

Autor: De la O Sánchez Edgar Gerardo

Asesor: Dra. María Cristina León González

**[ANÁLISIS ERGONÓMICO CABINA  
DEL TREN STC METRO]**

Proyecto de Titulación



# Prólogo

Antes de entrar en materia, creo que es importante compartir lo que ha sido mi experiencia laboral desde hace 8 años en el STC Metro porque a lo largo de este tiempo he realizado varios proyectos con los conocimientos y herramientas que he recibido en la Facultad de Ingeniería de la UNAM como estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial.

A continuación, describo brevemente los que considero de mayor relevancia en mi formación profesional:

1. Actualización de **Polígonos de Carga**<sup>1</sup> de la L-1 que va de Observatorio a Pantitlán. Este proyecto consistió en optimizar los tiempos de salida de los trenes para evitar retrasos y existan demasiadas personas en los andenes con los consecuentes riesgos e incomodidad para ellas en su calidad de usuarios del servicio.

La actualización de polígonos de carga se realizó mediante un estudio de tiempos y movimientos, donde se analizaron:

- a. Los tiempos de recorrido de los trenes estación por estación y de la línea completa.
- b. El número de personas que llegan a la estación en un intervalo de tiempo dado que generalmente se iguala al tiempo de llegada de tren a tren.
- c. El número de personas que descienden en cada estación.
- d. La Capacidad del tren.

---

<sup>1</sup> Estudio para obtener los valores promedios de ascenso y descenso de usuarios del metro, el cual servirá para realizar el cálculo de los pasajeros-kilómetros y la determinación de carga máxima.



El estudio fue realizado durante el horario matutino en la hora pico, esto es, de las 6 a 10 de la mañana y en dirección a Observatorio, teniendo como estaciones críticas de Pantitlán a Balderas. En el proyecto se analizaría y cambiaría el tiempo de salida de los trenes y el número de trenes en la línea en función de la dosificación de usuarios que se lograría mediante modelos matemáticos que nos arrojaría el número de usuarios que se dejarían pasar en las distintas estaciones donde aplicaría la dosificación.

Gracias al estudio realizado, se planteó la posibilidad de dosificar el número de personas para que no hubiera demasiados usuarios esperando en el andén y con esto evitar retrasos debido a que el cierre de puertas es afectado, utilizando un modelo matemático; Desafortunadamente, el planteamiento no se pudo llevar a cabo por intereses sindicales contrarios a lo sugerido.

## 2. Administración del Proyecto 11-21 cambio de aparatos “Salto del Agua-Balderas”

Administrar y llevar en tiempo y forma el avance del Proyecto utilizando Microsoft Project como paquete informático. Además de coordinar las áreas involucradas en el Proyecto y ser fungió como enlace para vigilar el cumplimiento de los objetivos del mismo.

## 3. Control de Calidad a los planos realizados en el área de vías de acuerdo a la Normativa Interna. Esto consiste en revisar que los planos realizados por los dibujantes del área de vías cumplan con las especificaciones adecuadas para su publicación.

## 4. Elaboración de Manuales de Procedimiento para las distintas modalidades de mantenimiento desarrollados en el área de Vías. Los manuales fueron elaborados en Flash y contienen diversos aspectos como son: los materiales utilizados, número de personas por mantenimiento, herramientas, procedimientos, tiempos de ejecución, etc.

## 5. Elaboración del “Programa de Mantenimiento” en el área de vías: el programa de mantenimiento se desarrolló de acuerdo a un Programa Operativo Anual, con un total de 32 diferentes modalidades de mantenimiento desarrolladas en el área de Vías.



- 6. Administración y coordinación del personal de vías para la realización de los mantenimientos.
- 7. Elaboración del Programa de Seguridad Integral Interno de vías.
- 8. Análisis Ergonómico de la Cabina del Tren STC Metro de la Línea 4 que corre de Santa Anita a Martín Carrera en los trenes modelo NM-73B (Asiento y Manipulador de Tracción-frenado).

En el cuadro que muestro a continuación se reflejan un breve resumen de los proyectos mencionados anteriormente, realizados durante el tiempo que llevo trabajando en el STC Metro por iniciativa propia y fuera de mi horario de trabajo con los conocimientos adquiridos en mi Facultad de Ingeniería.

ACTIVIDADES	CONOCIMIENTOS DE LA CARRERA
<b>Actualización de Polígonos de Carga de la L-1 que va de Observatorio a Pantitlán.</b>	Administración – Recopilación de información y creación de base de datos.  Investigación de Operaciones II – Programación Lineal y Teoría de Colas.  Estudio del trabajo – Estudio de métodos, estudio de tiempos y movimientos.
<b>Elaboración de Programa de Seguridad Integral en el área de Vías.</b>	Seguridad Industrial- Programa de Seguridad Integral.  Análisis de riesgos.  Normas.
<b>Análisis Ergonómico a la Cabina del Tren STC Metro (Asiento y Manipulador de Tracción-Frenado).</b>	Ergonomía: Factores Psicológicos, Factores Psicosociales, Factores Ambientales, Factores Antropométricos y Factores Anatomofisiológicos.

Tabla 1: Resumen de Actividades



# Índice

## Contenido

Prólogo .....	2
Índice .....	5
Introducción.....	8
Problemática: .....	8
Objetivo.....	9
Desarrollo.....	9
Capítulo I.....	11
Actividad del STC Metro.....	11
Misión .....	11
Visión.....	12
Historia del Metro.....	12
Primera Etapa.....	16
Segunda Etapa .....	18
Tercera Etapa.....	19
Cuarta Etapa.....	21
Quinta Etapa.....	22
Sexta Etapa .....	23
Actualmente .....	24
Tamaño .....	26
Actividades en la Empresa.....	27



Organigrama..... 28

**Capítulo II** ..... 29

    Análisis Ergonómico Cabina del Tren del STC Metro..... 29

        Factor Psicológico..... 31

        Factor Psicosocial ..... 35

        Factor Físico Ambiental ..... 36

        Factor Antropométrico ..... 41

        Factor Anatomofisiológico..... 44

        Encuesta..... 47

        Características del Asiento actual del conductor..... 49

    Análisis Ergonómico al Manipulador del Tracción-Frenado. .... 51

        La Mano ..... 52

        Anatomía de la mano ..... 53

        Antropometría de la mano..... 54

        Características del Manipulador de tracción-frenado ..... 58

**Capítulo III**..... 60

    Resultados Situación Final..... 60

    Análisis Ergonómico Asiento del Conductor L-4. .... 60

        Principales tareas del conductor:..... 63

        Resultados Método RULA..... 66

        Evaluación Método RULA ..... 68

        Ficha Antropométrica ..... 72

        Propuesta Diseño de Asiento ..... 73

        Elemento adicional al diseño de asiento. (Reposapiés) ..... 77

        Recomendaciones para el Asiento..... 78

    Resultados Situación Final..... 79



Análisis Ergonómico Manipulador de Tracción –Frenado.....	79
Análisis Ancho del Manipulador.....	79
Análisis circunferencia del manipulador.....	82
<b>Consecuencias de Utilizar un Mal Diseño del Manipulador .....</b>	<b>86</b>
<b>Síndrome del Túnel del Carpo (STC).....</b>	<b>86</b>
Tendinitis.....	87
<b>Tenosinovitis .....</b>	<b>87</b>
Recomendaciones al Utilizar el Manipulador.....	88
Propuesta para diseño del manipulador .....	90
Conclusiones .....	91
Bibliografía .....	92
Páginas de Internet .....	92
Anexos.....	93
Tablas Antropométricas .....	93



# Introducción

## Problemática:

En nuestro país es muy común encontrar situaciones de esclavitud ergonómica, esto es, que el ser humano se tiene que adaptar a los productos o servicios. En el caso que nos ocupa para la habilitación de los interiores de los trenes, no se tomaron en cuenta criterios ergonómicos, mayormente antropométricos en el que se hubieran tomado en cuenta las dimensiones reales y segmentación corporal de los usuarios y los conductores de los trenes, lo que permitiría que tanto los usuarios, como los conductores viajaran más seguros y cómodos.

Uno de los principales problemas al que se enfoca el presente trabajo, es al análisis ergonómico del actual asiento de la cabina del tren, así como el manipulador de tracción-frenado estos dos elementos son primordiales en la cabina del tren y afectan directamente al conductor, por estar en interfaz con él y contribuir a generar una condición insegura aumentando el potencial de accidentabilidad y enfermedades músculo-esqueléticas de origen laboral.

Por la relevancia ergonómica que tienen para todos los involucrados, decidí realizar este proyecto para evaluar en primer lugar, los dos elementos de la cabina mencionados en el párrafo anterior y proponer soluciones viables a los problemas que aquejan a los conductores producto de una cabina que no cumple con todos los requerimientos de un diseño realizado con criterios ergonómicos.





# Objetivo

Analizar y evaluar el asiento y el manipulador de la cabina del tren apoyándonos en diversas técnicas ergonómicas para proponer un re-diseño que no solamente mejore las condiciones de salud de los conductores del S.T.C. sino que disminuya el potencial de accidentabilidad y en general eleve su calidad de vida laboral.

# Desarrollo

Se busca brindar a los trabajadores un espacio de trabajo seguro, funcional y eficiente y cómodos, cuidando que las actividades físicas propias del trabajo del conductor se hagan empleando la menor fuerza posible y disminuyendo en la medida de lo posible los movimientos repetitivos y posturas sostenidas no fisiológicas para que el trabajador pueda rendir mayores frutos, tanto en lo laboral, como a nivel personal.

Por lo anteriormente mencionado, decidí realizar este proyecto que incluye el análisis y la evaluación ergonómica enfocada al diseño del puesto de trabajo en relación con la cabina, primordialmente el asiento del tren de L-4 y el manipulador de tracción-frenado de los trenes de L-12 complementándolas con las tareas que realiza el conductor durante su recorrido.

Después de un período de observación y recopilación de información de la actividad del conductor, se realizó la toma de fotografías para analizar con mayor detalle las diferentes posturas que tienen tienden a tomar durante el transcurso de su jornada laboral para adaptarse al diseño del asiento y al manipulador de tracción-frenado como componentes más relevantes de la cabina de conducción.

Posteriormente, se realizó una encuesta a los conductores para conocer detalladamente cuales son las principales tareas realizadas al manejar el tren del S.T.C. Metro enfocándonos en los dos elementos definidos como centrales, en base al período de observación subordinada a criterios ergonómicos, previo a la realización del estudio a detalle.



Para obtener mayor información de los conductores y de las dimensiones de la cabina del tren, así como del asiento del conductor y del manipulador de tracción frenado se realizó una cédula antropométrica y se les tomaron las medidas pertinentes para poder hacer una comparación entre el diseño de los mismos, y la relación que existe con los factores antropométricos, es decir, las dimensiones corporales y alcances que tienen los conductores.

Una vez obtenidos los resultados se hizo un diagnóstico y se prosiguió a realizar una propuesta de re-diseño para el asiento del conductor y el manipulador de tracción frenado, basado en percentiles: percentil 5 y 95, a partir de datos extraídos de tablas correspondiente a la población latina para observar y comparar estas dimensiones con los elementos de estudio actuales.

Para completar el estudio, se realizaron una serie de recomendaciones para los trabajadores, tales como las posturas más adecuadas que se deben adoptar al trabajar en la cabina, así como ejercicios de flexibilidad favoreciendo la actividad simétrica del cuerpo para disminuir y aminorar problemas musculoesqueléticos, así como mejoras ergonómicas al puesto de trabajo de la cabina del tren del S.T.C.

# Capítulo I

## Actividad del STC Metro

En base al decreto de creación publicado en abril de 1967 y vigente en julio de 2007

El STC es un organismo público descentralizado cuyo objeto es transportar diariamente a los usuarios brindando la seguridad y servicio de calidad con la operación y explotación de un tren rápido, movido por energía eléctrica, con recorrido subterráneo y superficial para el transporte colectivo de personas en el Distrito Federal.



Fig. 1: Logo Metro

## Misión

Proveer un servicio de transporte público masivo, seguro, confiable y tecnológicamente limpio. Con una tarifa accesible, que satisfaga las expectativas de calidad, accesibilidad, frecuencia y cobertura de los usuarios y se desempeñe con transparencia, equidad y eficiencia logrando niveles competitivos a nivel mundial.



## Visión

Lograr un servicio de transporte de excelencia, que coadyuve al logro de los objetivos de transporte sustentable en la Zona Metropolitana del Valle de México, con un alto grado de avance tecnológico nacional, con cultura, vocación industrial y de servicio a favor del interés general y el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos.

## Historia del Metro

La historia del transporte público en la Ciudad de México ha ido evolucionando a partir de su propio desarrollo, que para cubrir las necesidades crecientes de transportación impuestas por los requerimientos cada vez mayores de una población que demanda la megalópolis actual.

Así en la época precolombina<sup>2</sup> en sus inicios se utilizaban canoas como medio de transporte pues era a través de los canales que navegaban para llegar a sus destinos.

Posteriormente, en la época colonial el medio de transporte fueron las carrozas, las diligencias, los animales de tiro y el milenario pie humano hasta la época independiente.

Durante la primera mitad del siglo XIX, instaurada la república y por la composición geográfica y social de la Ciudad de México, así como por la población que acudía a vender o a trabajar desde lugares lejanos, surgió la necesidad de crear un transporte que cumpliera con esas exigencias de trasladarlos y fue ante esos

---

<sup>2</sup> Brian Hamnett, Historia de México, 1999, pág. 67.

requerimientos de transportarse de un lugar a otro que se creó lo que vendría siendo el antecedente del ómnibus: los carretones tirados por animales.

En la segunda etapa del siglo XIX, se dio un salto cualitativo en los medios utilizados para transportar a las personas, creándose al efecto los tranvías de tracción animal conocidos como mulitas (**Fig. 2**), sustituyendo paulatinamente al carretón, con sus secuelas del crecimiento urbano a lo largo de las rutas desarrolladas.



**Fig. 2: Tranvía Tracción Animal**

Durante la segunda mitad del siglo XIX y parte de la primera del siglo siguiente, paralelamente a la existencia del transporte mediante tranvías, apareció el ferrocarril con las locomotoras de vapor (**Fig. 3**), que a pesar de que su construcción era realizada en el estado de Veracruz, proporcionó un servicio de transporte importante a la Ciudad de México.

A la par de la creación de diversas compañías ferrocarrileras, la ciudad y su población crecieron con tal rapidez que hubo la necesidad de efectuar diversas innovaciones para poder proporcionar el transporte urbano requerido para transportar a grupos crecientes de individuos, mercancías e insumos a distancias mayores.

De tal forma que mientras los ferrocarriles, por sus características propias, se instalaban en la periferia de la ciudad, el servicio interno a ella lo continuaban prestando los coches tirados por caballos o mulas, quienes por sus particularidades lograban ingresar a sitios con espacios más reducidos transportando gente.



**Fig. 3: Ferrocarril**

Inicialmente la irrupción del coche no fue importante porque únicamente lo tenían y usaban las clases privilegiadas: económicas, políticas o gubernamentales, pero la misma necesidad que el traslado de gente imponía para transportarse con mayor rapidez, provocó que los coches y luego los autobuses, propulsados por gasolina fueran utilizados tanto de alquiler como de pasajeros, dando inicio así a la dinámica del transporte urbano que caracteriza a nuestra ciudad hoy en día.

Por el desbordado crecimiento de la Ciudad de México siempre en paralelo con el de la población acentuado en la segunda mitad del siglo XX, los usuarios de los servicios de transporte empezaron a sufrir los cada vez más graves problemas que el transporte urbano, público y privado, afrontaba por congestionamientos de la red vial existente, específicamente en la zona centro de la ciudad donde se concentraba el 40 % del total diario de viajes efectuados dentro de la misma.

No debe perderse de vista que México, como país, hasta antes de mediados del siglo XX era predominantemente rural pero que a consecuencia de la Segunda Guerra Mundial y por las políticas económicas aplicadas por el Gobierno Federal,



específicamente la de “Sustitución de Importaciones”<sup>3</sup> la Ciudad de México y sus zonas aledañas sufrieron movimientos migratorios internos que provocaron un crecimiento explosivo de asentamientos humanos regulares e irregulares en la periferia de la Ciudad de México, motivado por la acelerada industrialización producto de las ya mencionadas políticas económicas.

Así tenemos que a inicios de los años 60’s la ciudad y en sus alrededores circulaban 65 % de las 91 líneas de autobuses y transporte eléctrico de pasajeros con 4,000 unidades, además de 150, 000 automóviles particulares<sup>4</sup>, provocando que en las horas pico del tráfico la velocidad de circulación fuera menor a la de una persona caminando.

Ante el reto que las autoridades del gobierno de la Ciudad de México afrontaban ya en la segunda mitad de los años 60’s, para lograr proporcionar a la población un medio de transporte que solucionara el traslado de la gente de su hogar a su fuente laboral y viceversa, y tratar de amortiguar la pérdida de hora-traslado de los trabajadores, entre otras cosas, creó para tal fin un organismo público descentralizado: el Sistema de Transporte Colectivo, con el propósito de construir, operar y explotar un tren rápido con recorrido subterráneo para el transporte público de la ciudad, siendo el año de 1967 cuando se dio la primera palada de su construcción y en 1969 su inauguración, teniendo como principal característica el proceso permanente de transformación y crecimiento por la incorporación de nuevas tecnologías y la ampliación de la red, en busca de la optimización de los recursos, tanto materiales como humanos y económicos.

---

<sup>3</sup>Martínez Boom Alberto; Narodowski Mariano, Escuela, Historia y Poder. Miradas desde Latinoamérica, 1996, pág. 141.

<sup>4</sup> Fuente: [www.metro.df.gob.mx](http://www.metro.df.gob.mx)



Fig. 4: Principios de los sesenta, Taxis conocidos como Cocodrilo.

## Primera Etapa

La construcción de la primera etapa del Metro estuvo bajo la coordinación del Arquitecto Ángel Borja <sup>5</sup>.

Se integraron equipos de trabajo multidisciplinarios, en los que participaron ingenieros geólogos, de mecánica de suelos, civiles, químicos, hidráulicos y sanitarios, mecánicos, electricistas, en electrónica, arqueólogos, biólogos,

---

<sup>5</sup> Olivia Domínguez Prieto, Trovadores Posmodernos. Músicos en el STC, 2010, Pagina 72.



arquitectos, especialistas en ventilación, en estadística, en computación, en tráfico y tránsito, contadores, economistas, abogados, obreros especializados y peones.

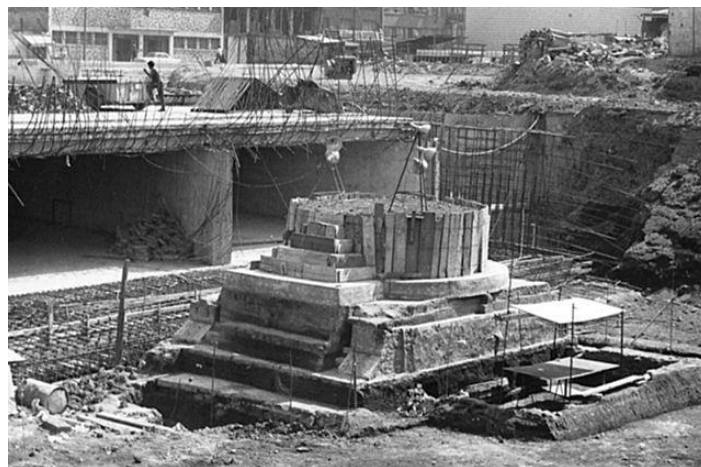
Durante la construcción participaron entre mil 200 y 4 mil especialistas, incluyendo al personal aportado por la asesoría técnica francesa.

En esta primera etapa de construcción llegaron a laborar 48 mil obreros, 4 mil técnicos y 3 mil administradores, aproximadamente.

Lo anterior permitió terminar en promedio un kilómetro de Metro por mes, un ritmo de construcción que no ha sido igualado en ninguna parte del mundo.

Esta primera etapa consta de tres líneas: la 1 que corre de poniente a oriente, desde Zaragoza hasta Chapultepec; la 2 de Tacuba a Taxqueña y la 3 de Tlatelolco al Hospital General.

La longitud total de esta primera red fue de 42.4 kilómetros, con 48 estaciones para el ascenso, descenso y transbordo de los usuarios.



**Fig. 5: Construcción Pino Suárez L-1**



## Segunda Etapa

La segunda etapa se inicia con la creación de la Comisión Técnica Ejecutiva del Metro, el 7 de septiembre de 1977 para hacerse cargo de la construcción de las ampliaciones de la red.

Posteriormente, el 15 de enero de 1978, se crea la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano del Distrito Federal, organismo responsable de proyectar, programar, construir, controlar y supervisar las obras de ampliación, adquirir los equipos requeridos, y hacer entrega de instalaciones y equipos al Sistema de Transporte Colectivo para su operación y mantenimiento. Se pueden identificar dos fases en esta segunda etapa. La primera corresponde a las prolongaciones de la línea 3: hacia el norte, de Tlatelolco a la Raza, y hacia el sur, de Hospital General a Zapata.

Durante la segunda fase, Covitur preparó un Plan Rector de Vialidad y Transporte del Distrito Federal, y más adelante, en 1980, el primer Plan Maestro del Metro. Como arranque de esta segunda fase, se inició la construcción de las líneas 4 y 5.

Las obras estuvieron a cargo de la empresa Ingeniería de Sistemas de Transporte Metropolitano, S.A. del consorcio ICA.

La línea 4 de Martín Carrera a Santa Anita se construyó como viaducto elevado dada la menor densidad de construcciones altas en la zona; la altura es de 7.5 metros.

Esta línea tuvo un costo mucho menor que las subterráneas consta de 10 estaciones ocho elevadas, desde superficie y cinco de correspondencia con otras líneas. La línea 5 se construyó en tres tramos: el primero, de Pantitlán a Consulado, se inauguró el 19 de diciembre de 1981; el segundo, de Consulado a la Raza, el 1º de junio de 1982 y el tercero, de la Raza a Politécnico, en agosto del mismo año.

A la edificación de esta línea se le dio una solución de superficie entre Pantitlán y Terminal Aérea, y subterránea, tipo cajón, de Valle Gómez a Politécnico.



Fig. 6: Línea 5

## Tercera Etapa

Consta de ampliaciones a las líneas 1,2 y 3 se inician dos líneas nuevas, la 6 y la 7. La longitud de la red se incrementa en 35.2 kilómetros y el número de estaciones aumenta a 105.

La línea 3 se prolonga de Zapata a Universidad, tramo que se inauguró el 30 de agosto de 1983; la línea 1, de Zaragoza a Pantitlán, y la línea 2 de Tacuba a Cuatro Caminos, en el límite con el Estado de México; estas últimas dos extensiones fueron inauguradas el 22 de agosto de 1984. Con estas ampliaciones, las líneas 1, 2 y 3 alcanzan su trazo actual.

A la línea 6 se le dio una solución combinada: tipo cajón y superficial. La primera parte de El Rosario a Instituto del Petróleo se concluyó el 21 de diciembre de 1983. Consta de 9.3 kilómetros de longitud y siete estaciones, dos de ellas de

correspondencia: El Rosario, con la línea 7, e Instituto del Petróleo, con la línea 5.

La línea 7 corre al pie de las estribaciones de la Sierra de las Cruces, que rodea el Valle de México por el poniente; el trazo queda fuera de la zona lacustre y los puntos que comunica están a mayor altitud que los hasta entonces enlazados por la red. Por esto, la solución que se utilizó para su construcción fue de tipo túnel profundo.

Se entregó en tres tramos: Tacuba-Auditorio, el 20 de diciembre de 1984; Auditorio-Tacubaya, el 23 de agosto de 1985; y Tacubaya-Barranca del Muerto, el 19 de diciembre de 1985. Su conclusión significó un incremento a la red de 13.1 kilómetros y diez estaciones.



Fig. 7: Metro Universidad.

## Cuarta Etapa

Esta etapa se compone de las ampliaciones de las líneas 6 (de Instituto del Petróleo a Martín Carrera) y 7 (de Tacuba a El Rosario), y el inicio de una nueva línea, la 9 de Pantitlán a Tacubaya, por una ruta al sur de la que sigue la línea 1. La ampliación de la línea 6 se inauguró el 8 de julio de 1988; agregó 4.7 kilómetros y cuatro estaciones a la red, la ampliación de la línea 7 se terminó el 29 de noviembre de 1988 e incrementó la red con 5.7 kilómetros y cuatro estaciones más.

La línea 9 se edificó en dos fases: la primera, de Pantitlán a Centro Médico, concluida el 26 de agosto de 1987, y la segunda, de Centro Médico a Tacubaya, inaugurada un año más tarde. La nueva línea incorporó a la red 12 estaciones y 15.3 kilómetros; tiene un trazo paralelo a la línea 1, con el propósito de descongestionarla, en las horas punta.

En la construcción de la línea 9 se utilizó el túnel circular profundo y el túnel tipo cajón, en 9.5 kilómetros de longitud partiendo desde Tacubaya, y de Viaducto elevado en el tramo restante. De las 12 estaciones, cinco son de correspondencia: Tacubaya, con las líneas 1 y 7; Pantitlán, con las líneas 1, 5 y A; Centro Médico, con la línea 3; Chabacano, con las líneas 2 y 8 y Jamaica, con la Línea 4.



Fig. 8: Línea 9 Pantitlán-Tacubaya

## Quinta Etapa

La primera extensión de la red del Metro al Estado de México se inició con la construcción de la línea A, de Pantitlán a La Paz, se optó para esta línea por una solución de superficie y trenes de ruedas férreas en lugar de neumáticos, ya que se reducían los costos de construcción y mantenimiento. Se edificó un puesto de control y talleres exclusivos para la línea A. Esta línea se inauguró el 12 de agosto de 1991, agregó diez estaciones y 17 kilómetros de longitud a la red.

La estación Pantitlán la pone en correspondencia con las líneas 1, 5 y 9. El trazo original de la línea 8 fue también modificado<sup>6</sup> ya que se consideró que su cruce por el Centro Histórico de la ciudad y la correspondencia con la estación Zócalo pondrían en peligro la estabilidad de las estructuras de varias construcciones coloniales y se dañarían los restos de la ciudad prehispánica que se encuentra debajo del primer cuadro. El tramo inicial de la línea 8, de Constitución de 1917 a Garibaldi, se inauguró el 20 de julio de 1994. Al finalizar la quinta etapa de construcción del Metro, se había incrementado la longitud de la red en 37.1 kilómetros, añadiendo dos nuevas líneas y 29 estaciones. Es decir, al finalizar 1994, la red del Metro contaba ya con 178.1 kilómetros de longitud, 154 estaciones y diez líneas.



Fig. 9: Metro Férreo Línea A

<sup>6</sup> Fuente: [www.metro.df.gob.mx/organismo/construccion5.htm](http://www.metro.df.gob.mx/organismo/construccion5.htm)



## Sexta Etapa

Los estudios y proyectos del Metropolitano Línea B se iniciaron a fines de 1993 y el 29 de octubre de 1994 dio inicio su construcción en el tramo subterráneo comprendido entre Buenavista y la Plaza Garibaldi.

En diciembre de 1997 el Gobierno del Distrito Federal recibió 178 kilómetros de red de Metro en operación y en proceso de construcción la Línea B, de Buenavista a Ecatepec, con un avance global de 49%.

La línea B, de Buenavista a Ciudad Azteca tiene 23.7 kilómetros de longitud, con 13.5 kilómetros en el Distrito Federal, cruzando por las delegaciones Cuauhtémoc, Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero y 10.2 kilómetros en el territorio del estado de México, en los municipios de Nezahualcóyotl y Ecatepec; con 21 estaciones: 13 en la capital y ocho en el estado de México.

La línea B en su totalidad está proyectada para movilizar diariamente a 600 mil usuarios en su conjunto. Al 15 de octubre de 1999 se había alcanzado un avance del 77.6%; se continuaron las obras en los 10.2 kilómetros del tramo ubicado en el Estado de México, para terminarla y ponerla en operación en toda su longitud durante el segundo semestre del año 2000.

Al entrar en operación la línea B (**Fig. 10**), la red en su conjunto se incrementó 13% para alcanzar 201.7 kilómetros.

De manera adicional forman parte del proyecto diversas obras de vialidad que contribuyen a la integración y restructuración de los otros medios de transporte: 16 puentes vehiculares (seis en el Distrito Federal y 10 en el estado de México); cuatro paraderos de autobuses (tres en la capital y 1 en el estado de México); 51 puentes

peatonales (21 en el Distrito Federal y 30 en el Estado de México), así como la reforestación de 313 mil metros cuadrados de áreas verdes.



Fig. 10: Buenavista Línea B

## Actualmente

En diciembre de 2006 se anunció la posible construcción de una nueva línea del metro, para atender la demanda de servicio de transporte público al sur de la Ciudad de México. El 29 de julio de 2007 se aplicó una encuesta denominada Consulta Verde <sup>7</sup> a través de la cual se preguntó a la población de la Ciudad de México, su opinión sobre transporte público; manejo del agua; medio ambiente y para definir el trazo de la línea 12 del Metro. La encuesta propuso dos posibles rutas: Iztapalapa-Acoxta e Iztapalapa-Tláhuac. El 7 de agosto de 2007 se dieron a conocer los resultados de la encuesta en donde la ruta Iztapalapa-Tláhuac resultó elegida.

<sup>7</sup> Fuente: [www.metro.df.gob.mx/sabias/consverde.html](http://www.metro.df.gob.mx/sabias/consverde.html)



El 8 de agosto de 2007 se presentó el proyecto de manera oficial ante la población con el nombre de Línea 12: línea dorada, la línea del Bicentenario.

La construcción de este medio de transporte está siendo llevado a cabo por: Empresas ICA, SAB de CV, Alstom Transport, SA, Alstom Mexicana, SA de CV y Carso Infraestructura y Construcción, SA de CV.

El proyecto final considera la construcción de una vía de longitud total de 24,475 km, de los cuales 20,278 km serán para el servicio de pasajeros y 4,197 km para servicio de mantenimiento. La vialidad será de oriente a poniente, el formato de vialidad será el siguiente: 2,834 km en modo superficial, 12,068 km en viaducto elevado, 2,807 km en cajón subterráneo y 6,766 km en túnel profundo, esta línea fue inaugurada el 30 de Octubre del 2012.



Fig. 11: Tren de L-12. Modelo FE-10.30

## Tamaño

Así pues, el STC “Metro” ha ido creciendo con la finalidad de proporcionar a la población del área metropolitana, transporte accesible y seguro, logrando con ello que existan hasta la fecha 11 líneas funcionando y 1 por inaugurar, la línea 12 (línea Dorada), con 195 estaciones 127 son de paso, 42 de transbordo y 24 terminales (11 de las terminales son de transbordo). El metro está construido de forma subterránea, superficial y viaducto elevado: 115 estaciones subterráneas, 53 superficiales y 27 en viaducto elevado. 184 estaciones se encuentran en el Distrito Federal y 11 en el Estado de México (**Fig. 12**). A pesar de la gran capacidad de transporte que ofrece el sistema, éste se ve rebasado por la gran demanda a la que es sometido. La cantidad de usuarios que son atendidos diariamente rebasa los 5 millones<sup>8</sup>. Con esto nos podemos dar una idea de la gran importancia que representa para las actividades económicas de la Ciudad de México.

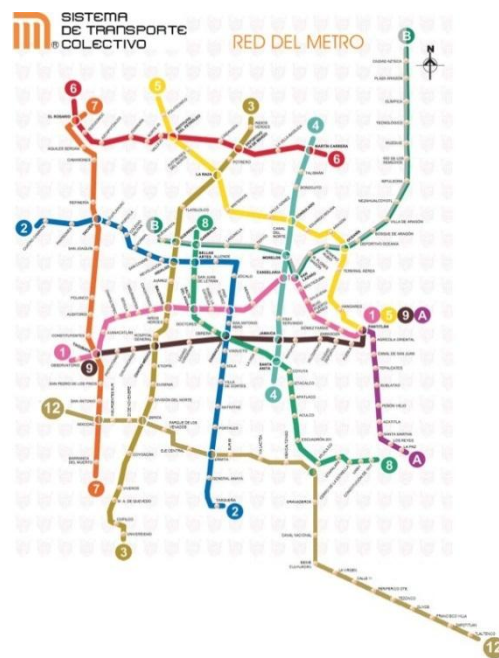


Fig. 12: Red del Metro

<sup>8</sup>Fuente:[http://www.excelsior.com.mx/index.php?m=nota&seccion=seccioncomunidad&cat=10&id\\_nota=855261](http://www.excelsior.com.mx/index.php?m=nota&seccion=seccioncomunidad&cat=10&id_nota=855261)

## Actividades en la Empresa

Mi área de adscripción es la Coordinación de Transportación de la L-4 dependiente de la Dirección de Transportación, departamento encargado de lo relacionado con los conductores del S.T.C. Metro y lo que ocurra dentro de las diferentes estaciones que componen la red del metro, por tal motivo este proyecto va enfocado al análisis ergonómico de las cabinas del tren, y en especial en realizar un análisis del asiento y del manipulador de tracción frenado que a diario los conductores utilizan.

En varias ocasiones los conductores presentan problemas musculares que principalmente atribuyen a lo incómodo que es el asiento por no estar adaptado a las características antropométricas de los conductores (**Fig. 13**) y otras molestias relacionadas con el diseño inadecuado desde el punto de vista de factores anatomofisiológicos del manipulador de tracción frenado. Derivado de esto y con el conocimiento adquirido en la materia de Ergonomía decidí hacer el análisis ergonómico a la cabina del tren enfocándome solamente a estos dos elementos de la cabina del tren.



Fig. 13: Conductora del Metro.

A continuación se presenta el organigrama del Sistema de Transporte Colectivo Metro

## Organigrama

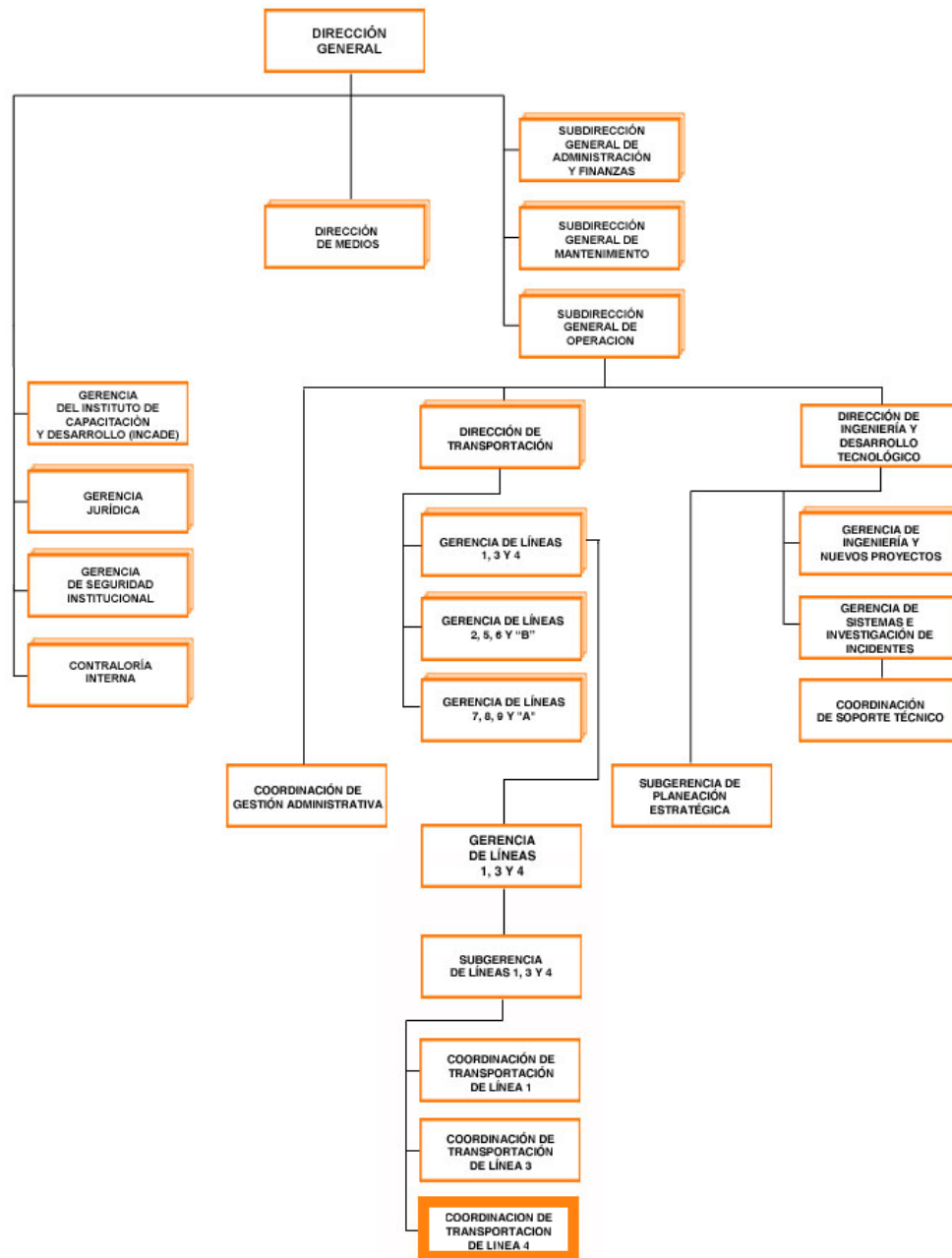


Fig. 14: Organigrama STC Metro



# Capítulo II

## Análisis Ergonómico Cabina del Tren del STC Metro

### Antecedentes

### Ergonomía

Desde el punto de vista etimológico la palabra Ergonomía proviene de dos raíces griegas: "ERGON" que se traduce al español como "TRABAJO" y "NOMOS" cuyo significado es más amplio ya que se significa "LEYES NATURALES, CONOCIMIENTO, ESTUDIO" por lo que se puede entender como "LEYES NATURALES DEL TRABAJO".

El término Ergonomía fue propuesto por primera vez en 1857 por Wojciech Bogumil Jastrzebowski en su libro intitulado "Ensayos de Ergonomía o ciencia del trabajo", basado en leyes objetivas de la ciencia sobre la naturaleza.

Según el especialista Ian Noy, la Ergonomía es un campo multidisciplinar cuyo objeto de estudio son las interacciones ente los humanos y otros elementos de un sistema que va desde herramientas simples hasta estructuras sociotécnicas complejas, cuyo ideal es desarrollar tecnología centrada en el ser humano. Aunque por sus raíces etimológicas, la ergonomía en un sentido más amplio se ocupa de todas las formas de actividad humana que se basa en la aplicación del método científico para el desarrollo de teorías, principios y datos relevantes para el diseño que han tenido un impacto enorme en la reducción del error cometidos por los usuarios, mejor desempeño laboral, reducción de las lesiones ocupacionales e

incomodidad de los trabajadores, así como más seguridad, funcionalidad y eficiencia en las organizaciones.

Para llevar a cabo un análisis ergonómico completo se facilita su estudio por medio de la investigación dividida en cinco factores:

- Factor anatomofisiológico
- Factor antropométrico
- Factor psicológico
- Factor psicosocial
- Factor físico-ambiental

Durante el desarrollo de este proyecto se irá explicando cómo interviene cada uno de estos factores en el análisis ergonómico de los dos elementos estudiados en el proyecto: al asiento del conductor y al manipulador de tracción- frenado.

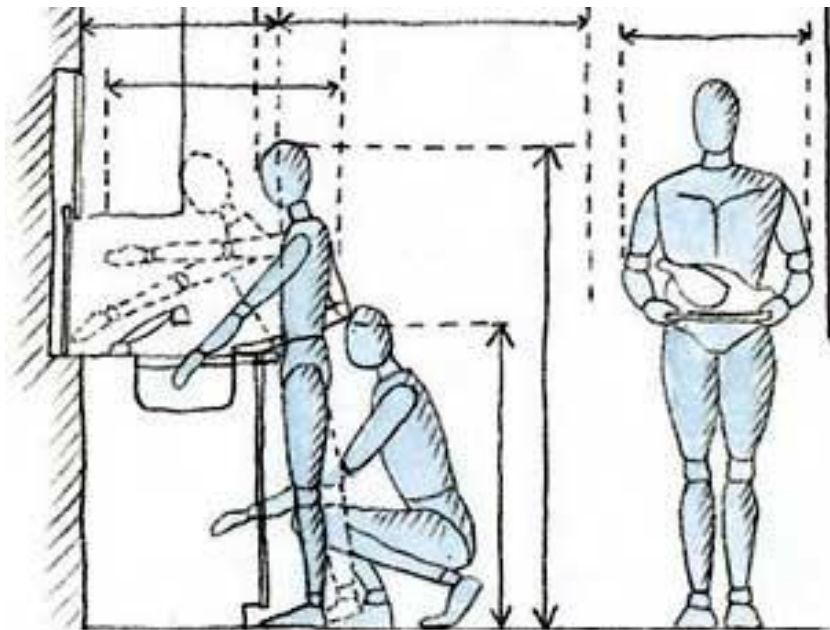


Fig. 15: Ergonomía

## Factor Psicológico

Los conductores están sujetos a realizar tareas sencillas y repetitivas. Además pasan entre 4 y 5 horas dentro de un espacio pequeño de 1.10 [metros] por 2.15 [metros] aproximadamente 2.5 [ $m^2$ ] ver (**Fig. 16**), impidiendo que el trabajador tenga movilidad en su espacio de trabajo, esto provoca que el conductor caiga en la monotonía, presente fatiga y naturalmente la productividad disminuye.

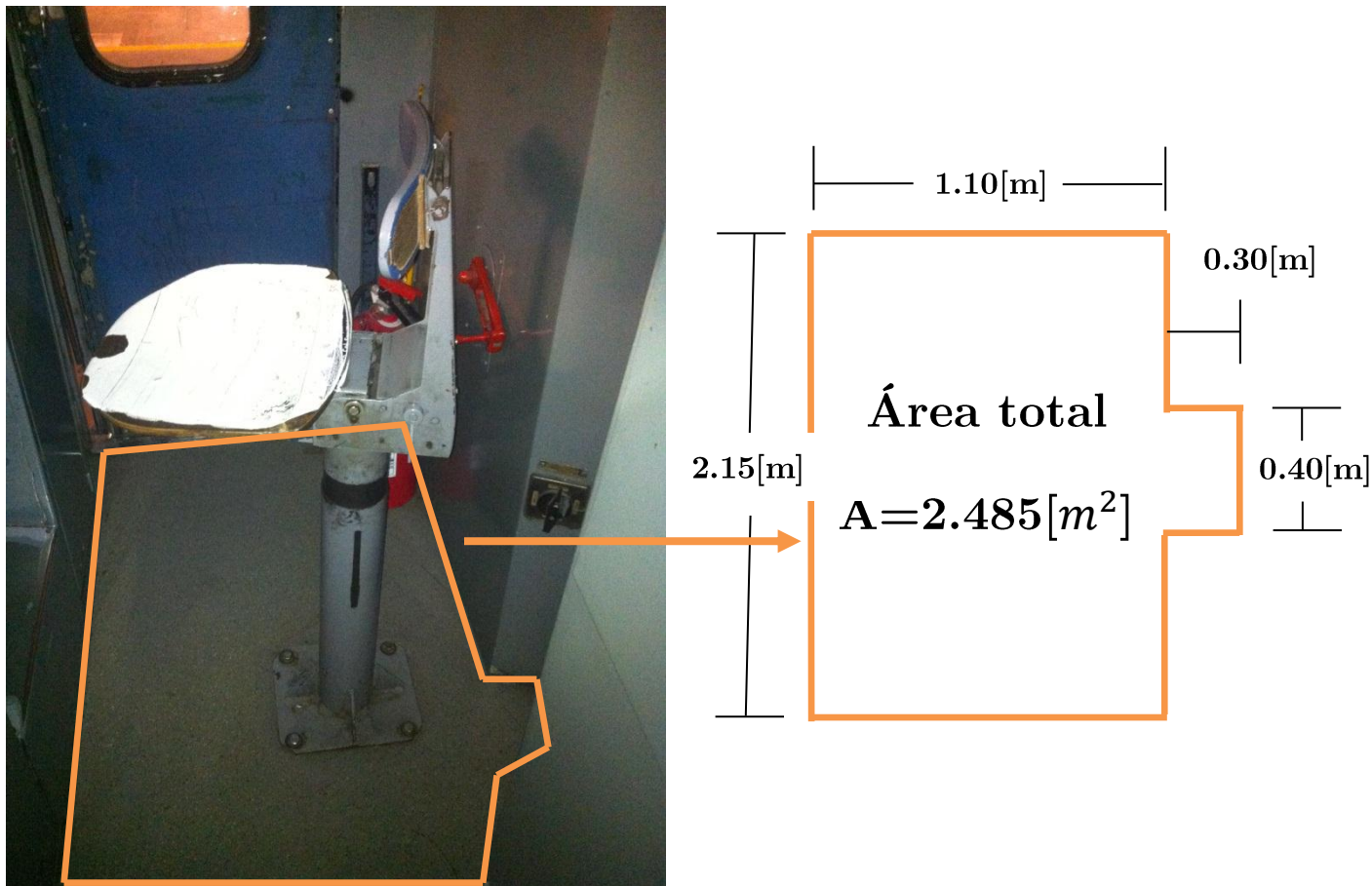


Fig. 16: Dimensiones cabina del tren



Esta situación le produce frustración, aburrimiento y al quedar inmerso en la monotonía, poco a poco se vuelve apático, pierde el interés por su labor, con lo que su estado de ánimo se deteriora. Lo anterior da como resultado de una disminución en la calidad de servicio.

El reto más evidente es encontrar la manera de contrarrestar, prevenir o atenuar el aburrimiento. Lo que se evita en gran parte, con una adecuada selección y asignación de personal.

Otra manera consiste en modificar las condiciones físicas o sociales del trabajo, así como el horario, modificando los interiores de la cabina con colores que le den mayor luz y un aspecto de mayor profundidad, rolando a los conductores para que realicen su trabajo pero con un mayor descanso, es decir al terminar de dar un viaje redondo cambiar con los compañeros que se encuentran de reservas.

Se han aplicado otros sistemas cuyos resultados son variables Si los empleados sufren porque su trabajo es demasiado rutinario una alternativa es la rotación de puestos<sup>9</sup>. En el cual se consigue el éxito sólo si las actividades no son muy semejantes a la anterior, pues de lo contrario sería nulo, además de reducir el aburrimiento aumenta su experiencia en las distintas funciones desarrolladas en la empresa.

También se le puede enseñar a los empleados el valor y el significado de su trabajo. Esto se puede hacer mediante programas de capacitación de orientación psicológica que ayuden a promover la motivación, y con ello, aumentar la tolerancia al trabajo monótono.

Tendremos que hacer una aclaración con respecto a lo que entendemos por fatiga, esto es que existe la fisiológica que se debe a una actividad física excesiva, como la que se da en situaciones de movimientos musculares repetitivos o en posiciones forzadas durante largos períodos de tiempo de manera ininterrumpida y la psicológica. Aunque el término de fatiga se utilice para describir estados de diferente intensidad desde muy ligera hasta agotamiento total. La fatiga puede traducirse en una disminución de la capacidad de respuesta o de acción de la persona fatigada. Se trata de un fenómeno multicausal que afecta al organismo en su totalidad que además repercuten en la manera de expresarse y en la intensidad

---

<sup>9</sup> Fundamentos del Comportamiento Organizacional; Stephen P. Robins; pág. 229



en que se siente la misma en función de factores situacionales y características personales.

Por otro lado, se le puede considerar como un mecanismo regulador del organismo que indica la necesidad de descanso del organismo afectado (Wisner). La sensación de monotonía, la hipovigilancia y la saturación mental son estados similares a la fatiga mental que desaparecen cuando se producen cambios en la tarea o en las condiciones de trabajo.

La monotonía y la hipovigilancia sólo se diferencian por las circunstancias en que aparecen, la primera sería un estado de activación reducida, de lenta evolución, que puede aparecer en el desarrollo de tareas largas, uniformes, repetitivas y se asocia principalmente a la somnolencia, disminución y fluctuación del rendimiento, y variabilidad de la frecuencia cardíaca. En la hipovigilancia se reduce el rendimiento en las tareas de vigilancia. Con la fatiga se produce una "progresiva debilitación de la capacidad de resistencia de la persona sometida a un esfuerzo intenso o prolongado. La fatiga mental (**Fig. 17**) se manifiesta como una progresiva disminución de la capacidad de respuesta humana ante grandes exigencias (de intensidad o de duración) de esfuerzos de tipo cognitivo (atencional, de memoria, etc.) que tienden a disminuir el rendimiento y aumentar los errores, el ausentismo, la rotación de personal y los accidentes.



**Fig. 17:** Cansancio (fatiga mental)

Durante la fatiga se pueden producir respuestas típicas del mecanismo adaptativo del estrés con activación del sistema nervioso autónomo rama simpática con aumento de la presión arterial, de la frecuencia cardiaca y respiratoria, así como cambios en la respuesta inmune.

A pesar de no haber tareas que exijan un desgaste físico considerable, los trabajadores señalan que se sienten más cansados hacia el final de la semana y llegan a presentar dolores lumbares, dolores de cabeza, etc. Desde el punto de vista ergonómico se analizan las causas anteriores, se observa cómo se conjugan los factores ergonómicos como el psicológico y el antropométrico: que el conductor se vea forzado a realizar su trabajo teniendo que adaptarse a elementos que no se ajusten a sus dimensiones físicas o ambos.

De igual manera se ha llegado a encontrar problemas psicológicos entre trabajadores que han llegado a arrollar a alguna persona aunque normalmente el trabajador tiene días de descanso y ayuda psicológica. En fechas recientes los trabajadores se presentan al otro día normal a su turno después de las averiguaciones del caso, pero este temor es transmitido hacia otros compañeros que están pendientes de que no vuelva a ocurrir este infortunio.



Fig. 18: Aburrimiento

## Factor Psicosocial

El concepto factores psicosociales hace referencia a aquellas condiciones que se encuentran presentes en una situación laboral y que están directamente relacionadas con la organización, el contenido de trabajo y la realización de la tarea, y que tienen capacidad para afectar tanto al bienestar o la salud (física, psíquica o social) del trabajador, como al desarrollo del trabajo. Los factores psicosociales son susceptibles de provocar daños a la salud de los trabajadores, pero también pueden influir positivamente en la satisfacción y, por tanto, en el rendimiento. Los factores psicosociales “consisten en interacciones entre, por una parte, el trabajo, el medio ambiente y las condiciones de organización, y por la otra, las capacidades del trabajador, sus necesidades, su cultura y su situación personal fuera del trabajo, todo lo cual, a través de percepciones y experiencias, pueden influir en la salud, el rendimiento y la satisfacción en el trabajo”<sup>10</sup>. Los conductores se enfrentan a diversos problemas psicosociales, principalmente tienen a su cargo la responsabilidad de transportar diariamente a miles de personas salvaguardando la integridad del usuario, además tienen la presión de los superiores y de los mismos pasajeros para que no exista ningún tipo de retraso, uno de los sucesos más frecuentes es el reclamo del usuario debido a que el tren no avanza a una buena velocidad o se detiene en numerosas ocasiones y esto causa al operador estrés, tensión, desánimo, etc.



Fig. 19: Estrés



Fig. 20: Presión.

<sup>10</sup> Manual para el Técnico en prevención de riesgos laborales; Pedro Mateo Floria, Diego González Maestre; pág. 1329.



## Factor Físico Ambiental

Las condiciones físico ambientales de trabajo son las circunstancias físicas en las que el empleado se encuentra cuando ocupa un cargo dentro de la empresa en la que labora. Es el ambiente físico que rodea al empleado mientras desempeña su trabajo que consiste en el diseño del habitáculo mismo, todos sus accesorios, la iluminación, temperatura, humedad, ventilación, ruido, vibraciones, calidad del aire respirado, etc..

Estos aspectos físicos que pueden ocasionar malestar y frustración. Como puede ser la importancia de la ventilación y el sistema de aire acondicionado, ya que en la cabina del tren solo existe ventilación y en muchas ocasiones se encuentra averiada. Durante tiempos de frío es necesario que el conductor tenga aire acondicionado ya que en distintos lugares del recorrido la temperatura es baja alrededor de 10 [°C], como en los túneles y en el garaje.

Otra causa frecuente de malestares en los conductores que no es muy tomada en cuenta es la falta de sanitario dentro de la cabina del tren ya que los trabajadores tienen que esperar a terminar su recorrido para poder acudir a los sanitarios y esto se puede convertir en un gran distractor, además de la incomodidad para el conductor.

En cuanto a la iluminación, el sentido común nos dice que la calidad del trabajo disminuye cuando no hay luz suficiente, sino que se encuentra especificado en la norma 025 de la STPS que establece los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

Por otra parte, se sabe que si una iluminación defectuosa se prolonga largo tiempo, el sujeto puede sufrir trastornos visuales. Con respecto a la iluminación interior del tren, es correcta, no existe ningún problema para identificar cada elemento de la cabina, tampoco se encuentran factores que puedan causar deslumbramientos o molestias visuales.

El problema no se presenta en el interior sino en el exterior por los cambios constantes de iluminación hay a lo largo del recorrido.

Hay una mala iluminación exterior ya que el estar cambiado constantemente de zonas entre túneles oscuros (**Fig. 21**), zonas al aire libre con iluminación natural, provocan que el trabajador llegue a presentar fatiga visual por la excesiva exigencia de poner a trabajar los mecanismos adaptativos de la retina de sus ojos al ir de áreas con poca iluminación como túneles a regiones abiertas que pueden tener un exceso de iluminación. Esto generalmente ocurre por las mañanas al salir de los túneles y mirar el resplandor exterior deslumbra al conductor en distintos puntos del recorrido del tren.



**Fig. 21: Túnel Metro**

En cuanto al ruido, el sonido que se considera indeseable, según la Organización Mundial de la salud también disminuye la eficiencia del empleado.

La unidad básica para medir el ruido es el **decibel [db]**

#### LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EXPOSICION

NER	TMPE
90 dB(A)	8 HORAS
93 dB(A)	4 HORAS
96 dB(A)	2 HORAS
99 dB(A)	1 HORA
102 dB(A)	30 MINUTOS
105 dB(A)	15 MINUTOS

Tabla 2: Límites máximos permisibles de ruido

Como establece la norma NOM-011-STPS-2001, por arriba de 90 decibeles en una exposición de 8 horas (Tabla 2), y en relación con los tiempos de exposición laboral, no solamente se daña el oído, sino también el sentido del equilibrio pues se afecta también el oído interno. Sin embargo dentro de la cabina no hay un ruido excesivo, los niveles de ruido presentes alrededor de la cabina están dentro de los límites permisible, en todo caso a los operadores se les dota del equipo de protección auricular necesario para disminuir la afectación sobre la audición.



Fig. 22: Ruido



Una de las condiciones ambientales más importantes en el tema que nos ocupa es la temperatura que debe analizarse junto con otro factor físico ambiental, como lo es la humedad que es consecuencia del alto grado de contenido higrométrico del aire.

Todos hemos sentido los efectos que la temperatura y humedad tienen en nuestro estado de ánimo, nuestra capacidad de trabajo e incluso en nuestro bienestar físico y mental.

El estado del tiempo y la temperatura nos afectan en forma diferente.

Cuando se realiza trabajo bajo techo la temperatura y humedad se controlan bien, si es que la empresa está dispuesta a invertir bastante dinero y si las instalaciones se prestan a ello.

El cuerpo humano se adapta a muchas circunstancias, podemos soportar temperaturas extremadamente altas y mantenemos la capacidad de trabajo en días calurosos y húmedos durante largos períodos.

La misma temperatura resulta tolerable o insoportable según el grado de humedad, la velocidad de circulación del aire sobre la piel repercute en la tolerabilidad de determinada temperatura y humedad<sup>11</sup>.

La evaporación del agua corporal produce la sudoración y al enfriarse la misma sobre la piel, reducen la temperatura corporal.

Las investigaciones dedicadas al trabajo físico demuestran que las condiciones climatológicas adversas pueden influir en la calidad y cantidad de trabajo realizado.

La productividad disminuye en casos de calor y humedad excesivos. Se toleran mejor las condiciones climáticas extremas si el recambio de aire se encuentra dentro de los parámetros que establece la norma **NOM-015-STPS-2001**.

En el caso particular del operador del tren en el S.T.C. Metro la temperatura alta y fría como se mencionó anteriormente es un factor que afecta al conductor.

En el caso de la temperatura es elevada es imposible tratar de eliminarla con el sistema de ventilación con el que se cuenta y a falta de aire acondicionado los

---

<sup>11</sup><http://www.monografias.com/trabajos65/seguridad-medio-ambiente/seguridad-medio-ambiente2.shtml>

conductores llegan a presentar problemas de empañamiento de los lentes y sudoración excesiva que se traduce como una pérdida importante de agua corporal que lo lleva a la deshidratación, lo cual aunada al pequeño espacio que se tiene para realizar su trabajo hace más difícil el recorrido del conductor.

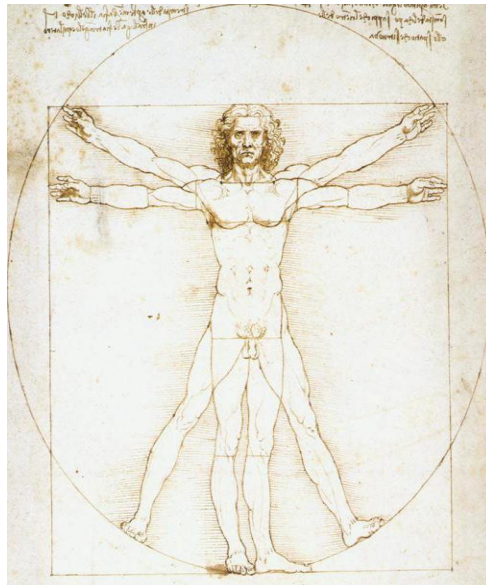


Fig. 23: Temperatura



## Factor Antropométrico

El término antropometría proviene de las raíces griegas: anthropos (hombre) y metron (medida) y trata del estudio cuantitativo de las características físicas del hombre. El interés por conocer las medidas y proporciones del cuerpo humano es muy antiguo. Los egipcios ya aplicaban una fórmula fija para la representación del cuerpo humano con unas reglas muy rígidas<sup>12</sup>. En la época griega, el canon es más flexible, pudiendo los artistas corregir las dimensiones según la impresión óptica del observador. El Arquitecto Vitruvio en el siglo I desarrolló un tratado de proporciones. A finales del siglo XV, Leonardo da Vinci plasmó los principios clásicos de las proporciones humanas a partir de los textos de **Marco Vitrubio**<sup>13</sup> en un dibujo en el que se observa la figura de un hombre circunscrita dentro de un cuadrado y un círculo. Es conocido como “el hombre de Vitruvio” (**Fig. 24**) o “Canon de las proporciones humanas”, ya que trata de describir las proporciones del ser humano perfecto.



**Fig. 24: Hombre de Vitruvio**

<sup>12</sup><http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno%20del%20puesto/DTEAntropometriaDP.pdf>

<sup>13</sup> Arquitecto romano, autor de tratado Sobre la arquitectura. En El hombre de Vitruvio, Leonardo da Vinci estudió las proporciones del cuerpo humano partiendo de pasajes de Sobre la arquitectura.



Probablemente, el origen de la antropometría científica moderna se encuentre en la obra de Alberto Durero (1471) Los cuatro libros de las proporciones humanas, publicado de modo póstumo en 1528. Aunque ya Leonardo Da Vinci había registrado sus estudios sobre las proporciones del cuerpo humano por medio de dibujos que se encuentran contenidos en sus múltiples códices.

Actualmente, la antropometría es una disciplina fundamental en el ámbito laboral, tanto en relación con la seguridad como con la ergonomía. La antropometría permite crear un entorno de trabajo adecuado permitiendo un correcto diseño de los equipos ajustándolos a las medidas de los usuarios y su adecuada distribución, permitiendo configurar las características geométricas del puesto, un buen diseño del mobiliario, de las herramientas manuales, de los equipos de protección individual, etc.

Para este proyecto se tuvo acceso solo a las medidas de peso y estatura de los conductores de L-4, lo que es para el diseño del asiento y las longitudes que tenemos que utilizar.

En el caso del manipulador se tomaron pocas muestras de los datos antropométricos de las manos de los conductores debido a falta de tiempo y de la poca colaboración de los conductores, solo se tuvo acceso a algunos por lo tanto se decidió tomar como datos antropométricos tablas de Latinoamérica. Ya que en México no cuenta actualmente con un archivo de datos antropométricos de la población. Lamentablemente no hay instituciones que se hayan encargado de esta tarea que es fundamental para el país, tenemos instituciones como el INEGI la cuál está capacitada para realizar esta tarea, pero no lo ha realizado, inclusive en otros países ya cuentan hasta con normas dedicadas al tema de ergonomía y en México no se ha desarrollado un interés profundo en este tema.

Algo que se debe tomar en cuenta es que los datos antropométricos se expresan generalmente en percentiles, y en el diseño de los dos elementos estudiados utilizamos medidas en percentiles, pero ¿Qué es un percentil?

Un percentil (**Fig. 25**) expresa el porcentaje de individuos de una población dada con una dimensión corporal igual o menor a un determinado valor.

El percentil es una medida de posición. Si dividimos una distribución en 100 partes iguales y se ordenan en orden creciente de 1 a 100, cada punto indica el porcentaje de casos por debajo del valor dado.

El concepto de percentil es muy útil ya que nos permite simplificar cuando hablamos del porcentaje de personas que vamos a tener en cuenta para el diseño. Por ejemplo, cuando nos referimos a la talla y hablamos del P5, éste corresponde a un individuo de talla pequeña y quiere decir que sólo un 5% de la población tienen esa talla o menos. Si nos referimos al P50, lo que decimos es que por debajo de ese valor se encuentra la mitad de la población, mientras que cuando hablamos del P95, se está diciendo que por debajo de este punto está situado el 95% de la población, es decir, casi toda la población.

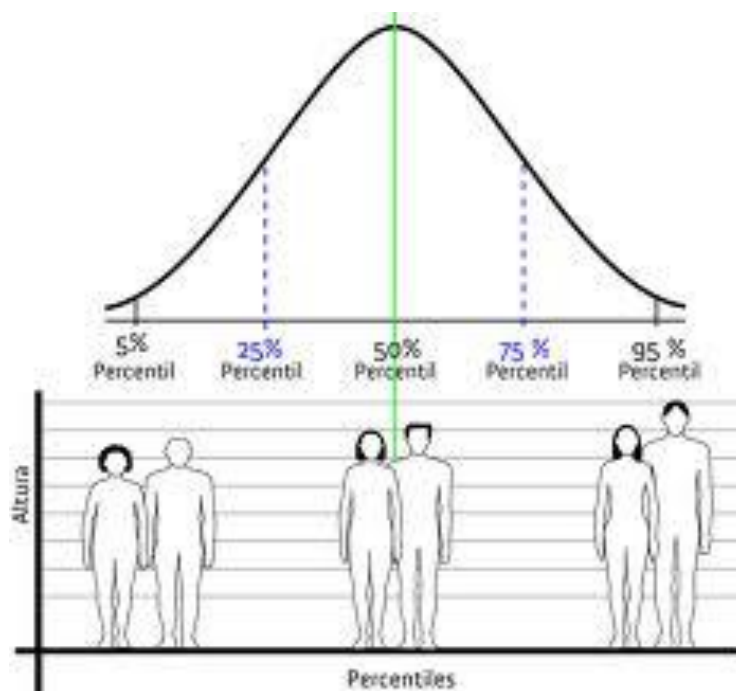


Fig. 25: Percentiles



Los percentiles más empleados en diseño ergonómico son el P5 y el P95, es decir, que se proyecta para un 90% de los usuarios. Sin embargo, cuando se trata de garantizar la seguridad del usuario, se emplean los P1 y P99 que cubren a la mayor parte de la población (sólo deja fuera un 2%).

En este proyecto se utilizó el P5 y P95 ya que utilizamos tablas antropométricas de Latinoamérica por el poco acceso que se tuvo a los conductores.

## Factor Anatomofisiológico

Tanto la estructura (anatomía) como el funcionamiento (fisiología) del cuerpo humano son esenciales para el proyecto este factor es de los que tiene mayor peso dentro del estudio. Para poder conocer de una forma más profunda este tema describiremos un método de análisis postural (el método RULA) el cuál utilizaremos para poder calificar si los trabajadores tienen una postura adecuada para trabajar o si es necesario rediseñar el puesto de trabajo, por el alto riesgo que presenten de presentar una lesión musculoesquelética.

El método RULA (Rapid Upper Limb Assessment)<sup>14</sup> es creación del Dr. Lynn McAtamney y el Profesor E. Nigel Corlett, de la Universidad de Nottingham en Inglaterra, fue publicado originalmente en Applied Ergonomics en 1993.

Tal como señalan los autores, RULA fue desarrollado para entregar una evaluación rápida de los esfuerzos a los que son sometidos los miembros superiores del sistema musculoesquelético de los trabajadores debido a postura, función muscular y las fuerzas que ellos ejercen.

Una gran ventaja de RULA es que permite hacer una evaluación inicial rápida de un gran número de trabajadores.

---

<sup>14</sup> McAtamney, L. & Corlett, E.N. (1993) RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, Applied Ergonomics, 24, 91-99.

Se basa en la observación directa de las posturas adoptadas durante la tarea por las extremidades superiores, cuello, espalda y piernas.

Determina cuatro niveles de acción en relación con los valores que se han ido obteniendo a partir de la evaluación de los factores de exposición antes citados.

El análisis puede efectuarse antes y después de una intervención para demostrar que dicha acción ha influido en disminuir el riesgo de lesión. Estos niveles están relacionados con los movimientos de flexión, extensión o de rotación en las articulaciones involucradas en el movimiento estudiado.

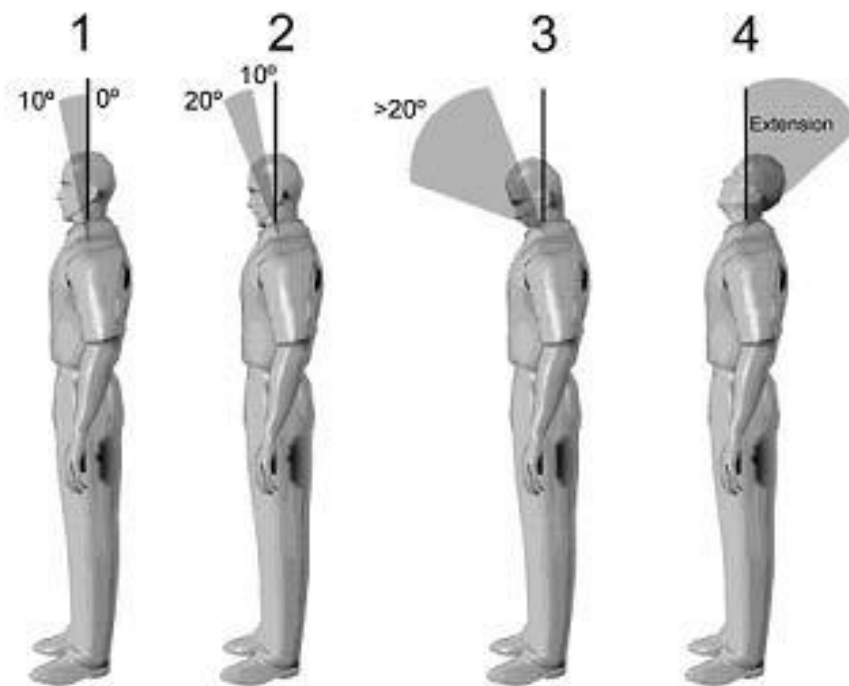


Fig. 26: RULA



## Metodología RULA

- Determinar los ciclos de trabajo y observar al trabajador durante varios ciclos.
- Seleccionar las posturas a evaluar.
- Determinar, para cada postura, si se evaluará el lado izquierdo del cuerpo o el derecho (en caso de duda se evaluarán ambos).
- Determinar las puntuaciones para cada parte del cuerpo.
- Obtener la puntuación final del método y el Nivel de Actuación para determinar los riesgos del mal diseño del centro de trabajo.
- Revisar las puntuaciones de las diferentes partes del cuerpo para determinar dónde es necesario aplicar correcciones.
- Rediseñar el puesto o introducir cambios para mejorar la postura si es necesario.
- En caso de haber introducido cambios, evaluar de nuevo la postura con el método RULA para comprobar la efectividad de la mejora.

Una vez obtenida la puntuación se le asigna un nivel y de acuerdo al nivel hay un acción a realizar tal como se muestra en la (**Tabla 3**):

Nivel	Actuación
1	Cuando la puntuación final es 1 ó 2 la postura es aceptable.
2	Cuando la puntuación final es 3 ó 4 pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
3	La puntuación final es 5 ó 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.

**Tabla 3: Resultados Método RULA**

## Encuesta

Para poder obtener más datos para el análisis ergonómico de la cabina se realizó una encuesta, con las respuestas obtenidas nos daremos una idea de la satisfacción que tienen los trabajadores con el asiento actual, la encuesta se muestra a continuación.

# Encuesta

Análisis Ergonómico en la cabina del metro.

Esta encuesta tiene el objetivo de investigar, cuales son las principales molestias que presentan los operarios del sistema de transporte colectivo (metro) de la ciudad de México. Los datos obtenidos en esta encuesta son anónimos y confidenciales.

Fecha:

Hora inicio:

Datos del encuestado.

Género: ( ) M ( ) F

Edad: ( ) 18-25, ( ) 26-30, ( ) 31-35,  
( ) 36-40 ( ) 41-45, ( ) 46-50, ( ) 55-60.

Peso: ( ) 50- 60 kg ( ) 61- 70 kg, ( ) 71- 80 kg  
( ) 81- 90 kg ( ) 91- 100 kg, ( )

Estatura: ( ) 1.50-1.60 m, ( ) 1.61-1.70 m.  
( ) 1.71-1.80 m, ( ) 1.81-1.90 m.

Tiempo laborando en el puesto \_\_\_\_\_ años

1.- ¿Sabe lo que es ergonomía?

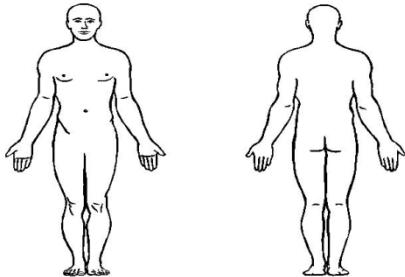
- a) Si
- b) No

¿Mencione su definición? \_\_\_\_\_

2.- ¿Después de iniciar su jornada de trabajo, en cuánto tiempo muestra cansancio o fatiga?

- a) 1 hrs
- b) 2 hrs
- c) 3 hrs
- d) Mas de 4hrs

3.- Si presenta alguna molestia, marca el lugar donde sientas el dolor en el esquema.



4.-Si la molestia es grande:

- a) \_\_\_ Ha faltado al trabajo:
- b) \_\_\_ Ha acudido al médico
- c) \_\_\_ Toma medicina para aliviar el dolor
- d) \_\_\_ Ha estado hospitalizado por eso

5.- ¿Durante su jornada de trabajo, como prefiere operar el tren?

- a) Sentado.
- b) Parado.
- c) Otros \_\_\_\_\_

¿Por qué? \_\_\_\_\_

6.- ¿Le es cómodo el asiento de la cabina del tren?

- a) Si.
- b) No.

¿Por qué? \_\_\_\_\_

7.- ¿Existen diferentes tipos de asiento en la cabina del tren, cuál le parece más cómodo?

8.- ¿Utiliza algo para hacer más cómodo el asiento de la cabina?

- a) Cojín.
- b) Alguna prenda.
- c) Otro: \_\_\_\_\_

9 ¿Utiliza anteojos?

- a) Si.
- b) No.

10.- Al ubicarse sentado en el asiento de la cabina, ¿Cree usted que su campo visual es adecuado?

- a) Si.
- b) No.

11.- ¿Desde su asiento puede alcanzar la palanca de velocidad y los botones con facilidad?

12.- Si pudiera cambiar algo en la cabina de conducción para hacerlo más seguro y cómodo ¿Qué haría?

Hora final:

Gracias por su tiempo.



## Características del Asiento actual del conductor.



Fig. 27 Asiento modelo 1

En las Fig. 27, 28 y 29 se presentan los 3 modelos de asientos en el tren que da servicio a la L-4, la mayoría se encuentran en mal estado, además no cuentan con reposa-brazos ni con reposa-cabeza, esto hace que a lo largo del viaje sea muy incómodo y por esta razón implique que el conductor vaya gran parte del recorrido parado. Muchos de los colchones del asiento están rotos y al no tener colchón molesta los glúteos. Además la dimensión del asiento y el respaldo no considera los datos antropométricos de los trabajadores.



Fig. 28 Asiento modelo 2



Fig. 29 Asiento modelo 3

De los 3 modelos de asientos con los que se cuenta actualmente, todos se encuentran empotrados al piso de la cabina, lo cual al no tener amortiguador en el asiento provocará con el tiempo problemas en la columna vertebral, lo que es evidente por las distintas molestias que presentan los trabajadores en la zona lumbar al terminar la jornada de trabajo, Solo el asiento modelo 3 tiene un resorte que aminora ligeramente las vibraciones.



Fig. 30: Asiento Modelo 2 vista 2

Los asientos tienen averiado el ajuste de altura, por otro lado el colchón del asiento se encuentra en mal estado y en muchos casos colocan distintos objetos como cojines, cobijas hasta llegan a utilizar ropa de los mismos conductores por las molestias que presentan al sentarse, no cuenta con reposa- brazos, ni con un reposa-cabezas, además de que el ancho del asiento no se adecua a la antropometría del conductor del STC Metro.

El reposapiés (**Fig. 32**) es muy angosto y no caben ambos pies, sola cabe una pierna resulta incómodo.



Fig. 31: Asiento modelo 3 vista 2



Fig. 32: Reposapiés

# Análisis Ergonómico al Manipulador del Tracción-Frenado.

## Objetivo

El objetivo en esta parte del proyecto es verificar mediante análisis ergonómico, si el manipulador de tracción-frenado (**Fig. 33**) se adapta a las características antropométricas del conductor del S.T.C. Metro.

Se elaboró un protocolo de análisis ergonómico personalizado, con observación y mediciones del proceso, ambiente de trabajo que prácticamente es el mismo que se hizo en el análisis al asiento del conductor involucrando los mismos factores antropométricos, psicológicos, psicosociales y ambientales.

El análisis se realizó en los nuevos trenes de la L-12 (línea dorada), ya que en distintas líneas los conductores han presentado problemas como síndrome del túnel del carpo por ello el interés personal por realizar el análisis a este elemento de la cabina.



Fig. 33 Manipulador de Tracción-frenado

# La Mano

Mano, del latín manus. Las manos forman parte de las extremidades del cuerpo humano, siendo el cuarto segmento del miembro superior o torácico, están localizadas en los extremos de los antebrazos, son prensiles y tienen cinco dedos cada una.

Como en los otros órganos pares (ojos, oídos, piernas), cada mano, está controlada por el hemisferio del lado contrario del cuerpo. Siempre hay una dominante sobre la otra, la cual se encargará de actividades como la escritura manual, de esta forma, el individuo podrá ser:

**Siniestro** si la predominancia es de la mano izquierda (zurdo).

**Diestro** si es de la derecha (diestra).

Abarcan desde la muñeca hasta la yema de los dedos en los seres humanos.



Fig. 34: La Mano

# Anatomía de la mano

La mano humana consiste en una palma central (cuyos huesos forman el metacarpo) de la que surgen cinco dedos, está unida al antebrazo por una articulación llamada muñeca (cuyos huesos forman el carpo). Además, la mano está compuesta de varios, músculos y ligamentos diferentes que permiten una gran cantidad de movimientos y destreza.

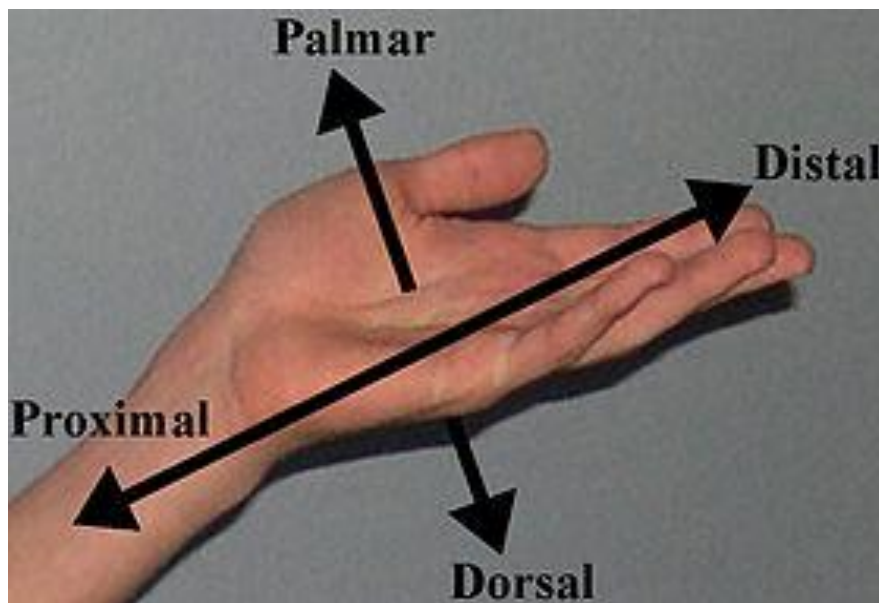


Fig. 35: Ejes de la Mano

Cada mano posee 27 huesos, 8 en el carpo, 5 metacarpianos y un total de 14 falanges. En conjunto forman un canal de concavidad anterior por el que se deslizan los tendones de los músculos flexores de los dedos.

Los 8 huesos del carpo se organizan en dos filas o hileras, una superior y otra inferior. De radial a cubital la fila superior compuesto de los huesos escafoides (escafoideum), semilunar (lunatum), piramidal (triquetum) y pisiforme. La fila inferior la forman el trapecio (trapezium), trapecoide (trapezoideum), hueso grande (capitatum) y hueso ganchoso (amatum).

Las caras anteriores y posteriores son rugosas y corresponde a las caras palmar y dorsal de la mano. Las caras superior, inferior y lateral o medial son articulares, excepto las caras laterales de los huesos que están en los extremos de ambas filas del carpo.

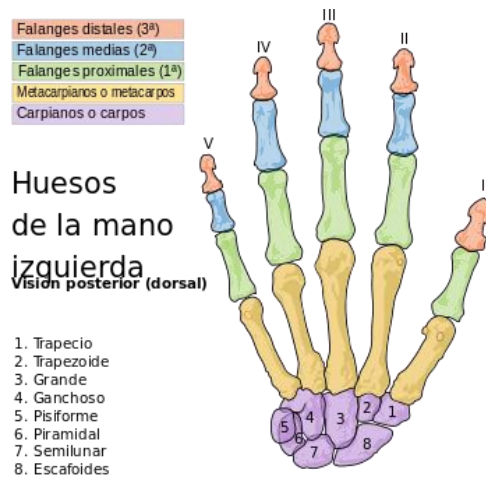


Fig. 36: Huesos de la Mano

## Antropometría de la mano

Un factor importante para el diseño ergonómico de herramientas o instrumentos que sean manipulados con la mano es la antropometría (Medidas del Cuerpo Humano).

Hay 8 dimensiones fundamentales de la mano <sup>15</sup>.

**LM**= Longitud de la mano.-Medido desde el pliegue más distal y palmar de la muñeca, hasta el extremo distal de la tercera falange.

**LP**= Longitud Palmar.-Desde el pliegue más distal y palmar de la muñeca hasta la línea proyectada desde el pliegue más proximal de la segunda falange.

**AM**= Ancho de la Mano.-Distancia entre la cabeza del quinto metacarpiano por lateral hasta la cabeza del primer metacarpiano por lateral.

<sup>15</sup> Revista Ciencia & Trabajo; año 13 ; número 39 enero / marzo 2011;www.cienciaytrabajo.cl

**AP**= Ancho Palmar.-Distancia entre las cabezas del segundo y quinto metacarpiano desde su zona más lateral.

**LF**= Longitud Falanges.- Se mide en la cara dorsal de la mano flexionada en 90° desde la cabeza del metacarpiano al extremo de la misma falange. Características del manipulador de tracción-frenado.



Fig. 37: Antropometría de la Mano

**DA**= Diámetro de Agarre.- Diámetro máximo de agarre en una estructura cónica entre la primera y la tercer falange.

**CM**= Circunferencia Mano.- Se registra rodeando la muñeca en torno a la cabeza del primer metacarpiano pasando por la eminencia hipotenar.

**CP**= Circunferencia Palmar.- Rodeando la mano de manera perimétrica pasando por el quinto metacarpiano.



Fig. 38: Diámetro de Agarre



Fig. 39: Circunferencia Palmar



Fig. 40: Circunferencia de la Mano



Dentro del Análisis Ergonómico se toma en cuenta 3 medidas que son las más representativas para el estudio del Manipulador de Tracción-Frenado

Las cuáles son:

AP- Ancho Palmar con  $A$  = Ancho del Manipulador (utilizado por convención para tener la relación con el ancho de la mano).

LP- Largo Palmar se relaciona con  $B$  = Largo del Manipulador.

DA-Diámetro de Agarre que tiene conexión directa con  $C$  = Grosor del manipulador.

Para DA y LP usaremos tablas con percentil 5 porque en este estudio se encuentran mujeres que generalmente tienen la mano mas pequeña en todas sus dimensiones y una mano mas grande se adapta mejor a los diseños enfocados al largo de la mano.

Para el diseño del ancho del manipulador AP se utilizaría un P. 95 en las medidas obtenidas del ancho palmar porque un manipulador mas pequeño a esta medida excluiría a las manos que son mas ancha y esto con el tiempo provocaría dolores, fatiga, problemas musculo-esqueleticos.

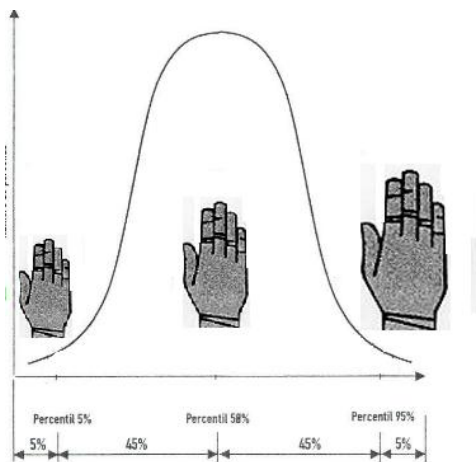


Fig. 41: Percentiles Mano

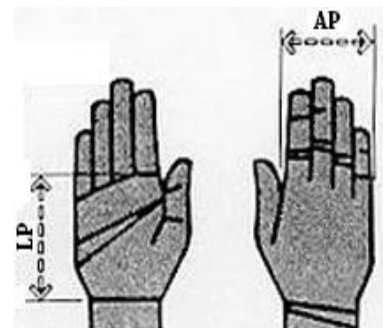


Fig. 42: LP y AP de la mano

## Características del Manipulador de tracción-frenado

El manipulador de tracción- frenado es el que a través de su acción deja pasar más o menos caudal del elemento que genera la tracción, la energía eléctrica, el manipulador funciona mediante varias posiciones que permiten añadir o quitar potencia al tren, dejar que avance por inercia o aplicar más o menos intensidad de freno.

Tiene un sensor digital de acuerdo a su diseño con tan solo colocar el dedo pulgar sobre el sensor actúa como seguro para controlar la velocidad o frenado deseado.

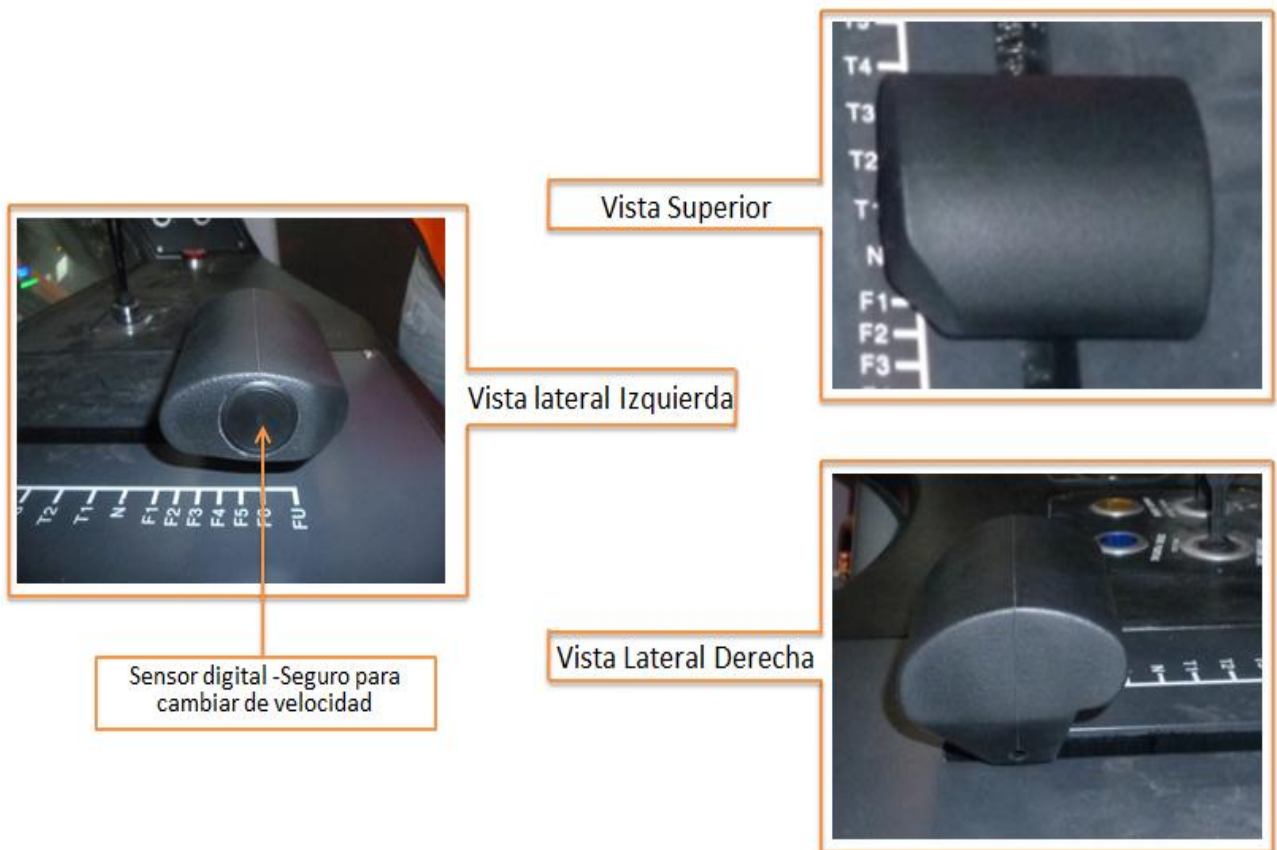


Fig. 43: Características Manipulador

## Dimensiones fundamentales del manipulador de tracción-frenado

Las dimensiones fundamentales del manipulador son 3 mismas que se pueden apreciar en la (Fig. 44).

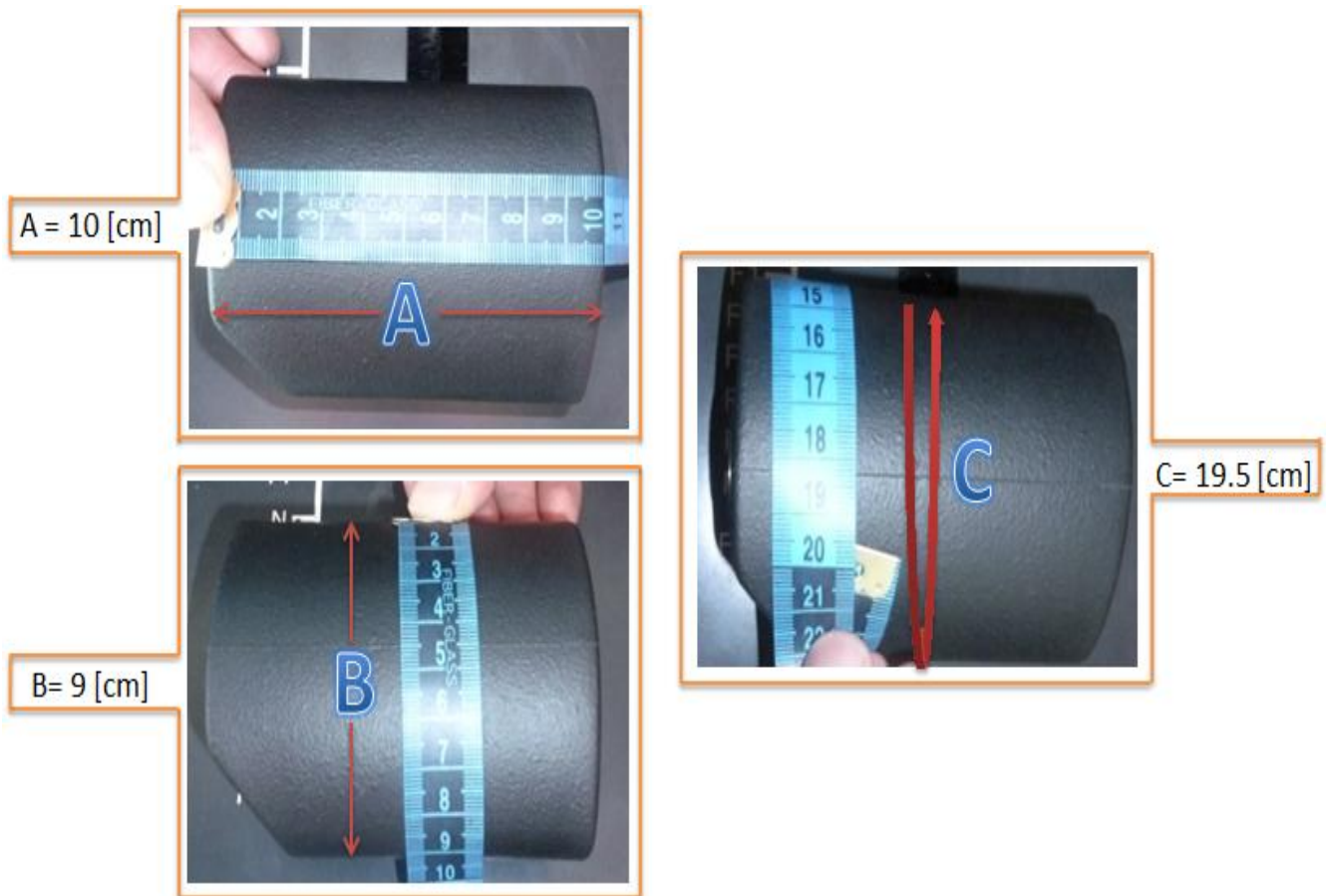


Fig. 44: Medidas del Manipulador

# Capítulo III

En éste Capítulo se presentan los resultados obtenidos en el método RULA así como propuesta de rediseño para los 2 elementos en estudio utilizando dimensiones de acuerdo a Tablas Antropométricas de Latinoamérica.

## Resultados Situación Final

Análisis Ergonómico Asiento del Conductor L-4.

Resultados de las encuestas

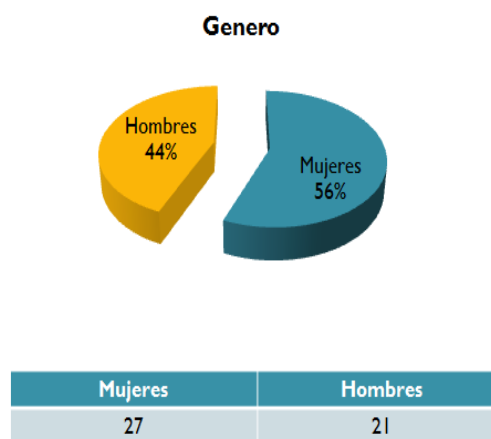


Fig. 45: Resultado de Encuesta 1



Fig. 46: Resultado de Encuesta 2

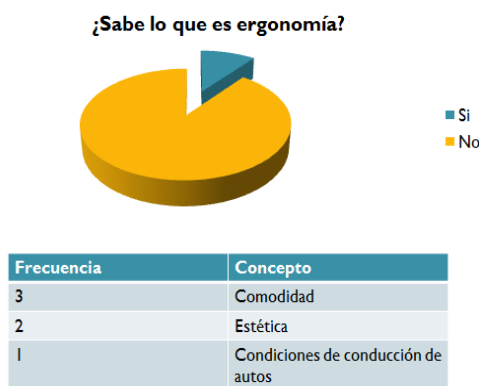


Fig. 47: Resultado de Encuesta 3

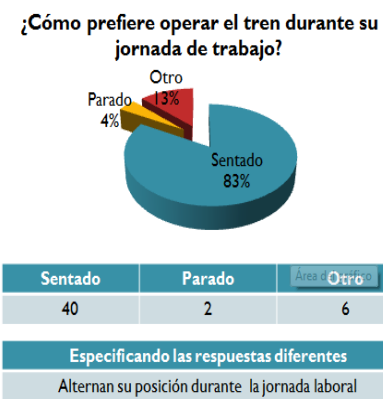


Fig. 48: Resultado de Encuesta 4



Fig. 49: Resultado de Encuesta 5

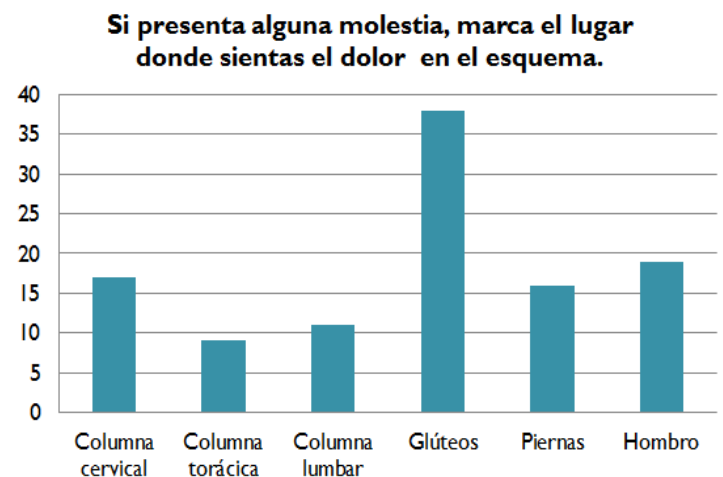


Fig. 50: Resultado de Encuesta 6



Durante las encuestas se tuvo la oportunidad de platicar con los conductores y se obtuvo información muy interesante referente al trabajo realizado en la cabina de conducción, por ejemplo:

Con respecto al campo visual, el conductor indicó que a pesar de no poder ver la parte frontal del tren, puede tener una buena vista panorámica del trayecto ya que puede percatarse de objetos que obstruyen la vía, así como trabajadores realizando tareas de emergencia dentro de la vía.

En el área de túnel los conductores tienen que forzar la vista para acostumbrarse a la poca iluminación durante el recorrido. Los conductores que usan anteojos presentan problemas debido a que los lentes se empañan lo cual es molesto por no presentar un sistema de calefacción dentro de los trenes.

Desde el punto de vista ergonómico se encontró que:

1. El asiento está ligeramente inclinado hacia la derecha, por el reiterado uso del manipulador de tracción que está colocado del lado derecho del tablero.
2. Hay problemas con el ajuste de altura de algunos asientos debido a que el sistema se encuentra averiado.
3. Algunos conductores se quejaron de molestias en los hombros y columna lumbar. Aunque no eran tan persistentes y cambiando de postura desaparecían, el persistente cambio de posturas incomoda al conductor.

A la mayoría de los conductores les gustaría que se rediseñará el asiento de conducción.

## Principales tareas del conductor:

**Observación durante conducción:** La conducción del tren se realiza mediante el accionamiento del manipulador de tracción o frenado, y una vez que es accionado la única labor del conductor es observar el trayecto, esporádicamente revisar las pantallas laterales y tablero de señalización. Frecuencia: Alta.



Fig. 51: Vista del conductor.

**Puesta en marcha, aceleración y frenado de tren:** se realiza mediante el manipulador de tracción y frenado. Frecuencia: Alta.



**Fig. 52: Manipulador Tracción-Frenado L-4.**

**Apertura de puertas:** Las puertas se accionan con un botón situado en el tablero de conducción y otro situado 2 botones unos de cierre y uno de apertura de puerta un costado de la puerta para que el conductor pueda observar el ascenso y descenso de usuarios. Frecuencia: Media.



**Fig. 53: Botones de apertura y cierre de puertas.**



**Alumbrado y Ventilación:** Estos botones son usados por el conductor para activar o desactivar el alumbrado y ventilación del tren. Frecuencia: muy baja.



**Fig. 54:** botón de ventilación

Al definir la frecuencia está dado de acuerdo al recorrido promedio de una vuelta de Santa Anita a Martin Carrera cronometrada en aproximadamente 20 minutos.

**\*Frecuencia alta:** en un recorrido, realizar la actividad del 100% al 80 % del tiempo total de recorrido o de una manera muy repetitiva.

**\*Frecuencia media:** en un recorrido, realizar la actividad 80 % al 30% del tiempo total de recorrido o la actividad se repite regularmente durante el recorrido,

**\*Frecuencia baja:** en un recorrido, realizar la actividad del 20 al 10 % del tiempo total de recorrido o es poco repetitiva

**\*Frecuencia muy baja:** en un recorrido, realizar la actividad del 10 al 1 % del tiempo total de recorrido y no es repetitiva.

## Resultados Método RULA



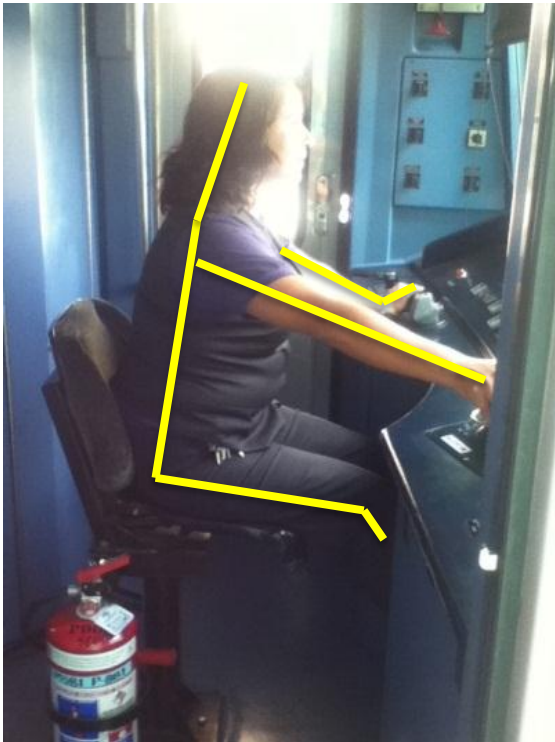
**Fig. 55: Análisis RULA 1**

Foto de Conductor de 32 años: Corte Sagital, en la figura se puede apreciar que el conductor no tiene una mala postura, donde hay que prestar especial tensión es en los brazos y antebrazos de conductor que son los puntos donde existe una inclinación y resaltar que los brazos están abiertos una tiene una postura ideal, de cual manera tiene una ligera flexión del cuello lo cual puede causar dolor muscular tanto en cuello como en hombros.

Foto de Conductor de 43 años: Corte Sagital, en la figura se puede apreciar como la conductora no puede recargar su espalda al respaldo porque el asiento esta empotrado, a postura del tronco presenta una inclinación que va de  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$  lo cual no es lo más deseable, los brazos tienen abducción y los hombros están ligeramente levantados aumentando la puntuación en el análisis RULA, se observa que en el reposapiés solo cabe una pierna y el otro pie lo tiene al aire lo que confirma que altura poplíteica del asiento no toma en cuenta los datos antropométricos de los conductores.



**Fig. 56: Análisis RULA 2**



**Fig. 57: Análisis RULA 3**

Foto de Conductor de 40 años, corte sagital, se observa que tiene una inclinación en el cuello, los brazos presentan una abducción y están completamente estirados y mantener esta postura durante gran parte del recorrido resulta cansado, existe extensión de la muñeca y torsión de la misma, las piernas se encuentran cerradas por el espacio tan pequeño que tiene el reposapiés, además hay flexión de la rodilla, el tronco tiene inclinación mayor a la postura correcto de  $0^\circ$  y el cuello también hay una flexión del mismo.

Foto de Conductor de 45 años, corte sagital, El conductor tiene una postura del cuello cerca de los  $0^\circ$  de igual manera que el tronco, por otro lado los brazos tienen una abducción al igual que los otros conductores con esto hacemos notar lo ideal que sería tener una asiento que tenga movilidad dentro de la cabina con rieles y seguros para ajustarlos en el lugar deseable de la cabina, las muñecas están flexionadas y con una torsión moderada, hay flexión de las piernas y no hay equilibrio en los pies, uno se encuentra sobre el reposapiés y el otro apoyado sobre el piso de la cabina.



**Fig. 58: Análisis RULA 4**

# Evaluación Método RULA

A continuación se presenta mediante método gráfico la metodología que se utilizó para el análisis postural de los conductores.

## Evaluación Rápida de la Extremidad Superior Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Fecha: 31-oct-11 Puesto: Conductor  
 Compañía: STC Metro Supervisor: David Castillo  
 Departamento: Transportación Evaluador: Edgar De la O

Puntuación de la Postura del Brazo		IZQ	DER
	Consideraciones Adicionales: + 1 hombros elevados + 1 Brazos Separados - 1 Brazo tiene punto de Apoyo	3	3
Puntuación de la Postura del Antebrazo		IZQ	DER
	Consideraciones Adicionales: + 1 si se trabaja a través de la línea media del cuerpo hacia	2	2
Puntuación de la Postura de la muñeca		IZQ	DER
Puntuación de Postura de giro de la Muñeca		IZQ	DER
	1 Pronación o Supinación rango medio 2 Pronación o Supinación rango extremo	1	1
Puntuación de la Postura del Cuello		IZQ	DER
	1 0° - 10° 2 10° - 20° 3 > 20° in extension Consideraciones Adicionales: + 1 existe giro + 1 existe inclinación lateral	2	2
Puntuación de la Postura del Tronco		IZQ	DER
	1 0° 2 0° - 20° 3 20° - 60° 4 > 60° Consideraciones Adicionales: + 1 si hay giro + 1 si hay inclinación lateral	1	1
Puntuación de la Postura de las Piernas		IZQ	DER
	1 APOYADO Y EN BALANCE 2 DEBALANCEADO	2	2

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.
2	si la carga o fuerza es intermitente y superior a 10 Kg.
3	si la carga o fuerza es superior a los 10 Kg. y es estática o repetitiva.
3	si se producen golpes o fuerzas bruscas o repentinas.

I	D	I	D	I	D	I	D
5	5	0	0	0	0	5	5
GRUPO A		CARGA		FUERZA		PUNTAJÓN C	

I	D	I	D
4	4	4	4
PUNTAJÓN B		PUNTAJÓN D	

I	D	I	D	I	D	I	D
3	3	0	0	0	0	3	3
GRUPO B		CARGA		FUERZA		PUNTAJÓN D	

Nivel	Actuación
1	Cuando la puntuación final es 1 ó 2 la postura es aceptable.
2	Cuando la puntuación final es 3 ó 4 pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio.
3	La puntuación final es 5 ó 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.

Reference: McAtamney, L., and Corlett, N. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24, (2), 91-99.

Fig. 59: Método RULA



Se realizó el estudio a 27 conductores de los cuáles el 70 % registro una puntuación de 3 a 4 que de acuerdo a las recomendaciones del método se requieren cambios en la tarea y profundizar más en el estudio.

El 22 % restante obtuvo calificaciones de 5 a 6 con lo que se hace evidente el rediseño de la tarea y realizar más actividades de investigación.

El 7 % restante menor a 2 teniendo una postura aceptable.  
Al llevar a cabo el análisis RULA se observa lo siguiente:

La mayoría de las tareas se realizan con la mano derecha, casi en un 90 %. Recordemos que el % de dominancia de los trabajadores es como sigue: 80 % dominancia derecha y el 20 % restante dominancia izquierda.

Posición de observación: la mayoría de los conductores la realiza con apoyo de una mano en el tablero de la cabina y la otra mano en el manipulador de tracción, siendo esta la postura de conducción habitual durante la marcha lo cual fuerza la columna lumbar.

Los hombres generalmente apoyan la espalda al respaldo mientras que las mujeres no apoyan la espalda debido al corto alcance a la palanca de tracción.

Posición de descanso: con la espalda bien apoyada en el respaldo de la silla (zona lumbar) el apoyo torácica queda descartado ya que el respaldo del asiento es demasiado corto. Siendo esta postura poco habitual en el conductor observado, ya que siempre requiere actitud de alerta para no pasarse las señales, en algunas ocasiones hay compañeros que hacen inspección de vías en horarios de operación y los conductores tienen que disminuir la velocidad, por si algún animal se atraviesa, etc.

Postura de bipedestación: generalmente recargando la parte anterior del cuerpo al tablero de conducción y apoyando un pie sobre el reposapiés instalado por debajo del tablero de conducción (**Fig. 60**) Cabe destacar que el espacio de reposapiés es muy angosto e incómodo.



**Fig. 60:** Postura de bipedestación

En las Tablas 4 y 5 muestra los datos de peso y talla información importante para el estudio tomada a 56 conductores.

peso [Kg]	cantidad mujeres	% mujeres	cantidad Hombre	% hombres
40-44	0	0.00	0	0.00
45-49	1	3.03	0	0.00
50-54	1	3.03	0	0.00
55-59	3	9.09	0	0.00
60-64	5	15.15	1	4.35
65-69	7	21.21	2	8.70
70-74	6	18.18	4	17.39
75-79	3	9.09	3	13.04
80-84	2	6.06	4	17.39
85-89	1	3.03	3	13.04
90-94	2	6.06	2	8.70
95-99	1	3.03	1	4.35
100-132	1	3.03	3	13.04
	33	100.00	23	100.00

Tabla 4: Peso Mujeres y Hombres.

Estatura [cm]	cantidad mujeres	% mujeres	cantidad Hombre	% hombres
135-139	0	0.00	0	0.00
140-144	0	0.00	0	0.00
145-149	2	6.06	0	0.00
150-154	7	21.21	1	4.35
155-159	9	27.27	2	8.70
160-164	9	27.27	4	17.39
165-169	3	9.09	6	26.09
170-174	1	3.03	5	21.74
175-179	1	3.03	3	13.04
180-184	1	3.03	1	4.35
185-189	0	0.00	0	0.00
190-194	0	0.00	1	4.35
	33	100.00	23	100.00

Tabla 5: Estatura Mujeres y Hombres.

## Ficha Antropométrica

Para realizar el diseño del asiento se necesita obtener los datos de las medidas del cuerpo que se involucran directamente en la conducción. Para ello se determinan los segmentos corporales involucrados como se puede apreciar en la (Fig 61).<sup>16</sup>

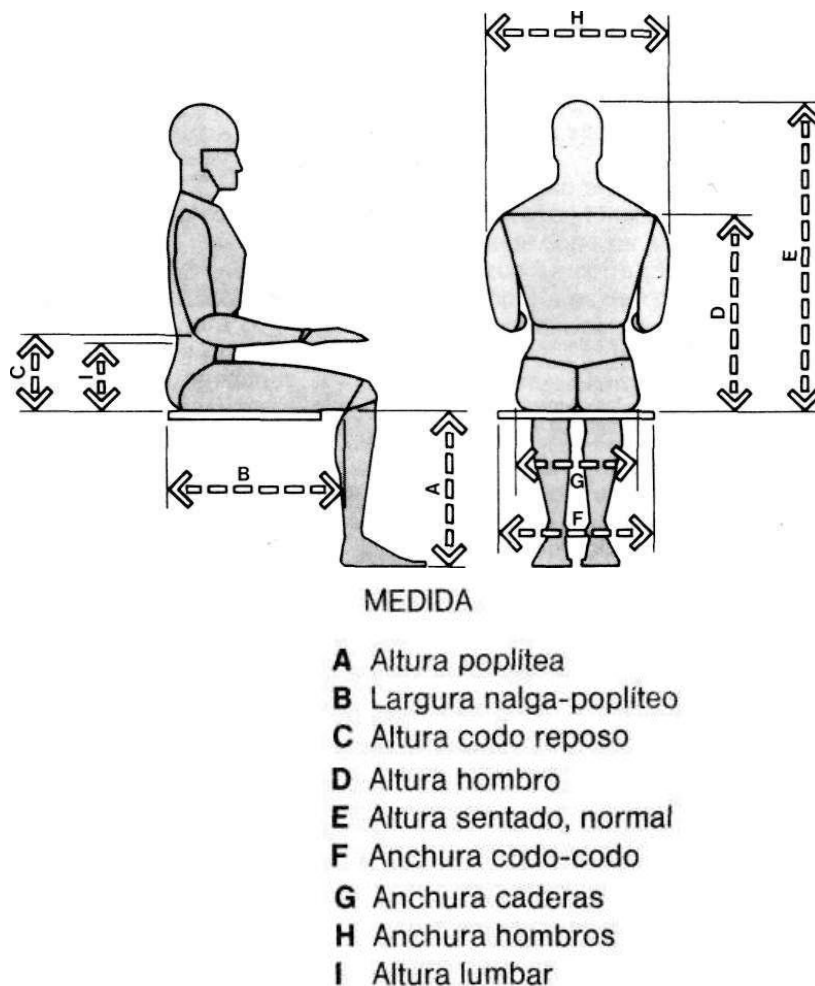


Fig. 61: Ficha antropométrica

<sup>16</sup> Panero J. Zelnik M. Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Estándares antropométricos. México: Ed. G. Gili., 1991. ISBN: 968-887-328-4



## Propuesta Diseño de Asiento

Una vez obtenidas las medidas de las tablas antropométricas de Latinoamérica<sup>17</sup> se procede a utilizarlas en la propuesta, las medidas se muestran en la (Fig. 62).

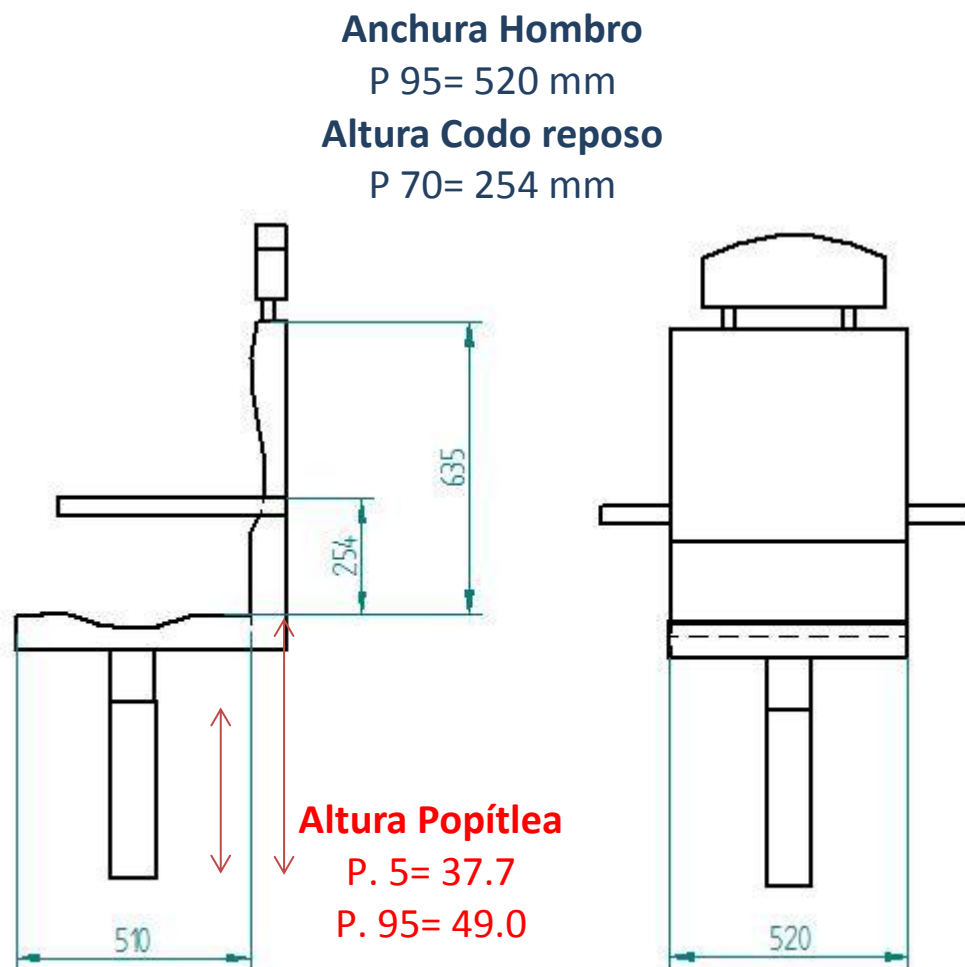


Fig. 62: Medidas del Asiento

<sup>17</sup> Ávila R; Prado L; González E (2001) Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Universidad de Guadalajara. Centro de investigaciones en ergonomía

Además para la propuesta de diseño del asiento se tomó en cuenta el porcentaje de utilización del tablero de conducción, ya que se nota que el asiento del conductor esta desviado ligeramente hacia a la derecha, justamente donde se encuentra el manipulador de tracción- frenado (hacia el lado derecho del conductor). El porcentaje se muestra a continuación:

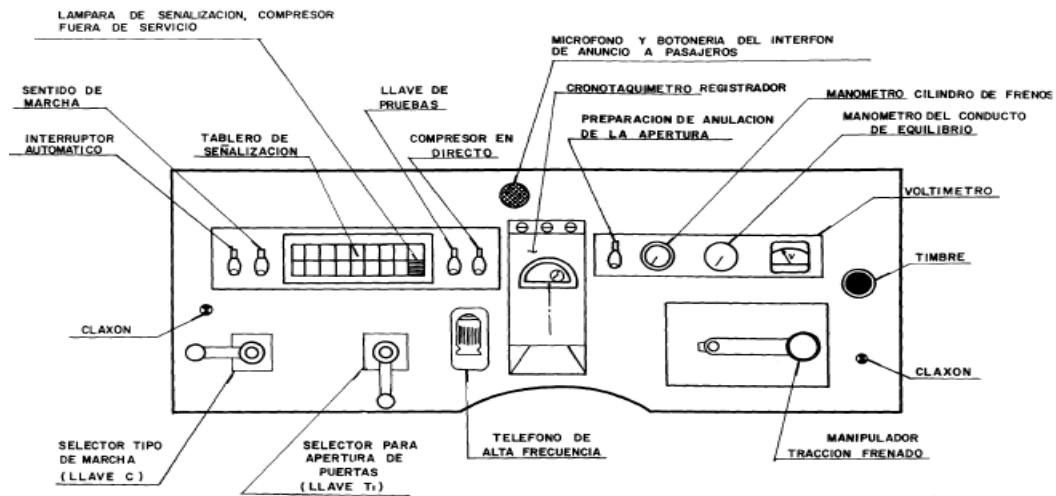


Fig 002-1 Tablero de la cabina de conducción

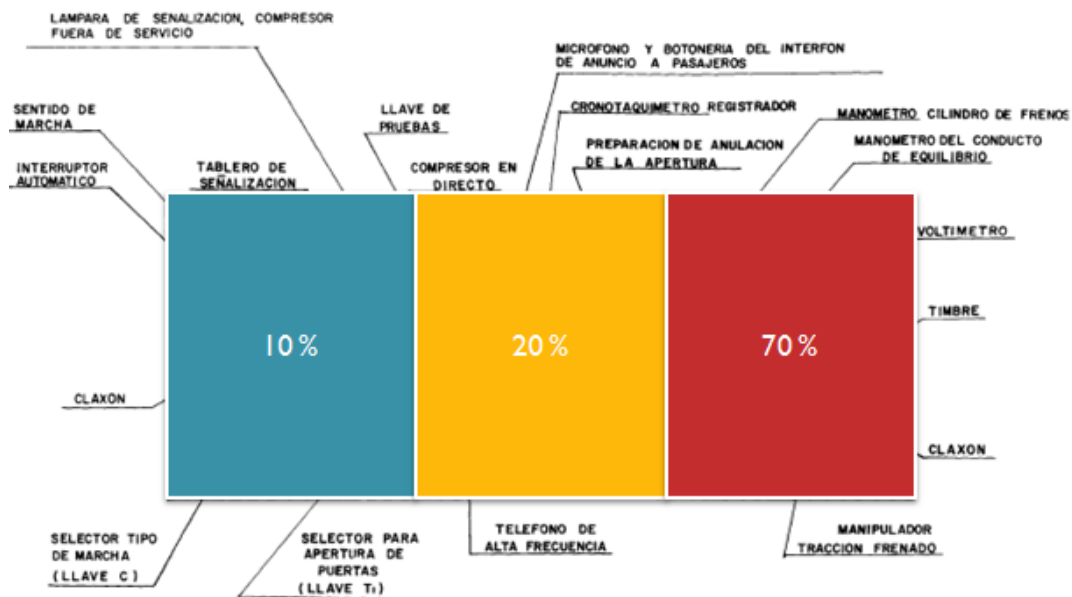


Fig. 63: Tablero Cabina

Con la información recopilada anteriormente y después de haber hecho un análisis ergonómico exhaustivo, se llegó a una propuesta de diseño a nivel conceptual que se desarrollará posteriormente en un trabajo de Maestría. Se propone instalar en el piso del asiento un riel con las 4 posiciones mismas que se podrán asegurar con un perno para que el asiento no llegue a tener algún tipo de movimiento.

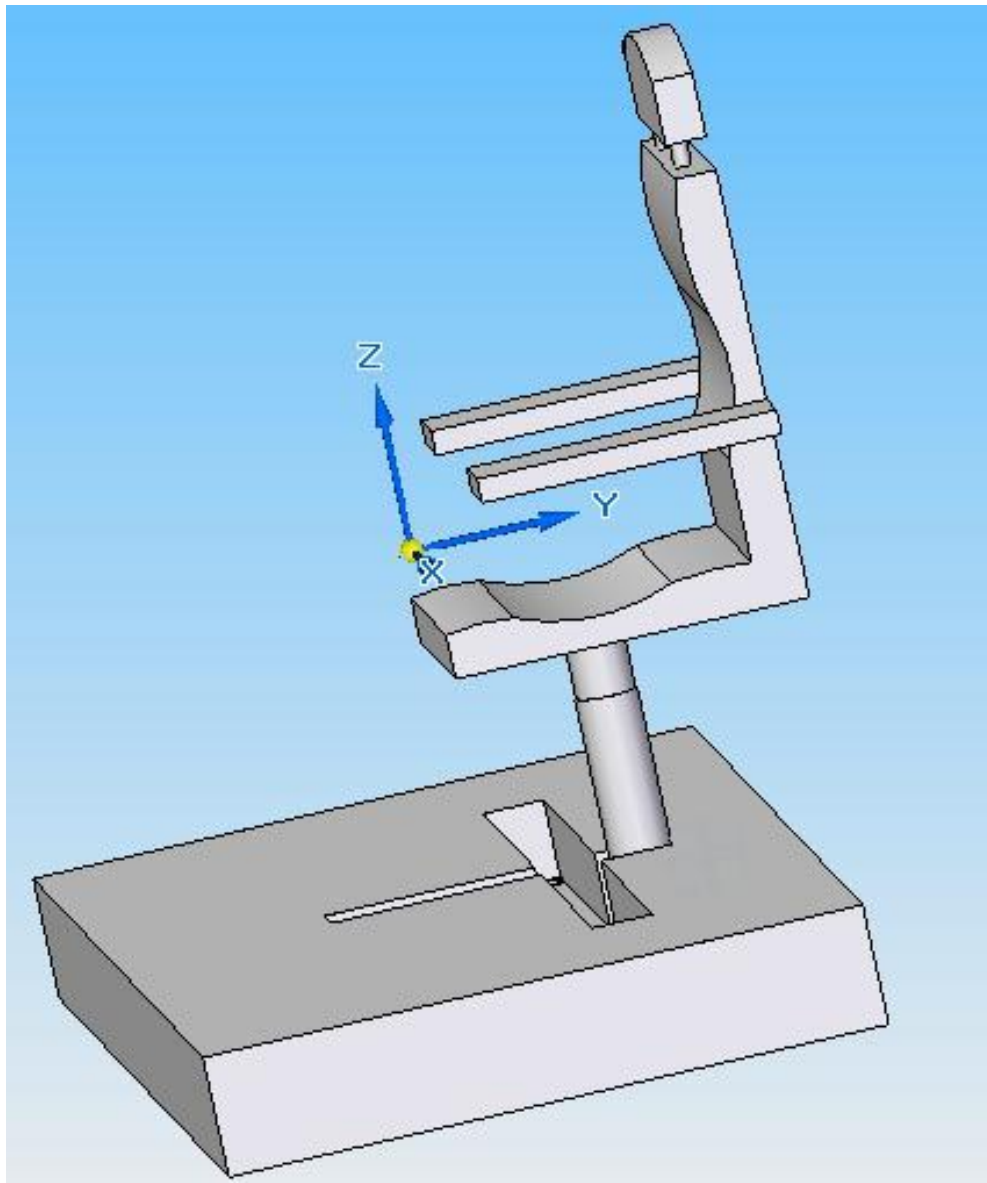


Fig. 64: Propuesta Asiento vista 1

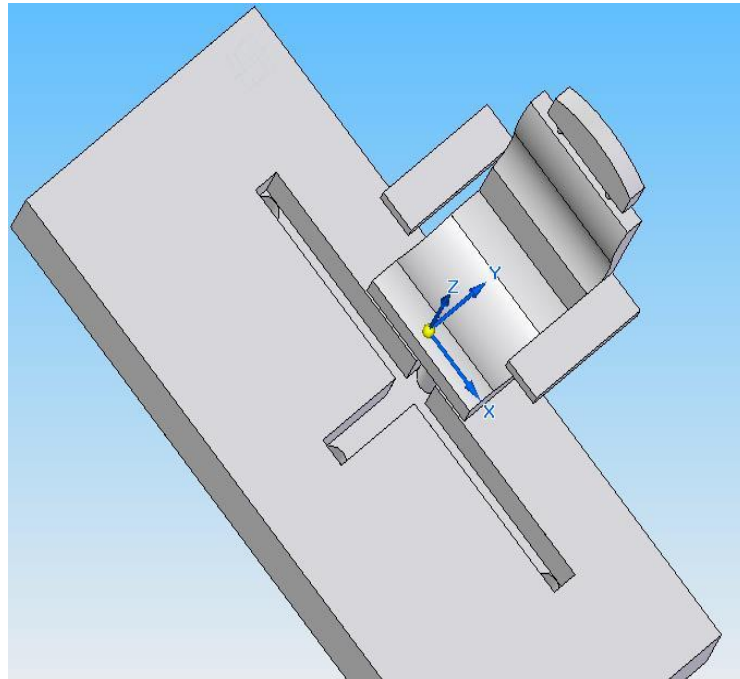


Fig. 65: Propuesta Asiento Vista 2

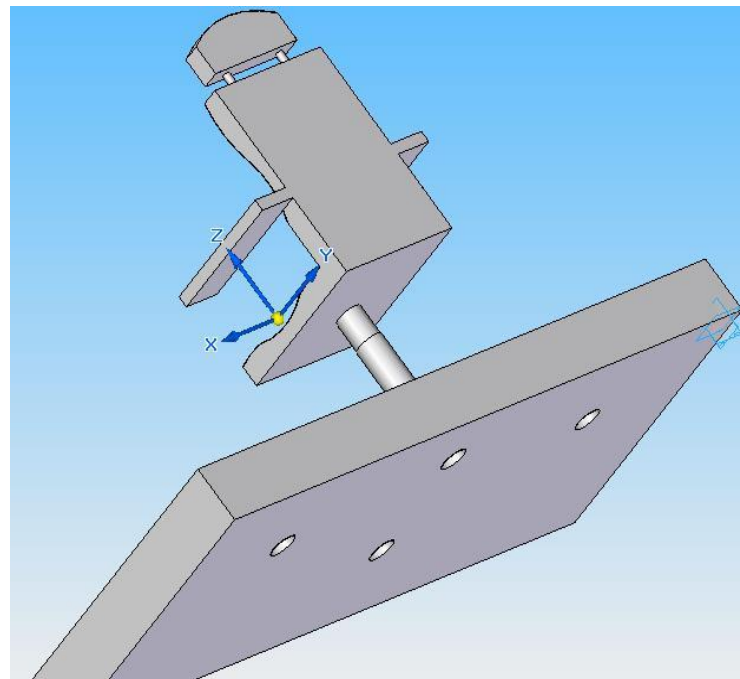
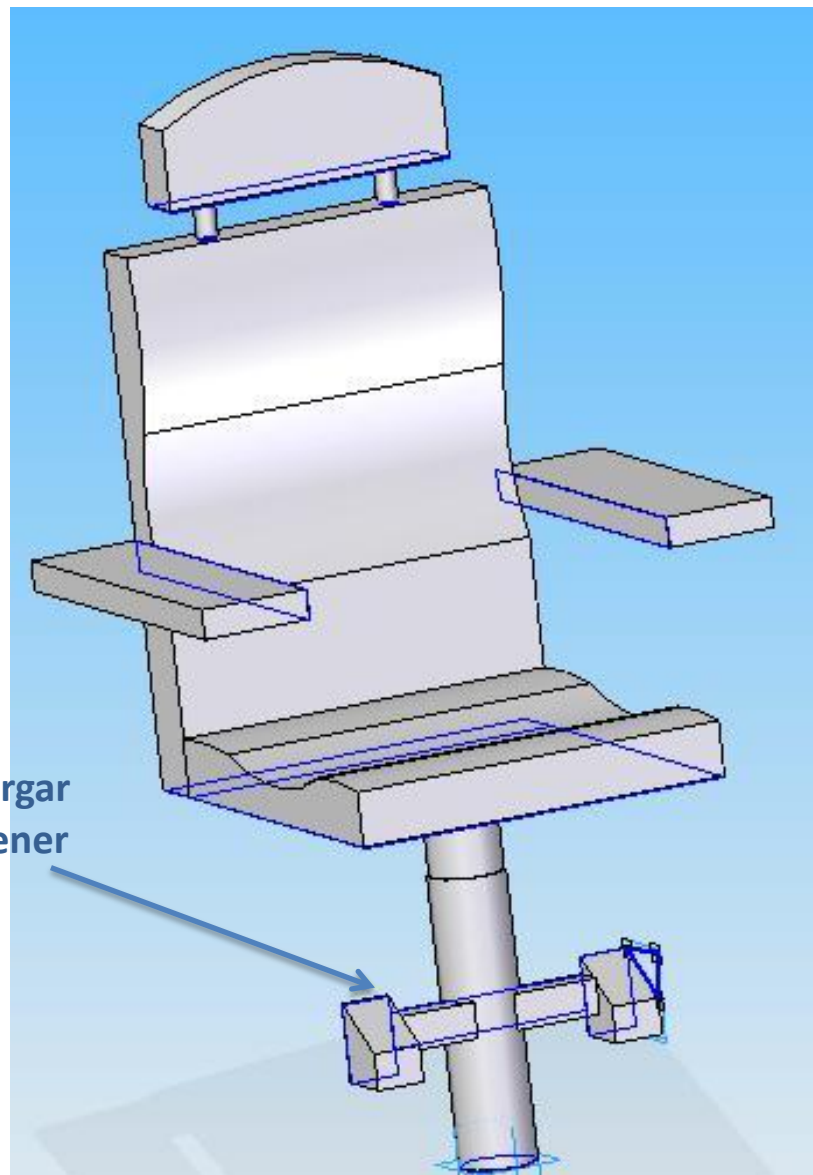


Fig. 66: Propuesta Asiento vista 3

## Elemento adicional al diseño de asiento. (Reposapiés)

También haciendo distintas observaciones a los conductores se determinó que se contemplará dentro del diseño algún elemento para aquellas ocasiones en que se encuentra en posición de apoyo de bipedestación, por tal motivo se propone agregar un peldaño para que lo pueda utilizar para apoyar un pie y tenga una actitud de descanso, con una rectificación de la curvatura lumbar.



**2 Peldaños para recargar miembro pélvico y tener mayor confort.**

Fig. 67: Propuesta Asiento Peldaño



## Recomendaciones para el Asiento

- De acuerdo al método RULA se hacen las siguientes recomendaciones :
  - No mantener la misma postura todo el tiempo
  - Rediseñar el puesto de trabajo.
- El acolchonamiento del asiento y el respaldo debe de tener las siguientes características: relleno indeformable, tela resistente al movimiento continuo del usuario y refuerzo de algún otro material.
- Acolchonamiento en la parte baja del asiento.
- El respaldo con un inclinación de hasta 15° Asiento ajustable.(altura poplítea, altura reposa-codos, etc.)
- Peldaños para tener una postura de bipedestación.

# Resultados Situación Final

## Análisis Ergonómico Manipulador de Tracción – Frenado

### Análisis Ancho del Manipulador

Realizando la comparación de las características del manipulador con los datos antropométricos tomados de tablas de Latinoamérica antes mencionados de la mano, observamos lo siguiente.

Un manipulador demasiado corto puede provocar compresión innecesaria en el centro de la palma de la mano. Este debe extenderse en la palma de la mano (**Fig. 68**).



Fig. 68: Manipulador L-4

La longitud del manipulador debe tener poco más de 96 [mm] de largo (preferiblemente de 115-120 [mm]) porque debe de sobresalir del ancho palmar ya que con esto se reducirán los efectos negativos de cualquier compresión ejercida. Las superficies redondeadas minimizarán la compresión de la palma aún más.

La fórmula queda de la siguiente manera:

$$A[\text{mm}] \geq \text{ancho palmar} [\text{mm}] \text{ con percentil 95}$$

		AP
95	pulg.	3.78
	cm	9,6
5	pulg.	3.24
	cm	8,2

Tabla 6: AP P5 P95

$$100[\text{mm}] \geq 96 [\text{mm}] \text{ con percentil 95}$$

Aunque el ancho del manipulador se encuentra en el límite del diseño, se recomienda para una mayor comodidad del conductor que el manipulador sea de mayor dimensión.



Fig. 69: Ancho y ancho palmar de la mano



Fig. 70: Medida A



Como se mencionó anteriormente por conveniencia en la terminología el largo del manipulador será B el cual sera comparado con la longitud palmar.

Concluimos que para el mango del manipulador utilizaremos solo el 70 % de la longitud palmar ya que utilizando el total de la longitud palmar cualquier mango sería demasiado robusto causando presión a las eminencias tenar e hipoténar en donde resulta incómodo agarrar el manipulador.

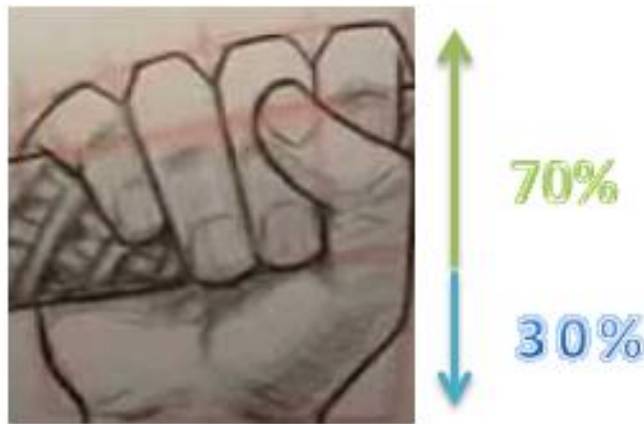


Fig. 71: Mano representando 30 % eminencias tenar e hipoténar

		LP
95	pulg.	4.63
	cm	11,8
5	pulg.	3.92
	cm	10,0

Tabla 7: LP P5 y P95

Por lo tanto la fórmula quedaría de la siguiente forma:

$$B[\text{mm}] \leq 0.7 * \text{longitud palmar} [\text{mm}] \text{ con percentil } 5$$

$$90 [\text{mm}] \leq 0.7 * 100 [\text{mm}] = 70 [\text{mm}] \text{ con percentil } 5$$

“B” tiene que ser menor que la longitud palmar multiplicada por el factor de agarre cosa que no ocurre por lo tanto deducimos que el manipulador es muy grande.

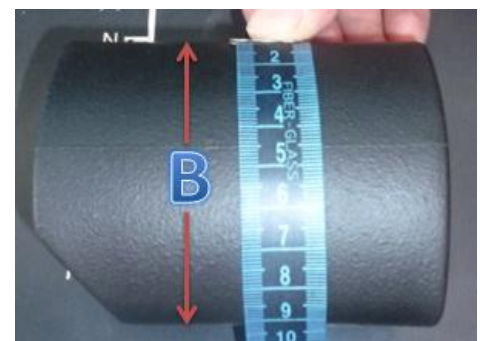


Fig. 72: Medida B

## Análisis circunferencia del manipulador

De acuerdo a datos antropométricos la diámetro de agarre de **47.6 [mm]** representa la medida donde se ejecuta la mayor fuerza de presión dígito-palmar completa. La medida ideal es de aproximadamente **150 [mm] de grosor**, el hecho de que sea de mayor diámetro solo repercute en la incomodidad y en que la fuerza aplicada al manipulador sea menor, y un **diámetro menor** es más cómodo pero la fuerza aplicada va decreciendo considerablemente entre más se aleje de los **47.6 [mm]** donde tendremos el **mayor agarre y mayor fuerza aplicada**.

$C [mm] \leq DA [mm]$  con percentil 5

		DA
95	pulg.	2.42
	cm	6.16
5	pulg.	1.86
	cm	4.76

Tabla 8: DA P5 y P95

$195 [mm] \leq 47.6 [mm] * \pi \approx 150 [mm]$  con P5

**195[mm]** es mayor que **150 [mm]** por lo tanto estamos hablando de que el diseño no es el adecuado para la mano de ninguno de los conductores que analizamos del S.T.C. Metro.

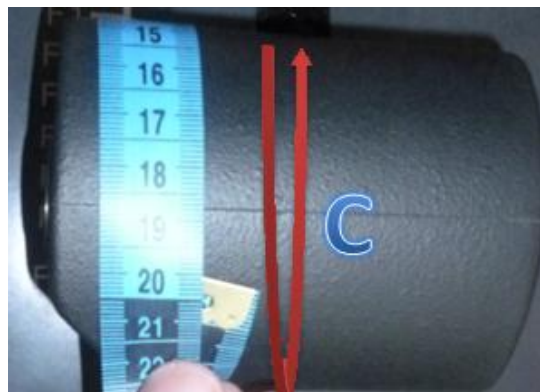


Fig. 73: Medida C

En el **Diseño Ergonómico** se buscan posturas neutras que son las posiciones óptimas donde cada articulación puede aplicar la mayor fuerza, los músculos flexores y extensores se encuentran en equilibrio y tienen mayor control sobre los movimientos, y la menor tensión física sobre la articulación y tejidos circundantes. De esta manera se evita el desgaste de las articulaciones, **fatiga, tensión, problemas musculares**, etc.

A continuación se muestran imágenes que muestran las posturas más comunes que adoptan los conductores al tomar el manipulador con una calificación de buena o mala postura.

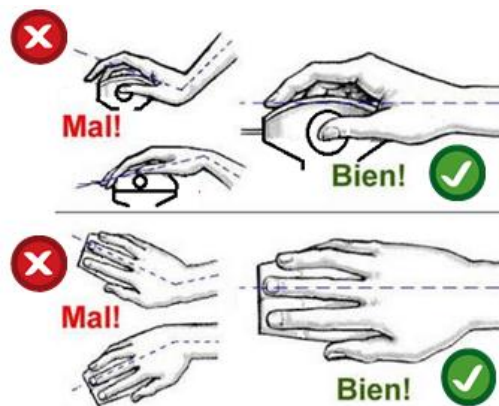


Fig. 74: Posturas de la Mano 1

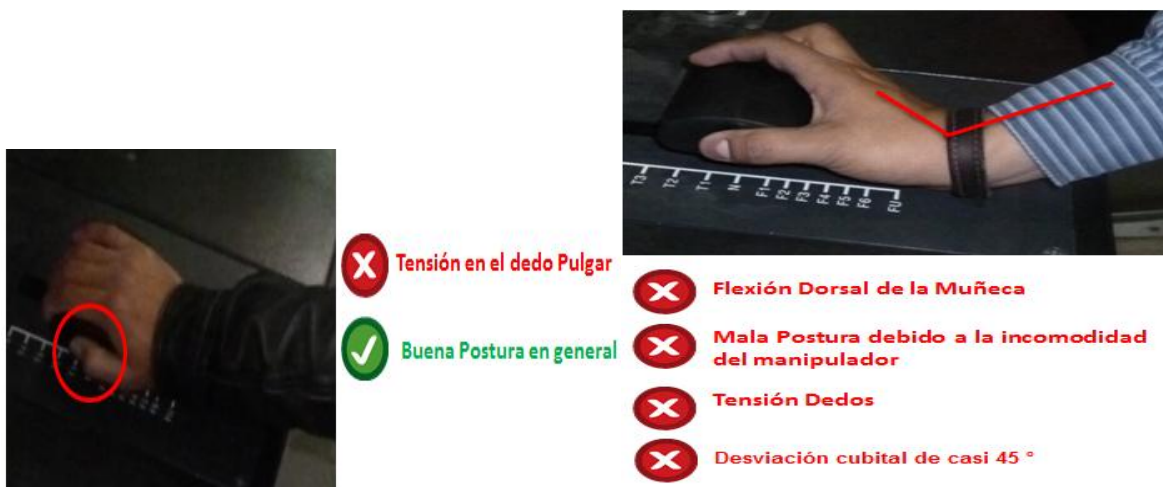


Fig. 75: Posturas de la Mano 2





No existe una buena vista de la regla indicadora de tracción-Frenado, los trabajadores han mencionado que les cuesta trabajo poner el manipulador a alguna velocidad en particular es decir: T5,T4,T3,N F1,F2, F3, etc. Debido a lo grande del manipulador y a la mala colocación de la regla indicadora, además hace falta un marcador o señalador en el manipulador que indique la velocidad en la que se encuentra el tren.



Abducción del Hombro por un mal diseño de la distancia del manipulador, el antebrazo tendría que ir pegado para evitar cansancio.



Postura Ideal



Como se puede observar el manipulador queda alejado de la distancia  $\lambda$  de la que sería su posición óptima, para evitar desgaste al conductor.

Postura Neutra 90° del antebrazo



Mal diseño de colocación del manipulador



Fig. 77: Posturas de la Mano 4

## Consecuencias de Utilizar un Mal Diseño del Manipulador

Como se observa en las figuras anteriores existen múltiples problemas que pueden traer consecuencias graves con el uso continuo y prolongado del manipulador.

A continuación se muestran algunos de los problemas que pueden ocasionar el mal diseño de una herramienta y en este caso el manipulador.

## Síndrome del Túnel del Carpo (STC)

Es el trastorno más común, consiste en la compresión sobre el nervio mediano, el nervio que pasa por el canal de Guyon que comprime a todos los elementos que pasan por debajo y que incluyen la muñeca que proporciona sensibilidad y movimiento a los dedos pulgar, índice y medio. Esto puede ocasionar entumecimiento, hormigueo, debilidad o daño muscular en la mano y los dedos.

El síndrome del túnel del carpo es común en personas que ejecutan movimientos repetitivos de la mano y la muñeca que trabajan en posiciones sostenidas en extremos de flexión o extensión de la articulación de la muñeca<sup>18</sup>. Digitar en el teclado de un computador probablemente es la causa más común de este síndrome.

Otras causas comprenden: conducir, trabajar en una línea de ensamblaje, pintar, escribir, usar herramientas (especialmente herramientas de mano o herramientas que vibren) o tocar algunos instrumentos musicales.



Fig. 78: Síndrome del Túnel del Carpo

<sup>18</sup> <http://averaorg.adam.com/content.aspx?productId=118&pid=5&gid=000433>

## Tendinitis

Inflamación de la zona en que se unen el músculo y el tendón. Dolor, inflamación, reblandecimiento y enrojecimiento de la mano, la muñeca y/o el antebrazo. Dificultad para utilizar la mano esto se debe, sobretodo debido a movimientos repetitivos.



Fig. 79: Tendinitis

## Tenosinovitis

Inflamación de los tendones y/o las vainas de los tendones.

**Síntomas:** Dolores, reblandecimiento, inflamación, grandes dolores y dificultad para utilizar la mano.

**Causas:** Puede provocarlo un aumento repentino de la carga de trabajo o la implantación de nuevos procedimientos de trabajo.



Fig. 80: Tenosinovitis

## Recomendaciones al Utilizar el Manipulador

Además del rediseño del manipulador de tracción-frenado se recomienda al conductor:



Fig. 81: Cojín mousepad

Usar un cojín o almohadilla para el descanso y comodidad de la muñeca al usar el manipulador.

Para un mejor diseño del manipulador, se recomienda contar con medidas antropométricas de la mano, tomando como base un estudio antropométrico de los conductores del STC Metro y comparándola con las tablas citadas anteriormente.

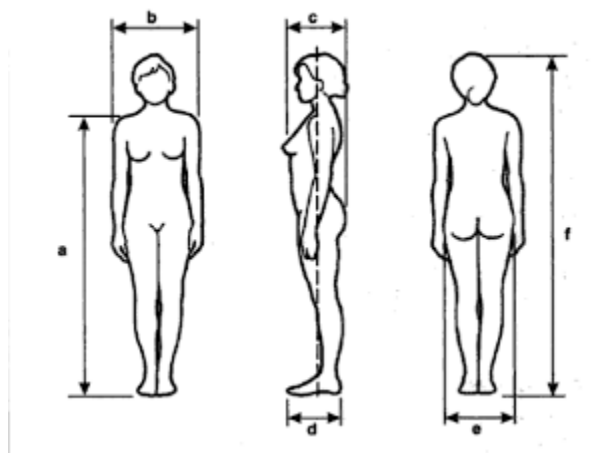


Fig. 82: Antropometría 2



En los momentos de descanso realizar ejercicios que ayuden a la circulación y relajación de antebrazo, muñeca y manos.



Fig. 83: Ejercicios de relajación para la mano

## Propuesta para diseño del manipulador



Fig. 84: Propuesta Diseño Manipulador 1

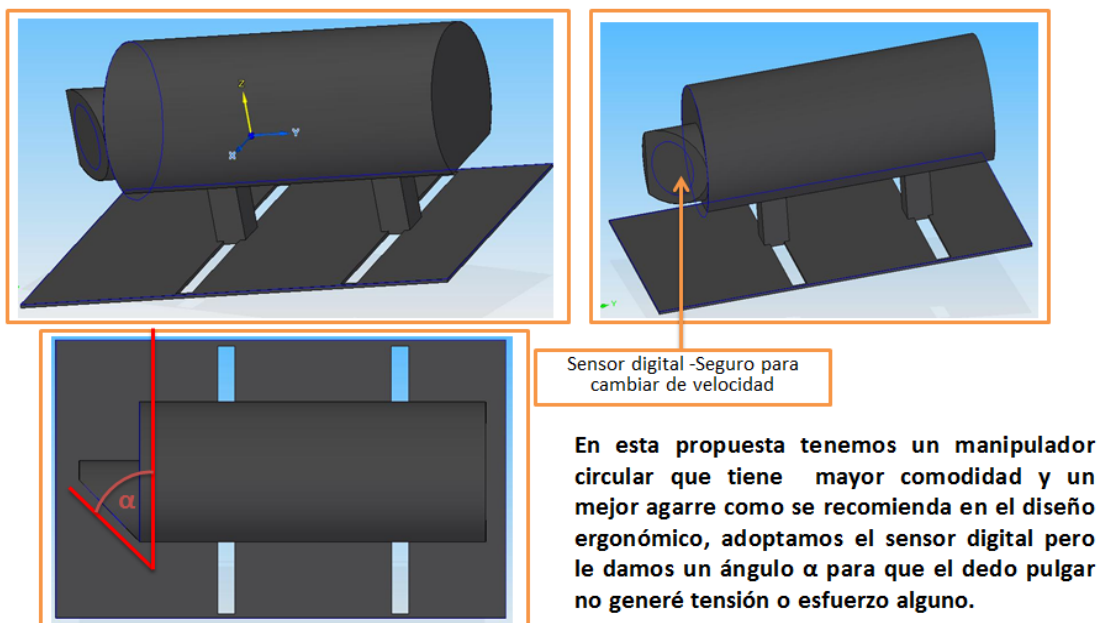


Fig. 85: Propuesta Diseño Manipulador 2



## Conclusiones

Como se puede ver en el análisis realizado tanto el asiento del conductor y el manipulador de tracción-frenado tienen un diseño que no es ergonómico y a la larga pueden provocar problemas de salud graves.

Se recomienda un rediseño del manipulador y del asiento que se adapte a las medidas del conductor del metro.

Por otra parte sería bueno realizar un archivo con datos antropométricos del trabajador del Metro para futuras adquisiciones en las que el trabajador este involucrado al hacer sus tareas, ya que con esto se evita que los trabajadores se ausenten por padecimientos musculoesqueléticos de origen laboral y por no tener un buen diseño en su puesto de trabajo.



## Bibliografía

- 1.- Carmona A. Aspectos antropométricos de la población laboral española aplicados al diseño industrial. Madrid: INSHT, 2003. ISBN: 84-7425-655-0.
- 2.- Panero J. Zelnik M. Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Estándares antropométricos. México: Ed. G. Gili., 1991. ISBN: 968-887-328-4
- 3.- Massaccesi, M., Pagnotta, A., Soccetti, A., Masali, M., Masiero, C., Greco, F., 2003. Investigation of work-related disorders in truck drivers using RULA method. Applied Ergonomics 34, 303–307
- 4.- Hancock, Peter A Human Factors, Psychology, Países Bajos Elsevier, 1987

## Páginas de Internet

- 1.- <http://www.metro.df.gob.mx/>
- 2.- <http://es.scribd.com/doc/53162463/teorico-de-ergonomia-de-la-mano>
- 3.- <http://www.elsevier.es/en/node/2045455>
- 4.- <http://es.wikipedia.org/wiki/Mano>
- 5.- [http://davidvaldespercusion.blogspot.mx/2011\\_07\\_01\\_archive.html](http://davidvaldespercusion.blogspot.mx/2011_07_01_archive.html)
- 6.- <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/001242.htm>
- 7.- <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000433.htm>
- 8.- <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/tendinitis.html>
- 9.- <http://www.interiorgrafico.com/articulos/19-tercera-edicion-mayo-2007/15-antropometr?start=5>
- 10.- <http://www.cienciaytrabajo.cl/>



# Anexos

## Tablas Antropométricas

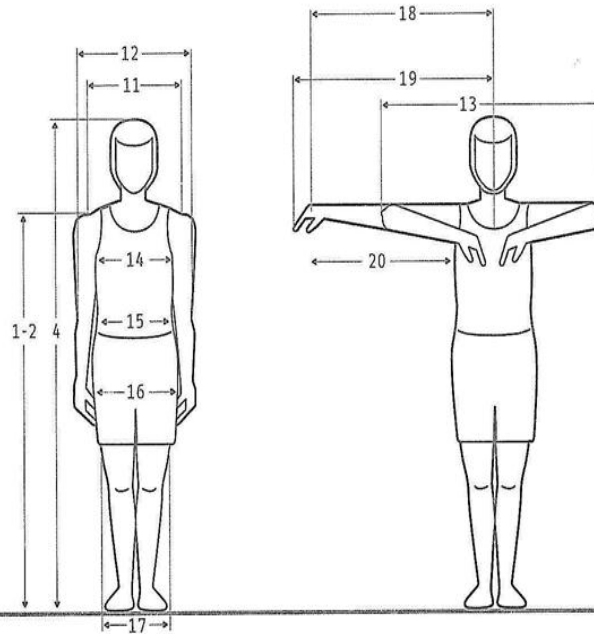
### 3.2.2 Operadores de autotransporte de 18 a 68 años

ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

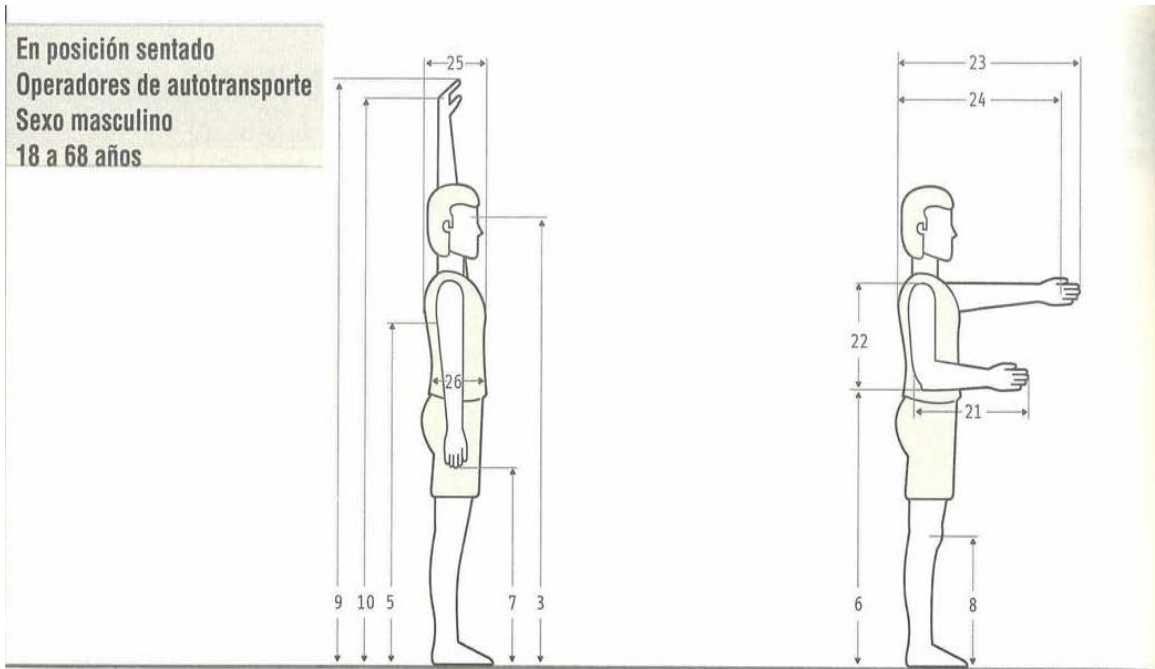
DR. DAVID SÁNCHEZ MONROY

MUESTRA TOTAL 974

En posición de pie  
Operadores de autotransporte  
Sexo masculino  
18 a 68 años

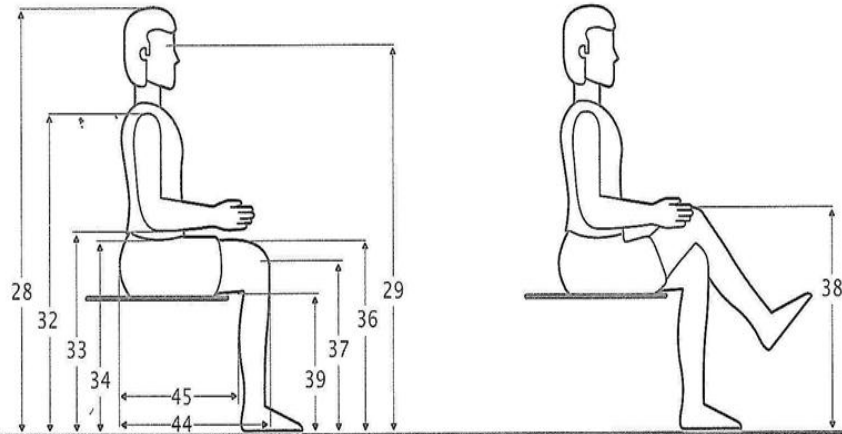


Dimensiones	18-68 años (n=974)				
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
			5	50	95
1 Estatura con zapatos	1676.80	56.65	1588.44	1675.80	1779.59
2 Estatura sin zapatos	1647.58	56.44	1560.09	1646.23	1747.75
4 Altura del hombro	1372.69	56.34	1288.44	1369.85	1469.75
11 Ancho bideltoideo	471.59	30.59	424.18	470.09	525.65
12 Ancho codo - codo	504.73	42.44	437.44	502.54	574.13
13 Ancho máximo codo - codo	875.67	53.56	801.20	877.22	950.80
14 Ancho de tórax	324.55	28.72	281.77	322.50	373.97
15 Ancho de cintura	311.07	30.90	265.69	310.00	360.13
16 Ancho de cadera	330.61	20.76	300.47	329.98	363.35
17 Ancho de rodillas	222.88	21.31	194.70	220.64	257.57
18 Alcance máximo lateral	867.84	38.38	807.38	867.54	933.57
19 Alcance funcional lateral	1025.62	46.69	954.68	1025.14	1099.60
20 Alcance func. lat. sin cuerpo	627.42	38.58	564.38	626.33	691.75



Dimensiones		18-68 años (n=974)				
		$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
3	Altura de ojos	1547.50	58.73	1455.19	1546.72	1652.13
5	Altura de axila	1237.53	56.33	1149.75	1235.86	1333.59
6	Altura de codo	1031.19	49.51	960.08	1027.21	1107.32
7	Altura de nudillo	724.62	39.67	663.90	723.73	792.75
8	Altura de rodillas	480.53	29.46	433.63	480.72	528.13
9	Alcance vertical máximo	2097.54	83.75	1964.88	2094.56	2244.13
10	Alcance vertical funcional	2027.54	81.09	1895.44	2027.59	2173.75
21	Distancia codo - dedo medio	454.54	23.30	420.05	454.96	491.25
22	Distancia hombro - codo	357.36	22.61	325.94	356.15	392.68
23	Alcance máximo frontal	857.37	50.51	775.25	858.20	938.13
24	Alcance funcional frontal	788.83	47.75	713.38	788.78	865.13
25	Profundidad de tórax	251.11	26.36	200.20	249.72	299.55
26	Profundidad abdominal	246.07	37.06	184.96	241.44	305.13

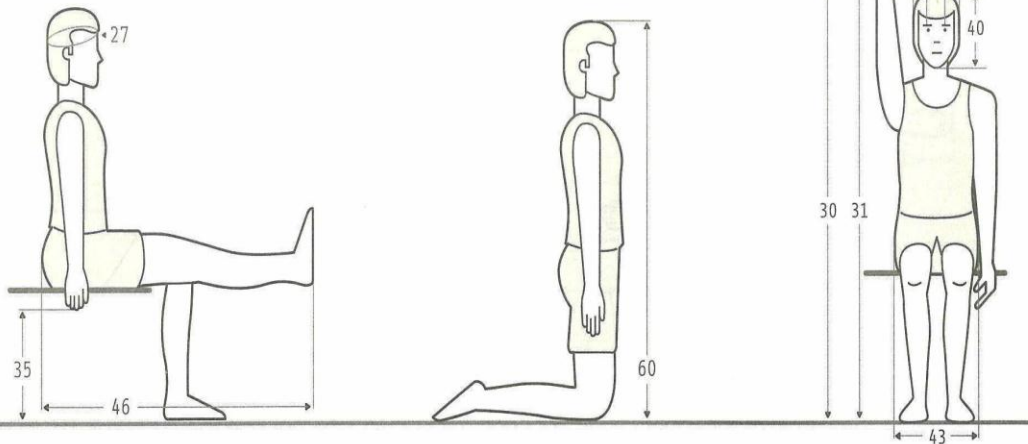
En posición sentado  
Operadores de autotransporte  
Sexo masculino  
18 a 68 años



Dimensiones		18-68 años (n=974)				
		$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
28	Altura sentado	1244.69	44.84	1178.85	1242.55	1323.92
29	Altura de ojos sentado	1145.39	47.49	1072.09	1144.22	1224.55
32	Altura de hombro sentado	976.23	43.14	912.38	973.92	1074.92
33	Altura de codo sentado	625.62	38.82	561.65	623.79	690.21
34	Altura región lumbar	536.42	65.71	437.94	530.23	641.57
36	Altura del muslo	537.57	25.94	493.38	537.37	580.75
37	Altura de rodilla	505.91	27.94	460.22	505.15	550.82
38	Alt. rodillas pierna cruzada	672.19	44.79	605.65	671.68	767.68
39	Altura de poplíteo	404.23	25.88	362.88	404.08	445.59
44	Distancia glúteo - rodilla	558.99	27.51	515.88	558.11	605.04
45	Distancia glúteo - poplíteo	453.83	28.15	409.58	453.53	499.82

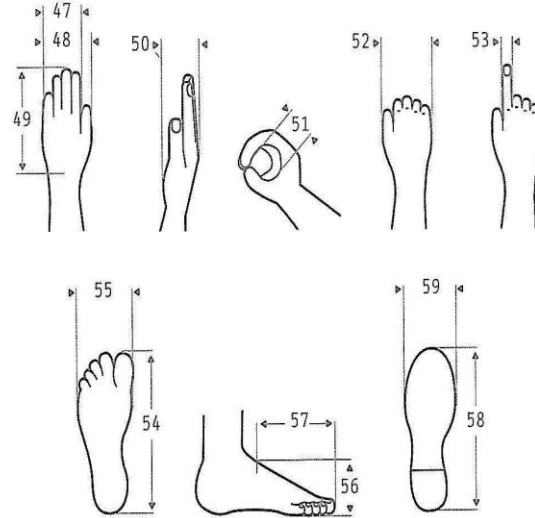


**En posición sentado**  
**Operadores de autotransporte**  
**Sexo masculino**  
**18 a 68 años**



Dimensiones		18-68 años (n=974)				
		$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
27	Circunferencia cabeza	567.23	16.72	539.86	568.23	590.50
30	Alcance máx. vert. sentado	1693.42	76.22	1590.25	1692.38	1806.75
31	Alcance funcional vert. sent.	1626.23	65.04	1520.38	1622.86	1734.59
35	Altura del nudillo sentado	330.35	38.83	267.18	329.88	396.94
40	Altura de cabeza	235.16	12.61	214.28	235.35	255.31
41	Ancho de cabeza	154.90	7.25	143.89	154.97	166.39
42	Ancho interpupilar	53.15	7.47	42.83	52.49	64.85
43	Ancho de cadera sentado	338.22	24.98	299.72	336.47	381.83
46	Alcance frontal pie - glúteo	1003.68	54.68	927.25	1000.80	1084.57
60	Altura hincado	1230.72	43.74	1164.25	1230.31	1306.75

Pie y mano  
Operadores de autotransporte  
Sexo masculino  
18 a 68 años



Dimensiones		18-68 años (n=974)				
		$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
47	Ancho de mano sin pulgar	82.70	5.64	73.57	82.55	92.21
48	Ancho de mano con pulgar	97.40	6.67	86.76	97.62	108.32
49	Largo de mano	180.82	9.93	164.35	181.41	195.98
50	Altura de mano	46.32	6.55	35.48	46.02	56.81
51	Diámetro de empuñadura	35.75	4.31	28.74	35.67	43.28
52	Diámetro máximo de mano	91.59	9.66	78.33	89.79	107.92
53	Diámetro del dedo índice	21.29	1.26	19.32	21.25	23.45
54	Largo del pie sin zapato	248.68	12.14	230.30	249.51	267.55
55	Ancho del pie sin zapato	92.64	4.70	84.82	92.67	100.07
56	Altura funcional del pie	85.17	8.01	70.34	85.12	98.90
57	Largo funcional del pie	156.93	11.49	138.38	157.06	174.04
58	Largo del pie con zapato	272.45	12.61	252.18	271.06	294.53
59	Ancho del pie con zapato	97.64	6.13	89.62	97.03	110.00



---

## Trabajadores industriales de 18 a 65 años

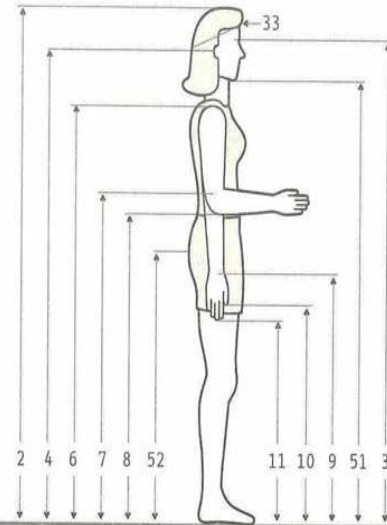
---

### ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

DR. ROSALÍO ÁVILA CHAURAND  
DRA. LILIA R. PRADO LEÓN  
DRA. ELVIA L. GONZÁLEZ MUÑOZ  
M.D.I. ENRIQUE HERRERA LUGO  
L.D.I. FERNANDO GARCÍA GUZMÁN  
L.D.I. MARCELA GONZÁLEZ SALAZAR  
LIC. EN PSIC. ROSA A. ROSALES CINCO  
LIC. EN PSIC. MÓNICA P. LÓPEZ ALVARADO

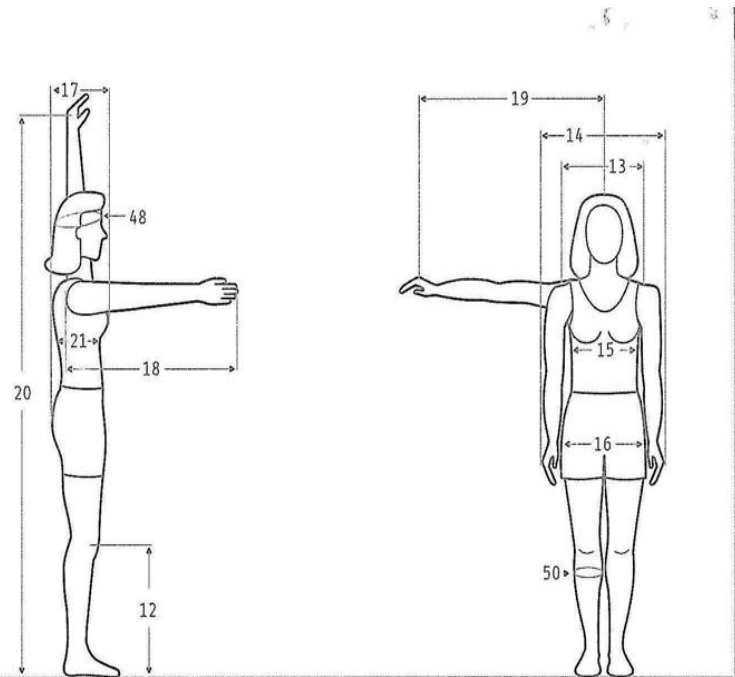
MUESTRA TOTAL 600  
FEMENINO 204  
MASCULINO 396

Trabajadores industriales  
En posición de pie  
Sexo femenino  
18 a 65 años



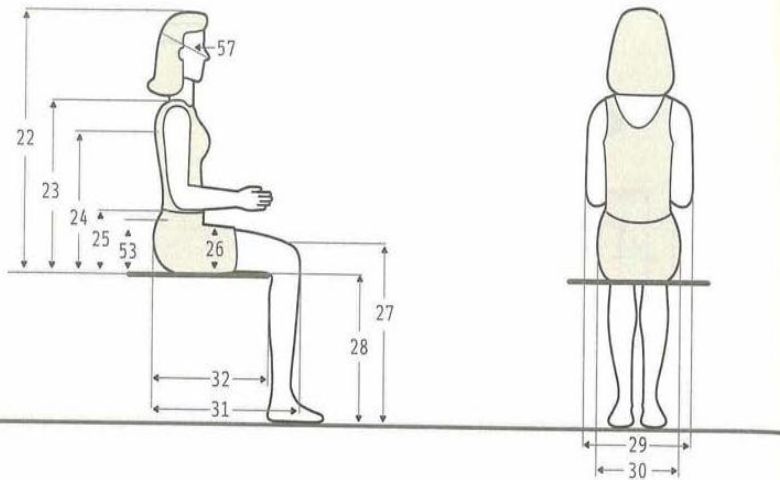
Dimensiones		18 - 65 años (n=204)				
		$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
1	Peso (Kg)	64.0	12.45	48.0	60.5	88.0
2	Estatura	1567	52.92	1471	1570	1658
3	Altura de ojos	1449	52.42	1351	1450	1540
4	Altura oído	1434	52.50	1333	1433	1517
6	Altura hombro	1291	49.17	1209	1290	1380
7	Altura codo	1004	38.89	941	1004	1080
8	Altura codo flexionado	969	39.52	906	969	1044
9	Altura muñeca	778	33.77	727	776	840
10	Altura nudillo	708	32.01	663	704	769
11	Altura dedo medio	612	31.55	565	611	663
33	Diámetro a-p cabeza	186	7.22	175	187	199
51	Altura mentón	1339	51.15	1248	1340	1424
52	Altura trocánter may.	826	41.30	759	826	896

Trabajadores industriales  
En posición de pie  
Sexo femenino  
18 a 65 años



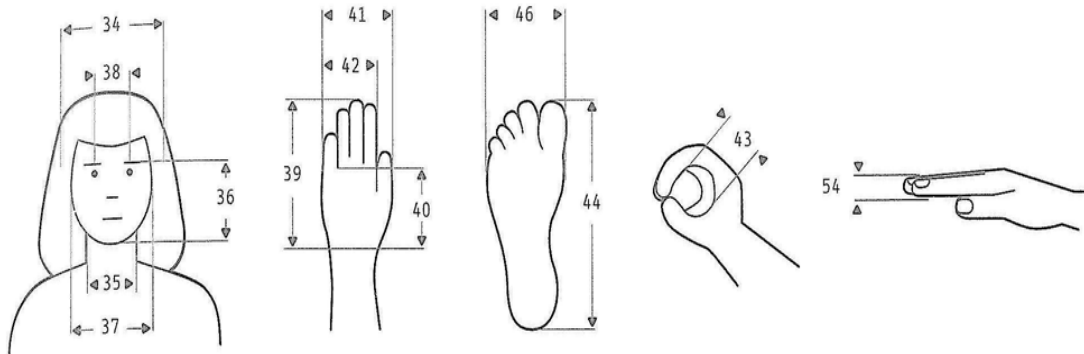
Dimensiones		18 - 65 años (n=204)				
		$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
12	Altura rodilla	449	23.84	411	446	491
13	Diámetro máx. bideltóideo	443	40.42	389	435	521
14	Anchura máx. cuerpo	484	44.98	434	479	578
15	Diámetro transversal tórax	314	31.31	268	310	374
16	Diámetro bitrocantérico	364	30.93	321	359	420
17	Profundidad máx. cuerpo	277	35.67	233	269	344
18	Alcance brazo frontal	686	32.41	631	684	741
19	Alcance brazo lateral	700	30.18	645	700	750
20	Alcance máx. vertical	1896	76.78	1761	1899	2026
21	Profundidad tórax	267	31.64	224	263	328
48	Perímetro cabeza	553	15.99	525	552	580
50	Perímetro pantorrilla	363	34.94	315	355	426

En posición sentado  
Trabajadores industriales  
Sexo femenino  
18 a 65 años



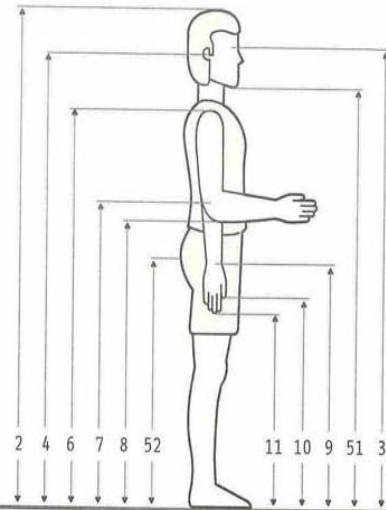
Dimensiones		18 - 65 años (n=204)				
		x̄	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
22	Altura normal sentado	832	27.42	790	831	879
23	Altura hombro sentado	551	22.95	511	552	591
24	Altura omoplato	426	26.91	377	426	469
25	Altura codo sentado	250	25.78	207	249	293
26	Altura máx. muslo	152	18.06	126	150	185
27	Altura rodilla	472	21.85	435	474	508
28	Altura poplítea	374	20.79	338	376	406
29	Anchura codos	487	54.23	411	478	582
30	Anchura cadera sentado	399	39.4	347	392	472
31	Longitud nalga-rodilla	575	27.97	534	572	625
32	Longitud nalga-poplíteo	471	32.92	434	470	513
53	Altura cresta ilíaca	204	23.68	158	204	236
57	Diámetro a-p cara	211	10.59	192	212	228

Cabeza, pie, mano  
Trabajadores industriales  
Sexo femenino  
18 a 65 años



Dimensiones		18 - 65 años (n=204)				
		$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
34	Anchura cabeza	150	8.43	134	150	164
35	Anchura cuello	110	7.90	97	109	123
36	Altura cara	127	7.61	114	128	138
37	Anchura cara	124	9.69	106	123	138
38	Diámetro interpupilar	56	4.87	49	56	65
39	Longitud mano	171	8.04	158	171	185
40	Longitud palma mano	97	4.58	90	97	105
41	Anchura mano	93	6.90	83	92	104
42	Anchura palma mano	76	3.58	71	76	82
54	Espesor mano	29	3.23	23	30	35
43	Diámetro empuñadura	45	3.14	40	45	50
44	Longitud pie	232	9.79	217	232	250
46	Anchura pie	90	4.88	83	90	99

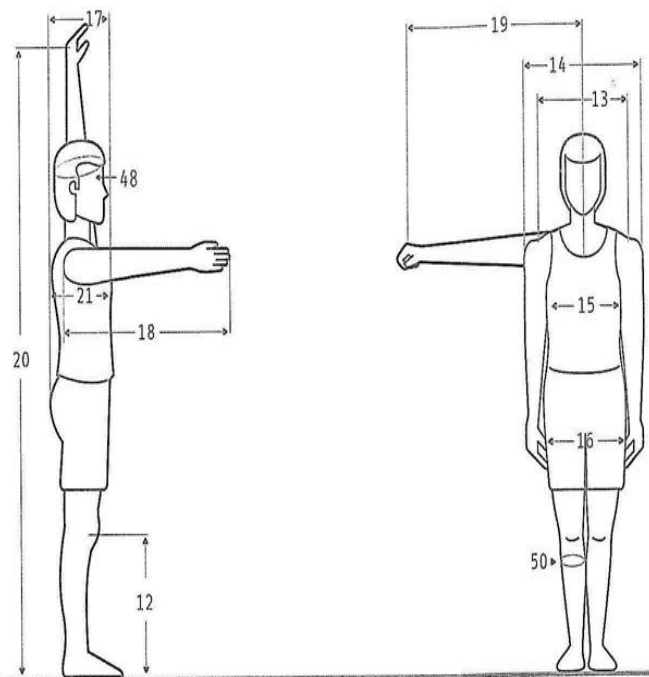
En posición de pie  
Trabajadores industriales  
Sexo masculino  
18 a 65 años



Dimensiones		18 - 65 años (n=396)				
		X̄	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
1	Peso (Kg)	73	12.33	55.31	72.10	97.30
2	Estatura	1675	62.80	1576	1668	1780
3	Altura de ojos	1550	61.80	1447	1546	1651
4	Altura oído	1538	63.70	1439	1534	1635
6	Altura hombro	1380	58.49	1281	1377	1477
7	Altura codo	1068	55.02	988	1065	1145
8	Altura codo flexionado	969	40.81	906	969	1046
9	Altura muñeca	825	39.49	757	822	919
10	Altura nudillo	740	43.56	680	740	800
11	Altura dedo medio	639	35.31	584	638	697
33	Diámetro a-p cabeza	198	8.98	182	194	205
51	Altura mentón	1442	61.20	1337	1440	1544
52	Altura trocánter may.	873	44.61	810	872	940

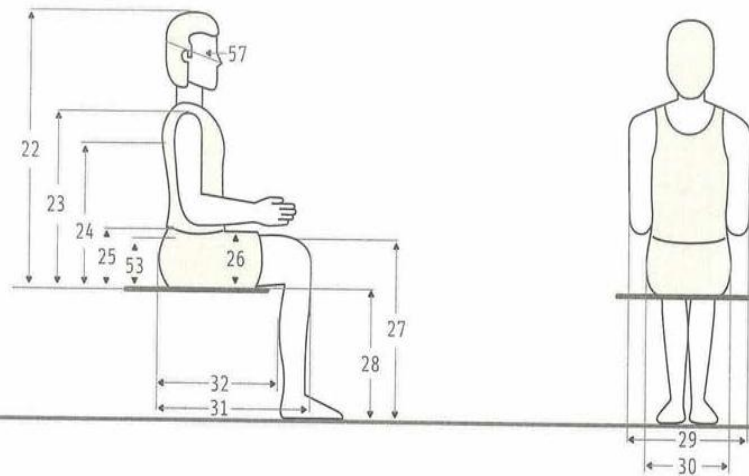


En posición de pie  
Trabajadores industriales  
Sexo masculino  
18 a 65 años

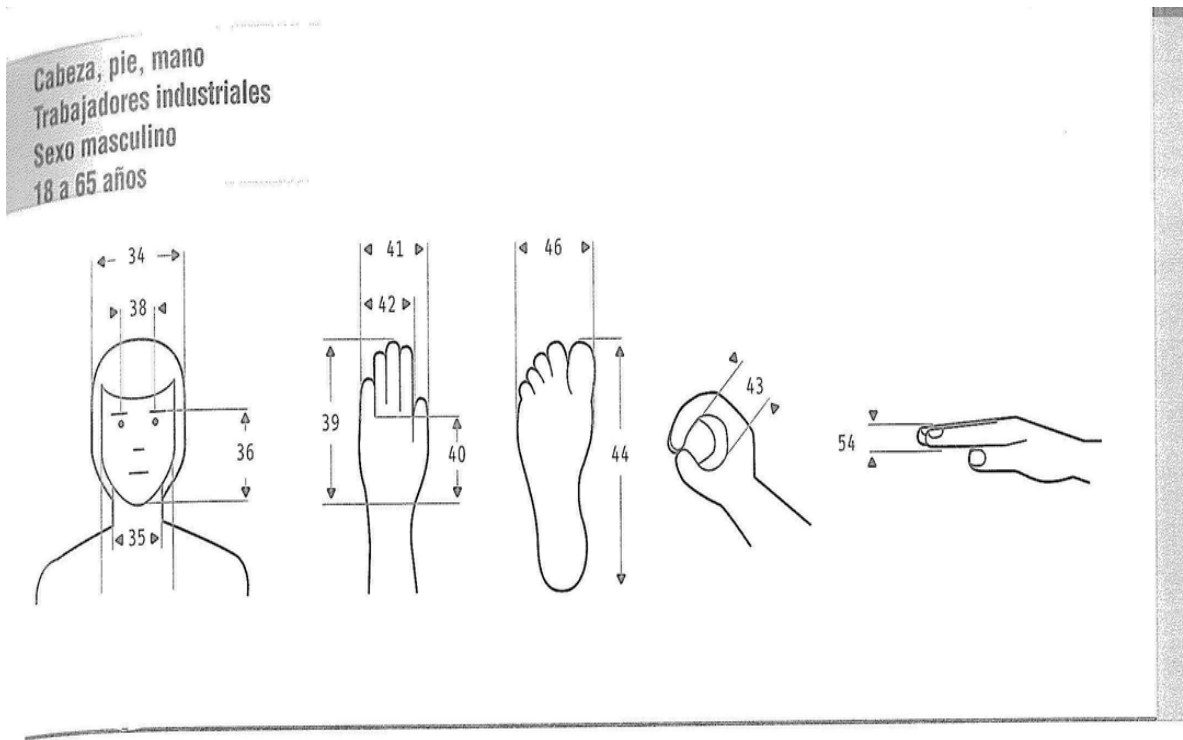


Dimensiones	18 - 65 años (n=396)				
	$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
			5	50	95
12 Altura rodilla	478	28.76	434	476	526
13 Diámetro máx. bideltoideo	478	41.17	422	472	544
14 Anchura máx. cuerpo	523	41.34	455	520	596
15 Diámetro transversal tórax	342	34.12	293	338	398
16 Diámetro bitrocantérico	342	22.69	310	341	387
17 Profundidad máx. cuerpo	275	37.45	219	272	323
18 Alcance brazo frontal	748	37.32	590	648	810
19 Alcance brazo lateral	709	81.50	581	738	818
20 Alcance máx. vertical	2042	113.57	1900	2043	2200
21 Profundidad tórax	238	28.32	196	235	287
48 Perímetro cabeza	569	18.13	540	568	596
50 Perímetro pantorrilla	365	33.78	315	362	420

En posición sentado  
Trabajadores industriales  
Sexo masculino  
18 a 65 años



Dimensiones		18 - 65 años (n=396)				
		$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
22	Altura normal sentado	876	31.17	825	877	927
23	Altura hombro sentado	581	27.63	535	582	638
24	Altura omoplato	442	27.66	396	443	486
25	Altura codo sentado	246	28.36	201	245	290
53	Altura cresta ilíaca	195	19.19	158	198	223
26	Altura máx. muslo	152	18.09	127	150	178
27	Altura rodilla	513	25.79	473	512	556
28	Altura poplítea	412	25.65	374	412	453
29	Anchura codos	531	54.90	443	529	620
30	Anchura cadera sentado	374	31.26	328	372	423
31	Longitud nalga-rodilla	583	33.41	537	582	640
32	Longitud nalga-poplíteo	476	28.92	432	475	526
57	Diámetro a-p cara	222	8.27	207	222	235



Dimensiones		18 - 65 años (n=396)				
		$\bar{x}$	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
34	Anchura cabeza	150	8.54	134	151	165
35	Anchura cuello	110	7.94	97	109	122
36	Altura cara	127	7.55	114	128	138
37	Anchura cara	124	9.69	106	124	139
38	Diámetro interpupilar	57	4.94	49	57	65
39	Longitud mano	171	8.28	158	170	185
40	Longitud palma mano	97	4.77	90	97	105
41	Anchura mano	93	6.83	83	92	103
42	Anchura palma mano	76	3.56	71	76	82
43	Diámetro empuñadura	44	3.63	39	45	50
44	Longitud pie	232	10.13	217	232	250
46	Anchura pie	90	4.92	83	90	99
54	Espesor mano	29	3.17	24	30	35