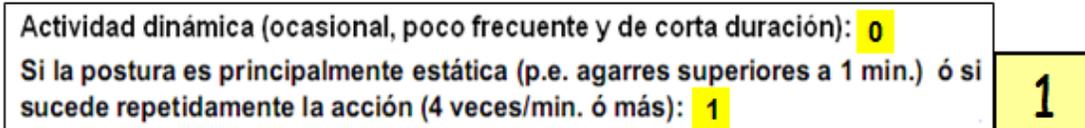
### Puntuación de la muñeca:



### Puntuación giro de muñeca:



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



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

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

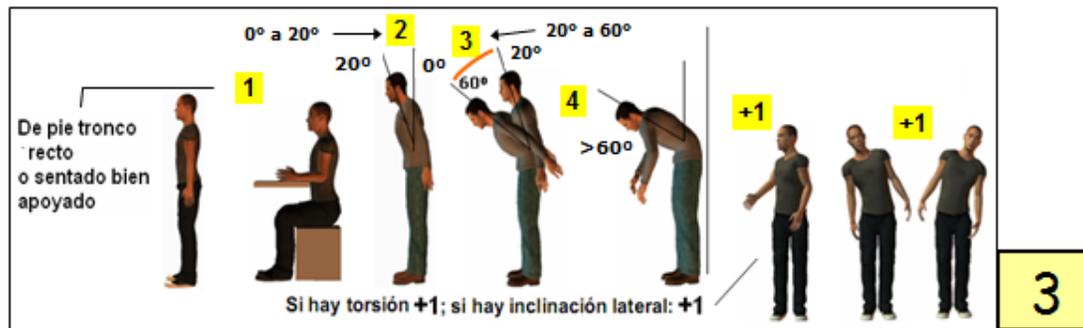
2

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

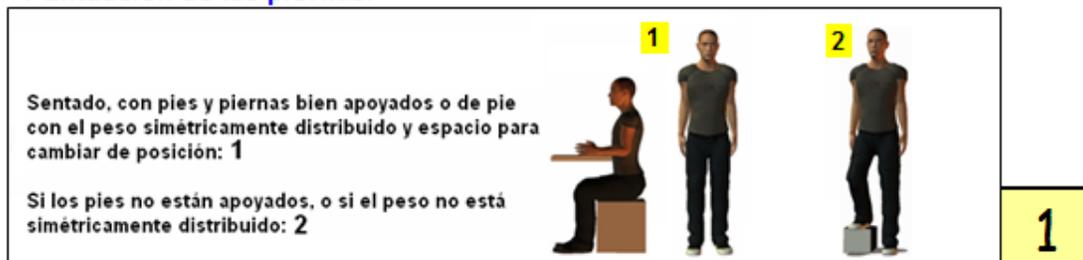
#### Puntuación del cuello:



#### Puntuación del tronco:



#### Puntuación de las piernas:



## RESUMEN DE DATOS:

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

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

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

Puntuación del cuello <sup>(1-6)</sup> :	<b>4</b>
Puntuación del tronco <sup>(1-6)</sup> :	<b>3</b>
Puntuación de piernas <sup>(1-2)</sup> :	<b>1</b>

#### NIVELES DE RIESGO Y ACTUACIÓN:

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

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

**Actuación:** Se requieren análisis y cambios de manera inmediata.

Hoja REBA:

**METODO R.E.B.A. (HOJA DE DATOS):**

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

**CUELLO**

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

**3**

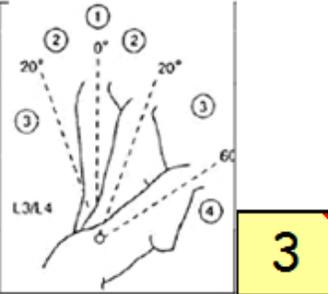
**PIERNAS**

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

**4**

### TRONCO

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



### CARGA / FUERZA

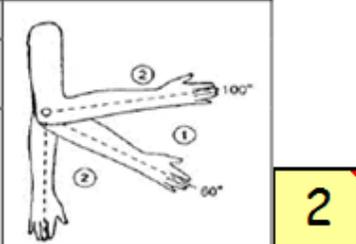
0	1	2	+ 1
< 5 Kg.	5 a 10 Kg.	> 10 Kg.	Instauración rápida o brusca



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

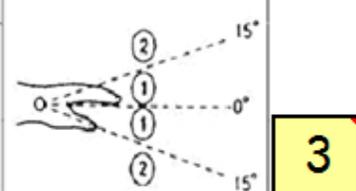
#### ANTEBRAZOS

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



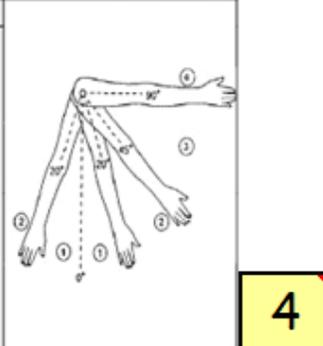
#### MUÑECAS

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



#### BRAZOS

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



## AGARRE

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

## ACTIVIDAD MUSCULAR

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

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

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

### Actividad muscular:

No hay partes del cuerpo estáticas

Existen movimientos repetitivos

Se producen cambios posturales importantes o posturas inestables

### NIVELES DE RIESGO Y ACCIÓN:

Puntuación final REBA<sup>(1-15)</sup> 14

Nivel de acción<sup>(0-4)</sup> 4

Nivel de riesgo Muy alto

Actuación Es necesaria la actuación de inmediato

## Hoja OCRA Check List:

Escribir X donde  
corresponda

### Régimen de pausas

Existe una interrupción de al menos 8/10 minutos cada hora (incluyendo pausa para comer); o bien, el tiempo de recuperación está dentro del ciclo.

Existen dos interrupciones en la mañana y dos por la tarde (más una pausa para comer) de una duración mínima de 8 – 10 minutos en el turno de 7 – 8 horas, ó como mínimo 4 interrupciones además de la pausa para comer, ó 4 interrupciones de 8 – 10 minutos en el turno de 6 horas.

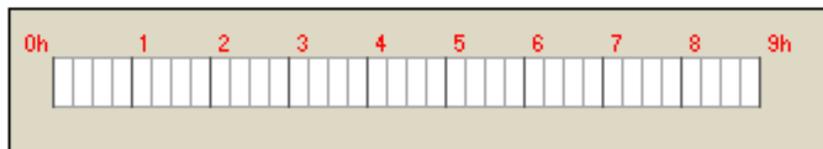
Existen 2 pausas de una duración mínima de 8 – 10 minutos cada una en el turno de 6 horas (sin pausa para comer); o bien, 3 pausas más una pausa para comer en el turno de 7 – 8 horas.

Existen 2 interrupciones (más una pausa para comer) de una duración mínima de 8 – 10 minutos en el turno de 7 – 8 horas (o 3 pausas pero ninguna para comer); o bien, en el turno de 6 horas, una pausa de al menos 8-10 minutos.

En el turno de 7 horas, sin pausa para comer, existe sólo una pausa de al menos 10 minutos; o bien, en el turno de 8 horas existe una única pausa para comer, la cuál no cuenta como horas de trabajo.

No existen pausas reales, excepto algunos minutos (menos de 5) en el turno de 7 – 8 horas.

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



Factor Recuperación:

**3**

Escribir X donde corresponda

Frecuencia (acciones/min)

13

0

¿Existe la posibilidad de realizar breves interrupciones?

Sí

**Dch. Izd.**

**Acciones técnicas dinámicas**

Los movimientos de los brazos son lentos con posibilidad de frecuentes interrupciones (20 acciones/minuto).

Los movimientos de los brazos no son demasiado rápidos (30 acciones/minuto ó una acción cada 2 segundos), con posibilidad de breves interrupciones.

Los movimientos de los brazos son bastante rápidos (cerca de 40 acciones/min.) pero con posibilidad de breves interrupciones.

Los movimientos de los brazos son bastante rápidos (cerca de 40 acciones/min.) la posibilidad de interrupciones es más escasa e irregular.

Los movimientos de los brazos son rápidos y constantes (cerca de 50 acciones/min.)

Los movimientos de los brazos son muy rápidos y constantes (60 acciones/min.)

Frecuencia muy alta (70 acciones/min. o más)

**Dch. Izd.**

**Acciones técnicas estáticas**

Un objeto es mantenido en presa estática por una duración de al menos 5 seg. consecutivos y esta acción dura 2/3 del tiempo ciclo o del período de observación.

Un objeto es mantenido en presa estática por una duración de al menos 5 seg. consecutivos y esta acción dura TODO el tiempo ciclo o el período de observación.

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

Para:

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

**Dch. lzd.** (Porcentaje total del referente)

- 2 segundos cada 10 minutos
- 1% del tiempo
- 5% del tiempo
- Más del 10% del tiempo (\*)

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

Para:

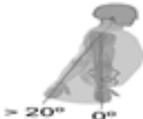
- Tirar o empujar palancas.
- Pulsar botones.
- Cerrar o abrir.
- Manipular o presionar objetos.
- Utilizar herramientas.
- Manipular componentes para levantar objetos.

**Dch. lzd.** (Porcentaje total del referente)

- 1/3 del tiempo
- Aprox. La mitad del tiempo
- Más de la mitad del tiempo
- Casi todo el tiempo

Factor Fuerza: Dch. lzd  
**60** **0**

Posturas forzadas

Hombro		
Flexión	Abducción	Extensión
		

Escribir X donde corresponde

Dch. Izd.

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

El/los brazos no descansan sobre la superficie de trabajo sino que están ligeramente elevados durante algo más de la mitad del tiempo.

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

Los brazos se mantienen sin apoyo casi a la altura del hombro (o en otra postura extrema) por casi un 10% del tiempo.

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

Los brazos se mantienen sin apoyo casi a la altura del hombro (o en otra postura extrema) por casi 1/3 del tiempo.

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

Los brazos se mantienen sin apoyo casi a la altura del hombro (o en otra postura extrema) por más de la mitad del tiempo.

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

Los brazos se mantienen sin apoyo casi a la altura del hombro (o en otra postura extrema) por casi todo el tiempo.

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

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

Codo	
<p>Extensión-Flexión</p> 	<p>Prono-Supinación</p> 

Dch. Izd.

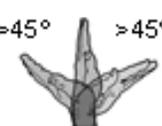
El codo debe realizar amplios movimientos de flexo-extensión o prono-supinación, movimientos bruscos cerca de 1/3 del tiempo.

El codo debe realizar amplios movimientos de flexo-extensión o prono-supinación, movimientos repentinos por más de la mitad del tiempo.

El codo debe realizar amplios movimientos de flexo-extensión o prono-supinación, movimientos repentinos por casi todo el tiempo.

Muñeca	
<p>Extensión-Flexión</p> 	<p>Desviación Radio-Ulnar</p> 

Dch. Izd.

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

La muñeca debe doblarse en una posición extrema o adoptar posturas molestas por más de la mitad del tiempo.

La muñeca debe doblarse en una posición extrema por casi todo el tiempo.

Mano			
Pinza	Pinza	Toma de Gancho	Presa Palmar
			

Dch. Izd.

Por cada 1/3 del tiempo

Más de la mitad del tiempo.

Casi todo el tiempo.

Dch. Izd.

Con los dedos juntos (precisión)

Con la mano casi completamente abierta (presa palmar)

Con los dedos en forma de gancho.

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

### Estereotipo

Dch. Izd.

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

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

**Dch. Izd.**

#### Factores físico-mecánicos

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Dch. Izd.**

#### Factores socio-organizativos

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

El ritmo de trabajo está completamente determinado por la máquina.

Dch.

Izd.

**Factor Complementario:**

**4**

**0**

## Índice de riesgo y valoración

Dch.

Izd.

Índice de riesgo:

70,13

2,55

No aceptable. Nivel alto    Aceptable

Escala de valoración del riesgo:

Checklist	Color	Nivel de riesgo
HASTA 7,5	Verde	Aceptable
7,6 - 11	Amarillo	Muy leve o incierto
11,1 - 14	Rojo suave	No aceptable. Nivel leve
14,1 - 22,5	Rojo fuerte	No aceptable. Nivel medio
≥ 22,5	Morado	No aceptable. Nivel alto

### *Aplicación de métodos de análisis ergonómico*

En el cuadro se resume los resultados por operador:

#### **Método OCRA**

Resumen:

Cuadro 65: Resultados OCRA

<b>Riesgo</b>				
Operario	Derecho	Rango	Izquierdo	Rango
1	13.50	leve	2,25	leve
2	36.40	alto	1,30	leve
3	13.50	leve	2,25	leve
4	36.40	alto	1,30	leve
5	36.40	alto	1,30	leve
6	70.13	muy alto	2,25	leve
7	13.50	leve	2,25	leve
8	70.13	muy alto	2,25	leve
9	36.40	alto	1,30	leve
10	70.13	muy alto	2,25	leve

## Método RULA

Resumen:

Cuadro 66: Resultados RULA

<b>Operario</b>	<b>Puntuación final (1 - 7)</b>	<b>Nivel de riesgo (1 - 4)</b>
1	5	3
2	6	3
3	5	3
4	6	3
5	6	3
6	7	4
7	5	3
8	7	4
9	6	3
10	7	4

## Método REBA

Resumen:

Cuadro 67: Resultados REBA

<b>Operario</b>	<b>Puntuación final (1 - 15)</b>	<b>Nivel de acción (0 - 4)</b>	<b>Nivel de riesgo</b>
1	3	1	bajo
2	8	3	alto
3	3	1	bajo
4	8	3	alto
5	8	3	alto
6	14	4	muy alto
7	3	1	bajo
8	14	4	muy alto
9	8	3	alto
10	14	4	muy alto

## Conclusión:

De las tablas anteriores, podemos deducir que existe una “muy buena correlación” entre: Lateralidad y OCRA Check List ( $r = 0.953$ ;  $p < 0.05$ ); Lateralidad y RULA ( $r = 0.962$ ;  $p < 0.05$ ); Lateralidad y REBA ( $r = 0.959$ ;  $p < 0.05$ ). Por lo que concluimos que mientras más zurdo sea el operador, adopta posturas inadecuadas al operar el taladro de pedestal y por tanto tiene más riesgo de sufrir alguna lesión.

## *Análisis de correlación entre variables*

Se correlacionó las variables: edad, experiencia, test de Edimburgo, OCRA, RULA, REBA, obteniendo los resultados que se exponen en los cuadros

Cuadros de resumen sobre el cálculo del coeficiente de correlación, realizado en Excel 2013

Correlación ( r ) Edad - experiencia	-0,014
Determinación ( r <sup>2</sup> )	0,000197

Correlación ( r ) Lateralidad-edad	-0,543
Determinación ( r <sup>2</sup> )	0,295
Correlación ( r ) Lateralidad-experiencia	-0,431
Determinación ( r <sup>2</sup> )	0,186

Correlación ( r ) OCRA-edad	-0,456
Determinación ( r <sup>2</sup> )	0,208
Correlación ( r ) OCRA-experiencia	-0,533
Determinación ( r <sup>2</sup> )	0,284
Correlación ( r ) RULA-edad	-0,443
Determinación ( r <sup>2</sup> )	0,196
Correlación ( r ) RULA-experiencia	-0,529

Determinación ( $r^2$ )	0,280
-------------------------	-------

Correlación ( r ) RUBA-edad	-0,450
Determinación ( $r^2$ )	0,203
Correlación ( r ) RUBA-experiencia	-0,532
Determinación ( $r^2$ )	0,283

***Estudio de tiempos y calidad de perforación utilizando MSA y SPC:***

Con el estudio del análisis del sistema de medición por atributos se observará cada una de las placas de material A-36 con 20mm de espesor, se verificará la perforación dividiendo el material aprobado con el material rechazado, esto se lo realiza por medio de 3 inspectores los cuales analizarán el producto y según su criterio aceptan o rechazan dicho producto, el segundo paso es estimar la distribución de datos de donde el valor 1 es de acuerdo y el valor 0 es desacuerdo, el objetivo de este estudio es unificar criterios entre las personas que operan la máquina y liberan el producto.

Instrucciones para el llenado de la tabla 12 - 13:

- a). Si la muestra inspeccionada pasa es decir esta OK es "1"
- b). Si la muestra inspeccionada no pasa es decir esta No OK es "0".

Indicador Kappa nos indica el grado de acuerdo o desacuerdo de los inspectores

Regla general del indicador kappa:

kappa = 0.75 o superior indica un buen o excelente acuerdo en la comparación.

kappa  $\leq$  0.40 indica un pobre acuerdo del sistema de comparación.



## Análisis de Riesgo

### A \* B Crosstabulation

		B		Total	
		0	1		
A	0	Conteo	9	0	9
		Conteo Esperado	0,5	8,5	9,0
1	Conteo	0	141	141	
	Conteo Esperado	8,5	132,5	141,0	
Total	Conteo	9	141	150	
	Conteo Esperado	9,0	141,0	150,0	

### B \* C Crosstabulation

		C		Total	
		0	1		
B	0	Conteo	9	0	9
		Conteo Esperado	0,5	8,5	9,0
1	Conteo	0	141	141	
	Conteo Esperado	8,5	132,5	141,0	
Total	Conteo	9	141	150	
	Conteo Esperado	9,0	141,0	150,0	

### A \* C Crosstabulation

		C		Total	
		0	1		
A	0	Conteo	9	0	9
		Conteo Esperado	0,5	8,5	9,0
1	Conteo	0	141	141	
	Conteo Esperado	8,5	132,5	141,0	
Total	Conteo	9	141	150	
	Conteo Esperado	9,0	141,0	150,0	

Kappa	A	B	C
A	-	1,00	1,00
B	1,00	-	1,00
C	1,00	1,00	-

CONCLUSION	
A x B	Good Agreement
A x C	Good Agreement
B x C	Good Agreement

  
 Aprobado por \_\_\_\_\_ Fecha 3 julio 2017

## Estudio basado en MSA

El estudio que se presenta a continuación se lo realizo para validar el sistema de medición mediante el instrumento calibrador pie de rey, este análisis consiste en tomar diez placas base perforada y considerar tres personas involucradas en el proceso de taladrado, se apreciará en la tabla 14.

La idea es conseguir repetitividad y reproducibilidad en:

Repetitividad en la persona que realiza las 30 mediciones.

Reproducibilidad: Entre las 3 personas que realizan las mediciones

Fecha: 10-Jul-17													
Número del instrumento:	Calibrador			Num. Parte:	1								
Fecha de certificación:	20-Jun-17			Nombre de la parte:	Placa perforada								
Fecha de Prox. Certificación:	20-Jul-17			Característica Medida:	Diámetro								
Operadores:	A	Jaime Vela			B	Galo Duque			C	Operator			
No Operadores:	3			Ancho de Tolerancia:	1								
Número de medidas:	3			Número de Partes a medir:	10								
Operator	Número de Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	
Jaime Vela	1	18.11	18.09	18.07	18.06	18.03	18.06	18.04	18.12	18.10	18.04	18.072	
	2	18.11	18.09	18.07	18.06	18.03	18.06	18.04	18.12	18.09	18.04	18.071	
	3	18.11	18.09	18.07	18.06	18.03	18.06	18.04	18.12	18.09	18.04	18.069	
	Promedio	18.110	18.090	18.070	18.060	18.030	18.060	18.040	18.113	18.093	18.040	x-bar	18.071
Range	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.010	0.000	R-bar	0.003	
Operator	Número de Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	
Galo Duque	1	18.11	18.09	18.07	18.06	18.03	18.06	18.04	18.12	18.09	18.04	18.071	
	2	18.11	18.09	18.07	18.06	18.03	18.06	18.04	18.11	18.09	18.04	18.069	
	3	18.11	18.09	18.07	18.06	18.03	18.06	18.04	18.12	18.09	18.04	18.067	
	Promedio	18.110	18.090	18.069	18.060	18.030	18.047	18.040	18.117	18.090	18.040	x-bar	18.0677
Range	0.000	0.000	0.000	0.030	0.000	0.040	0.000	0.010	0.000	0.000	R-bar	0.010	
Operator	Número de Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio	
Operator	1	18.10	18.09	18.07	18.06	18.03	18.03	18.04	18.12	18.09	18.04	18.071	
	2	18.11	18.09	18.07	18.06	18.05	18.05	18.05	18.09	18.09	18.04	18.070	
	3	18.11	18.09	18.07	18.06	18.03	18.05	18.04	18.12	18.09	18.04	18.071	
	Promedio	18.107	18.090	18.070	18.057	18.037	18.050	18.043	18.110	18.090	18.053	x-bar	18.071
Range	0.010	0.000	0.000	0.010	0.020	0.030	0.010	0.050	0.000	0.040	R-bar	0.019	
Promedio Partes	18.109	18.090	18.068	18.056	18.032	18.052	18.041	18.113	18.091	18.044	Rep	0.061	
Variación del Equipo:	0.0286			R & R	0.08			% VE	21.2%			R-bar	0.0093
Variación del Operador:	0.0062			Part Var:	0.18			% VO	4.6%			x-Dif	0.0030
Capacidad (PP)	0.00663			Total Var:	0.18			% GRR	21.8%			UCLr	0.024
Repetitividad (PV)	0.0012			Part (op)	0.01			% VP	97.6%			LCLr	0.000
				Part (vt)	0.08							Max	0.040
				Criteria <	35%							Range?	No
								Pasa/Falla	Aceptable				
								ndc =	6			Aceptable	

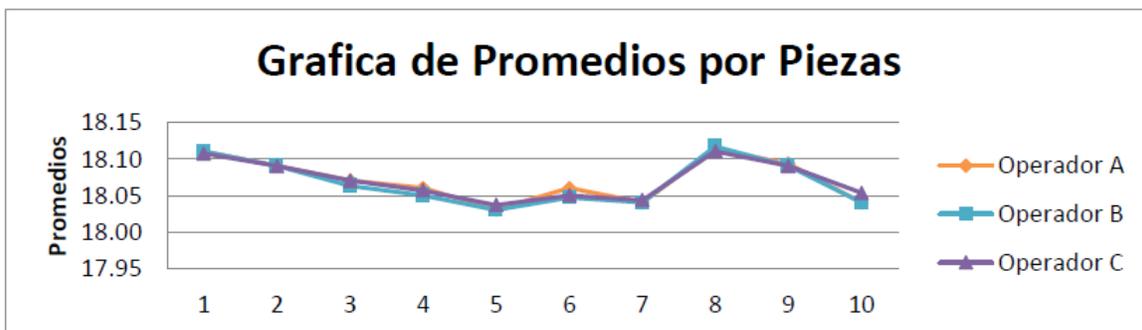
## Promedio de piezas

Con esta tabla se puede verificar los valores de los promedios de las piezas:

Partes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Operador A	18,11	18,09	18,07	18,06	18,03	18,06	18,04	18,11	18,09	18,04
Operador B	18,11	18,09	18,06	18,05	18,03	18,05	18,04	18,12	18,09	18,04
Operador C	18,11	18,09	18,07	18,06	18,04	18,05	18,04	18,11	18,09	18,05

### Gráfica de promedios de medición de diámetros

Se puede observar que el operador C no tiene definido la metodología al momento de realizar las mediciones, como se puede apreciar en el punto 1, punto 8 y punto 10, este operador no se pone de acuerdo en las mediciones obtenidas por el operador A y B, los mismos que si tienen el mismo dominio con el instrumento y la metodología al momento de medir, se aprecia de mejor manera en la tabla 15.



### Control de calidad promedios y rangos

Se analizó por medio de pesos, cuál será el ideal para perforar la placa de acero A-36 de 20mm de espesor, por medio de la broca guía de  $\frac{1}{4}$ , y broca de  $\frac{1}{8}$  los criterios podemos observar en la tabla.

TABLA DE VALORACIÓN DE CALIDAD	
#	Criterio
1	Fuera del limite de especificación
2	Especificación en el límite
3	Especificación dentro de los limites de especificación
4	Especificación en el límite de control
5	Especificación dentro de los límites de control y acabado correcto
6	Acabado bueno
7	Acabado aceptable
8	Acabado pobre
9	Pésimo acabado

### **Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4 y peso de 2kgf**

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 2 kgf con una broca guía de 1/4, no se cumple la especificación en la longitud, es una perforación pasante pero con la fuerza de 2 kg no se obtiene el resultado esperado.

El índice de proceso no capaz, es por la variación en la especificación ya que los valores obtenidos están por fuera de los límites de control.

Aplicando la fuerza de 2 kgf no se puede realizar este proceso, los detalles se encontrarán en el anexo 13.

### **Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4 y peso de 3kgf**

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 3kgf, con una broca guía de 1/4, no completa su recorrido total, también se puede observar el acabado de la pieza hasta donde ingresa el recorrido.

El índice de proceso no capaz, es porque no se logró cumplir con la especificación.

Los límites de control que se ejecutan con la fuerza aplicada, están fuera de los límites de control requeridos para esta operación.

Aplicando la fuerza de 3 kgf no se puede realizar este proceso, los detalles se encontrarán en Anexos

#### **Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4 y peso de 4kgf**

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 4kgf, el acabado de la placa es aceptable y está dentro de los límites de control según la tabla de valoración.

El índice de proceso es capaz, porque se obtuvo una mínima variación en el proceso.

Los límites de control que se ejecutan, están dentro de los límites de control requeridos para esta operación.

#### **Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4 y peso de 5kgf**

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 5 kgf, el acabado de la placa no es aceptable según la tabla de valoración. Se observan rebabas y mala conformación.

El índice de proceso no capaz, es por la variación de acabado al aplicar la fuerza de 5 kgf.

Los límites de control que se ejecutan están fuera de los límites de control para esta operación.

No es recomendable utilizar esta fuerza para el proceso, se observa que la velocidad en el recorrido se incrementa y no se obtiene una perforación aceptable, los detalles se encontraran en anexos.

#### **Control de promedios y rangos con una broca de 18mm y peso de 2kgf**

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 2kgf, el acabado de la placa no es aceptable según la tabla de valoración. Se observan rebabas y mala conformación.

El índice de proceso no capaz, es por la variación de acabado al aplicar la fuerza de 2 kgf.

Los límites de control que se ejecutan están fuera de los límites de control para esta operación.

Aplicando la fuerza de 2 kgf no se puede realizar este proceso, los detalles se encontrarán en el anexo 17.

## ***Verificación de las hipótesis:***

### **Hipótesis General**

Es posible diseñar un modelo biomecánico – ergonómico del movimiento de tronco y brazos de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones.

### **Comprobación de la Hipótesis general**

Mientras aumenta el grado de lateralidad izquierda del operario del taladro de pedestal crece el riesgo de lesiones musculo esqueléticas en miembros superiores

### **Análisis estadístico:**

Se construyó una base de datos con todas las mediciones de la posición angular relativa (ángulos) de miembros superiores, con los que se plantea:

Teniendo la variable independiente “Lateralidad” deseamos saber si está relacionada con la posición relativa (ángulos) de operadores del taladro de pedestal.

Planteando las siguientes hipótesis:

Ho: La lateralidad del operario no influye con la posición relativa de miembros superiores en un operador

H1: La lateralidad del operario influye con la posición relativa de miembros superiores en un operador.

Cuadro 68: Posición angular de miembros superiores según la lateralidad de operario

<b>Lateralidad</b>	<b>Hombro Flex-Ext</b>	<b>Hombro Abd-Ad</b>	<b>Hombro Rot-A-Gle</b>	<b>Hombro Rot-Pl-Hor</b>	<b>Codo Flex-Ext</b>
zurdo	57	124	5	56	98
zurdo	47	48	13	41	52
zurdo	44	57	17	58	129
zurdo	44	27	27	12	74
zurdo	47	53	26	16	126
zurdo	58	70	10	55	109
zurdo	45	26	11	77	69
zurdo	47	53	26	16	126
zurdo	41	38	28	31	68
zurdo	43	59	23	54	116
zurdo	42	70	17	48	95
zurdo	41	84	14	17	110
zurdo	44	38	16	53	98
zurdo	44	28	22	28	98

zurdo	39	33	18	45	92
zurdo	45	76	16	55	123
zurdo	41	27	20	16	122
zurdo	46	63	19	46	123
zurdo	59	38	12	71	84
zurdo	51	33	13	13	62
zurdo	57	73	6	27	106
zurdo	30	41	18	68	62
zurdo	46	78	10	70	82
zurdo	47	32	19	70	72
zurdo	42	29	17	63	116
zurdo	62	83	5	21	103
zurdo	37	72	24	44	114
zurdo	48	44	12	25	105
zurdo	38	27	5	12	93
zurdo	43	41	14	14	99
zurdo	39	34	7	21	90
zurdo	39	33	12	14	92
zurdo	41	36	14	11	102
zurdo	48	25	8	19	99
zurdo	47	34	15	19	102
zurdo	48	39	11	12	108
zurdo	44	32	10	17	107
zurdo	40	42	9	17	90
zurdo	44	32	7	21	99
zurdo	40	44	10	19	93
zurdo	40	26	5	11	89
zurdo	40	44	7	20	95
zurdo	41	27	15	18	90
zurdo	48	39	11	18	99
zurdo	45	38	14	22	91
zurdo	57	27	13	20	98
zurdo	47	32	11	13	106
zurdo	44	34	15	21	104
zurdo	44	38	8	19	94
zurdo	47	34	10	16	94
zurdo	58	28	11	20	102
zurdo	40	29	15	16	88
zurdo	47	35	11	16	92
zurdo	41	27	7	18	91
zurdo	57	43	7	18	109
zurdo	47	43	8	10	92
zurdo	44	36	12	16	110
zurdo	44	26	5	15	98
zurdo	47	38	13	16	97
zurdo	58	40	9	24	100
zurdo	40	41	13	19	105
zurdo	47	34	7	12	107
zurdo	41	26	11	23	95
zurdo	33	24	5	14	108
zurdo	25	23	11	9	98
zurdo	32	23	11	10	100
zurdo	21	29	11	7	102
zurdo	21	28	9	7	105
zurdo	30	20	5	14	113
zurdo	39	22	10	12	90
zurdo	36	20	7	11	99
zurdo	34	29	8	15	115
zurdo	30	5	12	12	92
zurdo	32	10	6	8	98
zurdo	31	9	11	12	100
zurdo	24	5	6	12	92
zurdo	27	6	5	11	95
zurdo	27	8	9	10	101
zurdo	23	10	5	10	100
zurdo	30	9	9	14	100

zurdo	23	7	6	13	95
zurdo	37	8	12	8	110
zurdo	35	9	11	13	92
zurdo	35	7	9	13	120
zurdo	22	6	7	7	108
zurdo	29	8	12	15	110
zurdo	27	10	11	9	90
zurdo	40	10	10	12	103
zurdo	22	5	11	15	91
zurdo	37	5	7	5	97
diestro	20	12	0	2	90
diestro	20	12	0	3	90
diestro	22	12	2	3	95
diestro	22	10	2	3	95
diestro	22	10	2	2	100
diestro	22	11	3	2	100
diestro	24	10	0	2	100
diestro	24	10	0	1	110
diestro	24	10	1	3	110
diestro	20	10	0	2	92
diestro	20	10	0	3	92
diestro	20	10	2	3	95
diestro	20	10	2	3	95
diestro	25	10	2	2	95
diestro	25	12	3	2	100
diestro	24	10	0	2	110
diestro	25	10	0	1	110
diestro	25	10	1	3	110
diestro	20	12	0	2	95
diestro	20	15	0	3	95
diestro	20	15	2	3	95
diestro	20	15	2	3	90
diestro	20	10	2	2	90
diestro	25	11	3	2	90
diestro	28	10	0	2	90
diestro	28	10	0	1	90
diestro	25	10	1	3	90

### Prueba de normalidad:

Como primer paso para corroborar o no la hipótesis planteada, analizamos la distribución de la muestra. Analizando los datos en SPSS, y planteando:

Ho: La muestra tiene una distribución normal

H1: La muestra no tiene una distribución normal

Obteniendo como resultados: los mostrados en el cuadro:

Cuadro 69: Resultados pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Hombro Flex-Ext	0,127	117	0,000	0,935	117	0,000

Hombro Abd-Ad	0,145	117	0,000	0,862	117	0,000
Hombro Rot-A-Gle	0,085	117	0,038	0,949	117	0,000
Hombro Rot-Pl-Hor	0,237	117	0,000	0,781	117	0,000
Codo Flex-Ext	0,164	117	0,000	0,937	117	0,000

Como la muestra es mayor de 30 se usa la prueba de Kolmogórov - Smirnov, observando que  $p < 0,05$  para todas las variables, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa.

Observamos que la muestra no tiene una distribución normal, se procede a realizar la prueba de contraste de hipótesis, usamos la U de Mann-Whitney:

Prueba de Mann Whitney:

Rangos:

Cuadro 70: Rangos de Mann Whitney

Lateralidad		N	Rango	Suma
			promedio	de rangos
Hombro Flex-Ext	diestro	27	17,89	483,00
	zurdo	90	71,33	6420,00
	Total	117		
Hombro Abd-Ad	diestro	27	30,74	830,00
	zurdo	90	67,48	6073,00
	Total	117		
Hombro Rot-A-Gle	diestro	27	14,00	378,00
	zurdo	90	72,50	6525,00
	Total	117		
Hombro Rot-Pl-Hor	diestro	27	14,00	378,00
	zurdo	90	72,50	6525,00
	Total	117		
Codo Flex-Ext	diestro	27	51,00	1377,00
	zurdo	90	61,40	5526,00
	Total	117		

Cuadro 71: Estadísticos de prueba Mann - Whitney

	Hombro Flex-Ext	Hombro Abd-Ad	Hombro Rot-A-Gle	Hombro Rot-Pl-Hor	Codo Flex-Ext
U de Mann-Whitney	105,000	452,000	0,000	0,000	999,000
W de Wilcoxon	483,000	830,000	378,000	378,000	1377,000
Z	-7,193	-4,952	-7,880	-7,873	-1,400
Sig. asintótica (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,161

Como se puede observar los resultados: Hombro Flex-Ext ( $p < 0,05$ ); Hombro Abd-Ad ( $p < 0,05$ ); Hombro Rot-A-Gle ( $p < 0,05$ ); Hombro Rot-Pl-Hor ( $p < 0,05$ ). Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir “La lateralidad del operario influye con la posición relativa de miembros superiores en un operador”

Para la posición relativa del codo (Codo Flex-Ext), se obtiene  $p > 0,05$  ( $p = 0,161$ ), por lo que se concluye que para este caso se acepta la hipótesis nula “La lateralidad del operario no influye con la posición relativa del codo”

El codo el proceso de análisis no varía su posición relativa, esta se mantiene con un ángulo recto en todo el proceso

### **Hipótesis específicas**

**HE-1:** Mediante el uso de las herramientas de análisis de lateralidad test de Harris y test de Edimburgo se caracterizará a los usuarios del taladro de pedestal.

Se trabajó con un universo de 10 personas usuarios de los talleres de la U.P.S, quienes operan el taladro de pedestal, quienes aceptaron de forma verbal su colaboración es esta investigación.

Se le aplico a cada uno dos test de evaluación de la lateralidad cualitativo test de Harris y cuantitativo test de Edimburgo (50 puntos Maximino – zurdo neto), dando como resultado el cuadro 60, toda la población se categoriza como consistentemente zurda ( $p < 0.01$ ), 30% zurdos netos (Edimburgo  $\geq 48$ ), 40% zurdos cuasi - netos ( $45 \leq$  Edimburgo  $< 48$ ), 30 % zurdos ( $42 \leq$  Edimburgo  $< 45$ ). Logrando así una categorización de los operarios de acuerdo a su grado de lateralidad izquierda.

**HE-2:** Identificadas las posturas ergonómicamente inadecuadas causadas por movimientos no programados y repetitivos de tronco y brazos, se podrá establecer una base de datos para un análisis de riesgo ergonómico.

Mediante fotometría se **determinó posiciones angulares** de desplazamiento de brazos los **mismos** que se resumen en los siguientes cuadros, logrando identificar por medios fotográficos las posturas ergonómicamente inadecuadas de los operarios del taladro de pedestal.

### Acero SAE 1055:

Cuadro 72: Resumen ángulos - SAE 1055

	Operario 1		Operario 2		Operario 3		Operario 4		Operario 5		Operario 6		Operario 7		Operario 8		Operario 9		Operario 10	
	$\dot{x}$	$\sigma$	$\dot{x}$	$\sigma$																
<b>Flex</b>	31,56	6,75	47,22	6,36	27,44	3,50	47,22	6,36	42,44	2,92	47,89	10,56	30,11	6,45	42,78	2,22	43,44	4,33	47,78	5,85
<b>Ad</b>	7,56	1,94	11,00	1,58	7,67	2,00	10,33	2,12	10,78	1,48	13,67	4,95	7,22	1,86	11,22	2,54	10,11	1,27	13,33	4,58
<b>Abd</b>	24,22	3,38	36,33	6,58	22,89	2,67	31,56	3,97	36,00	6,98	53,22	22,56	24,22	3,60	53,11	21,91	34,78	6,16	55,11	29,50
<b>R - AG</b>	10,00	1,94	9,44	2,92	7,67	2,65	11,22	2,77	9,78	3,27	13,78	6,28	8,56	2,46	18,33	2,96	10,89	3,48	18,11	8,78
<b>R - PH</b>	10,78	3,63	17,00	4,61	11,33	1,80	17,67	2,60	18,11	3,18	49,67	23,74	11,00	3,00	40,22	15,67	16,33	4,85	40,22	22,89
<b>C-E</b>	96,89	5,11	101,44	6,50	97,00	3,57	102,44	7,45	96,67	4,80	89,00	21,39	95,33	3,77	99,89	11,23	98,89	6,13	84,67	29,67
<b>C-F</b>	102,33	10,48	93,22	5,31	108,11	8,72	96,56	6,27	94,78	5,93	92,44	10,86	103,33	7,84	108,56	12,92	102,22	6,14	94,56	29,53

### Acero ASTM A36:

Cuadro 73: Resumen ángulos - ASTM A36

	Operario 1		Operario 2		Operario 3		Operario 4		Operario 5		Operario 6		Operario 7		Operario 8		Operario 9		Operario 10	
	$\dot{x}$	$\sigma$	$\dot{x}$	$\sigma$																
<b>Flex</b>	31,22	8,45	54,67	20,11	31,33	6,69	54,67	20,11	42,44	3,54	41,44	7,63	29,22	4,97	46,56	3,75	42,89	3,52	54,67	20,11
<b>Ad</b>	7,56	1,59	10,44	1,33	6,56	2,01	9,67	1,73	10,00	1,58	13,56	5,34	8,22	1,64	16,33	2,78	9,78	1,64	19,56	6,09
<b>Abd</b>	25,00	2,69	36,22	6,32	25,78	3,42	34,67	7,92	35,11	4,86	47,00	21,99	26,89	2,42	55,11	17,90	36,56	7,33	47,33	11,70
<b>R - AG</b>	9,00	2,24	11,56	2,55	8,67	2,18	9,33	2,96	8,67	3,35	15,11	6,79	8,22	2,05	15,78	5,14	10,33	3,97	18,00	6,61
<b>R - PH</b>	8,89	2,03	15,00	5,10	12,44	2,51	16,78	3,87	16,89	5,90	44,11	15,77	9,78	2,77	31,78	13,75	16,56	5,94	30,56	13,68
<b>C-E</b>	98,44	4,95	98,33	5,83	99,33	4,80	101,56	5,75	100,67	5,34	80,44	21,28	97,56	5,61	95,56	7,97	100,11	5,82	106,89	25,09
<b>C-F</b>	106,56	11,34	96,11	6,72	105,33	6,80	100,33	5,07	97,33	6,42	94,44	26,22	109,22	7,19	107,11	12,94	98,22	8,45	72,89	23,39

**HE-3:** Mediante la aplicación de los modelos de análisis ergonómico RULA, REBA y OCRA, tomando en cuenta el grado de lateralidad del operador del taladro de pedestal se diseña un modelo de prevención de lesiones

Aplicando los resultados obtenidos de HE-2, en los modelos de análisis ergonómico RULA, REBA y OCRA, cuyos resultados se expresan en los cuadros 65, 66 67 en los que los resumimos con:

Cuadro 74: Resumen análisis ergonómico

Operario	Edimburgo	OCRA	RULA	REBA
1	44	13.5	5	3
2	46	36.4	6	8
3	42	13.5	5	3
4	46	36.4	6	8
5	46	36.4	6	8
6	48	70.13	7	14
7	43	13.5	5	3
8	48	70.13	7	14
9	45	36.4	6	8
10	49	70.13	7	14

Obteniendo: 30% riesgo muy alto (OCRA = 70,13; RULA =7; REBA = 14), 40% riesgo alto (OCRA = 36,4; RULA =6; REBA = 8) y 30 % con riesgo leve (OCRA = 36,4; RULA =5; REBA = 3)

### Análisis de correlación

Se plantea como hipótesis que existe una relación muy marcada entre el grado de lateralidad y el nivel de riesgo RULA, REBA, OCRA. Esto se demuestra con un análisis Correlación de Pearson mediante el software SPSS Statistics, dando como resultado:

Cuadro 75: Correlación Lateralidad - OCRA

Lateralidad OCRA			
Lateralidad	Correlación de Pearson	1	0.953**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	10	10
OCRA	Correlación de Pearson	0.953**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	10	10

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Cuadro 76: Correlación Lateralidad - RULA

<b>Lateralidad RULA</b>			
Lateralidad	Correlación de Pearson	1	0.962**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	10	10
RULA	Correlación de Pearson	0.962**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	10	10

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Cuadro 77: Correlación Lateralidad - REBA

<b>Lateralidad REBA</b>			
Lateralidad	Correlación de Pearson	1	0.959**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	10	10
REBA	Correlación de Pearson	0.959**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	10	10

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Lateralidad – OCRA ( $r = 0.953$ ;  $p < 0.01$ ); lateralidad – RULA ( $r = 0.962$ ;  $p < 0.01$ ); lateralidad – REBA ( $r = 0.959$ ;  $p < 0.01$ ), demostrando que existe una estrecha relación entre el grado de lateralidad y el riesgo ergonómico de tener LME en miembros superiores.

### **Análisis de correlación entre Lateralidad y tiempo de cambio de postura (Tcp)**

Cuadro 78: Lateralidad vs Cambio de postura

	<b>Edimburgo</b>	<b>Tcp (s)</b>
1	44	40
2	46	26
3	42	48
4	46	26
5	46	25
6	48	20
7	43	38
8	48	19
9	45	30
10	49	16
Media	45.7	28.8
desv est	2.26	10.26

## Correlación combinada Lateralidad – Riesgo ergonómico – Tiempo cambio de postura

Cuadro 79: Lateralidad - Riesgo - Cambio de postura

Edimburgo	OCRA	RULA	REBA	Tcp (s)
44	13.5	5	3	40
46	36.4	6	8	26
42	13.5	5	3	48
46	36.4	6	8	26
46	36.4	6	8	25
48	70.13	7	14	20
43	13.5	5	3	38
48	70.13	7	14	19
45	36.4	6	8	30
49	70.13	7	14	16

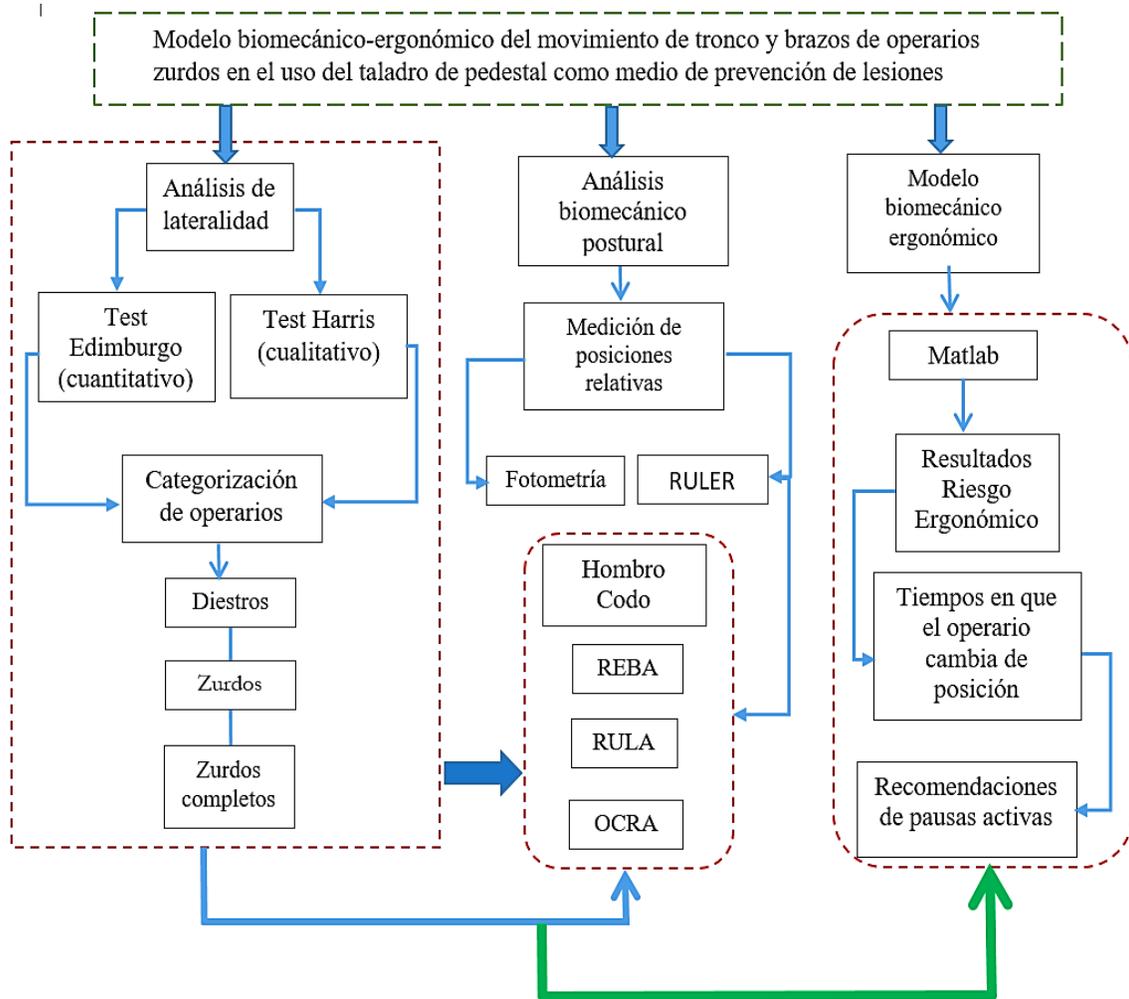
Cuadro 80: Correlación Lateralidad - Riesgo - Cambio de postura

	Edimburgo	OCRA	RULA	REBA	Tcp (s)
Edimburgo	1				
OCRA	0.9528	1			
RULA	0.9620	0.9928	1		
REBA	0.9594	0.9980	0.9984	1	
Tcp (s)	-0.9741	-0.9141	-0.9416	-0.9302	1

Como  $r < 0$  concluimos que hay las variables lateralidad y tiempo de cambio de postura se correlacionan en sentido inverso, es decir a valores altos de lateralidad corresponder valores bajos tiempo de cambio de postura.

**Propuesta de modelo biomecánico-ergonómico del movimiento de tronco y brazos de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones**

El modelo biomecánico ergonómico propuesto, tiene la forma que se especifica en la siguiente figura:



**Análisis previo del puesto de trabajo:**

**Descripción del puesto de trabajo**

El desarrollo del modelo se lo realizó en los talleres de máquinas herramientas de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, la máquina herramienta utilizada es un taladro de pedestal 16mm Choque 5/8” 1/2hp Marca Rong Long, con 3 años de uso. La disposición de la máquina de prueba es óptima con espacio disponible de aproximadamente 2,2 m<sup>2</sup> para que el operario realice los movimientos de trabajo y tenga disponibilidad de cambios de posturas.



Ítems de evaluación previa	Cumple	No cumple	Observaciones
Las herramientas y materiales a ser manipulados están situados de forma que el operario mantiene una postura de trabajo adecuada			
El espacio que posee el operador es apto para que pueda practicar los movimientos que el trabajo exija y alternar posturas con facilidad			
El operario puede manipular y adaptar el taladro a sus necesidades.			
El ambiente de trabajo es óptimo en donde no existen interferencia, excesivo ruido, alta temperatura ambiental, otros.			
Posibilidad de sufrir una lesión repentina (elementos peligrosos cerca de la máquina)			
Conoce el trabajo realizar: incluye planificación, preparación, inspección, producto a obtener, operación de la máquina y materiales, además de la tarea principal.			

## **Pasos usados en la construcción del modelo:**

### **Paso 1: Estudio de la lateralidad:**

Se selecciona a los operarios quienes manifestaban tener lateralidad izquierda, para categorizarlos según su grado de lateralidad, se evalúa por escrito mediante: prueba de Harris (Mayolas, Villaroya, & Reverter, 2010) (Mayolas C. , 2014) y test de Edimburgo (Fernández y colaboradores, 2012) (Zurita & colaboradores, 2014)

El protocolo de Edimburgo es un test que evalúa la lateralidad en forma cuantitativa [10, 50] puntos que se los interpreta: 50 puntos corresponde a “Consistentemente zurdo” y 10 puntos corresponde “Consistentemente diestro”.

El test de Harris evalúa la lateralidad la lateralidad en forma cualitativa incluyendo pie - ojo, con resultados D.D.D.D corresponde a diestro completo y I.I.I.I corresponde a zurdo completo.

Los pilotos de encuestas de lateralidad se los puntualiza en las ilustraciones 1 y 2.

Ya realizado los dos test, a las personas involucradas se les categoriza dependiendo de si grado de lateralidad:

Operario	Test Edimburgo		Test Harris	
	Puntaje	Lateralidad	Puntaje	Lateralidad
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

# EDINBURGH HANDEDNESS INVENTORY

(Oldfield, 1971; Bryden, 1977)

Nombre: \_\_\_\_\_ Varón [ ] Mujer [ ]  
 Fecha: \_\_\_\_\_ F. nacimiento: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_  
 Estudios/Profesión: \_\_\_\_\_ Observaciones: \_\_\_\_\_

**INSTRUCCIONES:** Marque la casilla correspondiente con

- + una cruz, si es la mano que utiliza de modo preferente.
- ++ dos cruces, si es la mano que utiliza de modo muy preferente y además le resultaría imposible o muy difícil hacerlo con la otra mano.
- + una cruz, en las dos casillas cuando pueda hacerlo tan bien tanto con una mano como con la otra.

<i>¿QUÉ MANO UTILIZA PARA?</i>	DERECHA	IZQUIERDA	Puntos
<b>1. Escribir</b>			1-2-3-4-5
<b>2. Dibujar</b>			1-2-3-4-5
<b>3. Lanzar un objeto</b>			1-2-3-4-5
<b>4. Limpiarse los dientes</b>			1-2-3-4-5
<b>5. Utilizar un cuchillo (sin tenedor)</b>			1-2-3-4-5
<b>6. Cortar con tijeras</b>			1-2-3-4-5
<b>7. Comer con la cuchara</b>			1-2-3-4-5
<b>8. La mano que coloca en la parte superior de la escoba para barrer</b>			1-2-3-4-5
<b>9. Rascar una cerilla</b>			1-2-3-4-5
<b>10. Levantar la tapa de una caja</b>			1-2-3-4-5

Puntos: 5 si ++ sólo en mano izquierda  
 4 si + sólo en mano izquierda  
 3 si + en manos izquierda y derecha  
 2 si + sólo en mano derecha  
 1 si ++ sólo en mano derecha

*Consistentemente zurdo/a: 50 pto (Máximo)*  
*Consistentemente diestro/a: 10 pto (Mínimo)*

Ilustración 1: Test de Edimburgo  
 Fuente: <http://www.neuropsicol.org/Protocol/oldfield.pdf>

**TEST DE HARRIS ( OBSERVACIÓN DE LA LATERALIDAD)**  
Adaptación del "Harris Test of Lateral Dominance"

**NOMBRE Y APELLIDOS:** .....

<b>DOMINANCIA DE LA MANO</b>	<b>DER.</b>	<b>IZQU.</b>
1.- Tirar una pelota		
2.- Sacar punta a un lapicero		
3.- Clavar un clavo		
4.- Cepillarse los dientes		
5.- Girar el pomo de la puerta		
6.- Sonarse		
7.- Utilizar las tijeras		
8.- Cortar con un cuchillo		
9.- Peinarse		
10.- Escribir		
<b>DOMINANCIA DEL PIE</b>	<b>DER.</b>	<b>IZQU.</b>
1.- Dar una patada a un balón		
2.- Escribir una letra con el pie		
3.- Saltar a la pata coja unos 10 metros		
4.- Mantener el equilibrio sobre un pie		
5.- Subir un escalón		
6.- Girar sobre un pie		
7.- Sacar un balón de algún rincón o debajo de una silla		
8.- Conducir un balón unos 10 mts.		
9.- Elevar una pierna sobre una mesa o silla.		
10.- Pierna que adelantas al desequilibrarte adelante		
<b>DOMINANCIA DEL OJO</b>	<b>DER.</b>	<b>IZQU.</b>
1.- Sighting (cartón de 15 x 25 con un agujero en el centro de 0,5 cm diámetro)		
2.- Telescopio ( tubo largo de cartón )		
3.- Caleidoscopio - Cámara de fotos		
<b>DOMINANCIA DEL OÍDO</b>	<b>DER.</b>	<b>IZQU.</b>
1.- Escuchar en la pared		
2.- Coger el teléfono		
3.- Escuchar en el suelo		

**VALORACIÓN:**

**PREFERENCIA DE MANO Y PIE:**

D: cuando efectúa las 10 pruebas con la mano o pie derecho    I: Idem pero con la mano o pie izquierdo

d: 7, 8, ó 9 pruebas con la mano o pie derecho                    i: Idem pero con la mano o pie izquierdo

A o M: todos los demás casos.

**PREFERENCIA DE OJOS Y OÍDOS:**

D: si utiliza el derecho en las tres pruebas

d: si lo utiliza en 2 de las 3

I: si ha utilizado el izquierdo en las tres pruebas

i: si lo ha utilizado en 2 de las 3

A o M: todos los demás casos.

**CONCLUSIONES:**

Para un diestro completo: D.D.D.D.

Para un zurdo completo: I.I.I.I.

Para una lateralidad cruzada D.I.D.I.

Para una lateralidad mal afirmada:d.d.D.d

Etc.

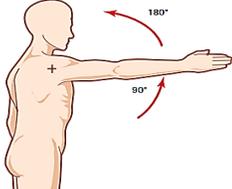
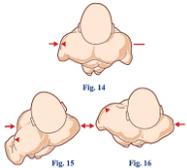
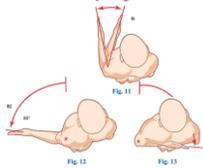
Ilustración 2: Test de Harris

Fuente: <http://eslaweb.com/verDoc.aspx?id=1856&tipo=2>

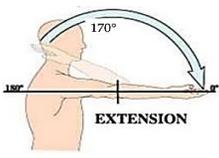
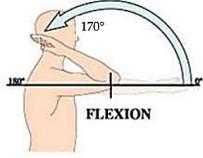
## Paso 2: Obtención de datos para análisis postural:

Con fotos de las posturas de los individuos de prueba y el programa de computador RULER, se procede a medir ángulos de brazos:

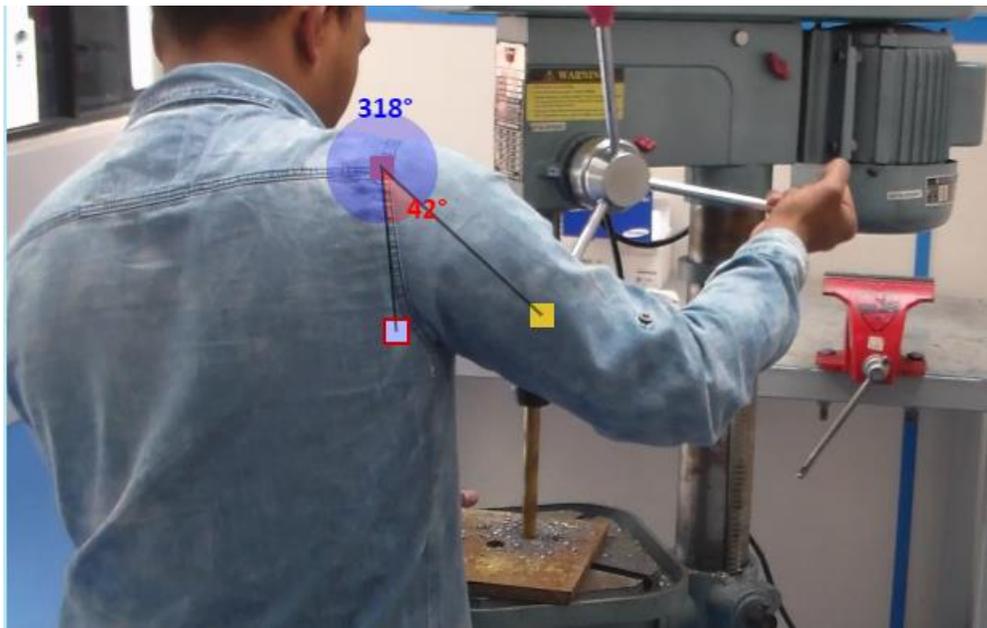
Hombro:

Movimiento del hombro	Referencia	$\theta$
Flexión - extensión		
Aducción		
Abducción		
La rotación glenohumeral		
Movimientos del muñón del hombro en el plano horizontal		

Codo:

Movimiento	Referencia	<input type="checkbox"/>
Codo	 EXTENSION	
Codo	 FLEXION	

Ejemplos de medición de ángulos con RULER





### Paso 3: medición del riesgo ergonómico, utilizando los modelos RULA, REBA y OCRA

Con los datos obtenidos, obtenemos una base de datos para la aplicación en hojas de cálculo los modelos REBA, RULA Y OCRA.

RULA:

#### NIVELES DE RIESGO Y ACTUACIÓN:

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

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

Actuación: Se requieren análisis y cambios de manera inmediata.

Ilustración 3: Resultados RULA

REBA:

**Actividad muscular:**

No hay partes del cuerpo estáticas

Existen movimientos repetitivos

Se producen cambios posturales importantes o posturas inestables

<b>NIVELES DE RIESGO Y ACCIÓN:</b>	
<b>Puntuación final REBA<sup>(1-15)</sup></b>	<b>14</b>
<b>Nivel de acción<sup>(0-4)</sup></b>	<b>4</b>
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Muy alto</b>
<b>Actuación</b>	<b>Es necesaria la actuación de inmediato</b>

Ilustración 4: Resultados REBA

OCRA:

**Índice de riesgo y valoración**

	Dch.	Izd.
<b>Índice de riesgo:</b>	70,13	2,55
	No aceptable. Nivel alto	Aceptable

Escala de valoración del riesgo:

Checklist	Color	Nivel de riesgo
HASTA 7,5	Verde	Aceptable
7,6 - 11	Amazillo	Muy leve o incierto
11,1 - 14	Rojo suave	No aceptable. Nivel leve
14,1 - 22,5	Rojo fuerte	No aceptable. Nivel medio
≥ 22,5	Morado	No aceptable. Nivel alto

Ilustración 5: Resultados OCRA

Mediante un análisis de correlación de Pearson, planteando las hipótesis:

H<sub>0</sub>: las variables Lateralidad y riesgo ergonómico (RULA, REBA, OCRA) son independientes.

H<sub>1</sub>: las variables Lateralidad y riesgo ergonómico (RULA, REBA, OCRA) están relacionadas

Si se comprueba H<sub>1</sub> con una correlación directa de lateralidad y riesgo ergonómico (RULA, REBA, OCRA), se continua con el modelo caso contrario, se revisa las mediciones de posturas y recalcu del riesgo ergonómico, y si es necesario se repite el proceso.

#### **Paso 4: Medición del tiempo de cambio de posición:**

Para cada operador individualmente se toma el tiempo en el que deja de utilizar una postura para cambiar a otra diferente, esta medición se la realizó con un cronómetro digital Cronómetro Deportivo Digital Profesional marca Leap.

Obteniendo un cuadro como el que se ejemplifica:

Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del miembro superior									
Flexo - extensión	49	20	56	66	72	26	59	80	64
Aducción	29	14	27	21	23	15	20	16	11
Abducción	72	32	39	39	52	54	45	51	42
Rotación - articulación glenohumeral	18	34	18	12	16	19	18	11	16
Rotación - plano horizontal:	25	57	19	40	18	43	31	26	16
codo - extensión	107	52	134	97	132	104	129	108	99
codo - flexión	73	124	50	81	48	76	51	72	81

Para comprobar si existe relación entre tiempo de cambio de posición y el grado de lateralidad del operario, correlacionamos mediante un análisis de correlación de Pearson, planteando las hipótesis:

H<sub>0</sub>: las variables Lateralidad y tiempo de cambio de posición son independientes.

H<sub>1</sub>: las variables Lateralidad y tiempo de cambio de posición están relacionadas

Se tiene como expectativa que las dos variables se correlacionen en sentido inverso, es decir a valores altos de lateralidad corresponder valores bajos tiempo de cambio de postura, es decir un zurdo completo cambia más rápido de postura (que es lo que se observó en la parte experimental).

### **Paso 5: Uso de pausas activas como medio de prevención de lesiones:**

#### *Descripción pausas activas*

Según (Casto, y otros, 2011) “Las pausas activas se entienden como aquellos períodos de descanso en los cuales las personas realizan una serie de actividades y acciones que les permiten a diferentes partes del cuerpo un cambio en su rutina habitual, con el fin de prevenir la aparición de problemas o desórdenes en diferentes grupos musculares y articulares, además de reactivar o mejorar la atención y la producción en las diferentes tareas”.

Como medio de prevención de malestares y también de enfermedades de los obreros se utilizan las Pausas activas (Díaz, Mardones, Mena, Rebolledo, & Castillo, 2011) (Casto, y otros, 2011)

#### **Propuesta de pausas activas**

Para el modelo se propone un programa de pausas activas basado en los tiempos medidos experimentalmente mencionados en el ítem anterior.

Lateralidad	Rango de tiempo cambio posición (s)	Recomendación de pausa activa
47 - 50	[15;20]	Descanso mínimo de 45 segundos al sentir molestia + movimientos de relajación
45 - 46	[25;40]	Descanso mínimo de 30 segundos al sentir molestia + movimientos de relajación
41 - 44	[45;70]	Descanso de 15 segundos al sentir molestia
35 - 40	[180;240]	Movimientos de relajación 10 segundos
30 - 34	Tiempo de mecanizado	Ninguna

### Programa da apoyo:

Con el apoyo del software Matlab se elaboró un programa en el que recopila todos los ítems propuestos para el modelo.

Para diestros:  $30 < \text{lateralidad} < 35$ :

interfazgrafica

Ingrese una variable de Lateralidad:

Lateralida: 33

	Ángulos extremidad superior	Min	Max	OCRA	RULA	REBA	t-cam-pos (s)	Recomendación
Fl-ex	Flexo - Extensión	20	25	7 Diestro	2 Diestro	2 Diestro	Tiempo de mecanizado	Ninguna
Ad-uc	Aducción	5	8					
Ab-du	Abducción	15	20					
R-a-gl	Rotación - articulación glenohumeral	0	5					
R-p-h	Rotación - plano horizontal	5	8					
Co-ex	Codo - extensión	90	95					
Co-fl	Codo - flexión	90	95					

\*Nota: el rango de la lateralidad oscila entre 30 hasta 50

Figura 37: Resultado del modelo para lateralidad entre [30,35]

Para zurdos:  $36 < \text{lateralidad} < 40$ :

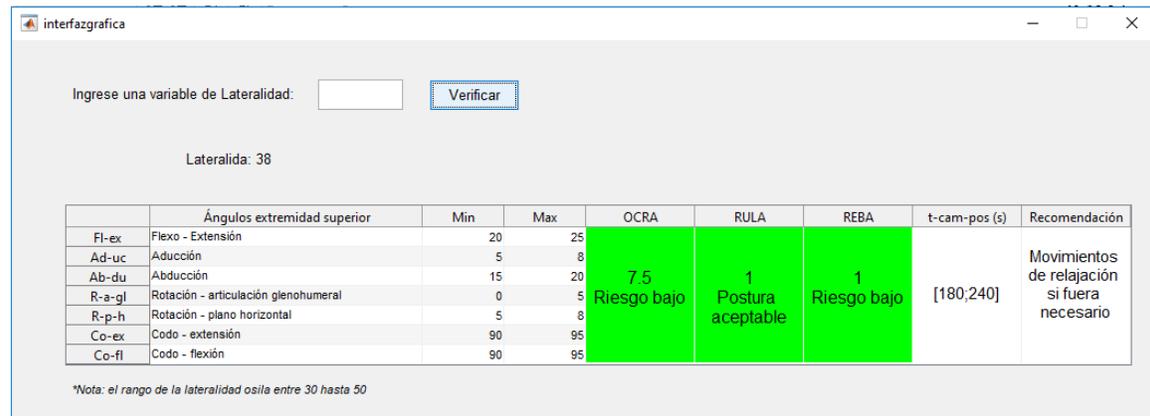


Figura 38: Resultado del modelo para lateralidad entre [36,40]

Para zurdos:  $41 < \text{lateralidad} < 45$ :

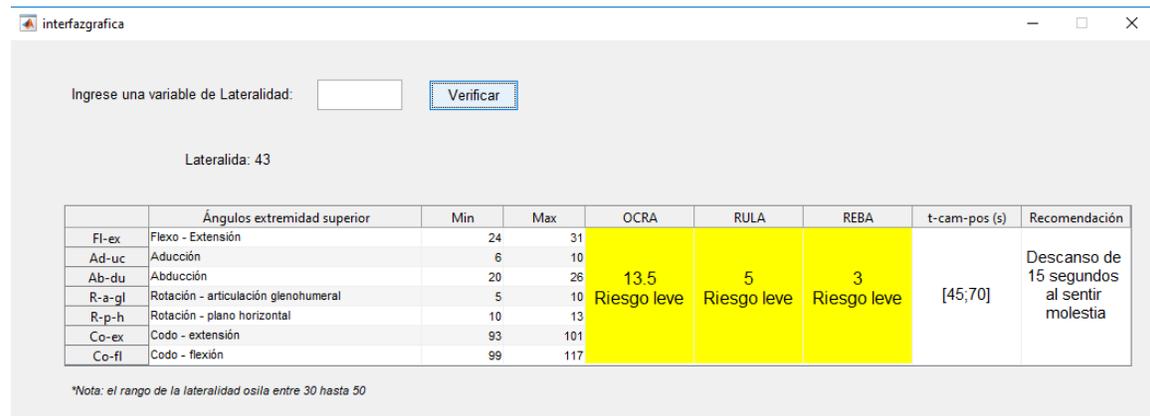


Figura 39: Resultado del modelo para lateralidad entre [41,45]

Para zurdos completos  $46 < \text{lateralidad} < 50$ :

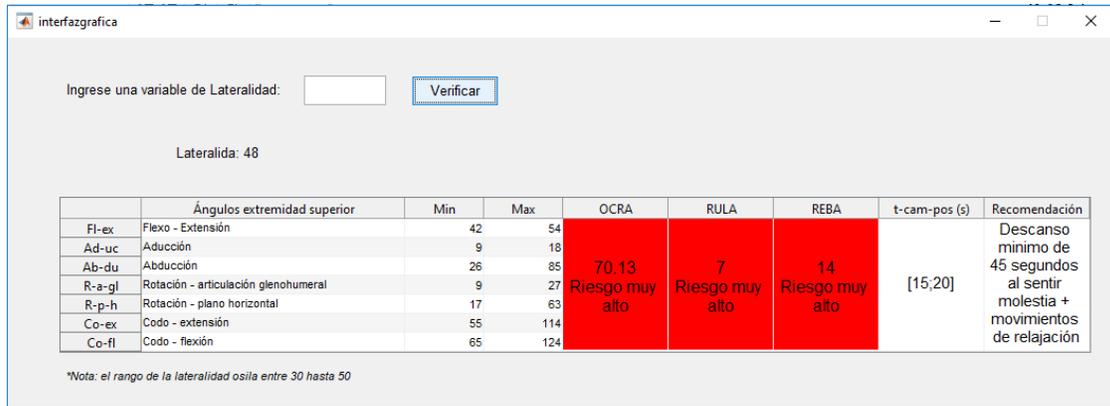


Figura 40: Resultado del modelo para lateralidad entre [46,50]

## CAPÍTULO V: IMPACTOS

El proyecto ejecutado expone que un operario de taladro de pedestal con lateralidad izquierda, por su naturaleza mismo adopta posturas incorrectas, lo que origina un riesgo para contraer LME básicamente en brazos y hombros, respecto a cintura y piernas, estas no contribuyen a la experiencia debido a que su posición no cambió radicalmente de la posición anatómica.

Con una encuesta verbal rápida después de realizar el ejercicio los operarios declararon su desagrado siendo su premisa *“es difícil ya que los controles de la máquina están al lado contrario y la debemos operar con el brazo que no tenemos fuerza”*.

Respecto a las variables: edad del operario y experiencia en el uso del taladro, co relacionándolas con los estudios de riesgo ergonómico (REBA, RULA y OCRA), no se mostró correspondencia estadística significativa entre los resultados, la causa de esto puede ser que tanto REBA, RULA y OCRA Check List son métodos que manejan variables totalmente diferentes a las antes mencionadas.

En toda empresa que tiene máquinas usadas para producción, es muy común que los operarios realicen movimientos repetitivos, provocando demandas físicas que muy a menudo superan los potenciales del trabajador apareciendo fatiga (Mutual, 2001), si no se adquieren los correctores urgentes inclusive se puede conseguir reducir significativamente la calidad de trabajo, incluso causar una incapacidad temporal o permanente en la cumplimiento del trabajo ordenado. (Silverstein & et-al, 1986) (Wikstrom & et-al, 1994)

### ***Conclusiones***

1. Se categorizó en función de su grado de lateralidad a los operarios del taladro de pedestal mediante el test de Harris (categorización cualitativa) y el test de Edimburgo (categorización cuantitativa). De los operarios analizados el 100% son

zurdos completos según Harris y consistentemente zurdos según Edimburgo, para la investigación se tomó en cuenta a los operarios con mayor grado de lateralidad ya que estos son los más predispuestos a cambiar su postura cuando operan el taladro de pedestal.

2. Se identificó las posturas ergonómicamente inadecuadas mediante fotometría y con el apoyo del software RULER para la medición de los ángulos de movimiento de hombro y codo, generando una base de datos útiles para el uso de los modelos de análisis ergonómico REBA, RULA y OCRA, con los resultados obtenidos se correlacionó con el grado de lateralidad de cada operario dando como resultado que mientras más alto es el grado de lateralidad el riesgo de LME crece.
3. Se obtuvo un modelo mediante un programa hecho con el software Matlab el mismo que vincula los resultados del riesgo ergonómico REBA, RULA y OCRA con el tiempo de cambio de posición y recomendaciones de pausas activas, todo esto teniendo como variable de entrada la lateralidad del operario del taladro de pedestal.

### **Bibliografía**

1. AEE. (2016). <http://www.ergonomos.es>. Obtenido de <http://www.ergonomos.es/ergonomia.php>
2. Almirall, P., & Alvarado, C. (2004). Evaluación ergonómica. Su aplicación en la industria de San Pedro Sula. *Revista Cubana de Salud y trabajo*, 4-9.

3. Álvarez, A., & Astasio, P. (2011). Caracterización de los efectos posturales en escolares de 9 a 15 años de la comunidad de Madrid: análisis de los factores implicados en la desestabilización postural. *Revista de la Universidad Complutense de Madrid*, 187.
4. Amunts, K., Jancke, L., Muhlberg, H., Steinmetz, H., & Zilles, K. (2000). Interhemispheric asymmetry of the human motor cortex related to handedness and gender. *Neuropsych*, 304 - 312.
5. Armstrong, T., & Silverstein, B. (1987). *Upper Extremity pain in workplace - role of usage in causality*. Orlando: Norton Hadler.
6. Asencio, S., Basante, M., & Diego, J. (2012). *Evaluación ergonómica del puesto de trabajo*. Madrid: Paraninfo.
7. Asencio, S., Diego, J., & Alcaide, J. (2008). Estudio de la aplicabilidad práctica de los métodos de evaluación de puestos de trabajo. *XII Congreso Intede Proyectosrnacional de Ingeniería*. Zaragoza.
8. Barrientos, G., Quiroz, L., & Saenz, M. (2002). Simulación Numérica de la Biomecánica del Hombro. *Mecánica Computacional*, 2505 - 2518.
9. Bernard, B. (1997). *Musculoskeletal disorder and workplace factors: A critica review of epidemiological evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back*. Cincinnati, Ohio: National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).
10. Betancourt-León, H., Aréchiga-Viramontes, J., & Ramírez-García, C. (2011). Proporcionalidad corporal de estudiantes cubanos de danza clásica, moderna y floclórica. *Archivos de Medicina del Deporte*, 93 - 102.
11. Borg, G. (1998). *Borg`s Perceived Exertion and Pain Scales*. Champaign.
12. Brusasca, M., Mabel, L., & Portellano, J. (2007). Neuropsicología de la lateralidad: Evaluación de preferencia y desempeño manual. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 500 - 505.

13. Cañizares, J., & Carbonero, C. (2016). *CAPACIDADES PERCEPTIVO MOTRICES, ESQUEMA CORPORAL Y LATERALIDAD EN LA INFANCIA*. Sevilla: WANCEULEN Editoria Deportiva.
14. Carazo, M. (2003). *Máquinas Herramientas Apuntes de taller -2* . Barcelona: Edicions UPC.
15. Carmenate, L., Moncada, F., & Borjas, E. (2014). *Manual de Medidas Antropométricas*. Costa Rica: SALTRA Publicaciones.
16. Castiblanco, J., Silva, E., Acosta, L., & Campos, A. (2013). Caracterización postural en los pre-adolescentes del colegio Santo Tomás de Aquino en la ciudad de Bogotá. *Movimiento Científico*, 105 - 113.
17. Castilla, O. (1999). El mundo del zurdo. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 166 - 169.
18. Castilla, O. (1999). El mundo zurdo. *Revsita Colombiana de psiquiatria*, 166-169.
19. Casto, E., Munera, J., San Martín, M., Valencia-Zuluaga, N., Valencia-Gil, N., & González, E. (2011). Efectos de un programa de pausas activas sobre la percepción de desórdenes músculo-esqueléticos en trabajadores de la Universidad de Antioquia. *Revista Educación física y deporte*, 389-399.
20. Chaitow, L., & Delany, W. (2007). *Aplicación clínica de las técnicas neuromusculares: Parte superior del cuerpo*. Barcelona: Paidotribo.
21. Clarkson, H. (2003). *Proceso evaluativo musculo esquelético*. Barcelona: Paidotribo.
22. Colombini, D. (1998). An Observational Method for Clasifying Exposure for Repetitive Movements of the Upper Limbs. *Ergonomicas*, 1261 - 1289.
23. Colombini, D., Occchipinti, E., & Grieco, A. (2002). *Risk asesment and management of repetitive movements and exertions of upper limbs*. Elsevier.
24. Coren, S., & Halpern, D. (1991). Left handedness: A maker for decreased survival fitness. *Psychological Bulletin*, 90-106.

25. Coren, S., & Previc, F. (1996). Handness as a predictor of increased risk of knee, elbow or shoulder injury, fractures and broken bone. *Laterality*, 139-152.
26. Cuencas, R., Von Seggern, B., Toledo, R., & Harrel, E. (1990). El inventario de Edimburgo: Evaluación de la lateralidad cerebral en una población mexicana. *Salud Mental*, 11 - 17.
27. Cunha, H. (2001). *Prólogo de Posturología de Gagey et Bernard*. Bogotá: Masson.
28. Darby, F. (1998). Biomecánica. En W. Laurig, & J. Vedder, *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo* (págs. 35 -38). MTASSG Publicaciones.
29. DePedro, A., & Castro, J. (2017). *Valoración e Intervención de la Actitud Postural en la Estática en la Población Escolar 10- 13AÑOS*. Sevilla: WANCEULEN S.L.
30. Díaz, X., Mardones, M., Mena, C., Rebolledo, A., & Castillo, M. (2011). Pausa activa como factor de cambio en actividad física en funcionarios públicos. *Revista Cubana de Salud Pública*.
31. Diego-Mas, J. (2015). Evaluación del riesgo por movimientos repetitivos mediante el Check List Ocra. . *Ergonautas*.
32. Diego-Mas, J. (2015). Evaluación postural mediante el método REBA. *Ergonautas*.
33. Diego-Mas, J. (2015). Evaluación postural mediante el método RULA. *Ergonautas*.
34. EPM. (enero de 2008). [www.epmresearch.org](http://www.epmresearch.org). Obtenido de [www.epmresearch.org/html/ocra/d-how\\_to\\_apply\\_the\\_ocra\\_checklist\\_OCRA\\_checklist-methods\\_criteria.html](http://www.epmresearch.org/html/ocra/d-how_to_apply_the_ocra_checklist_OCRA_checklist-methods_criteria.html)
35. ergonautas. (20 de marzo de 2018). <https://www.ergonautas.upv.es>. Obtenido de <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/ruler/ruler.php>
36. Ergonautas. (2018). <https://www.ergonautas.upv.es>. Obtenido de <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/ruler/ruler.php>
37. Estrada-Muñoz, J. (2015). *Ergonomía Básica*. Bogotá: editorial de la U.

38. Fernandez de Juan, T. (2001). *Zurdos y Derechos: Manual para el estudio de los izquierdos*. México: Plaza y Valdez editores.
39. Fernández-Sánchez; y colaboradores. (2012). *Apunts. Medicina de l Esports*, 243 - 249.
40. G.D.C. (2006). *Manual per la identificació i avaluació de riscos laborals*. Catalunya: Generalitat de Catalunya.
41. Gallo, L. (2006). El ser corporal en el mundo como punto de partida en la fenomenología de la existencia corpórea. *Pensamiento Educativo*, 46 - 61.
42. García, J., & Hurlé, J. (2013). *Anatomía humana*. España: McGraw Hill.
43. Gerling, H. (2006). *Alrededor de las máquinas herramientas*. Barcelona, España: Reverté.
44. Ginjaume, A., & Torre, F. (2005). *Ejecución de procesos de Mecanizado, Conformado y Montaje*. Madrid - España: Paraninfo.
45. Gómez-Conesa, A., & Martínez-González, M. (2002). Ergonomía. Historia y ámbitos de aplicación. *Fisioterapia*, 3-10.
46. González, D. (2006). *Ergonomía y Psicología*. Madrid: Editorial FC.
47. González, H., Nápoles, A., & Sánchez, A. (2018). Estimación de la maquinabilidad mediante monitorización del taladrado. *DYNA - Ingeniería e Industria*, 663 - 667.
48. González-Maestre, D. (2008). *Ergonomía y Psicosociología*. Madrid: Editorial FC.
49. Gowitzke, B., & Milner, M. (2014). *El cuerpo y sus movimientos. Bases científicas*. Barcelona: Paidotribo.
50. Harris, A. J. (1961). *Manuel d'application des tests de latéralité*. París: C.P.A.
51. Hignet, S., & McAtemney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 201 - 205.
52. IBV. (1998). *Biomecánica articular y sustituciones potésicas*. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia.

53. ISO-11226. (2000). Ergonomics - Evaluation of static working postures. ISO.
54. ISO-7250-1. (2010). Basic human body measurements for technological design - Part 1: Body measurements definitions and landmarks. ISO.
55. Izquierdo, M. (2008). *Biomecánica y Bases Neuronales de la Actividad Física y el Deporte*. Madrid: Médica Panamericana.
56. Journet, G. (1984). *La mano y el lenguaje. La dislateralización*. Barcelona: Herder.
57. Jouvencel, M. (1994). *Ergonomía Básica aplicada a la medicina del trabajo*. Madrid: Diaz de Santos.
58. Larburu, N. (1997). *MAQUINAS: Prontuario*. Barcelona, España: Paraninfo.
59. Lasa, N., & Vergara, A. (2002). *Diseños de investigación experimental en psicología*. Madrid: Prentice Hall.
60. Laurig, W. (1989). Expert systems in ergonomics: Requirements and an approach. *Ergonomics*, 795 - 811.
61. Lebert, G. (1949). *La lateralidad en el niño y en el adolescente: niños diestros y niños zurdos*. París: Marfil.
62. Li, G., & Buckle, P. (1999). Current techniques for assessing physical exposure to work related musculoskeletal risk, with emphasis on posture based methods. *Ergonomics*, 674 - 695.
63. Loredo, J. (2012). <http://galileoloredoblogspot.pe>. Obtenido de <http://galileoloredoblogspot.pe>
64. Marcelly, D. (1993). *Psychopathologie de l'enfant*. Paris: Masson.
65. Marieb, E. (2008). *Anatomía y Fisiología Humana*. Madrid: Pearson Educación.
66. Martínez, G., Martel, S., Hernández, J., & Balderrama, C. (2013). Análisis de las necesidades de diseño de productos y herramientas para personas zurdas. *Juarez.AcademiaJournals.com*, 441 - 446.

67. Martínez-Acosta, G., Martel-Estrada, S., Hernandez-Arellano, S., & Balderrama-Armendariz, C. (2013). Análisis de las necesidades de diseño de productos y herramientas parapersonas zurdas. *Congreso Int. Acad. Journals*, 441 - 446.
68. Masali, M. (1998). Antropometría. En W. Laurig, & J. Vedder, *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo* (pág. 26). Madrid: MTASSG Publicaciones.
69. Mayolas, C. (2014). Un nuevo test de valoración de la lateralidad para los profesionales de la educación física. *Educación Física y Deportes*, 14-22.
70. McAtamney, L., & Corlett, E. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 91 - 99.
71. Mondelo, P., Gregori, E., & Barrau, P. (2013). *Ergonomía 1 Fundamentos*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
72. Mondelo, P., Gregori, J., & Barrau, P. (2013). *Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo*. Barcelona: ProQuest Ebook Central.
73. Montiel, M., Romero, J., Lubo, A., Quevedo, A., Rojas, L., Chacin, B., & Sanabria, C. (2006). Valoración de la carga postural y riesgo musculoesquelético en trabajadores de una empresa metalmeccánica. *Salud de los trabajadores*.
74. Moore, J., & Grag, A. (1995). The strain index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 443 - 458.
75. Morales, H. (2002). *Filosofía 10*. Bogotá: Geminis.
76. Mutual, C. (2001). *Métodos de evaluación de la carga física de trabajo*. Madrid: McGraw Hill.
77. Nariño-Lescay, R., Alonso-Becerra, A., & Hernández-González. (2014). Estudios Antropométricos y la Evaluación y Diseño de Puestos de Trabajo. *Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura*. La Habana: CUJAE.

78. Nariño-Lescay, R., Alonso-Becerra, A., & Hernández-González, A. (2016). Antropometría. Análisis Comparativo de las Tecnologías para la Captación de las Dimesiones Antropométricas. *Revista EIA*, 47 - 59.
79. Navarro, A., & Alegre de Miguel, C. (2001). *El Hombro*. Barcelona: Masson.
80. Nogareda, C. (1989). <http://www.insht.es>. Obtenido de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_226.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_226.pdf)
81. Nogareda, C. (2002). *NTP 226: Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad*. Valencia, España: CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO .
82. Obregón, M. (2016). *Fundamentos de ergonomía*. México: Grupo editorial Patria.
83. Ohlsson, K., Hansson, G., Baldogh, I., Strömberg, U., Palsson, B., Nordander, C., . . . Skerfving, S. (1994). Disorders of the Neck and Upper Limbs in Womwn in the Fish Procesing Industry. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 826 - 832.
84. Ojanguren, S. (2004). Zurdos educación hábitos. *Servicio universal de noticias*.
85. Oldfield, R. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburg Inventory. *Neuropsychologia*, 97 - 111.
86. Pastrana, N. (2015). *Modelo de Medición del Capital Intelectual en las Carreras Acreditadas de Ingeniería Industrial del Perú*. Lima: UNMSM.
87. Pellicer, C. (2000). *Los dibujos de los zurdos: percepción y lateralidad*. Castello : Publicacions de la Universitat Jaume.
88. Pellicer, C. (2000). *Los Dibujos de los Zurdos: percepción y lateralidad*. Castelo de la Plana: Publicaciones de la Universidad de Jaume.
89. Pérez, F., & Delgado, J. (2009). *Fundamentos Teóricos de la Eduación*. pilá Teleña.
90. Pérez, J., Sainz de Murieta, J., & Varas, A. (2004). *Fisioterapia del complejo articular del hombro*. Barcelona: Masson.

91. Pérez-Aguilera, F. (2011). *Manual de ergonomía: formación para el empleo*. Madrid: CEP.
92. Pernía, A., Orille, I., Martínez, A., Martín, J., & Canal, J. (2006). Intracorporeal microvalve activation system using a transcutaneous parallel resonant circuit without magnetic core. *Conf. Rec. - IAS Annu. Meet.*, 2554 - 2559.
93. Pinto, C., & López, A. (2001). Problemas posturales en alumnos del centro de Enseño. *Revista Efdportes*, 2-42.
94. Prieto, A., & Naranjo, S. (2005). El cuerpo en el campo de estudio de la fisioterapia. *Revista Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia*, 57 -71.
95. Recalde, L. (2016). *El uso e influencia de la tecnología CNC en la producción artística contemporánea del Ecuador (Tesis de Maestría)*. Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
96. Rigal, R. (1992). Which handedness: Preference or performance? *Percept Mot Skills*, 851 - 856.
97. Rivas, R. (2007). *Ergonomía en el diseño y producción industrial*. Buenos Aires: Nobuko.
98. Rivas, R. (2009). *Ergonomía en el diseño y la producción industrial*. Buenos Aires: Nobuko.
99. Roche, A. (2006). Anthropometry and ultrasound. *Human Kinetics publishers*, 167-182.
100. Rodríguez, H. (2003). La relación conciencia-cuerpo en la fenomenología de Husserl. *Fenomenológica Latinoamericana* (pág. 267 -269). Lima: Fondo editorial de la Universidad Católica del Perú.
101. Roh, Y. (2003). La actual situación de los trastornos musculoesqueléticos en Corea del Sur. *The Global Occupational Health Network*, 1-3.
102. Rojas, A., & Ledesma de Miguel, J. (Junio de 2008). [www.INSHT.es](http://www.INSHT.es).  
Obtenido de

www.INSHT.es/INSHTWeb/contenidos/documentacion/fichastecnicas/NPT/ficheros/601a700/npt\_629.pdf

103. Sassano, M. (2015). *El cuerpo como origen del tiempo y del espacio. Enfoques desde la motricidad*. Buenos Aires: Miño y Davila Editores.
104. Silverstein, B., & et-al. (1986). Hand wrist acumulative trauma disorders in industry. *British Journal of Industrial Medicine*, 779 - 784.
105. Smolander, J., & Louhevaara, V. (1998). Trabajo Muscular. En W. Laurig, & J. Vedder, *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. MTASSG Publicaciones.
106. Snook, S., & Ciriello, V. (1991). The design of manual handling task - Revised tables of maximunacceptable weights and forces. *Ergonomics*, 1197 - 1213.
107. Squadrone, R., Gallozzi, C., & Pasquini, G. (1995). Lateralit e bilateralit. *Rivista di cultura Sportiva*, 36-41.
108. Staugaard-Jones, J. (2014). *Anatomía del ejercicio y el movimiento*. México: Paidotribo.
109. Suárez-Sanabria, N., & Osorio-Patiño, A. (2013). Biomecánica del hombro y bases fisiológicas de los ejercicios de Codman. *Rev CES Med*, 205-217.
110. Suasti, J. (2006). *Desarrollo de un procedimiento para la rectificación de matrices en tornos CNC utilizando sistemas CAD/CAM y su aplicación para solucionar un problema industrial Tesis de Maestria*. Quito - Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
111. Tipan, G., & Zhingri, M. (2010). *La lateralidad zurda asociada a dificultades en el aprendizaje escolar en niños de 6 a 7 años*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
112. Torres, T., & Rodríguez, M. (2007). Evaluación Ergonómica de Puestos de Trabajo de la Industria Pesquera del Ecuador. *Revista Tecnológica ESPOL*, 139-142.

113. UNESCO. (1971). *International Council for Sports and Physical Education*.
114. Urrejoa, P., Hodgson, M., & Icaza, M. (2001). Evaluación de la composición corporal en niñas usando impedanciometría eléctrica y pliegues subcutaneos. *Revista Chilena de Pediatría*, 26-33.
115. Valdivieso, M. (2014). *Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo*. Quito: I.E.S.S.
116. Vargas, G. (2001). *Pensar sobre nosotros mismos*. Bogotá: San Pablo.
117. Vasquez, I. (2015). Tipos de estudio y métodos de investigación. *Gestiopolis*.
118. Waters, T., Putz-Anderson, V., Grag, A., & Fine, L. (1993). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting task. *Ergonomics*, 749 - 776.
119. Wikstrom, B., & et-al. (1994). Health effects of long-term occupational exposure to whole-body vibration. *Industrial Journal of Industrial Ergonomics*, 273 - 292.
120. Winkel, J., & Westgaard, R. (1992). Occupational and individual risk factors for shoulder. *Industrial Ergonomics*, 85 - 104.
121. Wright, L., Hardie, S., & Wilson, K. (2009). Handedness and behavioural inhibition: Left-handed females show most inhibition as measured by BIS/BAS self-report. *Personality and Individual Differences*, 20 - 24.
122. www.carm.es. (2018). <https://www.carm.es/>. Obtenido de <https://www.carm.es/.../integra.servlets.Blob?...Excel%20MÉTODOS%20REBA>
123. Yañez-Mendiola, J. (2009). Antropometría: mediciones a partir de una cámara fotográfica. *Ide@s CONCYTEG*, 48 - 49.
124. Yeadon, M., & Challis, J. (1994). The future of performance-related sports biomechanics research. *Journal of Sports Science*, 12:3-32.

125. Zurita-Ortega, & colaboradores, y. (2014). Factores predictores de escoliosis en la población escolar. *Gaceta Médica de México*, 533 - 539.